

Flächenhafte Bodeninformationen? Eckpunkte für eine zukünftige Plattform für Bodeninformationen

Armin Keller, Urs Grob, Lucie Greiner, Felix Stumpf und Thorsten Behrens

Berner Fachhochschule (BFH), Hochschule für Agronomie-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Kompetenzzentrum Boden (KOBO), Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen
 armin.keller@bfh.ch, urs.grob@bfh.ch, lucie.greiner@bfh.ch, felix.stumpf@bfh.ch, thorstenbehrens@bfh.ch

Flächenhafte Bodeninformationen sind sowohl für die Bestimmung und Beurteilung der Multifunktionalität der Böden als auch für die vielfältigen Bedürfnisse verschiedener Nutzergruppen unabdingbar. In der Schweiz liegen diese bislang nur für wenige Gebiete vor. Zukünftig sollen landesweite Bodeninformationen für Forschung, Praxis und Vollzug zur Verfügung stehen. Im Zentrum stehen die Weiterentwicklung der Kartiermethodik durch die Integration neuer Methoden und Techniken, sowie die Durchführung von Pilotprojekten zur Umsetzung in der Praxis. Weitere zentrale Eckpunkte sind eine einheitliche Beschreibung und Klassifikation der Böden, ein umfassendes Datenmanagement und die Bereitstellung von frei verfügbaren und nutzergerechten Bodendaten und Produkten.

1 Einleitung

Der Boden erfüllt, neben der Produktionsfunktion für Land- und Forstwirtschaft, zahlreiche ökologische und ökonomische Funktionen. Er lagert, filtert und transformiert Wasser sowie Nähr- und Schadstoffe. Gleichzeitig ist der Boden der zweitgrösste Kohlenstoffspeicher und Lebensraum, und trägt so massgeblich zur Biodiversität bei. Die Fachbeiträge in dem vorliegenden Tagungsband «Forum für Wissen 2022» zeigen eindrucksvoll die Multifunktionalität der Waldböden auf. Die Bedeutung fundierter Bodendaten für die Bewertung von Bodenfunktionen und die Empfehlung geeigneter Massnahmen wird dabei nachdrücklich belegt.

Bodenfunktionen werden im Folgenden als Leistungen der Böden verstanden, welche für Mensch und Umwelt erbracht werden. Aufgrund ihrer vielfältigen Regelungs-, Produktions- und Lebensraumfunktionen, sowohl für Landwirtschafts- als auch für Waldböden wird allgemein von der Multifunktionalität der Böden gesprochen (GREINER *et al.* 2018). Während sich in Gesetzgebung und Vollzug das Thema Bodenschutz in den letzten Jahrzehnten auf die Verminderung oder Vermeidung von Bodengefahren konzentriert hat, verfolgt der Schutz von Bodenfunktionen einen integralen Ansatz. Der Schutz von Bodenfunktio-

nen zielt vor allem darauf ab, die Multifunktionalität der Böden zu erhalten, möglichst sogar zu verbessern und die verschiedenen Nutzungsinteressen zu steuern (GREINER *et al.* 2016).

Die Verfügbarkeit von Bodeninformationen ist unabdingbar für die Bestimmung und Beurteilung von Bodenfunktionen. Grundlage hierfür ist die Bodenkartierung, welche u.a. mittels bodenkundlicher Erhebungen die räumliche Verbreitung der Böden sowie deren Aufbau und Eigenschaften nach einheitlichen Standards erfasst. Beispielsweise werden der Bodentyp, das Ausgangsmaterial, die Bodenart, die Grundwasser- und Staunässeverhältnisse sowie die pflanzennutzbare Gründigkeit erhoben (BGS 2014). Um die Multifunktionalität der Böden hinreichend erfassen zu können, ist der Umfang der zu erhebenden Bodeneigenschaften gemäss der Kartiermethodik FAL24 aus dem Jahre 1996 jedoch nicht ausreichend (KELLER *et al.* 2018). Wichtige bodenphysikalische Eigenschaften wie die Lagerungsdichte, das Porenvolumen oder die nutzbare Feldkapazität werden in Bodenkartierungen bisher nicht erhoben. Zudem können unter den heutigen (finanziellen) Rahmenbedingungen Basiseigenschaften wie der pH-Wert, der Humusgehalt, die Textur oder der Kohlenstoffgehalt nur an wenigen Profilen im Labor gemessen werden.

Im Forschungsprogramm NFP68 Boden wurde empfohlen, prioritär zu kartierende Gebiete zu bestimmen, die Schweizer Böden etappenweise und flächendeckend zu kartieren und eine Bodeninformationsplattform Schweiz aufzubauen (STEIGER *et al.* 2018). Des Weiteren gilt es, einheitliche Erhebungsmethoden für Bodendaten zu erarbeiten sowie interaktive Produkte wie Anwender- und Bodenfunktionskarten für Wissenschaft, Behörden und Praxis zur Verfügung zu stellen (KELLER *et al.* 2018). Die Bodenstrategie des Bundes hat diese Problematik aufgenommen (Schweizerischer Bundesrat 2020), und benennt als eines von drei Handlungsfeldern die Erhebung von flächendeckenden Bodeninformationen als eine vordringliche Aufgabe. Die Dringlichkeit einer nationalen Bodenkartierung, ebenso wie die vielfältigen Bedürfnisse an Bodeninformationen seitens der Kantone wurden kürzlich anhand einer Umfrage bei den zuständigen kantonalen Fachämtern dokumentiert (INTERFACE 2021). Für viele Kantone ist vor dem Hintergrund des aktualisierten Sachplans für Fruchtfolgeflächen (FFF) (ARE 2020), und mit der Notwendigkeit, den Verbrauch von FFF unter bestimmten Bedingungen kompensieren zu müssen, eine neue Dringlichkeit für Bodenkartierungen entstanden.

Der Bundesrat hat 2020 neben der Bodenstrategie Schweiz auch ein Massnahmenpaket zur nachhaltigen Sicherung der Ressource Boden verabschiedet. Unter anderem wurde damit die Grundlage für die Gründung eines Kompetenzzentrums für Boden bereitet. Das Kompetenzzentrum Boden (KOBO) versteht sich als eine nationale Fachstelle von Bund und Kantonen, mit dem Ziel, Erhebungs- und Analysemethoden von Bodeneigenschaften zu vereinheitlichen sowie technische Stan-

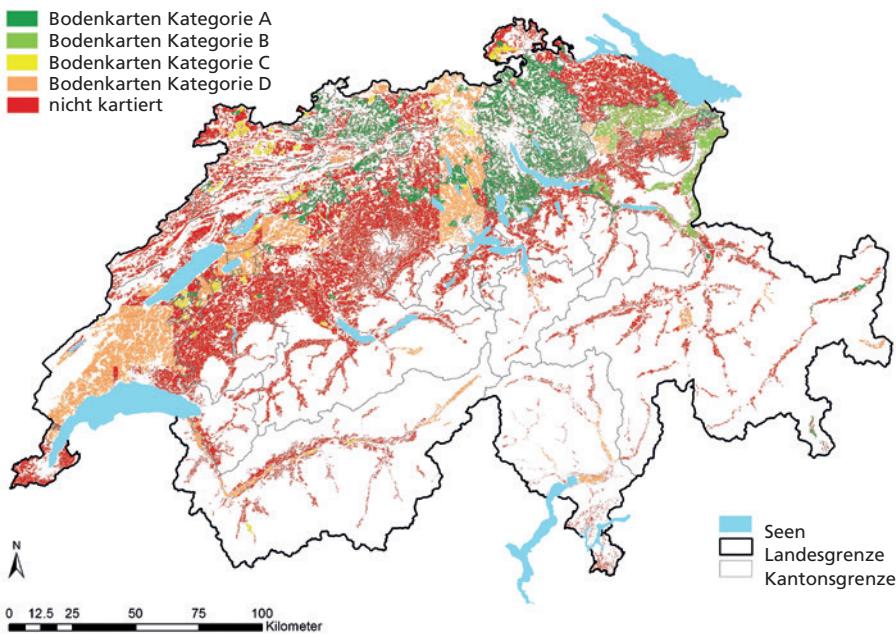


Abb. 1. In der Schweiz vorhandene Bodeninformationen für Landwirtschaftsflächen. (Quelle: REHBEIN *et al.* 2019). Die Kategorien A bis D gruppieren die Qualität der Bodendaten nach Datenschlüssel und räumlichem Massstab (siehe Text).

dards für die Bodenkartierung weiterentwickeln (www.ccsols.ch). Zudem soll das KOBO als nationale Informations- und Serviceplattform dienen und Methoden für nutzerspezifische Auswertungen von Bodeninformationen und Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung stellen.

In diesem Kontext skizziert der vorliegende Beitrag auf operationeller Ebene einige wichtige Eckpunkte, wie langfristig flächenhaft fundierte Bodeninformationen für Forschung, Praxis und Vollzug in der Schweiz erhoben und zur Verfügung gestellt werden können.

2 Fehlende landesweite Bodeninformationen

Bodeninformationen sind gegenwärtig in der Schweiz nur in wenigen Kantonen flächendeckend vorhanden (Abb.1). Bisher wurde nur etwa ein Viertel der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz kartiert (REHBEIN *et al.* 2019). In guter Qualität liegen heute lediglich für 13 % der Landwirtschaftsflächen der Schweiz Bodenkarten vor (Abb. 1 – Kategorie A, Massstab > 1:5000 und Datenschlüssel 5 und 6). Hinzu kommen rund 6 % an Flä-

chen, die noch im Feld verifiziert werden müssten (Kategorie B; Massstab > 1:5000; übersetzt in Datenschlüssel 6) oder noch in den aktuellen Datenschlüssel übersetzt und verifiziert werden könnten (Kategorie C; Massstab 1:5000). Für 81 % der Landwirtschaftsflächen (784000 ha) liegen somit keine oder qualitativ ungenügende Bodenkarten (Kategorie D) vor.

Für Waldböden präsentiert sich die Kartierbilanz im Allgemeinen als ungenügend. Abgesehen von einzelnen Gebieten in den Kantonen ZH, SO, BL und VD, wurden Waldböden auf kantonaler Ebene kaum kartiert (BGS 2014, REHBEIN *et al.* 2019). Schweizweit sind bisher weniger als 50000 ha der Waldböden flächendeckend erfasst, das entspricht weniger als 4 % der Waldfläche in der Schweiz. Dennoch, im Rahmen von Forschungsprojekten wurden über die Jahre an der WSL über 2000 Waldbodenprofile der Schweiz erhoben (z.B. WALTHERT *et al.* 2004). Unter anderem auf Basis dieser Punktinformationen und digitalen Kartiermethoden entstand eine digitale Karte von Bodeneigenschaften der Schweizer Waldböden auf nationalem Massstab (BALTENSWEILER *et al.* 2021). Gegenwärtig werden in den Kantonen Zürich (GUBLER *et al.* 2022) und Solothurn Waldbodenkartierungen durchgeführt.

3 Roadmap für eine zukünftige Bodeninformations-Plattform

3.1 Überarbeitung der Schweizer Bodenklassifikation und Kartieranleitung

Unabhängig von der Kartiermethodik bildet die bodenkundliche Beschreibung und Klassifikation der Böden an Profilen und Bohrungen eine grundlegende Basis für die Erstellung von Bodenkarten. Gegenwärtig werden die Bodenklassifikation und die Kartieranleitung der Böden der Schweiz überarbeitet (siehe www.boden-methoden.ch). Die Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz soll einerseits eine einheitliche Bodenansprache ermöglichen, und andererseits die Variabilität der Böden in der Schweiz charakterisieren. Erste Teile des Grundlagenwerkes sind bis 2023 geplant. Es soll bis 2026 fertiggestellt werden. Anschliessend ist geplant, es laufend zu aktualisieren. Es umfasst unter anderem einen Leitfaden für die Beschreibung von Bodeneigenschaften und -kennwerten im Feld, die Systematik zur Bodenklassifikation, die Klassifikation der Humusformen (SCHMIDHAUSER und PRESLER 2020) als auch die überarbeitete Kartieranleitung für Landwirtschafts- und Waldböden (MARUGG und SCHMIDHAUSER 2020). Zudem werden die Auswertungsmethoden für die pflanzennutzbare Gründigkeit (pnG), Wasserhaushaltsgruppen (WHG) und Nutzungseignungsklassen (NEK) überarbeitet.

Die zu erhebenden Bodeneigenschaften und -kennwerte werden im Zusammenhang mit dem Leitfaden und der Kartieranleitung 2023 für die Profile, die Bohrungen und die Flächenkartierung empfohlen. Dies ist ein wichtiger Schritt, um die Vergleichbarkeit von Bodenkartierungen in den Kantonen sicherzustellen. Ein weiterer wichtiger Aspekt für eine einheitliche Beschreibung und Kartierung der Böden stellt die Ausbildung von Fachkräften dar. Diese soll beispielsweise im Rahmen des CAS Bodenkartierung an der Fachhochschule Wädenswil (ZHAW) und an den Partnerinstitutionen des CAS Kurses gestärkt werden. Parallel kann dies auch im Rahmen von kantonalen Bodenkartierungen erfol-

gen, indem beispielsweise Kartierlose speziell für die Ausbildung von Nachwuchskräften ausgeschrieben werden, und mit einer Betreuung von Fachexperten für die Qualitätssicherung verknüpft sind.

3.2 Integration neuer Methoden für die Bodenkartierung

Verschiedene neue Methoden und Techniken ermöglichen es, Bodenkartierungen zukünftig effizienter durchzuführen, sowie Umfang und Qualität der erhobenen Bodeneigenschaften zu verbessern (MINASNY and McBRATNEY 2016, BEHRENS *et al.* 2017). Abbildung 2 skizziert den grundsätzlichen Ablauf einer Bodenkartierung. Beispielsweise kann die Fernerkundung mit bodenrelevanten Produkten dazu beitragen, die Konzeptphase der Bodenkartierung zu unterstützen (STUMPF *et al.* 2018, 2020). Dies betrifft u.a. die langjährige Nutzung, Unterschiede im Bewuchs der Pflanzen oder Auswertungen zur Farbe der Oberfläche aller offenen Ackerflächen (Bare Soil Map). Weiterhin ermöglichen es spektroskopische Bestimmungsmethoden im Labor und Feld, bestimmte Bodeneigenschaften effizient zu erfassen (BAUMANN *et al.* 2021, VISCARRA ROSSEL *et al.* 2022). Hierbei kommen spektroskopische Techniken im nahen und mittleren Infrarotbereich zum Einsatz (NIR und MIR).

Darüber hinaus werden mathematisch-statistische Methoden aus dem Bereich der Pedometrie für die Regionalisierung von Punktdaten in die Fläche eingesetzt (BEHRENS *et al.* 2018). Dies umfasst unter anderem geostatistische Methoden, Regressions- und Klassifikationsansätze sowie Verfahren aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz (Maschinelles Lernen). Die Integration von neuen Methoden in den Ablauf einer Bodenkartierung gelingt vor allem dann, wenn bewährte Elemente der heutigen Feldkartierung mit neuen Methoden ergänzt werden. In kantonalen Kartierprojekten besteht in der Regel aus Zeit- und Kostengründen nur ein relativ kleiner Spielraum, um neue Methoden zu testen und in den Ablauf einer Bodenkartierung zu integrieren. Aus diesem Grund sind vorzugsweise Pilot- und Forschungsprojekte mit angepassten Rahmenbe-

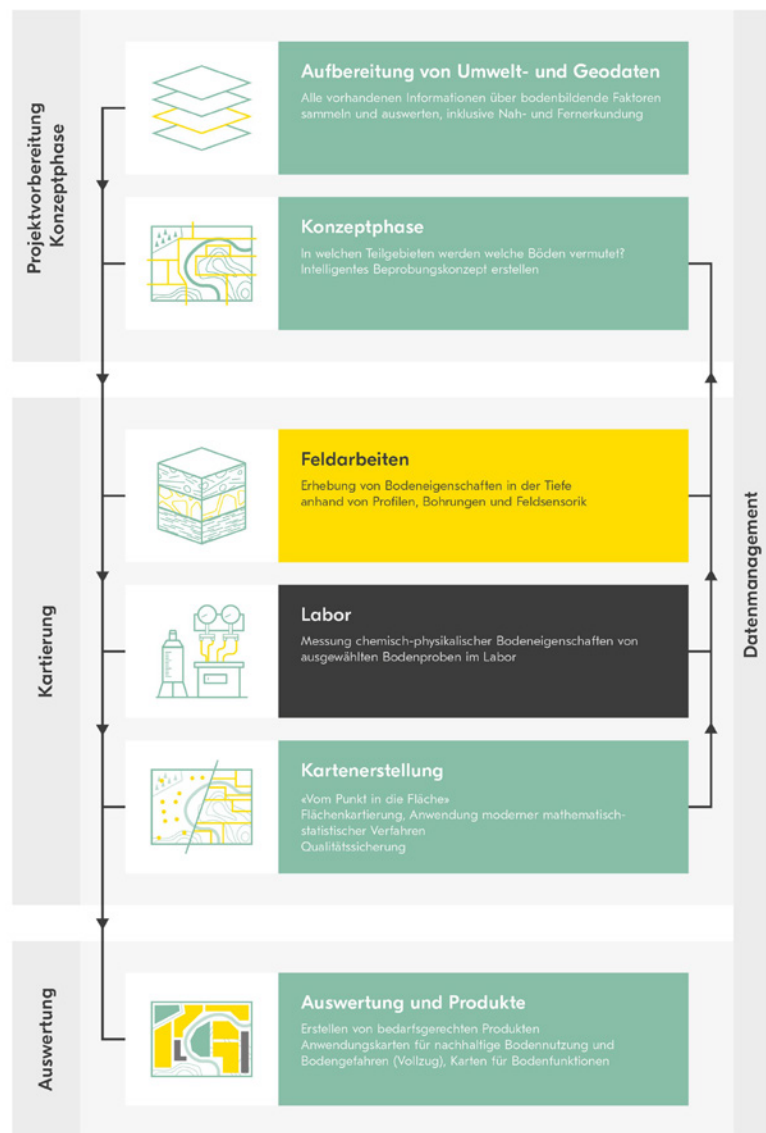


Abb. 2. Grundsätzliche Arbeitsschritte einer Bodenkartierung. Zwischen einzelnen Arbeitsschritten kann auch iterativ vorgegangen werden. Ein einheitliches Datenmanagement ist für den gesamten Kartierprozess erforderlich.

dingungen geeignet, um gezielt einzelne oder mehrere neue Methoden im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit zu optimieren.

Im Gegensatz zu vielen Forschungsprojekten, die auf einzelne Methoden zur Erhebung von Bodeneigenschaften fokussieren, stellt die Kombination von mehreren neuen Methoden eine zusätzliche Herausforderung dar. Diese besteht vor allem darin, die Entwicklung von einzelnen Methoden aufeinander abzustimmen. Beispielsweise stellen landesweit einheitliche Produkte aus der Fernerkundung sowohl für die Konzeptphase als auch für die Kartenerstellung eine wertvolle Grundlage dar (z.B. aktuelle und historische Nutzung der Böden, Unterschiede im Bewuchs der Vegetation, multiskalige Terrainanaly-

sen, spektroskopische Informationen zur Oberfläche offener Ackerflächen). Diese Produkte sind so zu entwickeln, dass sie im Ablauf einer Bodenkartierung von der Konzeptphase bis zur flächendeckenden Regionalisierung einen Beitrag leisten und die räumliche Variation der bestimmenden bodenbildenden Faktoren im Untersuchungsgebiet abbilden.

Die pedologischen Arbeiten im Feld können durch Bohrfahrzeuge für Profile und Bohrungen unterstützt werden. Die wichtigsten Bodeneigenschaften, wie z.B. die Textur, können zusätzlich zu den üblichen Feldschätzmethoden im Labor oder Feld mit spektroskopischen Bestimmungsmethoden effizient und genau analysiert werden (VISCARRA ROSSEL *et al.* 2022).

Für eine grosse Bandbreite an Böden in der Schweiz wurden spektroskopische Analysen im Labor für Bodeneigenschaften wie pH, Humus- und Tongehalt erfolgreich angewendet (BAUMANN *et al.* 2021). Die einheitliche und digitale Erfassung von Bodendaten im Feld kann mit Hilfe der Web-Applikation Soildat auf Tablets und Smartphones erfolgen (siehe www.ccsols.ch). Die Feldkartierung der Pedologen zur flächenhaften Erhebung von Bodeneigenschaften und -kennwerten kann zusätzlich mit der digitalen Kartierung von Bodeneigenschaften und Erstellung von entsprechenden Prognosekarten ergänzt werden (BEHRENS *et al.* 2017, 2018).

Während zahlreiche Studien die Modellierung von Bodeneigenschaften vom Punkt in die Fläche für landwirtschaftlich genutzte Böden dokumentieren (z.B. NUSSBAUM *et al.* 2018a), sind bislang relativ wenige Studien zur Regionalisierung von Bodeneigenschaften für Waldböden durchgeführt worden. MOSIMANN und HERBST (2013) erstellten flächendeckende Bodeneigenschaftskarten für Waldböden im Kanton Basel-Landschaft. BALTENSWEILER *et al.* (2021) verglichen verschiedene mathematisch-statistische Methoden, um auf Basis der aktuell verfügbaren Profildaten für Waldböden ($n=2071$) für verschiedene Tiefenstufen die wichtigsten Bodeneigenschaften zu prognostizieren.

Die Liste der oben genannten neuen Methoden für die Bodenkartierung ist nicht abschliessend, aber verdeutlicht, dass eine Bodenkartierung zukünftig von verschiedenen Fachdisziplinen profitieren kann, und deshalb eine interdisziplinäre Zusammenarbeit im Rahmen der Weiterentwicklung der Kartiermethodik erforderlich ist.

3.3 Methodenentwicklung im Rahmen von Pilot-, Forschungs- und kantonalen Projekten

Seit 2021 hat das KOBO mit kleineren Pilotprojekten für die Kartierung von Böden begonnen. Jeweils im Umfang von rund 200–300 ha werden in Zusammenarbeit mit den Kantonen und Ingenieurbüros neue Methoden integrativ getestet und optimiert. Für verschiedene Regionen in der Schweiz

soll auf diese Weise schrittweise die heutige Kartiermethode, sowohl für Landwirtschafts- als auch für Waldböden, weiterentwickelt werden (siehe www.ccsols.ch/de/kartierprojekte). Parallel werden in Absprache mit Kantonen einzelne neue Methoden in laufenden kantonalen Bodenkartierungen eingesetzt, beispielsweise die Nutzung von Produkten aus der Fernerkundung, die Anwendung von Soildat für die digitale Erfassung von Bodeneigenschaften im Feld oder die Bestimmung von Bodeneigenschaften für Profilproben mit spektroskopischen Laboranalysen.

Zudem werden in der Schweiz im Rahmen von Forschungsprojekten neue Methoden für spezifische Fragestellungen in der Bodenkartierung untersucht. OECHSLIN *et al.* (2022) untersuchten beispielsweise im St. Galler Rheintal die räumliche Ausbreitung und Qualität organischer Böden anhand neuer Methoden und generierten Prognosekarten für Bodeneigenschaften in unterschiedlichen Tiefenstufen unter Angabe der Unsicherheit der Prognosen. Ferner werden gegenwärtig im Kanton Bern im Raum Wohlen für rund 1200 Hektare Wald- und Landwirtschaftsflächen neue Methoden im Rahmen eines Forschungsprojekts getestet (Projekt der Wyss Academy for Nature, Bern). Weiterhin ergeben sich aus den laufenden kantonalen Kartierprojekten neue Erkenntnisse. Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren auf Basis solcher Projekte die Methode der Bodenkartierung schritt-

weise weiterentwickelt und wertvolle Praxiserfahrungen gesammelt werden können.

3.4 Erfüllung der Bedürfnisse unterschiedlicher Nutzergruppen

In der thematischen Synthese «Bodeninformationsplattform» wurden insgesamt 18 Nutzergruppen und ihre spezifischen Bedürfnisse an flächenhaften Bodeninformationen erarbeitet (KELLER *et al.* 2018). Nachgefragt werden vor allem Grundlagenkarten für Bodeneigenschaften und -kennwerte sowie Themenkarten für spezifische Anwendungen; beispielsweise das Nährstoff- und Wasserspeichervermögen der Böden, die Filter- und Pufferfunktion bezüglich Nähr- und Schadstoffe, die Speicherung von Kohlenstoff oder die Eignung der Böden sowohl hinsichtlich ihrer Produktionsfunktion als auch für Biodiversitätsflächen. Stand früher vor allem die agronomische Beurteilung der Böden im Vordergrund einer Bodenkartierung, so muss der Zweck und die Anwendung zukünftig erhobener Bodeninformationen den oben genannten Ansprüchen für eine Beurteilung der Multifunktionalität der Böden genügen. Der minimal im Rahmen einer Kartierung zu erhebende Datensatz (MDS) ist deshalb mit den zu erzielenden Produkten einer Bodenkartierung abzustimmen. Dabei sind die relevanten Themenkarten interaktiv mit den verschiedenen Nutzergruppen zu entwickeln und zu optimieren.

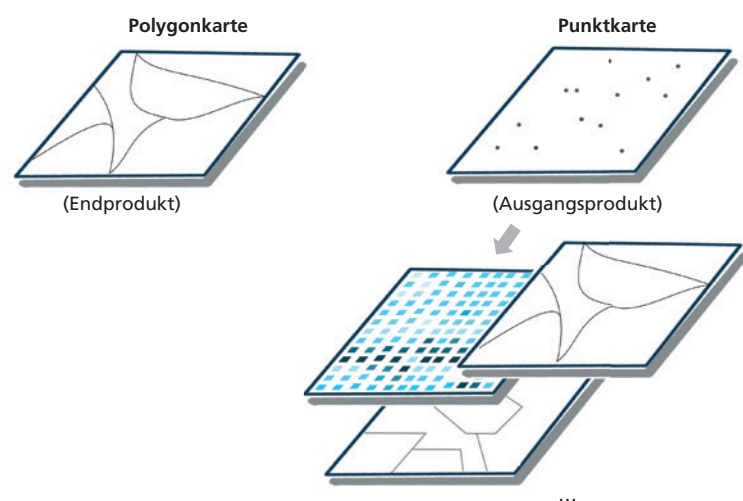


Abb. 3. Produkte der Bodenkartierung sollen in Zukunft neben der klassischen Polygonkarte auch weitere Produkte wie Punktdatensatz und Rasterkarten zur Verfügung stellen können.

Darüber hinaus soll die räumliche Darstellung der Grundlagen- und Themenkarten, welche aus der Bodenkartierung resultieren, den spezifischen Ansprüchen der Nutzer gerecht werden. Die klassischen Polygonkarten mit den jeweiligen Attributen für Ober- und Unterböden sind für ausgewählte Fragestellungen zielführend, jedoch für viele weitere Anwendungen in Forschung und Praxis in Bezug zur räumlichen Auswertung von Bodendaten mitunter stark limitierend. Dies gilt für die Flächenaussage wie auch für die Tiefenauflösung (Abb. 3). Mit einer Bereitstellung der erhobenen Bodendaten an Profilen und Bohrungen (Punktdatensatz), den dazugehörigen Metainformationen (z.B. Profildaten, Originalskizzen), sowie regionalisierten Polygon- und Rasterkarten (Flächendatensatz), können die vielfältigen Bedürfnisse der Nutzergruppen flexibel und besser erfüllt werden. Anhand von Rasterkarten kann insbesondere die räumliche Variabilität von Basisbodeneigenschaften wie dem pH-Wert, dem Humusgehalt und der Textur detaillierter in der Fläche und der Tiefe dargestellt werden. Zudem benötigen vor allem Forschungsprojekte Punktdatensätze mit gemessenen Bodeneigenschaften, die es in Verbindung mit Geo- und Umweltvariablen erlauben, räumliche Prognosemodelle für spezifische Forschungsfragen – z.B. in Bezug zur Multifunktionalität der Böden – zu erstellen.

3.5 Bereitstellung von Bodendaten

Für eine breite Nutzung der erhobenen Bodendaten ist die Bereitstellung von Bodeninformationen für Fachpersonen, Vollzug, Privatwirtschaft und Forschung als auch für die Öffentlichkeit von zentraler Bedeutung. Der Zugang soll einfach und ohne Barrieren möglich sein. Bislang fehlt eine frei zugängliche nationale Plattform für Bodeninformationen. Auf kantonaler Ebene existieren bereits einige Web-GIS-Systeme, die es ermöglichen, kantonale Bodendaten direkt zu beziehen (für eine Übersicht siehe KELLER *et al.* 2018).

Mit dem Bodeninformationssystem NABODAT (Nationale Boden-datenbank: www.nabodat.ch) wurden in den letzten Jahren die vorhandenen kantonalen Bodendaten in ein ein-

Anzahl Standorte

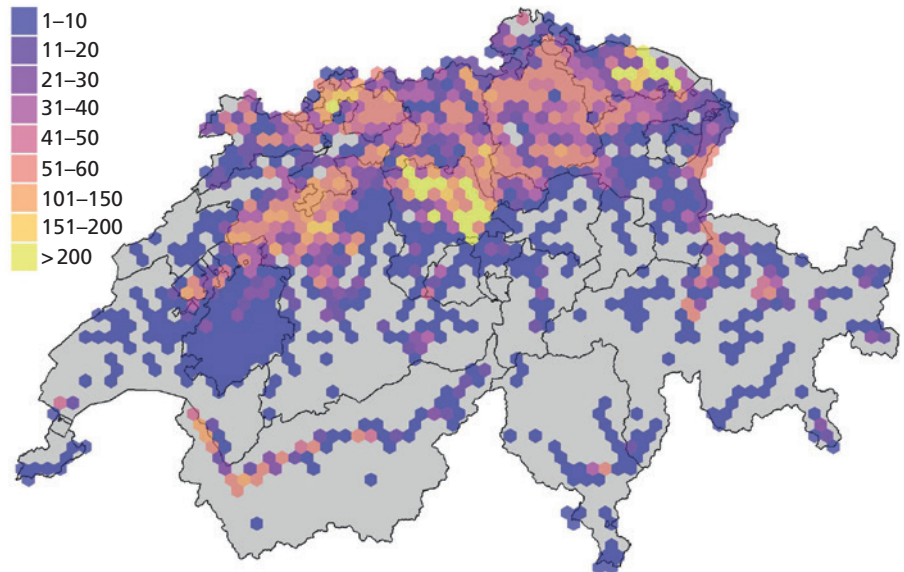


Abb. 4. Gegenwärtig verfügbarer Punktdatensatz für Bodeninformationen (überwiegend Landwirtschaftsböden; Quelle: T. Stalder, Servicestelle NABODAT, 2022, Version 6 Punktdatensatz).

heitliches Datenmodell überführt und die vorhandenen Bodendaten harmonisiert, die vor allem in Bodenkartierungen über vier Jahrzehnte hinweg erhoben wurden. Die Servicestelle NABODAT stellt den jeweils aktuellsten Punktdatensatz, der von den Kantonen frei gegeben wird, für die Öffentlichkeit zur Verfügung. Die Version 6 des Punktdatensatzes enthält Bodendaten von rund 33 000 Standorten (Abb. 4; www.nabodat.ch).

Das KOBO arbeitet gegenwärtig an dem Aufbau eines nationalen Datenportals für Bodeninformationen und Produkte, welches zukünftig eine effiziente und nutzerorientierte Bereitstellung von Bodeninformationen und daraus generierten Produkten und Themenkarten für die Öffentlichkeit gewährleisten soll. In einigen anderen europäischen Ländern bestehen solche Informations-Plattformen bereits seit längerem (NUSSBAUM *et al.* 2018b).

4 Fazit

Angesichts der Bedeutung der Böden für unsere Gesellschaft und der grossen Nachfrage nach Bodeninformationen, gehen wir aufgrund von grossen Wissens- und Datenlücken ein sehr hohes Risiko ein, eine unserer wichtigsten Lebensgrundlagen schleichend zu verlieren. Ohne Bodeninformationen

verbleiben die Leistungen des Bodens im Verborgenen und können nicht ausreichend geschützt und für zukünftige Generationen bewahrt werden. Um die Multifunktionalität der Böden adäquat zu erfassen, zu bewerten und fundierte Grundlagen für die Praxis, den Vollzug und die Forschung bereitstellen zu können, sind flächenhafte Bodeninformationen unabdingbar. Die wichtigsten Eckpunkte auf der operationellen Ebene zur Erhebung landesweiter Bodeninformationen sind (1) eine einheitliche Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz als auch die fortlaufende Überarbeitung dieser Grundlagenwerke; (2) die Integration neuer Methoden und Techniken für eine effiziente Kartierung aller Böden ausserhalb des Siedlungsraums in Verbindung mit einem erweiterten Umfang der zu erhebenden Bodeneigenschaften als auch einer Verbesserung der Qualität, (3) die Durchführung von Pilot- und Forschungsprojekten in Zusammenarbeit mit Kantonen, Bundesämtern und Ingenieurbüros, um neue Methoden in den Ablauf der Bodenkartierung testen und für die Praxis optimieren zu können, (4) ein umfassendes Datenmanagement und eine für Nutzer einfache und offene Bereitstellung der erhobenen Bodendaten, die sowohl die erhobenen Bodendaten an Profilen und Bohrungen, Polygon- und Rasterkarten sowie nutzerspezifische Themenkarten umfasst.

5 Literatur

- ARE – Bundesamt für Raumentwicklung. 2020. Sachplan Fruchtfolgeflächen. Bern.
- Baltensweiler, A.; L. Walthert, M. Hanewinkel, S. Zimmermann, M. Nussbaum. 2021. Machine learning based soil maps for a wide range of soil properties for the forested area of Switzerland. *Geoderma Regional* 27: 13, e00437 <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00437>
- BAUMANN P., HELFENSTEIN, A.; GUBLER, A. KELLER, A.; MEULI, R.; WÄCHTER, D.; LEE, J.; VISCARRA ROSSEL, R.A.; SIX, J., 2021. Developing the Swiss mid-infrared soil spectral library for local estimation and monitoring. *SOIL* 7: 525–546. <https://doi.org/10.5194/soil-7-525-2021>.
- BEHRENS T., SCHMIDT, K.; KELLER, A., 2017. Factsheets Digital Soil Mapping. Im Auftrag Bundesamt für Umwelt (BAFU). 3003 Bern. S. 29. (verfügbar unter www.nabodat.ch)
- BEHRENS, T.; SCHMIDT, K.; MACMILLAN, R.A.; VISCARRA ROSSEL, R., 2018: Multi-scale Digital Soil Mapping with deep learning. *Sci. Rep.* 8: 15244.
- BGS Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz 2014: Bodenkartierung in der Schweiz – Entwicklung und Ausblick. S. 96. Verfügbar unter <http://www.soil.ch/cms/index.php?id=bodenkartierung>
- GREINER L., SCHWAB, P.; ZIMMERMANN, S.; NUSSBAUM, M.; PAPRITZ, A.; KELLER, A., 2016. Bodenfunktionen bewerten: Anwendungsbeispiele Wasserhaushalt und Landwirtschaft. BGS-Bulletin 2016. (verfügbar unter www.soil.ch)
- GREINER L., NUSSBAUM, M.; PAPRITZ, A.; FRAEFEL, M.; ZIMMERMANN, S.; P. SCHWAB, P.; GRËT-REGAMEY A.; KELLER, A., 2018. Assessment of soil multi-functionality to support the sustainable use of soil resources on the Swiss Plateau. *Geoderma Regional* 14: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00181>
- GUBLER, A.; GASSER, U.; WANNER, C., 2022: Die Waldbodenkartierung des Kantons Zürich: Bodenversauerung sichtbar machen. In diesem Band 39–41.
- INTERFACE 2021. Kantonale Erfahrungen mit Bodenkartierungen. Erhebung im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU). Schlussbericht. INTERFACE Politikstudien Forschung Beratung GmbH. CH-6003 Luzern. S. 67 plus Anhang.
- KELLER, A.; FRANZEN, J.; KNÜSEL, P.; PAPRITZ, A.; ZÜRRE, M., 2018: Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Thematische Synthese TS4 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (nfp 68), Bern. S. 124. <http://www.nfp68.ch/de/news-medien/publikationen>.
- MARUGG, D.; SCHMIDHAUSER, A., 2020: Leitfaden revidierte Kartieranleitung der Böden der Schweiz – Baustein B: Flächenkartierung. Berner Fachhochschule BFH. verfügbar unter www.boden-methoden.ch.
- MINASNY, B.; McBRATNEY, A.B., 2016. Digital soil mapping: a brief history and some lessons. *Geoderma* 264: 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07017>
- MOSMANN, T.; HERBST, P., 2013. Flächenhafte Modellierung von Waldbodeneigenschaften in der Nordwestschweiz. *Schweiz. Z. Forstwes.* 164: 10–22.
- NUSSBAUM, M.; SPIESS, K.; BALTENSWELER, A.; GROB, U.; KELLER, A.; GREINER, L.; SCHAEPMAN, M.E.; PAPRITZ, A., 2018a. Evaluation of digital soil mapping approaches with large sets of environmental covariates. *Soil* 4, 1: 1–22. <https://doi.org/10.5194/soil-4-1-2018>.
- NUSSBAUM, M.; BURGOS, A.; KELLER, A.; CARIZZONI, M.; PAPRITZ, A., 2018b: Bodeninformationssysteme und (digitale) Bodenkartierung in Europa: Was kann die Schweiz davon lernen? Bericht Fokusstudie, Nationales Forschungsprogramm NFP 68 «Ressource Boden». verfügbar unter <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000262483>. S. 98 plus Anhang.
- OECHSLIN, S.; BURGOS, S.; NUSSBAUM, M., 2022. Bodenkartierung St. Galler Rheintal. Zollikofen, Berner Fachhochschule BFH-HAFL. Forschungsgruppe Bodennutzung und Bodenschutz. S. 84 plus Anhang.
- REHBEIN, K.; SPRECHER, CH.; KELLER, A., 2019: Übersicht Stand Bodenkartierung in der Schweiz – Ergänzung des Bodenkartierungskataloges Schweiz um Bodeninformationen aus Meliorationsprojekten. Zürich, Agroscope, Servicestelle NABODAT.
- SCHMIDHAUSER, A.; PRESLER, J., 2020: Leitfaden revidierte Klassifikation der Böden der Schweiz. Berner Fachhochschule BFH. verfügbar unter www.boden-methoden.ch.
- Schweizerischer Bundesrat, 2020: Bodenstrategie Schweiz – für einen nachhaltigen Umgang mit dem Boden. Umwelt-Info. Bern, Schweizerischer Bundesrat.
- STEIGER, U.; KNÜSEL, P.; REY, L., 2018: Die Ressource Boden nachhaltig nutzen. Gesamtsynthese des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (nfp 68); verfügbar unter www.nfp68.ch.
- STUMPF, F.; SCHNEIDER, M.K.; KELLER, A.; MAYR, A.; RENTSCHLER, T.; MEULI, R.G.; SCHAEPMAN, M.; LIEBISCH, F., 2020: Spatial monitoring of grassland management using multi-temporal satellite imagery. *Ecol. Indic.* 113: 10620.
- STUMPF, F.; KELLER, A.; SCHMIDT, K.; MAYR, A.; GUBLER, A.; SCHAEPMAN, M., 2018: Spatio-temporal land use dynamics and soil organic carbon in Swiss agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 258: 129–142.
- VISCARRA ROSSEL, R.A.; BEHRENS, T.; BENDOR, E.B. *et al.* 2022. Diffuse reflectance spectroscopy for estimating soil properties: A technology for the 21st century. *Eur. J. Soil Sci.* 73:e13271. <https://doi.org/10.1111/ejss.13271>.
- WALTHERT, L.; ZIMMERMANN, S.; BLASER, P.; LUSTER, J.; LÜSCHER, P., 2004: Waldböden der Schweiz. Band 1. Grundlagen und Region Jura. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Bern, Hep. 768 S.

Abstract

Spatial soil information? Cornerstones for a soil data platform of the future

Soil information are indispensable with respect to the survey and assessment of the multifunctionality of soils and for the manifold user requirements on soil information. So far, soil information is only available for a few regions in Switzerland. This article shows some of the most important cornerstones for the operational level, how the soil mapping methodology can be further developed in the future and how nationwide soil information can be made available for research, practice and enforcement in the future.

Keywords: soil mapping surveys, digital soil mapping, soil information, soil classification, data management,



Diese Publikation ist Open Access und alle Texte und Fotos, bei denen nichts anderes angegeben ist, unterliegen der Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0. Sie dürfen unter Angabe der Quelle frei vervielfältigt, verbreitet und verändert werden.