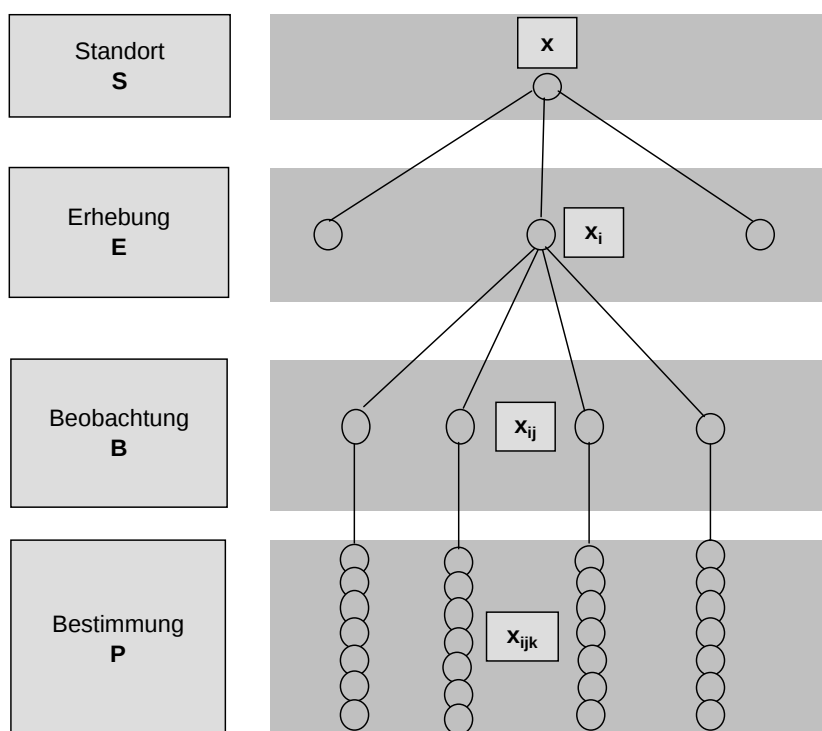


Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften Pilotprojekt LAZBO

Kurzfassung

Peter Schwab, Peter Weisskopf, Hans-Rudolf Oberholzer
Susanne Scheid, Markus Berli



April 2006

Projekt: 00.14.02.02 LAZBO

Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau,
Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

www.reckenholz.ch

Autoren

Peter Schwab , peter.schwab@art.admin.ch

Peter Weisskopf, peter.weisskopf@art.admin.ch

Hans-Rudolf Oberholzer, hansrudolf.oberholzer@art.admin.ch

Susanne Scheid

Markus Berli

Bezug

www.nabo.admin.ch > Bibliographie Nr. 146

Dank

Wir danken unseren Kollegen sowie den Mitgliedern der NABO-Begleitgruppe, die durch ihre Kommentare und Gestaltungsbeiträge zur Verbesserung des Berichts beigetragen haben. An der FAL waren dies Michael Winzeler, Franz Stadelmann, André Desaulles, Kirsten Rehbein und Hans Brunner, am BAFU Jürg Zihler und am BLW Anton Candinas.

Kurzfassung

Einleitung und Grundlagen (Bericht Teil 1)

Die Bodenfruchtbarkeit ist eng mit den physikalischen und biologischen Eigenschaften des Bodens verbunden. Ihre zeitliche Entwicklung wurde als entscheidender Faktor für eine nachhaltige Bodennutzung erkannt. Mit der Revision des Umweltschutzgesetzes (USG, 1983) und der neuen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, 1998) wurde die Langzeitbeobachtung physikalischer und biologischer Bodeneigenschaften auch zur gesetzlichen Aufgabe. Die Langzeitbeobachtung dient dabei der Zustandserhebung physikalischer und biologischer Bodeneigenschaften und darauf basierend zur Früherkennung und Prognose von Veränderungen. Dem Gesetzgeber, den Vollzugsinstanzen und der Landwirtschaft stehen damit Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung, um Massnahmen des vorsorglichen Bodenschutzes zu ergreifen. Die Langzeitbeobachtung leistet zudem einen Beitrag zur Kontrolle der ökologischen Nachhaltigkeit (Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen), wie sie im neuen Landwirtschaftsgesetz (LwG, 1998) und in der Nachhaltigkeitsverordnung (VBNL, 1998) gefordert wird.

Die bereits bestehende Langzeitbeobachtung im Rahmen der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) beschränkt sich in erster Linie auf chemische Bodenbelastungen durch anorganische und organische Schadstoffe. Gründe dafür sind einerseits die früheren gesetzlichen Vorgaben (VSBo, 1986), die sich nur auf chemische Schadstoffe bezogen, andererseits der Mangel an validierten Methoden und praktischer Erfahrung für die Bestimmung bodenphysikalischer und -biologischer Parameter über lange Zeiträume, wie sie im Rahmen des NABO (Artikel 3 VBBo) sowie für die Bodenüberwachung der Kantone (Artikel 4 VBBo) benötigt werden.

Auf Grund dieser fehlenden methodischen Grundlagen hat sich die Agroscope FAL Reckenholz in ihrem Arbeitsprogramm 2000-2003 die Aufgabe gestellt, im Rahmen einer Pilotuntersuchung Beprobungs- und Analysemethoden für die Langzeitbeobachtung ausgewählter bodenphysikalischer und -biologischer Parameter zu validieren. Dieses FAL-Projekt mit dem Titel „Pilotprojekt Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften (LAZBO)“ (FAL-Projekt-Nummer 00.14.2.2) ist eine Machbarkeitsstudie zur Abklärung der Eignung von bodenphysikalischen und -biologischen Untersuchungen im NABO-Referenznetz.

Potentiell geeignete Parameter und Methoden wurden bereits im Vorfeld des LAZBO-Pilotprojektes auf Grund von Empfehlungen aus der Literatur sowie Erfahrungen mit bereits an der Agroscope FAL Reckenholz etablierten Methoden ausgewählt. Weitere Auswahlkriterien waren Indikatorwert und Sensitivität eines Parameters sowie Praktikabilität und Aufwand der Methode. Für die zu untersuchenden bodenphysikalischen Parameter wurden Lagerungsdichte, Gesamtporenvolumen, Porengrössenverteilung (Grob-, Mittel- und Feinporenanteil), Luftpermeabilität, Vorbelastung, Eindringwiderstand und Gefügezustand ausgewählt. Bei den bodenbiologischen Parametern fiel die Wahl auf die mikrobielle Biomasse, die Basalatmung und die N-Mineralisierung im aeroben Brutversuch. Mit Ausnahme der beiden Feldmethoden Eindringwiderstand und Gefügezustand wurden alle Parameter im Labor bestimmt. Die Untersuchung der bodenphysikalischen Parameter erfolgte an zwei Ackerstandorten, die der bodenmikrobiologischen Parameter an je drei Acker- und Grünlandstandorten mit unterschiedlichen Bewirtschaftungen.

Für das LAZBO-Pilotprojekt wurde ein Untersuchungskonzept ausgearbeitet, das auf den fünf Verfahrensschritten (1) Probenahmeplan, (2) Probenahme, (3) Aufbereitung (4) Lagerung und (5) Bestimmungsmethode basiert, die zur Charakterisierung physikalischer und –mikrobiologischer Bodenparameter an einem Standort nötig sind. Unter Bestimmungsmethode wurde dabei eine all-fällige Konditionierung, Behandlung, Inkubation oder Extraktion der Probe zusammen mit der eigentlichen Analyse verstanden. Für die Verfahrensschritte (1) bis (5) wurde die Bezeichnung „**Erhebung**“, für (2) bis (5) die Bezeichnung „**Beobachtung**“ und für (3) bis (5) die Bezeichnung „**Bestimmung**“ eingeführt. Für die Untersuchung der Genauigkeit von Bestimmung, Beobachtung und Erhebung wurde ein dreistufiges hierarchisches Modell entworfen, dessen Resultate mit einer zweischichtigen Streuungszerlegung analysiert wurden. Genauigkeit steht dabei als Überbegriff für **Präzision** und **Richtigkeit**, mit denen zufällige und systematische Fehler für Bestimmung, Beobachtung und Erhebung quantifiziert wurden.

Die Bestimmungswerte wurden für die bodenphysikalischen Untersuchungen an ungestörten Zylinderproben im Labor oder, im Falle des Eindringwiderstands und des Gefügestandes, direkt am ungestörten Boden im Feld bestimmt. Für die Bestimmungswerte der bodenmikrobiologischen Untersuchungen wurden zufällig aus einer Mischprobe gezogene Laborproben verwendet. Eine Mischprobe bestand dabei aus Bodenmaterial, das mit 25 Einstichen aus einer Versuchsfläche von 10×10 m entnommen und dann zu einer Probe gemischt wurden (siehe auch Desaulles & Dahinden, 2000). Für die Beobachtungswerte der bodenphysikalischen Untersuchungen wurden je vier bis zehn Bestimmungswerte aus einem Beobachtungsblock gemittelt. Ein Beobachtungsblock stellte eine Untereinheit der Versuchsfläche mit geringer räumlicher Heterogenität dar, und war in der Praxis gleichbedeutend mit der einzelnen Profilgrube, aus der die Zylinderproben entnommen bzw. die Feldmessungen einer Beobachtung durchgeführt wurden. Die Beobachtungswerte der bodenmikrobiologischen Untersuchungen wurden aus vier Wiederholungen einer Bestimmung im Labor pro Mischprobe gemittelt.

Ein Erhebungswert ergab sich für die bodenphysikalischen und –mikrobiologischen Untersuchungen aus dem Mittel von vier Beobachtungswerten einer Erhebung. Der Erhebungswert repräsentiert den Wert eines Parameters an einem Standort zu einem bestimmten Zeitpunkt und ist damit der „Zielwert“ des LAZBO-Pilotprojektes, dessen Streuungskomponenten es mittels einer Streuungszerlegung zu quantifizieren galt. Basierend auf den Teilstreuungen und der Anzahl Bestimmungen und Beobachtungen kann die Qualitätssicherung der Bestimmungen und Bestimmungsmethoden durchgeführt, der Probenahmeplan optimiert und damit insbesondere die Streuung der Erhebungswerte minimiert werden.

Genau bestimmbare Erhebungswerte stellen zwar die Grundsteine für eine erfolgreiche Langzeitbeobachtung dar. Von Interesse ist aber vor allem die zeitliche Entwicklung dieser Erhebungswerte und damit verbunden Fragen (a) wie gross muss der Unterschied zwischen zwei Erhebungswerten sein, damit sie als signifikant verschieden erkannt werden, (b) wie viele Erhebungswerte sind nötig, um eine relevante Veränderung des mittleren Standortwerts (Erwartungswert eines Parameters an einem Standort) signifikant nachweisen zu können, (c) wie viele Erhebungswerte sind nötig, um das Grundrauschen eines Standorts (Streuung durch zufällige Abweichung der Erhebungswerte vom mittleren Standortwert) bestimmen zu können und schlussendlich (d) verändert sich der mittlere

Standortwert mit der Zeit signifikant und relevant, d.h. weisen die Erhebungswerte einen Trend auf. Zur Beantwortung der Fragen (a) bis (c) wurden im Rahmen dieser Untersuchung die statistischen Grundlagen wie die bereits erwähnte zweischichtige Streuungszerlegung oder das zweiseitige Vertrauensintervall eingeführt und angewendet. Die Zeitreihenanalyse zur Beantwortung von Frage (d) sowie die Validierung der eingeführten statistischen Modelle werden im Rahmen der LAZBO-Testphase durchgeführt.

Bodenphysikalische Untersuchungen (Bericht Teil 2)

Im Labor wurden an ungestörten Zylinderproben von zwei unterschiedlichen Grössen die bodenphysikalischen Parameter Lagerungsdichte, Gesamtporenvolumen, Porengrössenverteilung (Grob-, Mittel- und Feinporenanteil), Luftpermeabilität und Vorbelastung (Ödometertest) bestimmt. Im Feld wurde der Eindringwiderstand mit der Panda-Sonde gemessen und das Bodengefüge mittels visueller Gefügebeurteilung angesprochen. Mit den Einzelwerten der Bestimmungen wurden gemäss dem gewählten hierarchischen Probenahmeplan Mittelwerte und Varianzen für die übergeordneten Stufen Beobachtung (vier bis zehn Bestimmungen pro Beobachtung) und Erhebung (vier Beobachtungen pro Erhebung) berechnet.

Die Untersuchungen ergaben auf Stufe Beobachtung Variationskoeffizienten zwischen 5% (Lagerungsdichte, Gesamtporenvolumen) und 25% (Grobporenvolumen) bei 8 bis 10 Bestimmungen pro Beobachtung (entsprechend der Analyse von separaten Einzelproben). Die eher geringe Präzision der einzelnen Beobachtungen lässt sich durch die kleinräumige Heterogenität der untersuchten Bodeneigenschaften (Beispiel Grobporenvolumen) erklären und wird nur zu einem kleinen Teil durch den zufälligen Fehler der Bestimmungsmethode verursacht. Die verwendeten bodenphysikalischen Bestimmungsmethoden sind generell stabil (Variationskoeffizienten von wenigen Prozenten). Die Qualitätssicherung der Labor-Bestimmungsmethoden kann aber durch systematische Eichmessungen noch weiter verbessert werden. Dabei können zum Beispiel Eichproben aus porösem Material bekannter Porengrössenverteilung und Durchlässigkeit routinemässig zusammen mit den Bodenproben gemessen werden. Bei sachgerechter, sorgfältiger Lagerung von weniger als einem Jahr sind keine Effekte der Lagerung auf die Qualität der Proben für Laboruntersuchungen zu erwarten. Für die Feldmethoden, insbesondere die Bestimmung des Eindringwiderstandes, sind Korrekturen für den Einfluss des Wassergehaltes auf den Eindringwiderstand unumgänglich, um vergleichbare Werte zu erhalten.

Präzision und Repräsentativität der Untersuchungen können durch Optimierung des Probenahmeplans erhöht werden. Vorgeschlagen wird eine Erhöhung der Anzahl Beobachtungen im Feld von 4 auf 10 bei gleichzeitiger Reduktion der Anzahl Bestimmungen pro Beobachtung von 10 auf 4, sowie die zufällige Verteilung der Beobachtungsblocs auf der Versuchsfläche. Die drei bisherigen Erhebungen ermöglichten erste Schätzungen für die mittleren Standortwerte und deren Grundrauschen. Auf Grund der drei Erhebungen ist noch kein zeitlicher Trend bestimmbar. Mit der eingeführten Varianzanalyse kann aber bereits die nötige Anzahl Erhebungen zur Bestimmung statistisch signifikanter und funktionell relevanter Effekte abgeschätzt werden. Für letzteres wurden die

vorliegenden Richt- und Prüfwertvorschläge der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS, 2004) beigezogen.

Bodenmikrobiologische Untersuchungen (Bericht Teil 3)

Drei Acker- und Grünlandstandorte wurden jedes Jahres entsprechend der NABO-Vorgehensweise jeweils im Frühjahr auf einer Fläche von 10 x 10 m beprobt. Pro Fläche wurden vier Mischproben (Beobachtung) entnommen. Jede Mischprobe wurde jeweils in 4facher Wiederholung im Labor bestimmt. Als Parameter wurden diejenigen ausgewählt, die als Basisparameter sowohl von der Arbeitsgruppe „Vollzug Bodenbiologie“ (VBB) der Schweiz als auch im europäischen Ausland empfohlen werden: mikrobielle Biomasse (BM), bestimmt mit den Methoden „Substratinduzierte Respiration“ (SIR) und „Chloroform-Fumigations-Extraktion“ (FE), Bodenatmung (Basalatmung) sowie N-Mineralisierung im aeroben Brutversuch. Die Validierung erfolgte anhand von Kriterien, die an ein Bodenüberwachungssystem gestellt werden: (1) Referenzstabilität, (2) Genauigkeit der Bestimmung, (3) Genauigkeit der Erhebung, (4) zeitliche Veränderung von Bodeneigenschaften im Feld sowie (5) Relevanz. Für die Beurteilung der Referenzstabilität und der zeitlichen Veränderung wurden die Ergebnisse von frischen Proben verglichen mit jenen der tiefgekühlten Rückstellproben, die nach der Aufbereitung tiefgekühlt und zu verschiedenen Zeitpunkten nach dem Auftauen gemessen wurden.

Die Ergebnisse für die Referenzstabilität unterscheiden sich je nach bodenmikrobiologischem Parameter. Für die mikrobielle Biomasse BM (SIR) wurde eine sehr gute Referenzstabilität bestimmt. Verglichen mit der mikrobiellen Biomasse BM (SIR), bei der die Abweichungen des Mittelwertes einer Beobachtung (Mischprobe) pro Jahr vom Mittelwert der drei Jahre im Maximum 5 % betragen, kann die Referenzstabilität der Bodenatmung mit maximal 10 % Abweichung als relativ gut bezeichnet werden. Gleiches gilt für die N-Mineralisierung. Hingegen kann die Referenzstabilität für den bodenmikrobiologischen Parameter mikrobielle Biomasse BM-C/N (FE) nicht abschliessend beurteilt werden, da die entsprechenden Untersuchungsergebnisse widersprüchlich sind. Der Referenzstabilität von Bestimmungsmethoden muss in der Langzeitbeobachtung grosse Beachtung geschenkt werden. Eine regelmässige Bestimmung von stabilen Referenzproben in zeitlich kurzen Abständen ist aufgrund der Erfahrungen im LAZBO-Pilotprojekt empfehlenswert.

Die Präzision der Bestimmung ist für die untersuchten bodenmikrobiologischen Parameter gut. Bis auf den Parameter N-Mineralisierung liegen die Variationskoeffizienten der 4fachen Wiederholung einer Bestimmung pro Beobachtung (Mischprobe) im Labor unter 5 %. Für den Parameter N-Mineralisierung wurde ein Variationskoeffizient von 8 % ermittelt. Die Streuung dieser Variationskoeffizienten, als weiteres Mass zur Beurteilung der Präzision einer Methode, zeigt, dass 75 % aller Variationskoeffizienten unter 5 % liegen. Nur sehr wenige Beobachtungen weisen einen Variationskoeffizienten > 10 % auf. Der Vergleich zwischen frischen und tiefgekühlten Proben zeigt, dass auf das Tiefkühlen der Proben verzichtet werden sollte, da das Risiko, dass Beobachtungen durch Tiefkühlen und wieder auftauen der Proben grössere Variationskoeffizienten aufweisen, zunimmt.

Die Ergebnisse zur Präzision der Erhebung lassen, verglichen mit der Präzision der Bestimmung, grundsätzlich eine höhere Variabilität zwischen den vier Beobachtungen (Mischproben) erkennen. Der Vergleich frischer mit tiefgekühlten Proben zeigt auch hier, dass die Variationskoeffizienten der tiefgekühlten Proben grösser sind. Eine Ausnahme bildet der bodenmikrobiologische Parameter mikrobielle Biomasse BM (SIR), der sowohl für die frischen als auch für die tiefgekühlten Proben eine durchschnittliche Streuung $< 5\%$ aufweist. Die Ergebnisse zeigen, dass anhand der vier Beobachtungen sowie der ausgewählten bodenmikrobiologischen Parameter eine präzise Beschreibung der untersuchten Fläche möglich ist. Im Hinblick auf eine Optimierung des Aufwandes ist ohne wesentliche Einbussen in der Präzision der Erhebung eine Kombination von drei Beobachtungen und drei bzw. zwei Wiederholungen einer Bestimmung pro Beobachtung (Mischprobe) im Labor möglich.

Hinsichtlich der zeitlichen Veränderung von Bodeneigenschaften im Feld zeigen die Ergebnisse, dass sich bei einem Vergleich der Verläufe wenig Übereinstimmungen bzw. kaum Gesetzmässigkeiten zwischen den verschiedenen Methoden und den bodenmikrobiologischen Parametern feststellen lassen. Die Ausnahme bildet die mikrobielle Biomasse BM (SIR), für die eine relativ gute Übereinstimmung der Verläufe der Kurven über die Zeit bei allen untersuchten Standorten erkennbar ist. Bei den anderen bodenmikrobiologischen Parametern zeigen die Verläufe der Kurven eine geringe Übereinstimmung und sind dementsprechend von vielen zufälligen Abweichungen bzw. Veränderungen geprägt, die möglicherweise durch zu wenig bekannte Faktoren bei der Probenaufbereitung verursacht werden.

Für eine Beurteilung der gemessenen Werte bzw. deren Veränderungen im Zeitverlauf ist der Vergleich mit einem zu erwartenden Referenzwert ein wichtiges Kriterium. Im Moment liegt nur für den bodenmikrobiologischen Parameter mikrobielle Biomasse BM (SIR) ein Referenzwertmodell vor, das es ermöglicht, die Ergebnisse nicht als absolute Messgrössen anzugeben, sondern relativ zu einem standorttypischen Referenzwert. Die Auswertung der Daten für die mikrobielle Biomasse BM (SIR) mit Hilfe des Referenzwertmodells zeigt lediglich auf einem Ackerstandort eine zeitlich relevante Veränderung zwischen den jährlichen Erhebungen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass der bodenmikrobiologische Parameter mikrobielle Biomasse BM (SIR) sich in Bezug auf alle untersuchten Kriterien für die Langzeitbeobachtung eignet. Die anderen Parameter weisen jeweils für einzelne Kriterien Nachteile auf und können momentan noch nicht generell für eine Langzeitbeobachtung empfohlen werden.

Folgerungen, Empfehlungen und Ausblick (Bericht Teil 4)

Zusammenfassend wurden im vorliegenden LAZBO-Pilotprojekt folgende Ziele erreicht:

1. Präzision und Richtigkeit der Bestimmungsmethoden für die ausgewählten bodenphysikalischen und -biologischen Parameter konnten abgeschätzt werden und sind grundsätzlich quantifizierbar.

2. Die entworfene und getestete Probenahme-, Lagerungs- und Analysestrategie ermöglicht referenzstabile Untersuchungen über längere Zeiträume von zumindest Jahren. Der Einfluss von Probenahme, Lagerung und Aufbereitung auf die Messgrößen lässt sich durch Eichmessungen kontrollieren und durch Standardisierung des Vorgehens minimieren.
3. Ein hierarchischer Probenahmeplan für bodenphysikalische Untersuchungen, der eine repräsentative Probenahme über eine grössere Fläche ermöglicht, wurde entworfen und optimiert.
4. Statistische Modelle zur Zeitreihenanalyse wurden eingeführt, mit denen mittlere Standortwerte und Grundrauschen physikalischer und biologischer Bodeneigenschaften über längere Zeiträume (Jahre bis Jahrzehnte) erfasst werden können.
5. Praktikabilität und Aufwand konnten für die bodenphysikalischen und –biologischen Erhebungen basierend auf drei Erhebungsjahren quantifiziert werden.

Das LAZBO-Pilotprojekt zeigte, dass sich physikalische und mikrobiologische Bodeneigenschaften mit geeigneten Bestimmungsmethoden und Probenahmeplänen über längere Zeiträume präzise und stabil bestimmen lassen.

Die gewählten Methoden zur Bestimmung von bodenphysikalischen Parametern waren für beide untersuchten Böden praktikabel. Beim schwer bearbeitbaren Boden zeigte sich jedoch die Schwierigkeit, im relativ engen Zeitfenster für eine optimale Probenahme mögliche Erhebungszeitpunkte zu bestimmen. Pro Standort und Erhebung müssen ca. 22 Arbeitstage für alle Laboruntersuchungen (inklusive Probenahme und Probenaufbereitung) sowie zwei Arbeitstage für die Felduntersuchungen veranschlagt werden. Abhängig von den Zielen eines Monitorings physikalischer Bodeneigenschaften lässt sich der Aufwand für alle Labormethoden praktisch halbieren, wenn bei gleichem Probenumfang nur mit einer Probengrösse, vorzugsweise Grosszylindern, gearbeitet wird.

Die gewählten Methoden zur Bestimmung von bodenbiologischen Parametern erwiesen sich bei allen sechs Standorten als praktikabel. Pro Erhebung müssen für das Untersuchungsprogramm an sechs Standorten ca. 22 Arbeitstage veranschlagt werden. Durch eine Reduktion der Anzahl Beobachtungen (Mischproben) und/oder Wiederholungen der Bestimmung im Labor kann der Aufwand, ohne grosse Einbusse in der Präzision der Erhebung, um bis zu 40% reduziert werden.

Mit der laufenden LAZBO-Testphase (2004–2006) werden der optimierte Probenahmeplan Bodenphysik sowie die im LAZBO-Pilotprojekt entworfene Zeitreihenanalyse getestet. Damit werden bis Ende 2006 Erhebungswerte aus weiteren drei Jahren vorhanden sein, womit verlässlichere mittlere Standortwerte zur Verfügung stehen und die Möglichkeit besteht, das Grundrauschen jedes Standortes zu erfassen. Zudem werden die Erhebungen aus sechs Jahren erstmals eine Trendanalyse zulassen.

LAZBO-Pilotprojekt und -Testphase werden die methodischen Grundlagen liefern für eine Langzeitbeobachtung physikalischer („NABOphys“) und mikrobiologischer Bodeneigenschaften („NABObio“). Im Hinblick auf ein Konzept zur Langzeitbeobachtung muss diskutiert werden, welche Bodeneigenschaften oder –funktionen dafür beobachtet werden sollen resp. welche Ziele

NABOphys und NABObio erreichen wollen. Aus bodenphysikalischer Sicht bietet sich die Langzeitbeobachtung als Referenzsystem physikalischer Eigenschaften von (Landwirtschafts-) Böden der Schweiz an. Ein solches Referenzsystem stellt ein dringend notwendiges Instrument zur Verhinderung weiterer Schadverdichtungen von land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden dar, da nur mit verlässlichen Referenzwerten und langen Beobachtungszeiträumen langsam auftretende („chronische“) Verdichtungen nachgewiesen werden können.

Das Langzeitmonitoring bodenmikrobiologischer Parameter liefert als Überwachungssystem einen entscheidenden Beitrag, um die Auswirkungen von chemischen, physikalischen und biologischen Belastungen auf den Boden zu erfassen. Für die Planung eines NABObio, insbesondere für die Auswahl geeigneter Standorte, ist es deshalb eine unumgängliche Voraussetzung, die Ziele für eine Langzeitbeobachtung von mikrobiologischen Parametern zu erarbeiten. Mögliche Ziele könnten sein (1) Beobachtung des Einflusses diffuser Belastungen, (2) Beobachtung von Standorten mit vermuteten konkreten (starken) spezifisch chemischen oder spezifisch physikalischer Belastungen oder (3) Beobachtung des Einflusses landwirtschaftlicher (forstwirtschaftlicher) Nutzung oder sogar der Nutzung von Naherholungsräumen. Abhängig von der entsprechenden Zielsetzung wird die Auswahl von Standorten und auch die Auswahl von Parametern, insbesondere Begleitparameter und allenfalls parallel notwendige chemische oder physikalische Parameter (pH-Wert, C_{org} , Körnung), die sinnvoller Weise zu erheben sind, unterschiedlich ausfallen.

Neben den Zielen für NABOphys und NABObio sind zusätzlich Sensitivität und Indikatorwert potentiell zu erfassender Parameter zu diskutieren. Eine wichtige Rolle für das Beobachtungskonzept wird die Stratifizierung der Untersuchungsstandorte spielen. Dabei stellt sich neben praktischen Überlegungen (unterschiedliche Bedürfnisse von Bodenphysik und -biologie an den Standort, Optimum von Beprobungs- und Messaufwand etc.) die Frage, inwieweit chemische, physikalische und mikrobiologische Parameter an demselben Bodenvolumen bestimmt werden können, um Korrelationen zwischen potentiellen Effekten von Belastungen auf bodenchemische, -physikalische und -mikrobiologische Parameter klar erkennen zu können. Da aus praktischen Gründen kein umfassendes Monitoring mit Einbezug aller denkbaren Risikokonstellationen möglich ist, stellt sich die Frage, ob neben einem Kernnetz für die kontinuierliche Langzeitbeobachtung zusätzlich problembezogene Querschnittsuntersuchungen ins NABO-Konzept aufgenommen werden sollen, um potentielle Problemkonstellationen zu prüfen. Über diesen Aspekten steht die Vorstellung, das eine zukünftige Langzeitbeobachtung bodenphysikalischer und -biologischer Parameter nicht nur das bestehende Nationale Bodenbeobachtungsprogramm ergänzen und damit eine wichtige Lücke im gesamtheitlichen Ansatz der Schweizerischen Umweltschutzgesetzgebung füllen sollte, sondern damit drängende Probleme des physikalischen und biologischen Bodenschutzes in einer Art angegangen würden, die über die Schweiz hinaus Signalwirkung haben könnte.

Referenzen

- BGS, 2004. Definition und Erfassung von Bodenschadverdichtungen, Positionspapier der BGS-Plattform Bodenschutz. Dokument 13. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Zollikofen. 56 pp.
- Desaules, A. & Dahinden, R., 2000. Nationales Boden-Beobachtungsnetz - Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren. Schriftenreihe Umwelt Nr. 320. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern. 129 pp.
- LwG, 1998. Bundesgesetz über die Landwirtschaft vom 29. April 1998 (Stand am 27. April 2004). SR 910.1.
- USG, 1983. Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Stand am 30. Dezember 2003). SR 814.01.
- VBBo, 1998. Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) vom 1. Juli 1998. SR 814.12.
- VBNL, 1998. Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft vom 7. Dezember 1998 (Stand am 26. Januar 1999). SR 919.118.
- VSBo, 1986. Verordnung vom 9. Juni 1986 über Schadstoffe im Boden. SR 814.12. (ersetzt durch VBBo, 1998).

Glossar

Beobachtung	Kollektiv von Bestimmungen aus einer räumlichen Untereinheit der Versuchsfläche an einem Standort und mittlere Stufe im hierarchischen Probenahmeplan. Umfasst zusätzlich zu den Verfahrensschritten der Bestimmung auch den Vorgang der Probenahme im Feld.
Bestimmung	Einzelwert innerhalb einer Beobachtung gemessen an einer ungestörten Zylinderprobe (Bodenphysik) oder an einer von vier Laborproben, zufällig gezogen aus einer Mischprobe (Bodenbiologie). Die Bestimmung umfasst die Verfahrensschritte Aufbereitung, Lagerung und Bestimmungsmethode und ist die unterste Stufe im hierarchischen Probenahmeplan.
Bestimmungsmethode	Methode zur Bestimmung eines Einzelwerts; Berücksichtigt Konditionierung, Behandlung, Inkubation Extraktion und Analyse einer einzelnen Probe.
Beobachtungsblock	Untereinheit der Versuchsfläche mit möglichst homogenen Bodeneigenschaften (geringe räumliche Heterogenität), aus dem alle Einzelproben für die Bestimmungen einer Beobachtung der <i>bodenphysikalischen</i> Untersuchungen entnommen werden.
Erhebung	Kollektiv der Beobachtungen aus einer Versuchsfläche und zu einem Zeitpunkt an einem Standort und oberste Stufe im hierarchischen Probenahmeplan. Die Erhebung charakterisiert den Standort zu einem Zeitpunkt und umfasst zusätzlich zu den Verfahrensschritten der Bestimmung und der Probenahme auch den Einfluss der räumlichen Anordnung der Probenahmeorte.
Genauigkeit	Überbegriff für Präzision und Richtigkeit.
Grundrauschen	Streuung durch zufällige Abweichung der Erhebungswerte vom mittleren Standortwert.
Indikatorwert	Mass zur Eignung eines Parameters als Indikator für ökologisch relevante Veränderungen von Bodeneigenschaften.
Präzision	Mass für den zufälligen Fehler einer Bestimmung, Beobachtung oder Erhebung.
Probenahmeplan	Hierarchisches Schema zur (a) räumlichen Anordnung der Probenahmeorte für die Einzelproben und (b) Aggregation von Bestimmungswerten (unterste Stufe) zu Beobachtungswerten (mittlere Stufe) und schliesslich Erhebungswerten (oberste Stufe). In dieser Untersuchung ist für die bodenphysikalischen Untersuchungen der Einfluss der Probenahmeorte auf den Erhebungswert von besonderem Interesse.
Prüfwert	Grenzwert für zulässige Werte im Sinne des vorsorglichen Bodenschutzes. Bei Überschreitung müssen Massnahmen zur Reduktion geprüft werden.
Referenzstabilität	Mass für den absoluten Fehler einer Bestimmung durchgeführt zu verschiedenen Zeitpunkten mit der gleichen Methode im gleichen Labor <i>relativ zu einem definierten Referenzwert</i> . Ist in dieser Untersuchung von besonderem Interesse für den Einfluss der Probenlagerung auf die Bestimmungswerte der bodenbiologischen Untersuchungen.
Referenzwert	Stabiler Soll-, Richt- oder Prüfwert mit bekannter Streuung und (idealerweise) bekannter Abweichung vom wahren Wert.
Relevanz	In dieser Untersuchung verwendet für die tatsächliche Bedeutung und das Ausmass der Veränderung bodenphysikalischer und –biologischer Eigenschaften.
Repräsentativität	Mass für die Qualität einer Probe oder eines Probenahmeplans, eine zu untersuchende Bodeneigenschaft umfassend charakterisieren zu können.
Richtigkeit, absolute	Mass für den absoluten Fehler einer Bestimmung, Beobachtung oder Erhebung <i>bezogen auf den wahren Wert</i> .
Richtigkeit, relative	Mass für den absoluten Fehler einer Bestimmung, Beobachtung oder Erhebung <i>bezogen auf einen willkürlich definierten Referenzwert</i> (synonym: Stabilität).
Richtwert	Vorsorgewert im Bodenschutz, bei dessen Überschreitung die Bodenfruchtbarkeit als längerfristig nicht mehr gewährleistet gilt.
Sensitivität	Intensität der Veränderung eines Bestimmungs-, Beobachtungs- oder Erhebungswertes als Funktion externer Einflüsse (hier z.B. mechanische Belastung durch Befahrung und Bodenbearbeitung, Kultur...).

Stabilität	Maß für den absoluten Fehler einer Bestimmung, Beobachtung oder Erhebung <i>bezogen auf einen (willkürlich) definierten Referenzwert</i> (synonym: relative Richtigkeit).
Standort	Der Standort bezeichnet den Boden und seine Einflussfaktoren an einem Ort im Feld, der für die Langzeitbeobachtung ausgewählt wurde.
Standortwert, mittlerer	Räumlich und zeitlich gemittelter Wert eines bodenphysikalischen oder –biologischen Parameters, bedingt durch pedogene und nutzungsbedingte Eigenschaften am Standort.