



BERICHT

Stichprobendesign des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM)

Dieser Bericht vermittelt eine Übersicht über das Stichprobendesign des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) und richtet sich an Fachleute aus dem Bereich Monitoring. 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 Messnetze und Straten sowie Anleitungen zu den Felderhebungen liegen in Form von weiteren technischen Berichten und Handbüchern vor.

Die Daten des BDM werden auf drei Messnetzen erfasst (Messnetz Landschaften, Messnetz Landlebensräume und Messnetz Fliessgewässer), welche die ganze Schweiz abdecken und eine repräsentative Stichprobe ergeben. Im ersten Teil des Berichtes werden, ausgehend von den Zielen und Rahmenbedingungen des BDM, die Anforderungen an das Stichprobendesign der drei Messnetzte konkretisiert. Im zweiten Teil werden die Grundzüge des Stichprobendesigns erläutert. Es folgen die jeweiligen Designs der Stichproben der drei Messnetze inklusive der BDM Gebirgs- und Siedlungs-Verdichtungen, sowie der kantonalen Verdichtungen. Der letzte Teil beschreibt die Indikatoren, welche jährlich berechnet werden.

Inhalt

Ausgangslage	3
Was ist das Biodiversitätsmonitoring Schweiz?	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	6
Warum wurde ein systematisches Stichprobenetz gewählt?	6
Prä- oder Poststratifizierung?	6
Welche Auswertungseinheiten (Straten) gibt es im BDM?	7
Wie wurde die Stichprobengrösse festgelegt?	7
Wie wurde die Lage der Messnetze bestimmt?	8
Wie gut repräsentiert die BDM-Stichprobe Regionen und Lebensräume?	9
Zeitliche Auflösung	10
Messnetz Landschaften	11
Kurzbeschrieb.....	11
Realisierte Aussageschärfe	12
Messnetz Landlebensräume	14
Kurzbeschrieb.....	14
Realisierte Aussageschärfe	14
Messnetz Fliessgewässer	19
Kurzbeschrieb.....	19
Realisierte Aussageschärfe	20
Verdichtungen der Messnetze	21
Biogeographische Verdichtung des Messnetzes Landschaften	21
Gebirgsverdichtung des Messnetzes Landschaften	22
Siedlungsverdichtung des Messnetzes Landschaften.....	24
Kantonale Verdichtungen	25
Kantonale Verdichtung Aargau (LANAG)	25
Kantonale Verdichtung Thurgau (BDM TG)	27
Kantonale Verdichtung Graubünden (BDM GR)	28
Kantonale Verdichtung Luzern (BDM LU)	29
Regionale Verdichtung: BDM Ost.....	30
Jährlich berechnete Indikatoren	31
Indikatoren «Artenvielfalt in Landschaften» (Z7) und «Artenvielfalt in Landlebensräumen» (Z9)	31
Indikator «Bestand häufiger Arten» (Z8)	31
Indikator «Vielfalt von Artengemeinschaften» (Z12).....	32
Literatur	33

Ausgangslage

Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) zeigt auf, wie sich die Artenvielfalt ausgewählter Organismengruppen 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?

Das BDM ist ein langfristig angelegtes Monitoringprogramm des Bundesamt für Umwelt (BAFU), welches aufzeigt, wie sich die Artenvielfalt ausgewählter Organismengruppen 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 erhebt seit 2001 eigene Felddaten in den Messnetzen Landschaften und Landlebensräumen. Seit 2010 werden zudem Messdaten im Messnetz Fließgewässer erhoben. Für die drei Messnetze wurden standardisierte Stichprobenerhebungen etabliert, mit Messpunkten und -flächen, die über die ganze Schweiz verteilt sind. Dies ermöglicht, Aussagen über die Artenvielfalt in verschiedenen Regionen und Lebensräumen zu machen. Berücksichtigt werden die Organismengruppen Gefässpflanzen (Messnetz Landschaften, Messnetz Landlebensräume), Tagfalter (Messnetz Landschaften, erst seit 2003), Vögel (Messnetz Landschaften), Moose (Messnetz Landlebensräume), Mollusken (Messnetz Landlebensräume) und Gewässerinsekten (Messnetz Fließgewässer, erst seit 20210).

Details zum Erhebungskonzept und zur Methode des BDM sind in der folgenden Publikation ausführlicher beschrieben:

Koordinationsstelle BDM 2014: Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1410: 104 S. [Link](#).

Forum Biodiversität Schweiz (Hrsg.) (2022): 20 Jahre Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Sonderheft zu HOTSPOT 46, 44 Seiten. [Link](#).

Welche Anforderungen erfüllt das gewählte Stichprobendesign?

- Gute Kompatibilität mit Programmen im In- und Ausland: Das BDM ist kompatibel mit laufenden Monitoring-Programmen in der Schweiz. So weit als möglich soll sich das BDM internationalen und ausländischen Programmen mit 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 verbreiteter Arten: 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.
- Kosteneffizienz: 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 Aufnahmeflächen 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** erfasst. Die Stichprobenflächen liegen auf einem regelmässigen Stichprobennetz, ausgehend von einem zufällig gewählten Ausgangspunkt.

Die Erhebungsmethoden sind so ausgelegt, dass die mittlere Artenzahl einer Organismengruppe auf einem fixen Messpunkt/-fläche ermittelt und in regelmässigen Zeitintervallen wiederholt wird (verbundene Messwerte). Die Daten dieser Messpunkte sind ein Teil der Stichprobe einer Auswertungseinheit (Stratum, z. B. Lebensräume, biogeografische Räume oder Nutzungstypen) 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 Stratum 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 drei Messnetze 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 mit anderen bestehenden Programmen kompatibel. 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 Aufnahmeflächen 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, Zentralalpen, verschiedene Höhenstufen etc.).

Das BDM ist kompatibel mit den verschiedenen Programmen zur Erfassung verschiedener Biodiversitätstrends in der Schweiz. Mit den folgenden Programmen teilt das BDM einen Teil der Stichprobenflächen:

- Arten und Lebensräume Landwirtschaft (ALL-EMA): Programm zur Überwachung von Arten und Lebensräumen in der Schweizer Agrarlandschaft und zur Evaluation von Biodiversitätsförderflächen. Die Erhebungen finden in einer Teilmenge der Untersuchungsflächen des Messnetzes Landschaften des BDM statt.
- Landesforstinventar (LFI): Das LFI erfasst den Zustand und die Veränderung des Schweizer Waldes. Ein Teil des LFI-Stichprobennetzes deckt sich mit den Waldflächen des Messnetzes Landlebensräume des BDM.
- Monitoring häufiger Brutvögel (MHB). Dauerbeobachtung der Bestände und der Artenvielfalt der Brutvögel in der Schweiz. Die Flächen des MHB sind grösstenteils deckungsgleich mit den Flächen des Messnetzes Landschaften des BDM.
- Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA TREND). Erfasst werden Zustand und Entwicklung der Schweizer Oberflächengewässer. Die Erfassungsmethode ist identisch wie die Erfassungsmethode des Messnetzes Fließgewässer des BDM.

- LANAG (Langfristüberwachung der Normallandschaft im Kanton Aargau): Die Aufnahmen zur «Langfristüberwachung der Normallandschaft im Kanton Aargau LANAG» erfolgen auf einem vierfach (Messnetz Landschaften), respektive achtfach (Messnetz Landlebensräume) verdichteten Messnetz.
- Biodiversitätsmonitoring Thurgau: Seit 2009 erfolgen im Kanton Thurgau Felderhebungen auf einem achtfach verdichteten Messnetz Landschaften.
- Biodiversitätsmonitoring Luzern: Seit 2023 erfolgen im Kanton Luzern Felderhebungen auf einem vierfach verdichteten Messnetz Landschaften (achtfach in zwei biogeographischen Regionen).
- Biodiversitätsmonitoring Graubünden: Seit 2022 erfolgen im Kanton Graubünden Felderhebungen auf einem zweifach verdichteten Messnetz Landschaften und in gezielten Untersuchungsflächen in Landschaften von besonderem Interesse.
- Biodiversitätsmonitoring Ost: Seit 2024 erfolgen in den Kantonen St. Gallen, Appenzell Innerrhoden und Appenzell Ausserrhoden Felderhebungen auf einem vierfach verdichteten Messnetz Landschaften.

Das BDM ist kompatibel mit europäischen Programmen:

- Die Methode für die Tagfalter und Vogelerhebungen ist auf die Überwachungsprogramme in anderen Ländern abgestimmt ([European Butterfly Monitoring Scheme – eBMS](#), [European Bird Census Council](#)).
- Die Resultate des BDM fliessen in den Europäischen Grünland Tagfalterindikator (European Grassland Butterfly Indicator) ein.

Räumliche Auflösung

Zur Bestimmung der Stichprobenflächen der drei Messnetze wurde jeweils 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 (Verdichtungen). Die Netzdichten wurden basierend auf einem bestmöglichen Kompromiss zwischen Aussagegeschärfe (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 Netzsprung 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 räumliche Unabhängigkeit der Einzelmessungen ermöglicht wird.

Falls **regionale Verdichtungen** des Stichprobennetzes notwendig oder gewünscht werden (z. B. Vervielfachung der Aufnahmezahl, um kantonale Aussagen zu gewinnen, wie im Biodiversitätsmonitoring Luzern und anderen), 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 in unzugänglichem Gelände wie Felspartien liegen) oder bei denen zum Vorherein feststeht, dass keine Arten gefunden werden (z. B. versiegelte Flächen in Siedlungen für das Messnetz Landlebensräume). Diese Flächen werden im Feld nicht bearbeitet und bei der Auswertung als **Abbrüche** für ersteren Fall und **Null** (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 Biodiversität der Schweiz auf nicht vergletscherten oder von Seen oder Felsen bedeckten Flächen tätigen 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**). 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. Zudem könnte die Stichprobe auch auf seltene Straten ausgerichtet werden, die bei einer Poststratifizierung nicht in einer genügenden Anzahl vorliegen. Die Flexibilität zum nachträglichen Bilden von Auswertungseinheiten geht bei einer Prästratifizierung aber verloren (stratified-random-sampling vs. design-based-approach, vgl. Stevens, 1994).

Welche Auswertungseinheiten (Straten) 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, Höhenstufen und Lebensräume (Nutzungstypen).

- Die Definitionen der **biogeographischen Regionen** richten sich nach den aktualisierten biogeographischen Regionen der Schweiz (BAFU 2022), wobei die östlichen und westlichen als «Zentralalpen» zusammengefasst wurden (Tabelle 2).
- Die Zuordnungen der **Landlebensräume** 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 Flächen des Messnetzes Landlebensräume werden für Wälder und Wiesen/Weiden zusätzlich nach **Höhenstufen** unterschieden. Die Höhenstufen sind aufgrund der Wärmegliederung nach Schreiber (1997) definiert.
- Die Flächen des Messnetzes Fließgewässer werden nach **Höhenstufen** (Tabelle 4), **Flussordnungszahl** und **Ökomorphologie** und **äusserem Aspekt** unterteilt. Die Einteilung nach Ökomorphologie und äusserem Aspekt erfolgen nach den Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Oberflächengewässer in der Schweiz ([MSK](#)).

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. Mit dem t-Test wurde ein Berechnungsverfahren für die Bestimmung der Power ausgewählt (siehe unten). Da die Streuung der Messwerte durch die Heterogenität der Landschaft und die Aufnahmemethode bestimmt ist, lässt sich die Aussageschärfe nur mit einer entsprechend grossen Zahl von Aufnahmeflächen steuern. Die Zahl der Aufnahmeflächen ihrerseits, d.h. die Stichprobengrösse, bestimmt direkt die Bearbeitungskosten. Die Messnetzdichten stellen somit einen **Kompromiss zwischen Aussageschärfe und den Erhebungskosten** dar.

Abschätzung der Stichprobengrösse

Um die Aussageschärfe und die Präzision von Monitoring-Daten berechnen zu können, braucht es eine Schätzung in zweierlei Hinsicht: zur erwartenden Streuung der Artenzahlen einer Aufnahmeperiode (Zustände) und zu den 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 der zeitlichen Veränderungen 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 («statistical 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 pro Messnetz je ein Stichprobenumfang ermittelt werden, der für alle berücksichtigten Gruppen ausreichend sensitiv auf Veränderungen der Biodiversität anspricht. Für das Messnetz Landschaften sind dies etwa 500 Aufnahmeflächen, für das Messnetz Landlebensräume etwa 1600 und das Messnetz Fließgewässer etwa 500 (Tabelle 1).

STICHPROBENUMFANG DER BDM-MESSNETZE

Messnetz	Grundgesamtheit der Stichprobe	Anzahl Flächen ausgeschlossen	Effektiv bearbeitete Stichprobe
Landschaften (inklusive biogeographische Verdichtungen)	555	59	496 (32 Siedlungs- & 14 Gebirgsverdichtungen)
Landlebensräume	1814	367	1447
Fließgewässer	880 (346 ohne gültiges Gewässer)	64	510

Tabelle 1: Übersicht über die Anzahl Aufnahmeflächen für die drei Messnetze. 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, respektive für das Messnetz Fließgewässer keine Fließgewässer enthalten).

Wie wurde die Lage der Messnetze bestimmt?

Folgende Anforderungen wurden an die Messnetze gestellt:

- Die Stichprobe soll in einem systematischen, gleichmässigen Netz über die Schweiz gelegt werden.
- Der Umfang des Netzes soll für das Messnetz Landlebensräume ca. 1600 Elemente, für das Messnetz Landschaften ca. 500 Elemente und für das Messnetz Fließgewässer ca. 500 betragen (Tabelle 1).
- Die Messnetze sollen untereinander kompatibel sein, d.h. die Messnetze sollen sich überlagern.
- Die Netze sollen bestmögliche Synergien mit den Erhebungen des LFI und den damals bereits laufenden LANAG-Untersuchungen des Kantons Aargau erlauben.

Aus praktischen Gründen wurde zuerst das Messnetz Landlebensräume bestimmt. Ausgehend von einer Teilstichprobe wurde anschliessend das Messnetz Landschaften ermittelt. Das Messnetz Fließgewässer wurde zu einem späteren Zeitpunkt ausgehend vom Messnetz Landschaften ermittelt.

Die Ausgangskordinaten für die Messnetze Landschaften und Landlebensräume wurden aus den oben skizzierten Möglichkeiten zufällig mittels Losentscheides ausgewählt. Ausgehend von diesen Referenzpunkten wurden mit Hilfe der geometrischen Vorgaben des Netzes die Stichprobenpunkte bzw. -flächen landesweit bestimmt. Gezählt wurden sämtliche Untersuchungsflächen, 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 drei Messnetze dargestellt (Tabellen 2, 3 und 4).

STICHPROBENUMFANG NACH REGIONEN (MESSNETZ LANDSCHAFTEN)

Biogeografische Region	Alpen Nordflanke	Alpen Südseite	Jura	Mittelland	Zentralalpen
Bearbeitete Stichprobe	100	68	83	107	92

Tabelle 2: Übersicht über die Anzahl bearbeiteter Aufnahme­flächen pro biogeographische Region, inklusive biogeographischer Verdichtungen

STICHPROBENUMFANG NACH LEBENS­RÄUMEN (MESSNETZ LANDLEBENS­RÄUME)

Nutzungstyp	Äcker	Alpweiden	Nicht genutzte Fläche	Siedlung	Wald	Wiesen/ Weiden
Bearbeitete Stichprobe gemäss Pflanzen 4. Erhebung 2016-2020	170	115	176	118	523	340

Tabelle 3: Übersicht über die Anzahl Aufnahme­flächen pro Nutzungstyp

STICHPROBENUMFANG NACH HÖHENSTUFEN (MESSNETZ FLIESSGEWÄSSER)

Höhenstufen	alpin	kollin	montan	subalpin
Bearbeitete Stichprobe	74	92	246	98

Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl Aufnahme­flächen pro Nutzungstyp

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 wurde ein Kompromiss in der zeitlichen Staffelung der Aufnahmen gefunden. Demnach wird jedes Jahr jeweils ein Fünftel der Gesamtstichprobe 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 verbreiteter Einzelarten,
- gleichmässige Verteilung des Aufwandes über die Jahre (wichtige Voraussetzung für die 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 der drei Messnetze

Die Teilstichproben aus der Gesamtstichprobe werden 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). Um den Erhebungsaufwand zwischen den Jahrestanchen auszugleichen, wurde in Einzelfällen von dieser Regel abgewichen.

BESTIMMUNG DER TEILSTICHPROBEN

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 Teilstichproben aus der Gesamtstichprobe. Diese Zuteilung gilt für die Messnetze Landschaften und Landlebensräume zu Beginn des BDMs. Um die Jahresstichproben zusätzlich auszugleichen (zum Beispiel in Bezug auf die Anzahl der aufwändigen Hochgebirgsflächen) wurden im Nachhinein vereinzelt Aufnahmeflächen zwischen den Jahresstichproben verschoben.

Messnetz Landschaften

Kurzbeschreibung

Im Messnetz Landschaften werden Gefässpflanzen (seit 2001), Tagfalter (seit 2003) und Brutvögel (seit 2001) auf Untersuchungsflächen von einem Quadratkilometer Grösse mit standardisierten Methoden erfasst. Es wird die Veränderung des mittleren Artenreichtums in Landschaften (γ -Diversität) gemessen. Es wird jene Artenvielfalt abgebildet, die durch das Mosaik von Lebensräumen und ihren Übergängen zustande kommt.

Die Artenvielfalt im Messnetz Landschaften wird für die Schweiz als Ganzes, aber auch für die biogeographischen Teilregionen und Höhenstufen berechnet. Das Stichprobennetz (ohne biogeographische Verdichtung) umfasst 375 1 km²-Flächen (Abbildung 1), wobei es zur besseren Untersuchung gewisser Teilaspekte von verschiedenen Straten (biogeographische Regionen, Gebirge und Siedlungen, Kantone) verdichtet wurde.

MESSNETZ LANDSCHAFTEN

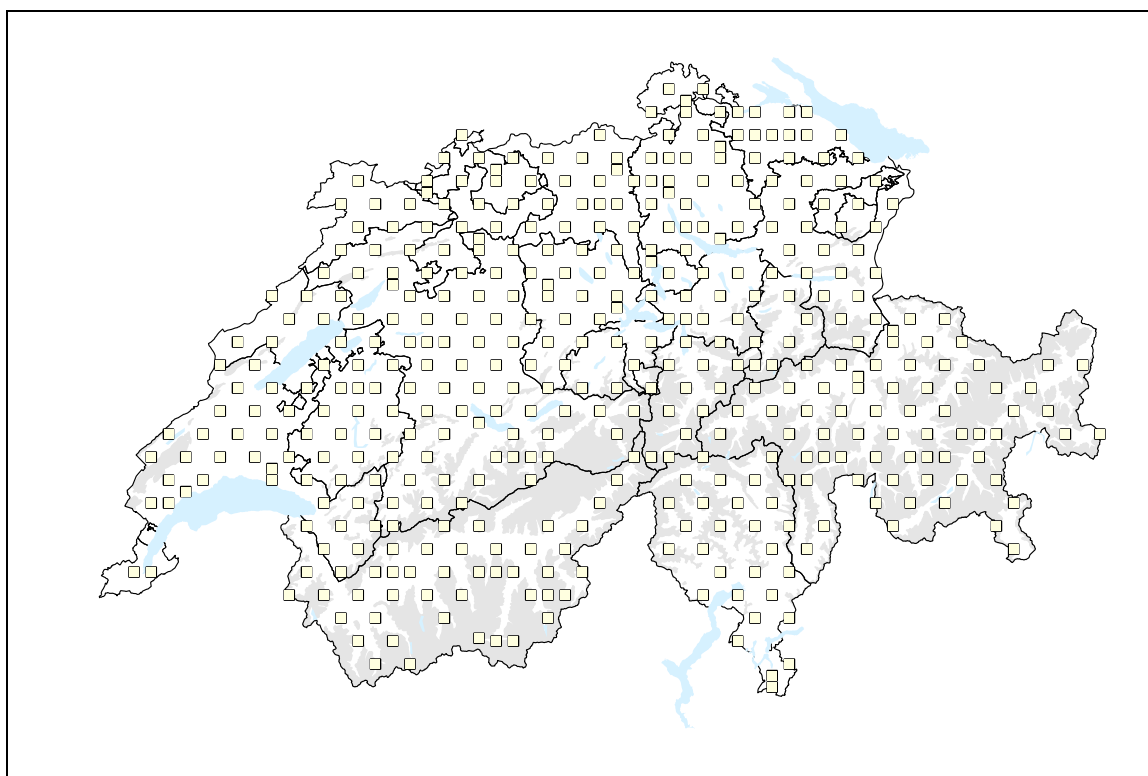


Abbildung 1: Die Artenvielfalt von Landschaften misst das BDM auf 375 Aufnahmeflächen (ohne Verdichtungen) von je 1 km² Ausdehnung. Diese Flächen bilden ein Messnetz, das sich gleichmässig über die gesamte Schweiz erstreckt.

Ein Teil der Flächen kann aufgrund eines Anteils von unbegehbaren Fels- oder Gletscher- resp. Seeflächen mit den BDM-Methoden nicht (z.B. reine Seeflächen) oder nur sehr unvollständig bearbeitet werden. Vor allem im Hochgebirge gibt es Flächen, die unzugänglich oder gefährlich sind und kaum Methoden konform bearbeitet werden können. Des Weiteren wurde 2016 eine «Optimisation» der Flächen beschlossen: Untersuchungen aus verschiedenen Spezialauswertungen hatten gezeigt, dass v.a. stark gekürzte Transekte (< 1.5 km) oft verzerrte Ergebnisse lieferten und von einzelnen Analysen ausgeschlossen werden mussten (für eine Übersicht siehe «1260 Effekt Transektverkürzungen V1»). Dies hat damit zu tun, dass diese Flächen die Artenvielfalt im untersuchten Quadratkilometer nur ungenügend abdecken. Da die Bearbeitung vieler dieser Flächen gleichzeitig überproportional hohe Aufwände verursachte, wurden diese Flächen (teilweise) aus der regulären BDM-Stichprobe gestrichen (Abbildung 2).

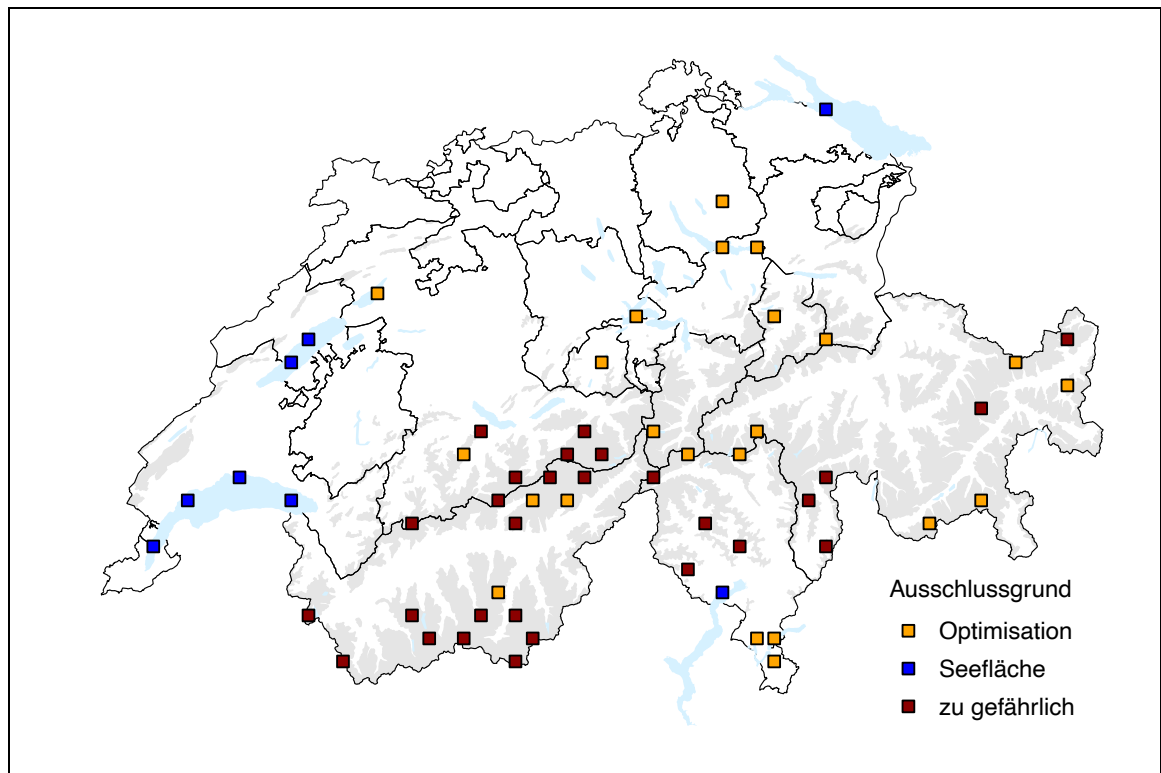


Abbildung 2: Aus der BDM-Stichprobe ausgeschlossene Flächen des Messnetzes Landschaften.

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 Jahrestrenchen) 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 kann (Tabelle 7). Die Berechnungen der MDD wurde zudem für alle Artengruppen in verschiedenen biogeographischen Regionen durchgeführt (Tabellen 8, 9 und 10).

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 Arten- zahl 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

Biogeographi- sche Regionen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Jura	266.4	12.2	9.8
Mittelland	231.3	18.6	6.4
Alpen Nordflanke	264.9	18.4	6.6
Zentralalpen	206.8	25.3	6.1
Alpen Südseite	229.1	27.3	5.2

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

VÖGEL

Biogeographi- sche Regionen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Jura	39.4	1.9	1.9
Mittelland	37.1	3.0	1.3
Alpen Nordflanke	31.9	3.2	1.3
Zentralalpen	21.9	4.3	1.3
Alpen Südseite	23.7	3.5	1.9

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

TAGFALTER

Biogeographi- sche Regionen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Jura	28.2	2.7	3.9
Mittelland	18.8	2.2	2.7
Alpen Nordflanke	37.6	4.0	4.1
Zentralalpen	38.9	5.8	2.9
Alpen Südseite	38.9	5.5	3.5

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

Messnetz Landlebensräume

Kurzbeschreibung

Im Messnetz Landlebensräume wird die Vielfalt von Gefässpflanzen, Moosen und Mollusken seit 2001 erfasst. Die Aufnahmefläche pro Erhebungspunkt beträgt 10 m². Im Messnetz Landlebensräume werden wie im Messnetz Landschaften die Veränderung des mittleren Artenreichtums gemessen, jedoch auf deutlich kleineren Flächen. So wird die kleinräumige Artenvielfalt eines Lebensraumtyps charakterisiert und entsprechend die α -Diversität als Mass für die Artenvielfalt innerhalb eines Lebensraums beschrieben.

Im Gegensatz zum Messnetz Landschaften, bei dem nationale Aussagen interessieren, spielt der gesamtschweizerische Bezug für das Messnetz Landlebensräume eine untergeordnete Rolle. Das Messnetz Landlebensräume wurde explizit so definiert, dass es Nutzungstypen (Lebensräume) als Bezugsgrösse für die Aussagen verwendet. Die Artenvielfalt wird gesamtschweizerisch für verschiedene Lebensräume berechnet (Wald, Alpweiden, Wiesen und Weiden, Äcker, Siedlung, nicht genutzte Flächen). Ebenfalls möglich sind Aussagen zu Wald und Wiesen/Weiden in verschiedenen Höhenlagen.

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 beispielsweise wenn in Einzelfällen der Zutritt auf Privatareal verwehrt wird, Abbildung 3).

MESSNETZ LANDLEBENSRAÜME

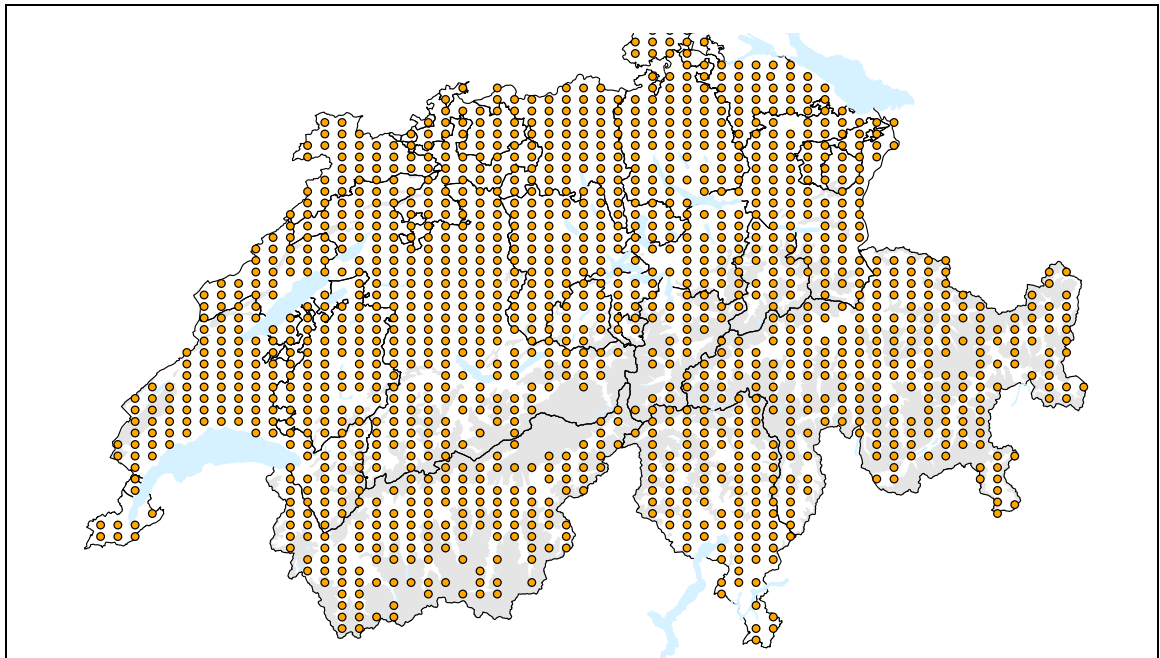


Abbildung 3: Die Artenvielfalt von Landlebensräumen erfasst das BDM auf rund 1447 Aufnahmeflächen. Diese jeweils 10 m² grossen Flächen sind über die gesamte Schweiz verteilt. Aufnahmeflächen auf Seen und in unzugänglichen Felsgebieten wurden ausgeschlossen.

Wie beim Messnetz Landschaften wurden auch beim Messnetz Lebensräume bestimmte Flächen von den regulären Aufnahmen ausgeschlossen. Dies, weil die Flächen nicht oder nur unter Gefahr zu erreichen oder mit den BDM-Methoden nicht Methoden konform bearbeitet werden können (z.B. Gewässer). Des Weiteren wurde 2016 im Zuge einer «Optimisation» die Siedlungsverdichtung aufgegeben (Abbildung 4). Die Zuordnung der Siedlungsflächen erfolgte basierend auf den Angaben der Schweizerischen Arealstatistik (ASCH) und umfasste so heterogene Kategorien wie beispielsweise Golfplätze, versiegelte Verkehrsflächen und den

Umschwung von Einfamilienhäusern. Diese grosse Heterogenität der Lebensraumtypen einerseits und die grosse Zahl von versiegelten Flächen andererseits verminderten die Aussagekraft beträchtlich. Spezifische Analysen von Fragestellungen im Siedlungsbereich haben gezeigt, dass diese Flächen zwar einen groben Anhaltspunkt zur Artenvielfalt und deren Entwicklung in der Siedlung geben können, aber trotz Verdichtung nicht geeignet sind, weiter gehende Fragen zu beantworten.

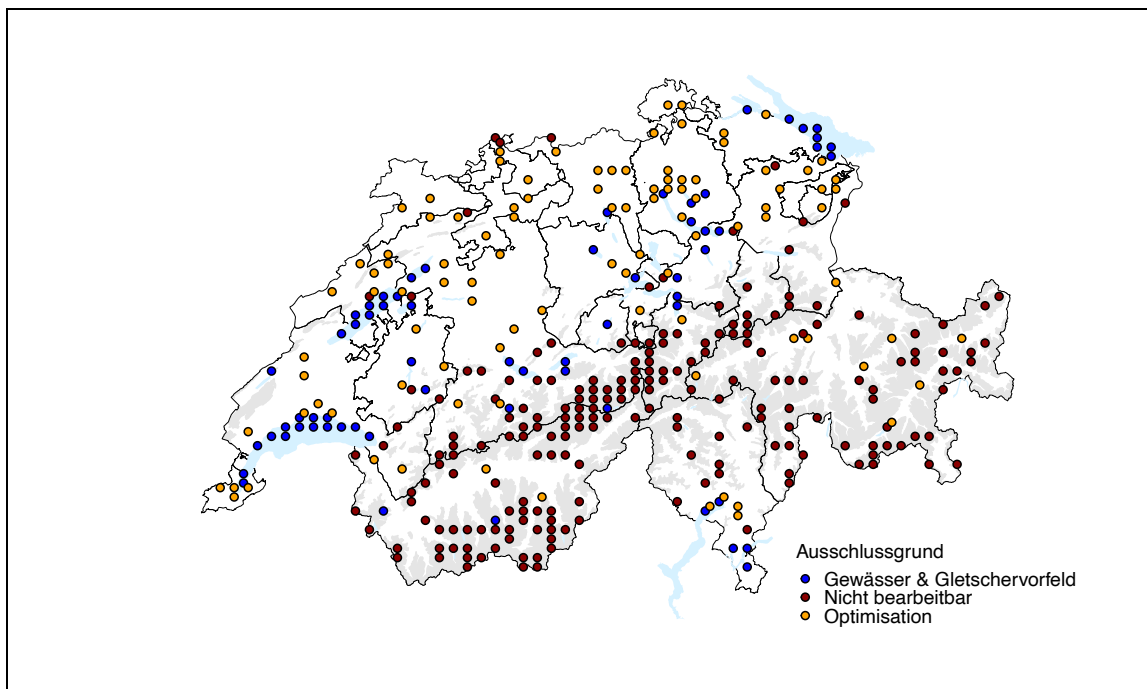


Abbildung 4: Aus der BDM-Stichprobe ausgeschlossene Flächen auf dem Messnetz Lebensräume.

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 Jahrestrenchen) 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 11). Die Berechnungen der MDD wurde zudem für alle Artengruppen in den verschiedenen Lebensräumen und Höhenstufen durchgeführt (Tabellen 12, 13, 14, 15, 16 und 17).

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 Arten- zahl 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
Nicht genutzte Flächen	21.5	3.2	1.1

Tabelle 11: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen für verschiedene Lebensräume

MOOSE

Lebensräume	Mittlere Arten- zahl 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
Nicht genutzte Flächen	13.6	1.8	1.2

Tabelle 12: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Moosen 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
Nicht genutzte Flächen	3.4	1.1	0.7

Tabelle 13: 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 14: 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 15: 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 16: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Moosen 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 17: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Moosen 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 18: 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 19: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Mollusken in Wiesen und Weiden für einzelne Höhenstufen

Messnetz Fliessgewässer

Kurzbeschreibung

Im Messnetz Fliessgewässer wird die Artenvielfalt der Gewässermakroinvertebraten (kurz «Gewässerinsekten») erfasst. Es werden die drei Insekten-Ordnungen *Ephemeroptera* (Eintagsfliegen), *Plecoptera* (Steinfliegen) und *Trichoptera* (Köcherfliegen), kurz EPT, untersucht. Es wird der Zustand und die Veränderung der Artenvielfalt in den Schweizer Fliessgewässern beschrieben. Die Erhebungen für Gewässerinsekten wurden 2010 begonnen.

Die Gewässerstichprobe umfasst 510 Probenahmestellen (Abbildung 5). 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 Fliessgewässern. Im Stichprobenkonzept werden Fliessgewässer ab 2. Ordnung inklusive eingedolter Gewässer berücksichtigt. Aus methodischen Gründen generell nicht beprobt werden stehende Gewässer, die Fliessgewässer 1. Ordnung sowie Fliessgewässer ab einer definierten Breite, Tiefe oder Steilheit (Abbildung 6). 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 Messnetzes entspricht dem Messnetz Landschaften im Jura und in den Südalpen (verdichtetes Stichprobengitter, vgl. Kapitel «Verdichtung der Messnetze»). Jedoch hat das Messnetz Fliessgewässer einen anderen Ursprung als das Messnetz Landschaften, damit keine Probestellen des Messnetzes Fliessgewässer innerhalb einer Aufnahmefläche des Messnetzes Landschaften liegen. Zur Auswahl der Probestellen 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 Probestelle des Messnetzes Fliessgewässer. Falls eine Probestelle die Kriterien der Grundgesamtheit innerhalb der tolerierbaren kleinräumigen Verschiebungen nicht erfüllte, wurde die nach dem nächsten Gewässer, welches das Kilometerquadrat schneidet, gesucht.

Die Anzahl geplanter Probestellen pro biogeographische Region beträgt: Jura: 42; Mittelland: 155; Alpennordflanke: 180; Zentralalpen: 138; Alpensüdflanke: 59 (Abbildung 5). Eine Stratifizierung der Gesamtstichprobe erfolgt nach der «Höhenstufe», der «Ökomorphologie» und nach der Flussbreite bzw. Flussordnung.

MESSNETZ FLIESSGEWÄSSER

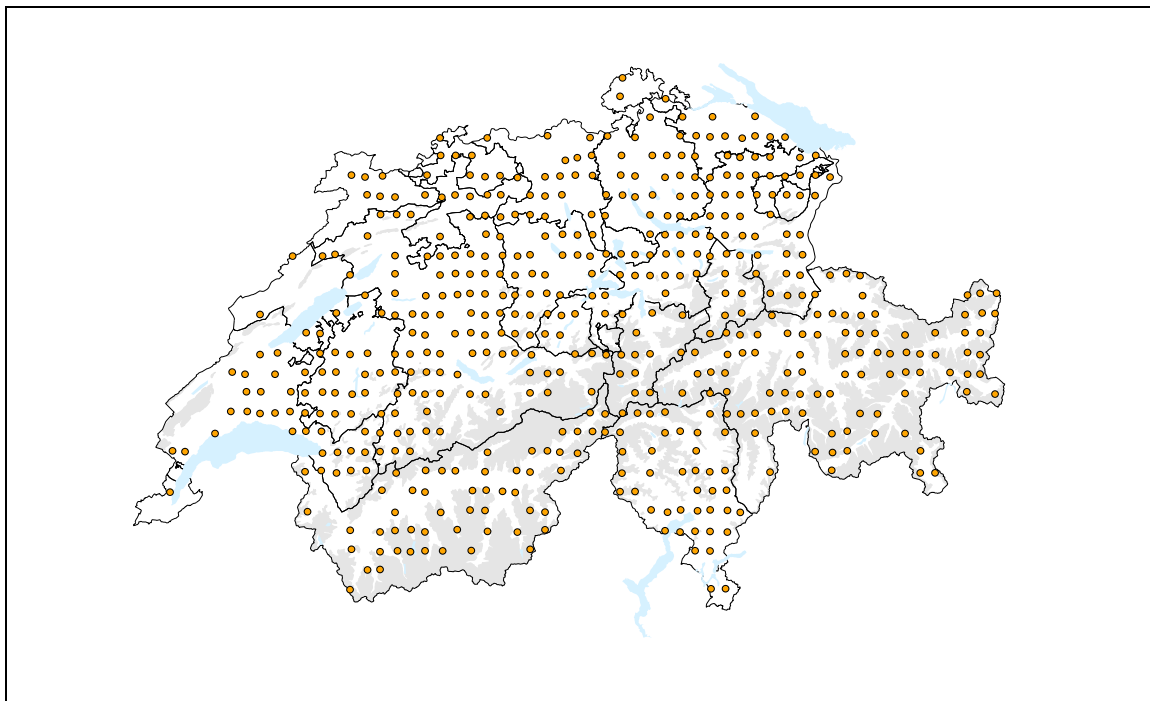


Abbildung 5: Das BDM erfasst die Artenvielfalt in Fließgewässern auf 510 Aufnahmeflächen.

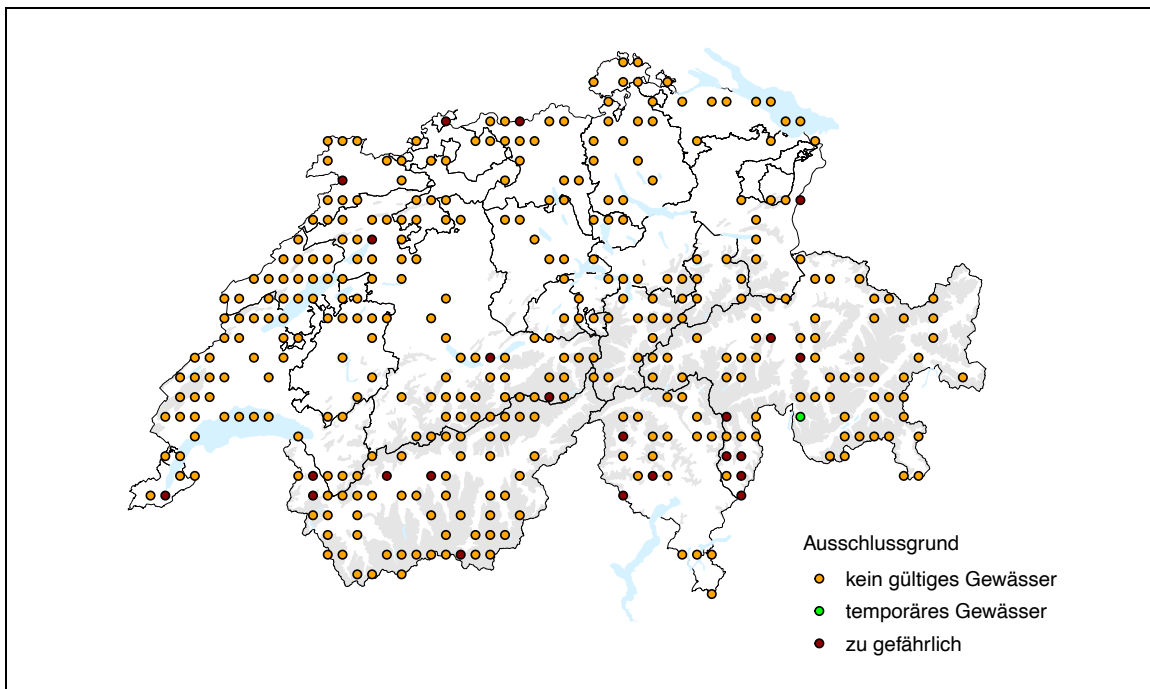


Abbildung 6: Aus der BDM-Stichprobe ausgeschlossene Gewässer auf dem Messnetz Fließgewässer.

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 Jahrestrenchen) 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

Die Berechnungen der MDD basierend auf den Zustandsdaten wurden für die 5-Jahresperioden 2010-2014, berechnet. Die Berechnungen der MDD basierend auf den Veränderungsdaten wurden für die Aufnahmejahre 2010 bis 2019 durchgeführt.

EPT-ARTENZAHLEN

Artengruppe	Mittelwert Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Artenzahl EPT	15.12	1.40	0.76
Artenzahl Ephemeroptera	4.90	0.54	0.30
Artenzahl Plecoptera	5.13	0.61	0.34
Artenzahl Trichoptera	5.09	0.56	0.43

Tabelle 20: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der EPT-Artenzahl (alle EPT zusammen sowie getrennt nach den drei Ordnungen).

Verdichtungen der Messnetze

Biogeographische Verdichtung des Messnetzes Landschaften

Unsere Analysen haben gezeigt, dass für einzelne wichtige Flächentypen die Datengrundlage nur knapp ausreichend oder gar lückenhaft ist. Um den Zielwert für die statistische Aussageschärfe von 90% zu erreichen, wurden daher gezielte Verdichtungen der Grundstichprobe vorgenommen, beispielsweise in den biogeographischen Regionen des Juras und der Alpensüdflanke (Abbildung 7). Im Jura wurden daher die ursprünglichen 54 Untersuchungsflächen durch 44 zusätzliche Flächen verdichtet, auf der Alpensüdflanke wurde die Stichprobengrösse von 52 um 37 auf total 89 erhöht.

BIOGEOGRAFISCHE VERDICHTUNG DES MESSNETZES LANDSCHAFTEN

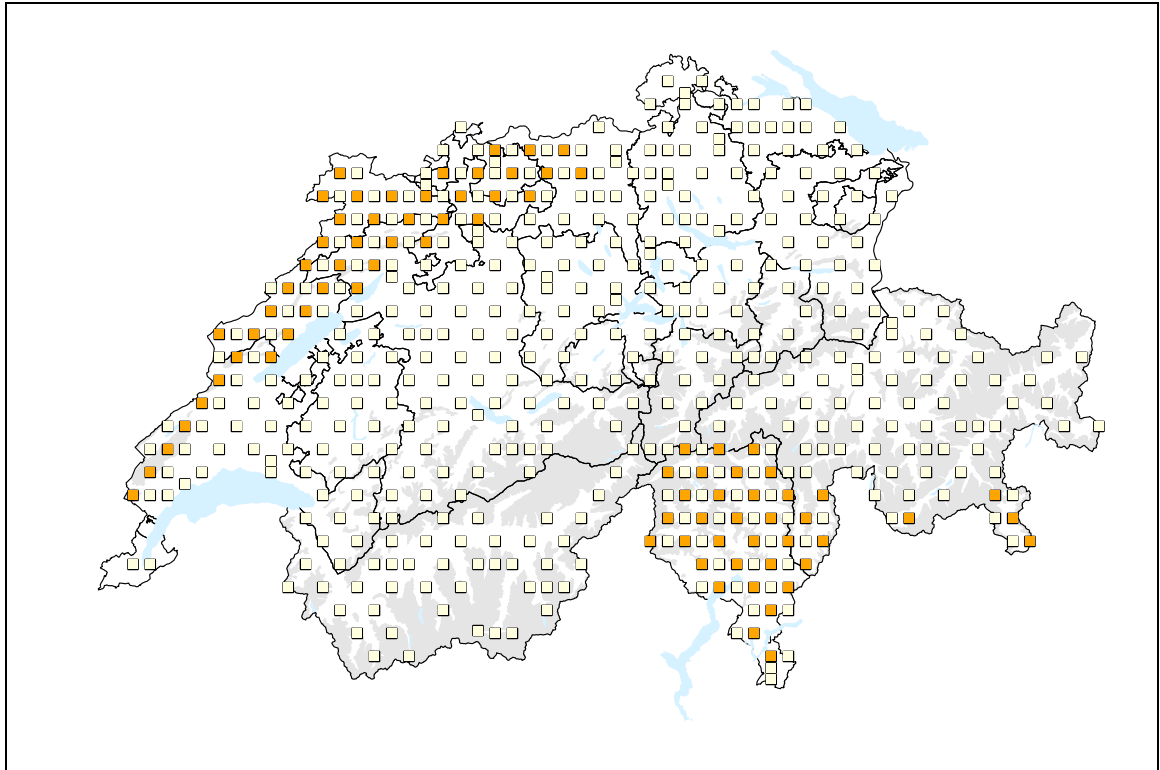


Abbildung 7: Die Artenvielfalt von Landschaften misst das BDM auf 450 Aufnahmeflächen von je 1 km² Ausdehnung. Diese Flächen bilden ein Messnetz, das sich gleichmässig über die gesamte Schweiz erstreckt. Die hellgelben Quadrate zeigen das regelmässige Messnetz der Grundstichprobe und die Orangen die Jura- und Alpensüdflanken-Verdichtung.

Gebirgsverdichtung des Messnetzes Landschaften

Für das Gebirge (alpine Lagen) und für den Siedlungsraum ist die Datengrundlage nur knapp ausreichend oder gar lückenhaft. Die Schweiz trägt aber eine hohe Verantwortung für alpine Lebensräume und ihre Arten. Das Gebirge gehört weiter zu den Bereichen der Schweiz, wo die Folgen des Klimawandels als besonders gravierend eingeschätzt werden und daher ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung der Arten gefragt ist.

Um genauere Aussagen zur Entwicklung im Gebirge machen zu können, wurden deshalb seit 2021 Verdichtungsflächen für das Stratum Gebirge eingeführt. Die Gebirgsstufe war vor der Verdichtung mit lediglich 26 Messflächen vertreten. Damit waren für nur etwa 7% der typischen Gebirgspflanzen fundierte Aussagen zu Häufigkeitstrends in der alpinen Zone möglich. Für den Nachweis von relevanten Veränderungen der Artenvielfalt innert 10 Jahren wären aber 40-50 Messflächen notwendig. Ausserdem waren geographische Lücken im Berner Oberland und in den Bündner Alpen auffällig. Die Datenlage zum Gebirge wurde per Ende 2020 mit einer um 14 Messflächen verdichteten Stichprobe wesentlich verbessert. Damit lassen sich insbesondere die geographischen Lücken schliessen und statt wie bisher 7% sind neu zirka 25% der typischen Arten der Gebirgsflora ausreichend in der BDM-Stichprobe repräsentiert. Erhoben werden dieselben Organismengruppen wie für das bestehende Messnetz Landschaften: Gefässpflanzen, Tagfalter und Brutvögel.

Bei der Auswahl dieser Flächen wurde wie folgt vorgegangen: In einem ersten Schritt wurden basierend auf der normalen Stichprobe des Metznetzes Landschaften alle Flächen der zweifachen Verdichtung (analog Jura und Südalpen) identifiziert, die den folgenden Kriterien entsprachen: Gebirge > 65%, Medianhöhe < 3'000 m ü. M., Gletscheranteil < 25 %, bisher noch nicht Bestandteil der BDM-Stichprobe. Die rund 50 resultierenden Kandidaten wurden grob auf ihre Bearbeitbarkeit geprüft. Gut die Hälfte der Flächen sind nicht mit vernünftigen Aufwand bearbeitbar. Darunter fallen auch Flächen, deren Bearbeitung gefährlich und/oder überproportional anstrengend ist und solche, bei denen weniger als 50% effektiv bearbeitet werden könnten. Von den 18 Flächen, die danach noch übriggeblieben sind, wurden die vier am wenigsten geeigneten zusätzlich

ausgeschlossen: Zwei Flächen mit Medianhöhe > 2800 m ü. M., zwei Flächen mit einem Anteil Gebirge < 75%. In einem Fall bei Zermatt existiert direkt nördlich angrenzend an eines der möglichen Verdichtungs-Quadrate eine MHB-Fläche. Um die Synergien zu nutzen, wurde in diesem konkreten Fall das zu erhebende Verdichtungs-Quadrat auf das bestehende MHB-Quadrat verschoben (Abbildung 8).

GEBIRGSVERDICHTUNG DES MESSNETZES LANDSCHAFTEN

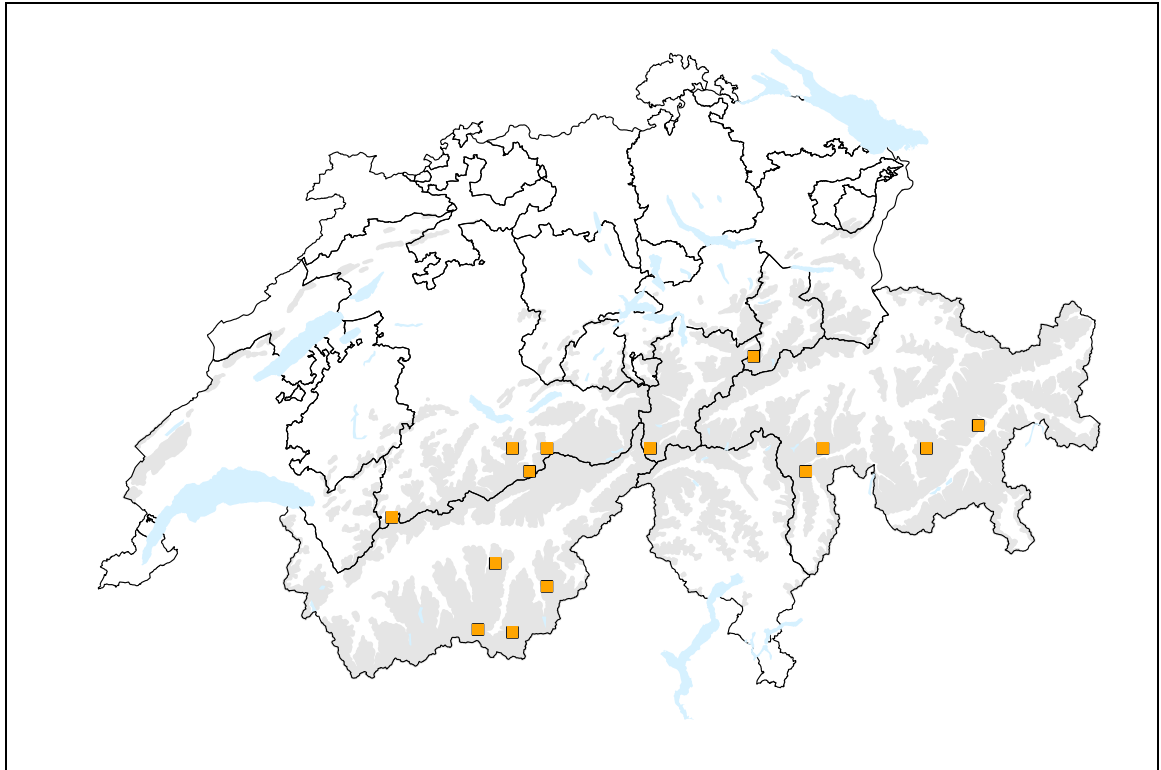


Abbildung 8: Die 14 Flächen der Gebirgsverdichtung im Messnetz Landschaften

Siedlungsverdichtung des Messnetzes Landschaften

Parallel zu den Verdichtungen im Gebirge, wurde seit 2021 zusätzlich auch das Stratum Siedlungen verdichtet. Aussagen zur Biodiversität im Siedlungsraum gewinnen mit der Umsetzung der Strategie Biodiversität Schweiz an Bedeutung. Es werden Aussagen erwünscht sein, wie sich die fortschreitende Urbanisierung und die qualitativen Veränderungen des Siedlungsraums auf die Biodiversität auswirken. Das bisherige BDM-Messnetz Landschaften umfasste 96 Messflächen mit mindestens 5% Siedlungsanteil. Diese Anzahl war nicht a priori zu gering. Was fehlte, waren Flächen mit 50% Siedlungsanteil oder mehr. Urbane Landschaften mit mindestens 80% Siedlungsanteil waren mit lediglich vier Messflächen vertreten. Um spezifische Aussagen zum Siedlungsraum machen zu können, wurde seit 2021 eine Verdichtung mit 32 Flächen eingeführt (Abbildung 9). Aufgenommen werden dieselben Organismengruppen wie für das bestehende BDM-Messnetz Landschaften: Gefässpflanzen, Tagfalter und Brutvögel. Mit einer leicht angepassten Erhebungsmethodik wurden separate Artenlisten für das Siedlungsgebiet, respektive das Gebiet ausserhalb der Siedlung, erstellt und verglichen.

Die Auswahl der 32 Flächen basiert auf dem Raster der zweifach (analog Jura und Südalpen), resp. vierfachen Verdichtung (entspricht dem Raster des Messnetzes Landlebensräume). Sie ist stratifiziert nach den Siedlungsanteilsklassen, wobei nur Flächen gewählt wurden, deren Anteil > 33% Siedlung betrug. Da die resultierende Flächenauswahl einen starken Hang zu Gunsten einzelner Regionen resp. Kantone hatte, die überdies kantonale Monitoringprogramme besitzen, wurden in einem nächsten Schritt in den Kantonen AG und TG nur jene Flächen behalten, welche Teil der zweifachen Verdichtung waren. Jene der vierfachen Verdichtung (3 im AG, 2 im TG) wurden weggelassen. Drei der weggefallenen Flächen wurden mit Flächen ersetzt, welche bereits im Jahr 2006 im Rahmen einer Spezialauswertung Siedlung für Pflanzen erhoben wurden. Um die geographische Schiefeite, welche durch die bei der Verdichtung zufällig entstandene Bevorzugung der D-CH/Ostschweiz entstand, auszugleichen, wurden die zwei verbleibenden Flächen gezielt in die Westschweiz gelegt.

SIEDLUNGSVERDICHTUNG DES MESSNETZES LANDSCHAFTEN

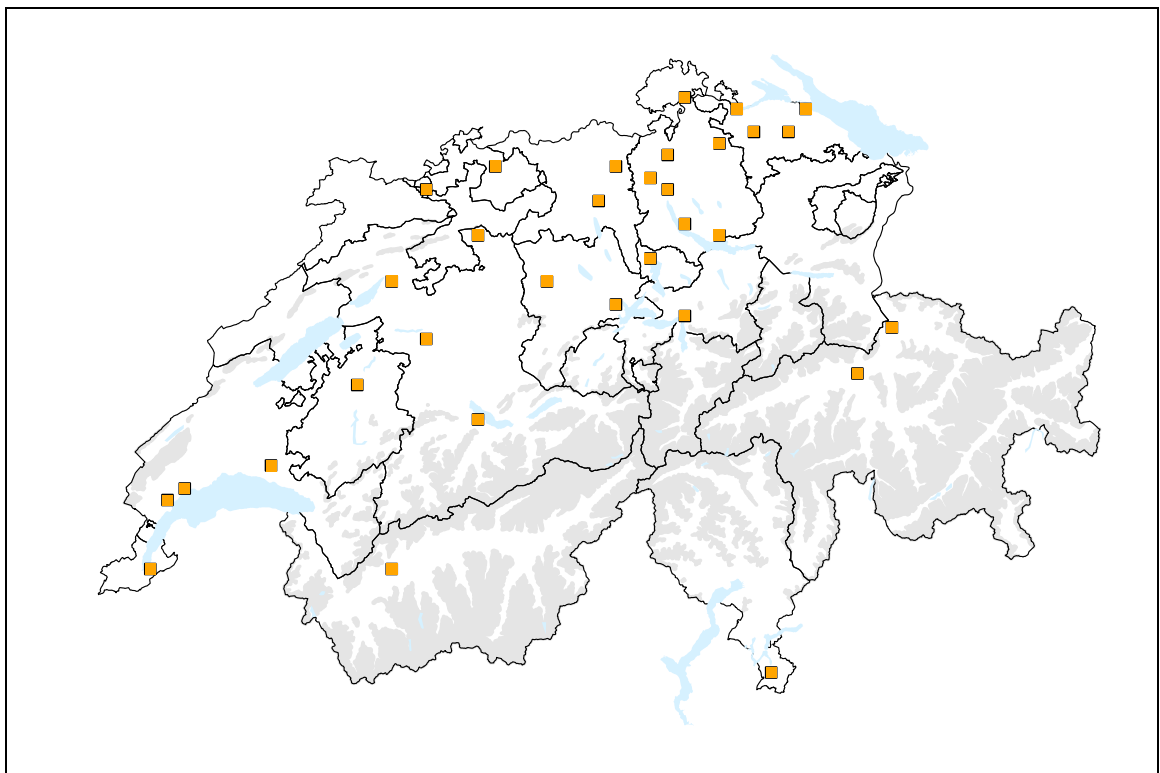


Abbildung 9: Die 32 Flächen der Siedlungsverdichtung im Messnetz Landschaften

Kantonale Verdichtungen

Aufgrund der Vorgaben und Überlegungen, die im Kapitel «Räumliche Auflösung» dargelegt sind, kann das BDM in der Regel nur Aussagen auf nationaler Ebene machen, unterteilt nach biogeographischen Regionen. Aussagen zur Entwicklung der Artenvielfalt in Kantonen oder noch kleineren geografischen Einheiten sind in der Regel nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Das BDM-Stichprobenkonzept ist aber bewusst so festgelegt worden, dass Kantone das nationale Netz verdichten können, um so feiner auflösende Aussagen zu ihrem Gebiet machen zu können. Im Folgenden werden jene aktuellen kantonalen BDM-Verdichtungen beschrieben, die bis 2024 mit den Felderhebungen begonnen haben.

Kantonale Verdichtung Aargau (LANAG)

Seit 1995 überwacht der Kanton Aargau die Entwicklung der Artenvielfalt in der Normallandschaft des Kantons Aargau (LANAG) inkl. Verdichtung in zusätzlichen, wertvollen Flächen (Labiola/TWW: Artenvielfalt von Tagfaltern und Brutvögeln in Abhängigkeit des Anteils an Biodiversitätsförderflächen, resp. TWW: Trockenwiesen und -weiden, und NWR: Naturwaldreservate, Artenvielfalt von Brutvögeln und Mollusken). Das LANAG ist das älteste Biodiversitätsmonitoring in der Schweiz. Die Datenerhebung wurde mit den Brutvögeln 1995 gestartet. Die Aufnahmen bei den Mollusken und Gefässpflanzen laufen seit 1996, jene bei den Tagfaltern seit 1998.

Die Daten der Gefässpflanzen und Mollusken werden auf insgesamt 557 10 m²-Aufnahmeflächen erhoben (inklusive BDM-Flächen und Naturwaldreservats-Verdichtung, Abbildung 10). 2018 wurden die Brutvögel -und Tagfalter-Erfassungen an die Methoden des BDM angepasst und werden auf 92 1 km²-Aufnahmeflächen erhoben (Abbildung 11). Analog dem BDM-Schweiz wird jährlich rund ein Fünftel der Flächen untersucht, d. h. eine Gesamterhebung über den ganzen Kanton dauert fünf Jahre.

KANTONALE VERDICHUNG AARGAU DES MESSNETZES LANDLEBENSRAÜME

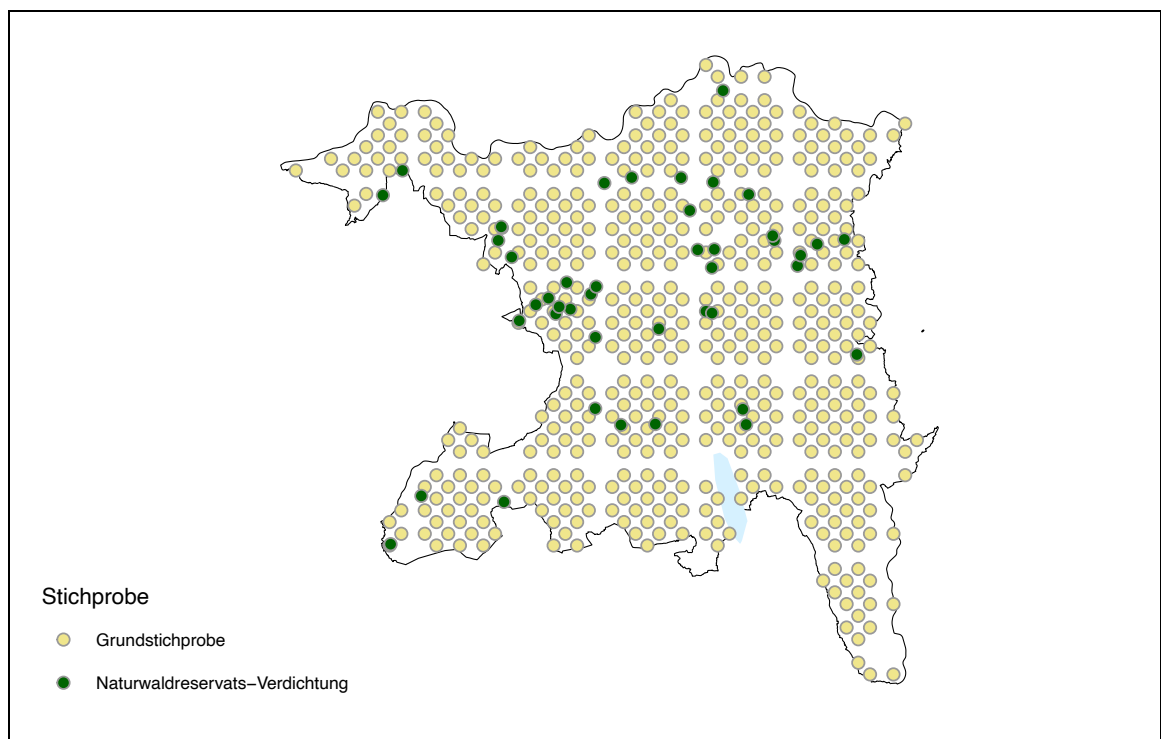


Abbildung 10: Das LANAG-Überwachungsprogramm erfasst die Artenvielfalt des Kanton Aargaus auf dem Messnetz Landlebensräume. Die hellgelben Quadrate zeigen die Erhebungsflächen der Grundstichprobe, die Dunkelgrünen die Naturwaldreservats-Verdichtung.

KANTONALE VERDICHTUNG AARGAU DES MESSNETZES LANDSCHAFTEN

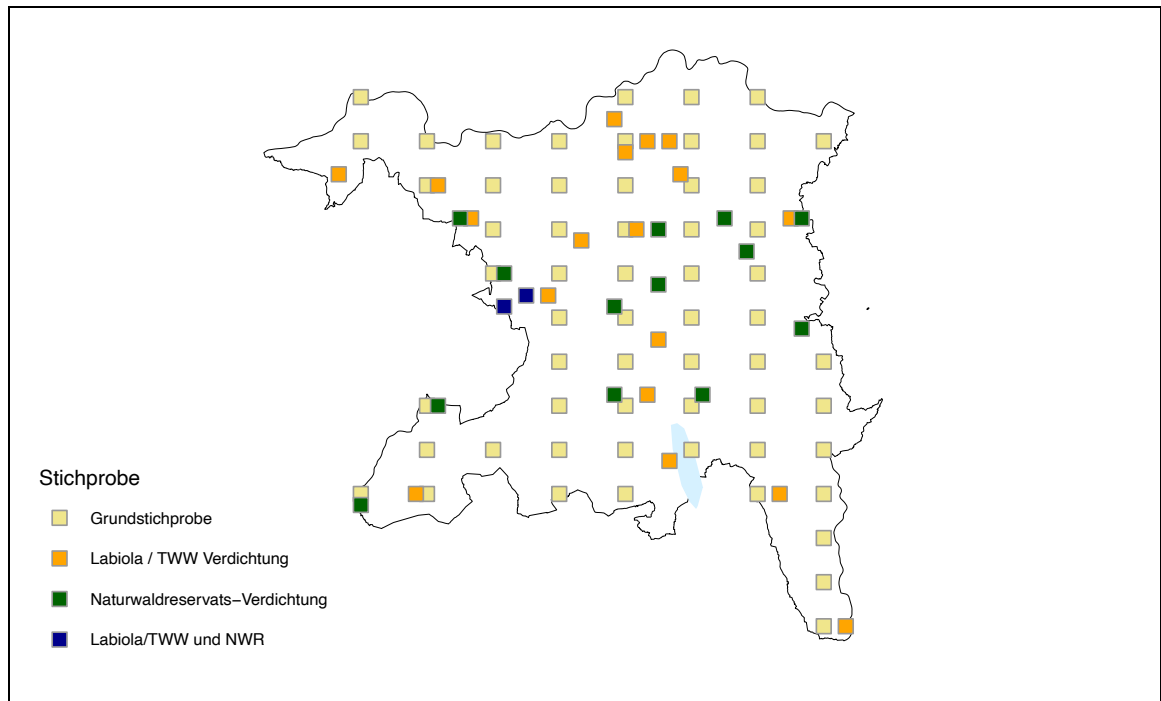


Abbildung 11: Das LANAG-Überwachungsprogramm erfasst die Artenvielfalt des Kanton Aargaus auf dem Messnetz Landschaften. Die hellgelben Quadrate zeigen die Erhebungsflächen der Grundstichprobe, die orangen die Labiola/TWW-Verdichtung, die dunkelgrünen die Naturwaldreservats-Verdichtung und die dunkelblauen die Kombination beider Verdichtungen.

Kantonale Verdichtung Thurgau (BDM TG)

Die BDM-Schweiz-Stichprobe umfasst im Kanton Thurgau dreizehn 1 km²-Untersuchungsflächen (Messnetz Landschaften; inkl. vier Flächen der Siedlungsverdichtung). Aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs im Thurgau sind, basierend auf der BDM-Schweiz-Stichprobe, keine Aussagen über den Kanton für sich allein möglich. Im Auftrag des Kantons Thurgau wurde deshalb eine achtfache Verdichtung des bestehenden Messnetz Landschaften vorgenommen; dieses umfasst nun insgesamt 72 Aufnahmeflächen (Abbildung 12). Analog dem BDM-Schweiz wird jährlich rund ein Fünftel der Flächen untersucht, d. h. eine Gesamterhebung über den ganzen Kanton dauert fünf Jahre.

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. Das Design der Verdichtung und die Erhebungsmethoden wurde zudem so ausgelegt, dass auf die vier Hauptnutzungstypen Wald, Landwirtschaft mit und ohne Vernetzungsfunktion sowie Bauzone aufgeschlüsselt werden kann.

KANTONALE VERDICHTUNG THURGAU DES MESSNETZES LANDSCHAFTEN

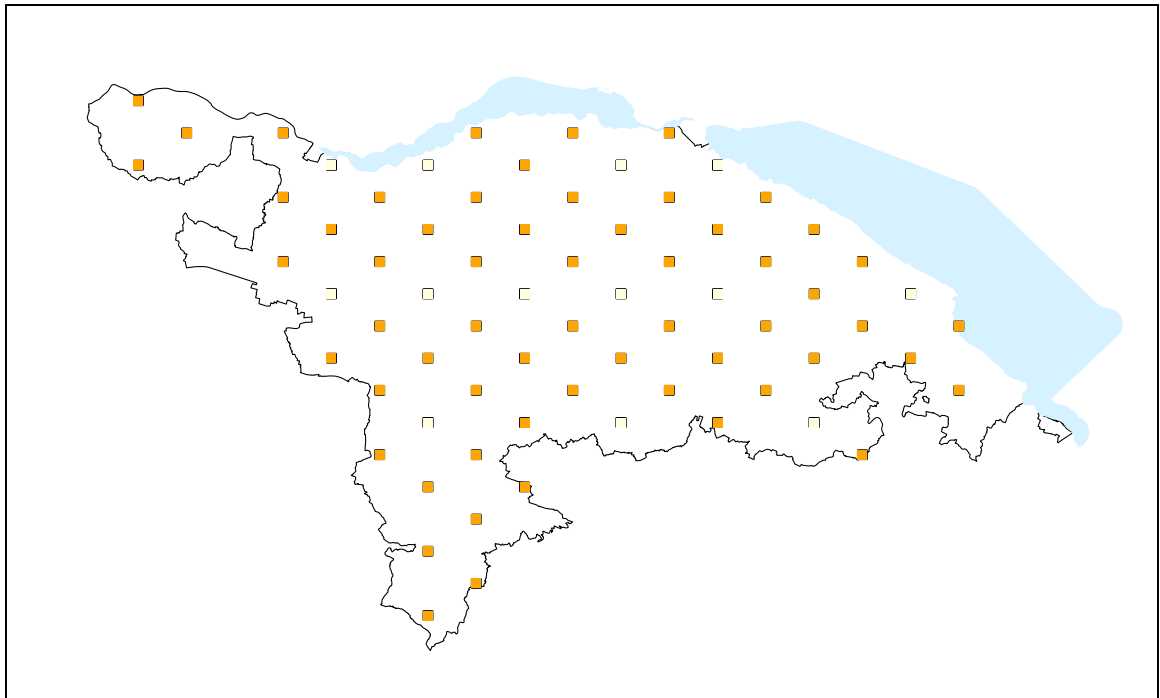


Abbildung 12: Das kantonale BDM erfasst die Artenvielfalt des Kanton Thurgaus auf dem Messnetz Landschaften. Die weissen Quadrate zeigen die Erhebungsflächen der Grundstichprobe, die Orangen die kantonale Verdichtung.

Kantonale Verdichtung Graubünden (BDM GR)

Die BDM-Schweiz-Stichprobe umfasst im Kanton Graubünden 76 1 km²-Untersuchungsflächen (davon 4 Alpin-, 2 Siedlungsverdichtung). Die kantonale Verdichtung basiert auf einer zweifachen Verdichtung mit zusätzlichen 108 Erhebungsflächen, wobei davon 60 gezielte Zusatzflächen sind (Abbildung 13).

Das Biodiversitätsmonitoring Graubünden ist ein im Jahr 2022 gestartetes Dauerbeobachtungsprogramm der Artenvielfalt im Kanton Graubünden mit Fokus auf die durchschnittliche Kulturlandschaft und aus Biodiversitätssicht besonders wertvolle und geförderte Landschaften. Analog dem BDM-Schweiz wird jährlich rund ein Fünftel der Flächen untersucht, d. h. eine Gesamterhebung über den ganzen Kanton dauert fünf Jahre.

Zusätzlich zur zweifachen Verdichtung wurden Stichprobenflächen von besonderem Interesse gezielt ausgewählt. In der Regel handelt es sich dabei um aus Biodiversitätssicht besonders wertvolle oder typische Flächen und um solche, wo besonders grosse Anstrengungen zur Biodiversitätsförderung umgesetzt werden. Aus praktischen Gründen wurden zudem einige Stichprobenflächen auf das benachbarte Quadratkilometerquadrat verschoben. Mit der Überlappung des kantonal verdichteten Messnetzes Landschaften sowie zusätzlichen ALL-EMA-Erhebungen sind Analysen von Veränderungen der Biodiversität in verschiedenen Regionen und Nutzungstypen, verfeinerte Auswertungen zum Artenreichtum der Offenlandlebensräumen und Biodiversitätsförderflächen möglich.

KANTONALE VERDICHTUNG GRAUBÜNDEN DES MESSNETZES LANDSCHAFTEN

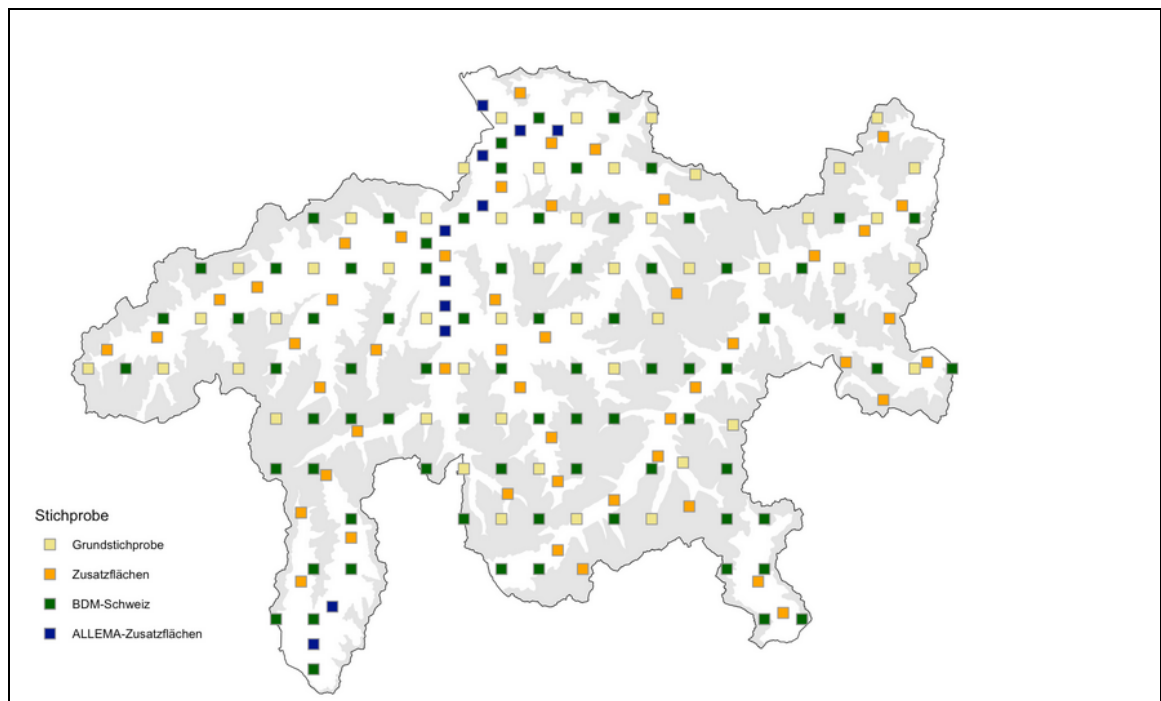


Abbildung 13: Das kantonale BDM erfasst die Artenvielfalt des Kanton Graubündens auf dem Messnetz Landschaften. Die hellgelben Quadrate zeigen die Erhebungsflächen der Grundstichprobe, die orangenen die Zusatzflächen, die dunkelgrünen die BDM-Schweiz-Flächen und die dunkelblauen die ALL-EMA-Untersuchungsflächen.

Kantonale Verdichtung Luzern (BDM LU)

Das Biodiversitätsmonitoring im Kanton Luzern ist ein Dauerbeobachtungsprogramm der Artenvielfalt im Kanton mit Fokus auf die durchschnittliche Kulturlandschaft. Seit 2023 wird mit BDM-Erhebungen die Artenvielfalt auf dem Niveau der groben Lebensraumtypen dokumentiert und ihre Entwicklung aufgezeigt. Die 19 BDM-Schweiz-Flächen des Messnetzes Landschaften (davon 2 Siedlungsverdichtung) werden um 55 1 km²-Aufnahmeflächen ergänzt, was einer vierfachen Verdichtung auf insgesamt 74 Flächen entspricht (Abbildung 14). In den biogeographischen Regionen Nordalpen und westliches Mittelland wurde eine achtfache Verdichtung vorgenommen. Analog dem BDM-Schweiz wird jährlich rund ein Fünftel der Flächen untersucht, d. h. eine Gesamterhebung über den ganzen Kanton dauert fünf Jahre.

KANTONALE VERDICHTUNG LUZERN DES MESSNETZES LANDSCHAFTEN

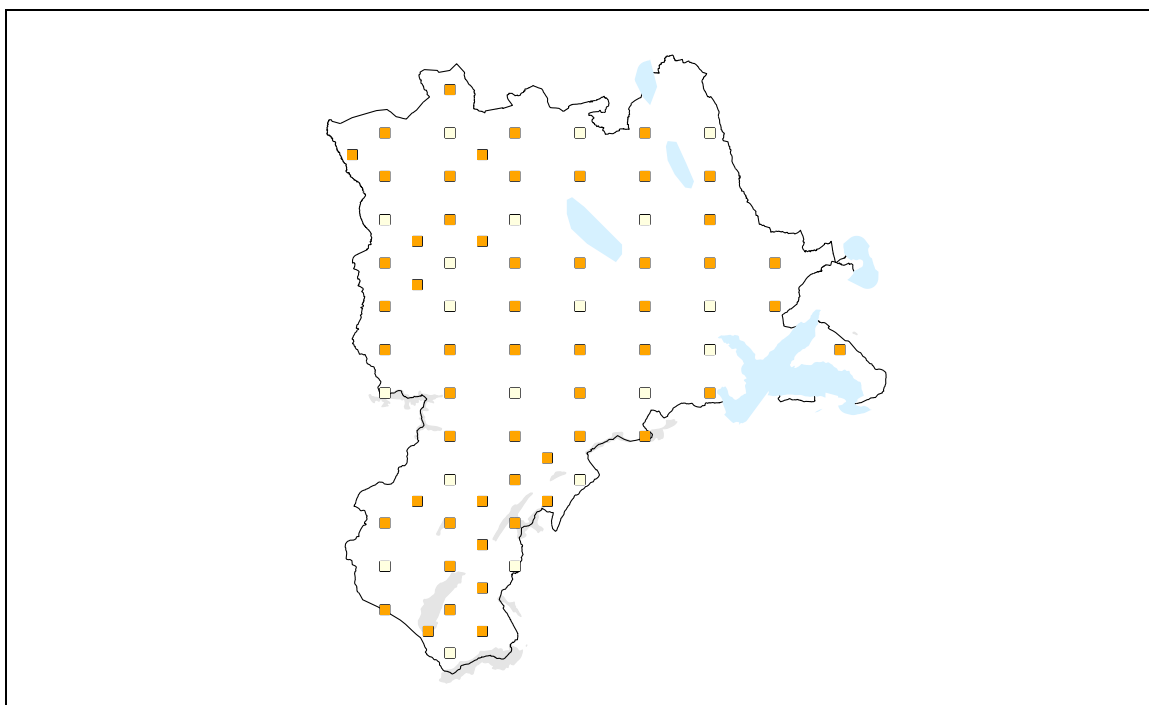


Abbildung 14: Das kantonale BDM erfasst die Artenvielfalt des Kanton Luzerns auf dem Messnetz Landschaften. Die weissen Quadrate zeigen die Erhebungsflächen der Grundstichprobe, die Orangen die kantonale Verdichtung.

Regionale Verdichtung: BDM Ost

Die Kantone St. Gallen, Appenzell Innerrhoden und Appenzell Ausserrhoden bilden zusammen das BDM Ost. Die 20 1 km²-Aufnahmeflächen des BDM-Schweiz in den Kantonen wurden durch eine vierfache Verdichtung mit zusätzlichen 72 Untersuchungsflächen (59 SG, 4 AI, 9 AR) auf total 92 erhöht (Abbildung 15). Die Artenvielfalt wird wie im Kanton Luzern zusätzlich nach groben Lebensraumtypen aufgenommen und ihre Entwicklung aufgezeigt. Das Biodiversitätsmonitoring Ost beginnt im Jahre 2024 mit den regulären Aufnahmen. Analog dem BDM-Schweiz wird jährlich rund ein Fünftel der Flächen untersucht, d. h. eine Gesamterhebung über den ganzen Kanton dauert fünf Jahre.

REGIONALE VERDICHTUNG IN DEN KANTONEN AI, AR UND SG DES MESSNETZ LANDSCHAFTEN

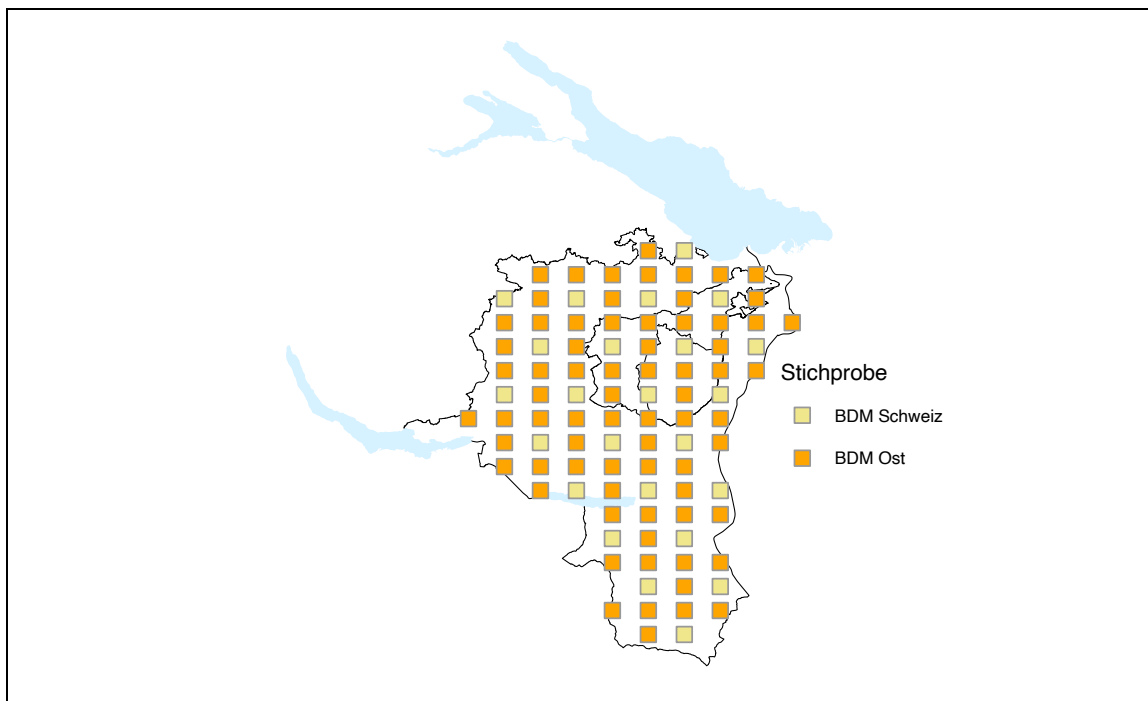


Abbildung 15: Die regionale Verdichtung BDM Ost auf dem Messnetz Landschaften. Die hellgelben Quadrate zeigen die Erhebungsflächen des BDM Schweiz, die orangen die Verdichtungsflächen des BDM Ost.

Jährlich berechnete Indikatoren

Zustand und Veränderung der folgenden Indikatoren werden jährlich für die verschiedene Organismengruppen und Auswertungseinheiten (Straten) berechnet («Basisdaten»).

Indikatoren «Artenvielfalt in Landschaften» (Z7) und «Artenvielfalt in Landlebensräumen» (Z9)

Die Aufbereitung der Daten umfasst die folgenden statistischen Berechnungen:

- Es wird der Mittelwert und 95%-Vertrauensbereich (basierend auf einer t-Verteilung) für die Artenzahl unterschiedlicher Artengruppen auf Aufnahmeflächen (Zustandsbeschreibung), für verschiedene Auswertungseinheiten, berechnet. Für die Berechnung über die gesamte Schweiz und die Berechnung für die Basisdaten werden die Aufnahmeflächen der verdichteten Stichprobe ausgeschlossen.
- Für den zeitlichen Trend der Artenvielfalt wird der Mittelwert und der Vertrauensbereich berechnet. Dazu wird ein generalisiertes und gemischtes lineares Modell (GLMM) verwendet. Das GLMM berücksichtigt jährliche Schwankungen der Artenvielfalt und den Effekt des Erhebungsjahres. Jährliche Schwankungen können zum Beispiel durch den Witterungsverlauf beeinflusst sein und deshalb falsche Abhängigkeiten vorspiegeln. Zudem wird berücksichtigt, dass jedes Jahr nur ein Fünftel der Stichprobe erhoben wird. Die Auswirkung dieses Trancheneffekts wird vom GLMM geschätzt.

Statistische Abklärungen bei iRex (Burgdorf) und der 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 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 Daten der Messnetze Landlebensräume und Habitate generell sehr gering ist. An der Annahme der stochastischen Unabhängigkeit der Messwerte wird somit festgehalten.

Indikator «Bestand häufiger Arten» (Z8)

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.

Für jede Artengruppe wird je ein Excelfile mit den Trends der einzelnen Arten in den letzten 10 Jahren berechnet. Die Signifikanz der zeitlichen Trends wird mit einem gemischten linearen Modell berechnet mit Binomialverteilung für Präsenz / Absenz Daten (alle Artengruppen) und Poisson-Verteilung für Abundanzdaten (Tagfalter und Mollusken). Das Modell ist analog aufgebaut, wie das Modell, das zur Berechnung des zeitlichen Trends der Artenvielfalt verwendet wird (siehe vorhergehendes Kapitel).

Indikator «Vielfalt von Artengemeinschaften» (Z12)

Die Anzahl der Arten, die auf einer Messfläche vorkommen, ist nicht das alleinige Mass für die biologische Vielfalt. 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 Artengemeinschaften aus häufigen Arten, was einer qualitativen Verarmung unserer Landschaften und Lebensräume gleichkäme.

Das BDM suchte deshalb einen Indikator, welcher eine allfällige biotische Homogenisierung oder auch Diversifizierung der Biodiversität der Schweiz beschreiben und nachweisen kann. 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 gesamten 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.

Literatur

BAFU. 2022: Die biogeografischen Regionen der Schweiz. Stand 2022. (Umwelt-Wissen Nr. 2214, S. 28). Bundesamt für Umwelt BAFU.

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.

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

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.