



Pilotprojekt zur Weiterentwicklung der Bodenkartierung in Prez-vers-Noréaz

Exkursionsführer

Kompetenzzentrum Boden, September 2024

Schweizweit engagiert
für eine wertvolle Ressource

Inhalt

	1	
1	Rückblick auf die bisherigen und geplanten Arbeiten	4
2	Programm	5
3	Lageplan Posten und Mittagessen	6
4	Gruppeneinteilung und Ablauf Posten	7
5	Posten 1: Prozessablauf Feld-Labor-Rasterkarten	10
	5.1 Beprobungskonzept für Bohrungen zur Bestimmung der Bodeneigenschaften	10
	5.2 Automatisierte Probenahme und Probenaufbereitung (Spektroskopie Labor)	12
	5.3 Spektroskopische Messungen von Bodeneigenschaften im Labor	14
	5.4 Erstellung von Rasterkarten für Bodeneigenschaften	16
6	Posten 2: Neue Tools zur Unterstützung der Feldarbeiten I	18
7	Posten 3: Neue Tools zur Unterstützung im Feld II	20
	7.1 Grundlagekarten: Reliefklassifikation nach revKLABS – Lage im Relief	20
	7.2 Rasterkarten in Qfield – Bodeneigenschaften	20
	7.3 Erfassung von vereinfachten Polygonen in Qfield	21
8	Posten 4: Bodentypen in Prez-vers-Noréaz und Erstellung von Themenkarten	23
	8.1 Bodenprofile	23
	8.2 Klassifikation der Bodenprofile	24
	8.3 Übersicht über Themenkarten aus der Bodenkartierung	26
	8.4 Kohlenstoffvorrat im Oberboden	27
	8.5 Potenzial des Bodens zur Anreicherung von Kohlenstoff in stabiler Form	28
	8.6 Landwirtschaftliche Nutzungseignung	29
	8.7 Bewässerungseignung des Bodens	30
	8.8 Feuchtstandortpotenzial	31
	8.9 Trockenstandortpotenzial	32
	8.10 Auswertungen zu verschiedenen Themen für Beispielböden	33

Einleitung

Liebe Teilnehmende



Das Entwickeln und Testen neuer Methoden für Bodenkartierungen ist immer eine Herausforderung: viele der Arbeitsabläufe im Feld und im Labor sind neu und müssen zuerst getestet werden. Und selbst wenn die Tests positiv verlaufen: Es stellt sich die Frage, wie effizient und kostengünstig neue Methoden in den Ablauf einer Bodenkartierung integriert werden können.

In Prez-vers-Noréaz führt das KOBO bereits das dritte Pilotprojekt zur Weiterentwicklung der Bodenkartierung durch. Die Feldarbeiten konnten im Sommer 2024 abgeschlossen werden, und in den nächsten Monaten werden die finalen Bodenkarten erstellt.



Die heutige Exkursion fokussiert auf einzelne neue Methoden, die in Prez-vers-Noréaz zur Anwendung kamen. Insbesondere soll die heutige Exkursion die Gelegenheit bieten einen Einblick in die neue Welt von Feldtools zu bekommen, die zukünftig die pedologischen Feldarbeiten unterstützen können.

Wie immer – wenn es um Innovationen geht – durchlaufen neue Methoden verschiedene Entwicklungsphasen, von den ersten Prototypen über erste getestete Versionen bis hin zu der ersten Produktversion für die breite Anwendung. Die heute vorgestellten Feldtools zeigen ein weites Spektrum an Möglichkeiten auf, wie die pedologischen Feldarbeiten zukünftig unterstützt werden können. Sie befinden sich aber noch im Stadium von Prototypen. Es sind daher noch einige Anstrengungen erforderlich, bis diese zu einer ersten Produktversion gereift sind. Die heutige Exkursion zeigt jedoch, dass wir dahingehend auf einem guten Weg sind.

Urs Grob und Marie Hertzog

1 Rückblick auf die bisherigen und geplanten Arbeiten



2 Programm

Programm	Uhrzeit
Willkommenskaffee	09:45 bis 10:15
Begrüssung durch Armin Keller (KOBO) und Christian Voegeli (Leiter Landwirtschaftliches Beratungszentrum Grangeneuve, Kanton Freiburg)	10:15
<ul style="list-style-type: none"> Ablauf der Bodenkartierung und thematische Einordnung der Posten 	
«Postenlauf» zum KOBO-Pilotprojekt 3 in Prez-vers-Noréaz	10:45
<p><u>Posten 1: Prozessablauf Feld-Labor-Rasterkarten</u> (Urs Grob, Emilie Carrera)</p> <ul style="list-style-type: none"> Beprobungskonzept und Bohrsystem für automatisierte Probenahme Optimierte Probenaufbereitung im Labor Spektroskopische Messung von Bodeneigenschaften im Labor Erstellung von Rasterkarten für Bodeneigenschaften 	<p><i>Postenlauf</i></p> <p>1. Runde 10:45-11:30</p>
<p><u>Posten 2: Neue Tools zur Unterstützung der Feldarbeiten I</u> (Marie Hertzog, Dominik Zahner)</p> <ul style="list-style-type: none"> Arbeiten mit Soildat & QField Status der Feldarbeiten in QField Live-Darstellung Bodendaten in QField 	<p>2. Runde 11:30-12:15</p> <p><i>Mittags-pause</i></p>
<p><u>Posten 3: Neue Tools zur Unterstützung der Feldarbeiten II</u> (Maxime Siegenthaler, Matthias Spieler)</p> <ul style="list-style-type: none"> Neue Grundlagenkarte: Reliefklassifikation nach revKLABS Rasterkarten Bodeneigenschaften in QField Vereinfachte Polygonerfassung in QField 	<p>12:15-13:00</p> <p>3. Runde 13:00-13:45</p>
<p><u>Posten 4: Bodentypen in Prez-vers-Noréaz und Erstellung von Themenkarten</u> (Gunnar Petter, Armin Keller, Emilie Carrera)</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodentypen: Steckbriefe Bodenprofile und Bodenfunktionen Erstellung von Themenkarten 	<p>4. Runde 13:45-14:30</p>
Abschlussdiskussion	14:30
<i>Apéro</i>	15:00

3 Lageplan Posten und Mittagessen

Link:



4 Gruppeneinteilung und Ablauf Posten

GRUPPE A

Name	Institution
Charmillot Kévin	Biotec
Deak Judith	4terres / OARC Neuchâtel (Office de l'archéologie cantonale)
Dietrich Fabienne	Canton de Vaud
Dürr-Auster Thilo	AfU Fribourg
Kern Vincent	BFH-HAFL
Matteodo Magalì	Canton de Vaud
Monsalve Julia	Basler&Hofmann
Obrist Frédéric	NIVALP
Petel Fabrice	Grangeneuve, Canton de Fribourg
Schlatter Frédéric	Canton du Valais
Stalder Yvonne	Directrice du Centre de services NABODAT
Viret Fanny	Canton du Valais

GRUPPE B

Name	Institution
Dür Michelle	sanu durabilitas
Geber Dominik	KOBO
Helfenstein Anatol	BAFU
Kendi Cwan	KOBO
Müller Dominik A.	Kanton Aargau
Papzoglou Elisabeth	Fachstelle Bodenkreislauf Baselland
Ramseier Lorenz	Kanton Bern
Riedi Jacqueline	BS-Ingenieure
Roger Köchli	WSL
Siegrist Julia	Soilcom GmbH
Stricker Benjamin	RWGEO
Voegeli Christian	Grangeneuve, Kanton Freiburg

GRUPPE C

Name	Institution
Fischer Maurus	Kanton Graubünden
Gfeller Barbara	AfU Freiburg
Gurtner Thomas	BAFU
Hämmerli Janina	Kanton Bern
Heim Alexander	Agroterraconsult
Heller Sandra	Impuls AG
Hunziker Oliver	Myx
Spycher Fiona	ARE
Stokar Marianne	KOBO
Zbären Alfred	GreenGround

GRUPPE D

Name	Institution
Ballesteros Nicolas	ARE
Hauert Christine	BAFU
Meier Selina	Sigmaplan AG
Messmer Tobias	KOBO
Rosat Pauline	Kanton Bern
Schädler Larissa	CSD Ingenieure
Suter Brigitte	Kanton Luzern
Zbären Anna-Lena	GreenGround
Zimmermann Michael	BLW

Durchlauf Posten pro Gruppe

Gruppe A



Gruppe B



Gruppe C



Gruppe D



5 Posten 1: Prozessablauf Feld-Labor-Rasterkarten

5.1 Beprobungskonzept für Bohrungen zur Bestimmung der Bodeneigenschaften

Grundidee

- Im Kartierablauf in KOBO-Pilotprojekten wird derzeit getestet, die Beprobung und Analyse für die spektroskopischen Analysen vor den eigentlichen pedologischen Feldarbeiten vorzuziehen.
- Die Bohrungen mit einer automatisierten Probenahme finden bereits in der Konzeptphase statt.
- Die Kartierer:innen erhalten für die Feldarbeiten Bodeneigenschaftskarten zur Korngrössenverteilung (Ton, Schluff, Sand). Zudem werden ihnen Bodeneigenschaftskarten zum pH-Wert und zum Kohlenstoffgehalt für verschiedene Tiefenstufen als Grundlagendaten zur Verfügung gestellt.

Kernziele des Beprobungskonzepts

- Die Punkte werden nicht nur über den geographischen Raum verteilt, sondern auch über die Bandbreite der Standortmerkmale innerhalb eines Hexagons.
- Der Merkmalsraum der relevanten Grundlagenkarten wird optimal abdeckt, lokale Minima und Maxima werden berücksichtigt.
- Das Beprobungskonzept ist flexibel und kann skaliert werden (z.B. grössere Polygone, andere Beprobungsdichte).
- Es werden Ausweichflächen für Pedolog:innen im Gelände ausgewiesen.

Vorgehen Beprobungskonzept für spektroskopische Analysen

- Zu Beginn wird der Perimeter definiert und bereinigt. Es werden automatisiert Puffer um Häuser, Strassen, Wege, Leitungspläne, Drainagen und andere Objekte berechnet.
- Als Grundlagenkarten für das Beprobungskonzept dienen:
 - Derivate (anders ausgedrückt auch «Kovariablen») von Relief und Fernerkundungsdaten (Reliefparameter zur lokalen und regionalen Fliessakkumulation,
 - Oberflächenrauigkeit,
 - Landnutzung und deren Variabilität aus Sentinel- und Landsat-Zeitreihen,
 - spektrale Reflektion unbedeckter Oberflächen («Bare Soil») aus Landsat-Zeitreihen,
 - Geologie (falls in genügender Qualität vorhanden).

Tabelle 1: Verwendete Grundlagenkarten für das Beprobungskonzept in Prez-vers-Noréaz

Parameter	Kürzel
Lokale Fliessakkumulation	<i>Flow acc. local</i>
Regional Fliessakkumulation	<i>Flow acc. regional</i>
Oberflächenr	<i>Topogr. Roughness</i>
Landnutzungsvariabilität auf Basis von Sentinel-Daten	<i>Sentinel NDVI SD</i>
Landnutzungsvariabilität auf Basis von Landsat-Daten	<i>Landsat NDVI SD</i>
Bare Soil SWIR 2 Band	<i>Bare Soil SWIR 2 Band</i>

- Für das Gebiet wird die räumliche Variation der einzelnen Kovariablen ausgewertet, und diejenigen Kovariablen ausgewählt, deren Variation im Gebiet am grössten ist (s. Beispiel Abbildung Rauigkeit).
- Systematische Aufteilung des geographischen Raums über ein hexagonales Raster, wobei jedes Hexagon eine Fläche von 1 ha abbildet. Es dient dazu, die Beprobungsstandorte räumlich gleichmässig im Untersuchungsgebiet zu verteilen.

- Mit einer Clusteranalyse wird der mehrdimensionale Merkmalsraum aller relevanten Grundlagenkarten ausgewertet. Es wird ein kombiniertes Verfahren angewendet, welches lokale Minima und Maxima in den Grundlagenkarten für ein Hexagon berücksichtigt. Zudem ist gewährleistet, dass Extreme herausgefiltert werden.
- Pro Hexagon werden 3 Bohrungen vorgeschlagen. Die Flächen im Hintergrund stellen die jeweiligen Ausweichflächen für die drei Punkte pro Hexagon dar, in denen beprobt werden kann (Abbildung Finales Beprobungskonzept).

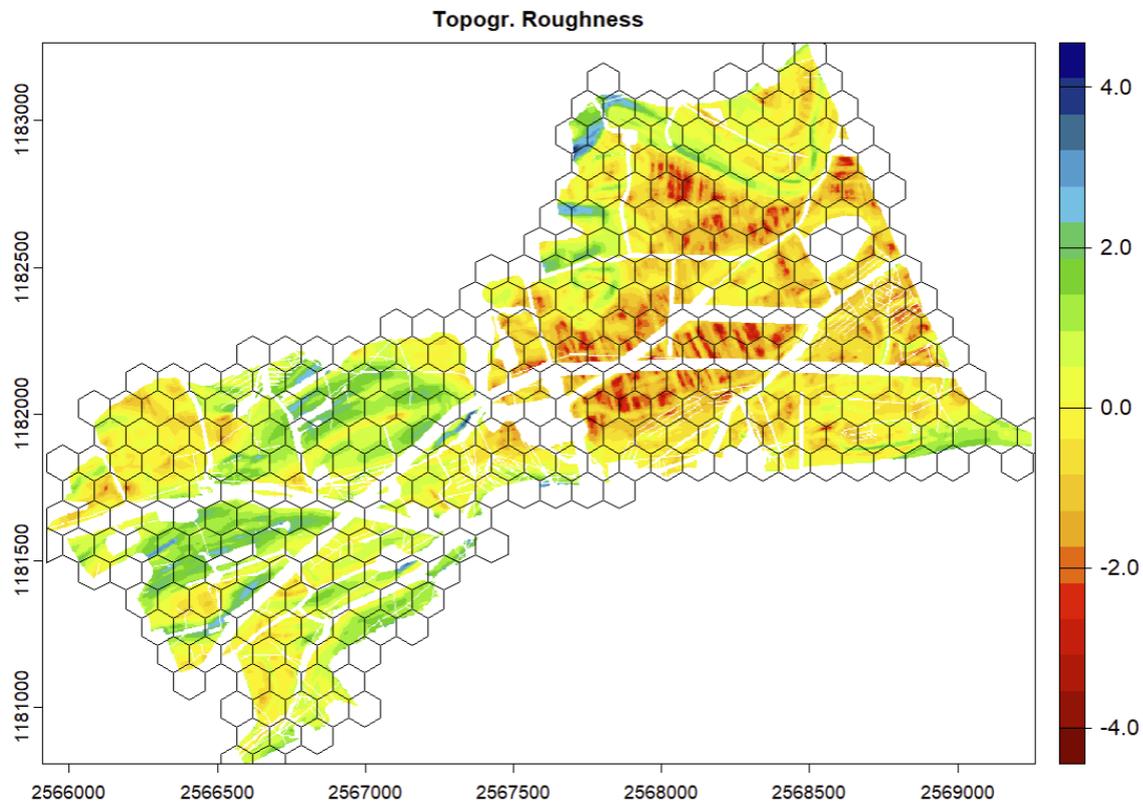


Abbildung: Normierte Oberflächenrauigkeit mit überlagerten 1-ha-Hexagonen für Prez-vers-Noréaz. Blau: hohe Oberflächenrauigkeit, rot: geringe Oberflächenrauigkeit.

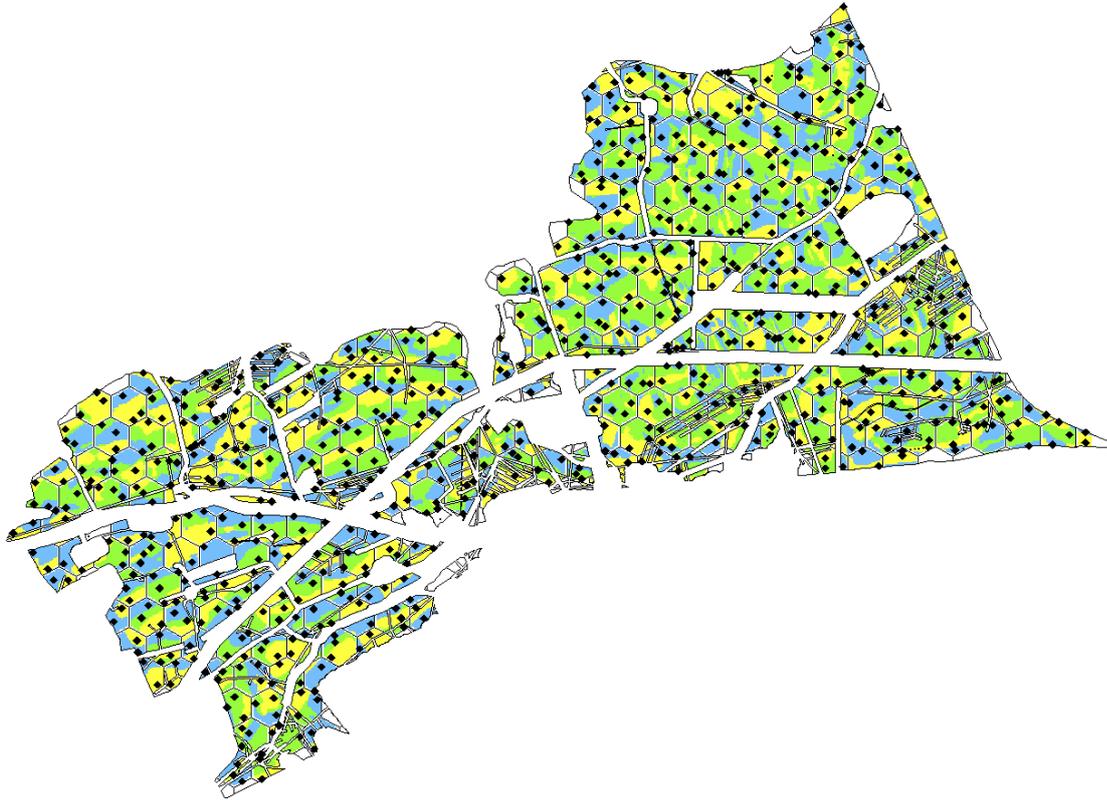


Abbildung: Finales Beprobungskonzept für Punkte mit spektroskopischen Analysen im Labor für Prez-vers-Noréaz. Die Flächen im Hintergrund stellen die jeweiligen Ausweichflächen dar (maximal drei), in denen beprobt werden kann, sollte dies am ausgewiesenen Beprobungspunkt nicht möglich sein.

5.2 Automatisierte Probenahme und Probenaufbereitung (Spektroskopie Labor)

Automatisierte Probenahme mit dem Bohrsystem Fa. Peters (D) Ursprünglich wurde das System für die N-min-Beprobung entwickelt (Standardtiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm), und in Zusammenarbeit mit einer Maschinenbaufirma und Fa. Peters dann für die Bodenkartierung adaptiert. Es können 4 Tiefenstufen automatisch beprobt werden. Um die lokale Variation der Bodeneigenschaften möglichst auszugleichen, werden pro Standort aus 3 Bohrungen Mischproben erzeugt. Die Mischproben pro Tiefenstufe sind von kleinem Umfang und für die spektroskopischen Analysen im Labor bestimmt. Für die Bohrungen, um pedologische Ansprachen vorzunehmen, kommen andere Bohrsysteme zum Einsatz.





Abbildungen : **Multiprob 120-UP-S (Peters)**

Durchmesser [mm]	30
Tiefe [cm]	100 (normalerweise bis 90) Tiefenstufen in Prez : 0-20 cm 20-40 cm 40-70 cm
Trägerfahrzeug	Aebi TT, Betrieb über Trägerfahrzeug
Hersteller	Bodenprobetechnik Peters GmbH (DE)



Abbildung: Der Bohrmeißel wird automatisch auf vorgegebene Tiefenstufen in Alubehälter entleert.

Vorteile Bohrsystem

- Das Bohrsystem ermöglicht eine rasche und automatisierte Probenahme,
- kleine Probenvolumina (geringerer Arbeitsaufwand für Probenaufbereitung im Labor),
- schwenkbaren Bohrturm, um Mischproben aus mehreren Bohrungen pro Standort zu entnehmen,
- schlagendes Bohrsystem ist sehr robust und leistungsstark,
- Anschaffung eines neuen Trägerfahrzeug nicht nötig, da der Bohrturm mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen gekoppelt werden kann,
- die zu beprobenden Tiefenstufen können flexibel eingestellt werden.

Nachteile Bohrsystem

- Die oberste Tiefenstufe der Beprobung wird nicht vollständig entleert, wenn die Böden besonders nass sind. Technische Korrekturen mit der Fa. Peters werden zurzeit vorgenommen.

Labor: Probenaufbereitung (Trocknen, Sieben, Mahlen)

- Für eine kosteneffiziente Bodenkartierung besteht Spielraum zur Optimierung der Abläufe im Labor, vor allem wenn es sich um eine grosse Anzahl von Proben (mit relativ kleinen Volumina) handelt.

- Mit externen Partnern und Partnerinnen arbeitet das KOBO daran, die Arbeitsschritte im Labor zur Aufbereitung, Siebung und für das Mahlen der Proben zu verbessern. Einen ersten Prototyp für eine schnelle Aufbereitung und Siebung der Bodenproben ist in Entwicklung (s. Abbildung).
- Auch das Mahlen der Proben konnte verfeinert werden. Um eine gute Messqualität für spektroskopischen Analysen zu erzielen, ist der Mahlgrad der Bodenproben entscheidend: Hiermit ist die zeitliche Dauer gemeint (12h, 24h, 48h oder mehr), in welcher die Maschine die Mahlkapseln dreht.



Abbildung : Prototyp für eine schnellere Probenaufbereitung (links), Mahlkapseln mit Mahlsteinen (Mitte) und drehendes System zum Mahlen der Bodenproben (rechts).

5.3 Spektroskopische Messungen von Bodeneigenschaften im Labor

Grundsätzliche Vorgehensweise

- Für ausgewählte Standorte werden die Bodenproben sowohl spektroskopisch gemessen als auch mit den konventionellen Referenzanalytischen Methoden (s. Abbildung),
- Modellkalibration zwischen den Spektren und den Messwerten der Referenzanalytik,
- Messung der Spektren für viele Standorte und Bodenproben,
- Transfer der Modellkalibration auf alle Bodenproben.

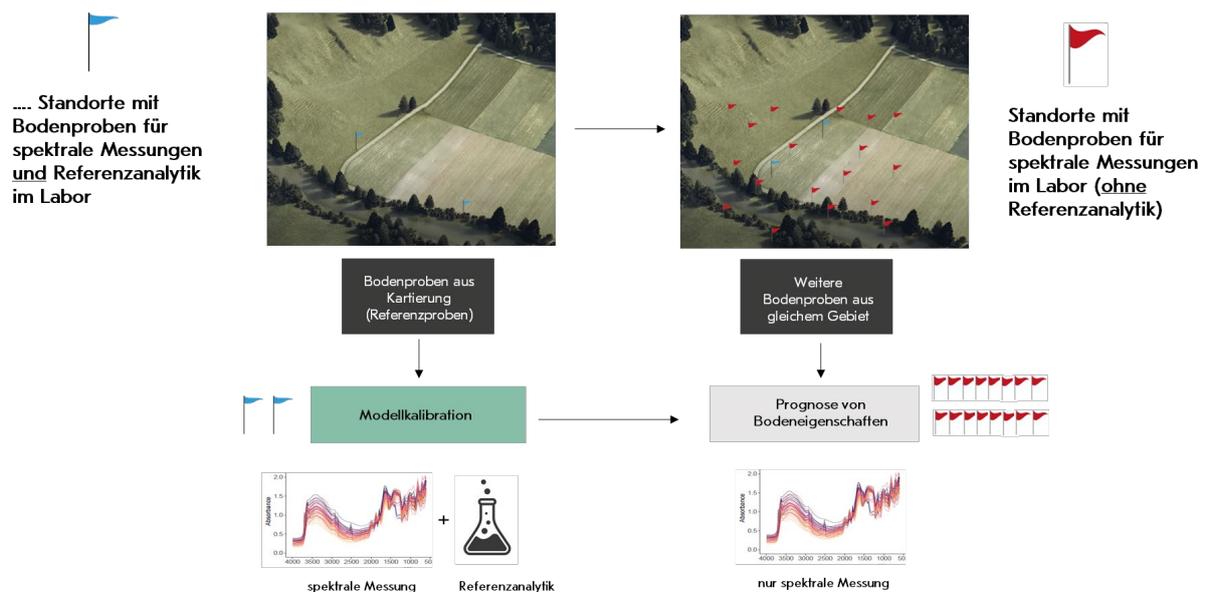


Abbildung: grundsätzliche Vorgehensweise und Anwendung der Spektroskopie für die Bestimmung von Bodeneigenschaften

Spektroskopie

- Geeignet für: Organischer Kohlenstoff (SOC), Totaler Kohlenstoffgehalt (TOC), Textur (Ton, Schluff, Sand), Kationenaustauschfähigkeit (KAK), pH, Fraktionen organischer Substanz (labil, stabil), Totaler Stickstoffgehalt, Mineralogie und weitere.
- Es wurden in dem ersten KOBO-Pilotprojekt Messungen mit mittlerem Infrarot (MIR) und nahem Infrarot (NIR) durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass allein mit MIR sehr gute Ergebnisse erzielt wurden.



Abbildung: Plates für Autosampler (24 Proben) für Bruker MIR Gerät.

Modellgüte der MIR-Messungen

Stufenweise wurde die Qualitätssicherung der Spektralmessungen verbessert. Jede Probe wurde im KOBO-Pilotprojekt in Präz 4-Mal spektral gemessen. Die Modellgüte war für die Bestimmung der Bodeneigenschaften im Durchschnitt sehr gut (siehe Abbildung für OP3 blaue Balken).

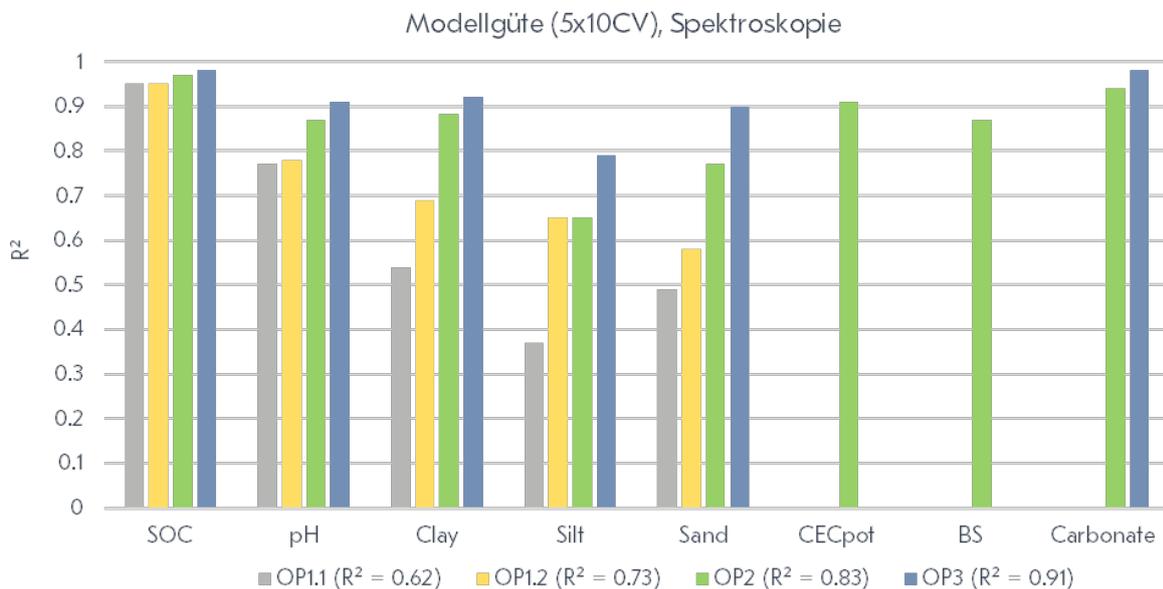


Abbildung: Zunahme der Modellgüte für spektroskopische Messungen in den ersten drei KOBO-Pilotprojekten (OP1 bis OP3) aufgrund von Massnahmen zur Qualitätssicherung

5.4 Erstellung von Rasterkarten für Bodeneigenschaften

- Nach den oben genannten Arbeitsschritten lagen für Prez-vers-Noréaz rund 2100 Messungen für Ton, Schluff, pH und Humus vor.
- Pro Tiefenstufe (0-20 cm, 20-40 cm, 40-70 cm) wurde die räumliche Modellierung der Bodeneigenschaften nach dem scorpan-Ansatz durchgeführt, d.h. es werden die Zusammenhänge zwischen den Messwerten an den rund 750 beprobten Standorten mit über 400 aufbereiteten Grundlagenkarten (Kovariablen, die einen Bezug zu bodenbildenden Faktoren haben) modelliert, und Rasterkarten erstellt
- Die genaue Vorgehensweise für die Modellierung und Methodenbeschreibung würden den Rahmen dieses Exkursionsführers sprengen, daher soll im Rahmen einer anderen Veranstaltung genauer auf die Modellierung von Bodeneigenschaften eingegangen werden.

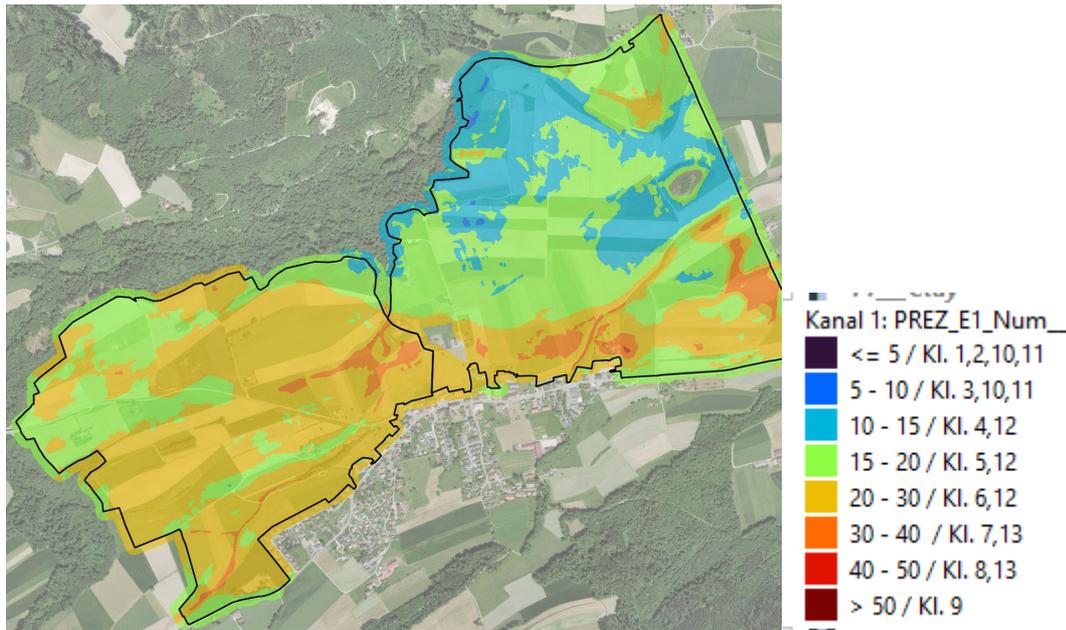


Abbildung: Tongehalt Tiefe 0-30 cm.

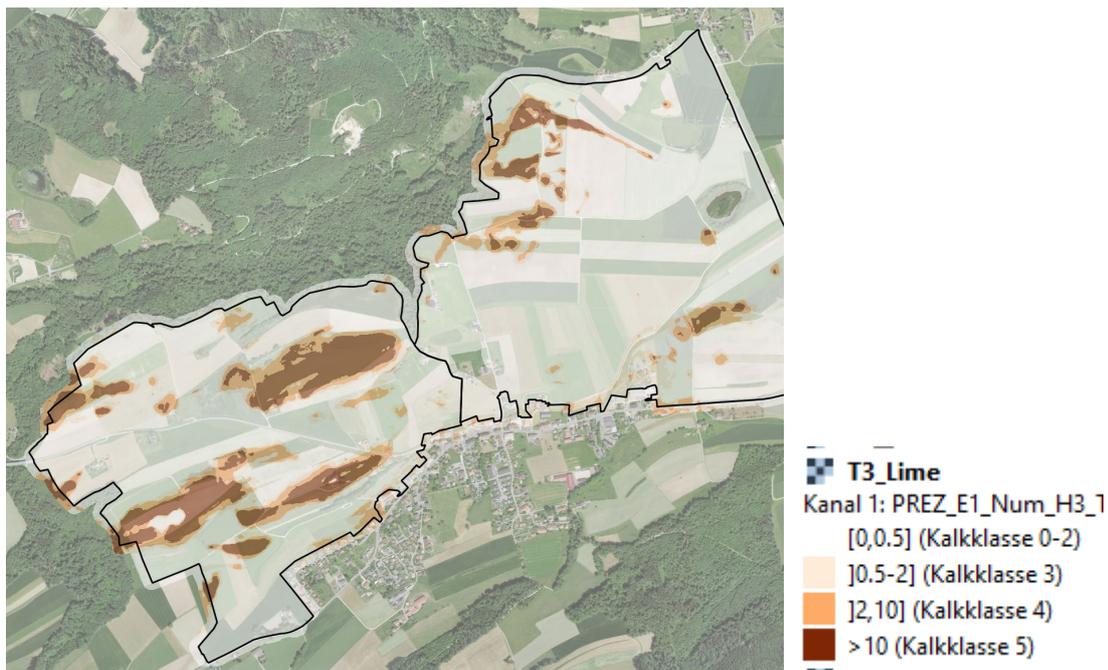


Abbildung: Kalkgehalt 60-90 cm.

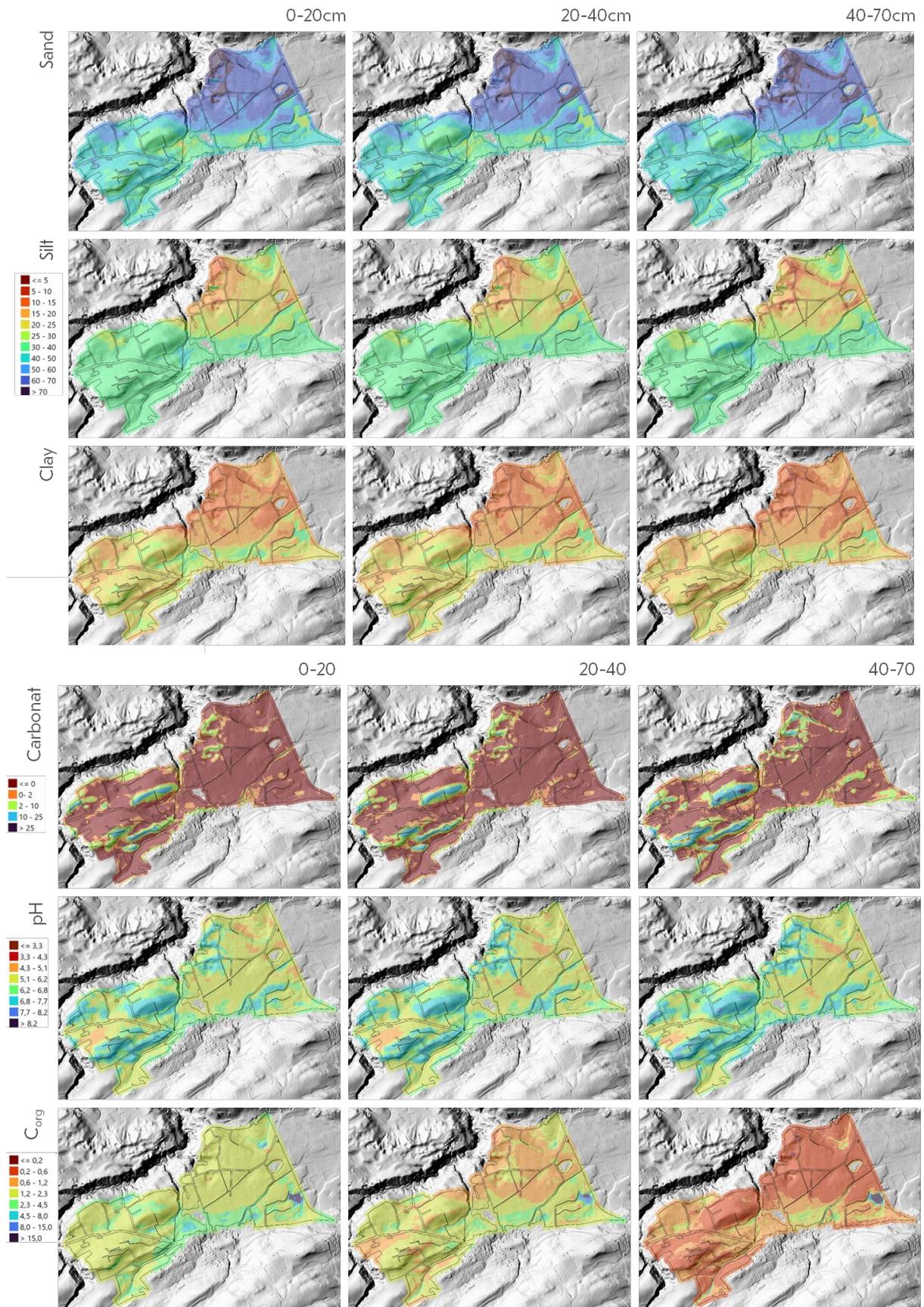


Abbildung : Rasterkarten für Bodeneigenschaften für die verschiedenen Tiefenstufen.

6 Posten 2: Neue Tools zur Unterstützung der Feldarbeiten I

Während der Kartierung wurden die Bodendaten ausschliesslich digital mit der Webapplikation Soildat erhoben. Die für die Kartierung notwendigen Grundlagen wurden ebenfalls digital in einem Qfield-Projekt zusammengestellt und mittels Android Tablet den Kartierenden zur Verfügung gestellt. Ausserdem hat das Kartierteam vier neue Werkzeuge getestet. Zwei davon werden im Posten 2 detaillierter vorgestellt: Der Layer STATUS und der Layer SOILDATA. Beim Ersteren handelt es sich um ein Werkzeug, welches die Organisation während der Feldkartierung erleichtert, indem der Status einer Erhebung digital nachgeführt werden kann und dies synchron auf allen Geräten des Kartierteams. Beim Zweiteren handelt es sich um Live-Visualisierung aller Erhebungen im Projektperimeter, ebenfalls synchron auf allen Geräten des Kartierteams. Dies erlaubt es den Kartierenden ihre Bohrungen mit den Erhebungen im Umfeld zu kontextualisieren.

Im Folgenden wird detaillierter auf die Webapplikation Soildat, das Qfield-Projekt sowie auf die beiden Werkzeuge Layer STATUS und Layer SOILDATA eingegangen.

Webapplikation Soildat

Mit der Webapplikation Soildat können Bodeninformationen im Feld digital erfasst werden. Mit vordefinierten Erfassungsmasken können für Profile und Bohrungen unterschiedlich detaillierte Bodenansprachen erfolgen. Für das Pilotprojekt wurde für die pedologischen Bohrungen eine «LIGHT» Maske, also ein reduzierter Datensatz definiert. Weil während der Feldkartierung bereits modellierte Bodeneigenschaftskarten aus der Spektroskopie unter anderem für Ton-, Schluff- und Sandgehalte vorliegend waren, wurden beispielsweise keine Körnungsschätzungen mehr erhoben. Aus diesem Grund wurde auch keine Humusgehaltsschätzung sowie pH-Hellige Messung mehr durchgeführt.

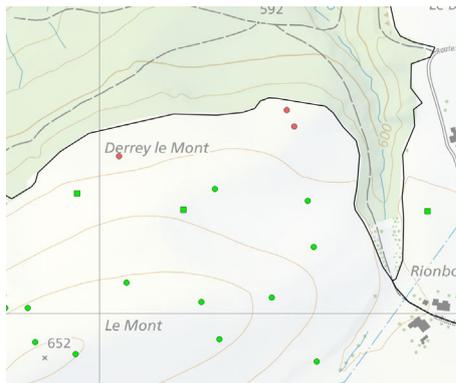


Qfield-Projekt



Für die Feldkartierung erhielten die Kartierenden ein Android Tablet mit einem projektspezifischen Qfield Projekt. Qfield ist eine Open Source App, welche von OPENGIS.ch entwickelt wurde. Mit dieser App können Vektor- und Rasterdatensätzen zusammengestellt werden. Dies können einerseits Offline-Layer sein, welche zur Ansicht verwendet werden, aber im Feld nicht bearbeitet, respektive synchronisiert werden können. Andererseits können auch Online-Layer eingebettet werden, welche über mehrere Geräte stets synchronisiert werden, sodass die Kartierenden jederzeit die Änderungen ihrer Mitkartierenden einsehen können. Das Qfield Projekt dient als digitale Feldkarte (Höhenlinien, Landeskarte, Parzellen mit Kulturen, Leitungsdaten) und als Nachschlagewerk mit Basisdaten (z.B. Geologische Karte, Siegfriedkarte) sowie Reliefdaten (z.B. Hangneigung, Relieflage). Weiter können im Projekt alle modellierten Bodeneigenschaftskarten abgerufen werden (Ton-, Schluff- und Sandgehalte, Humusgehalte, pH und Karbonatgehalt in verschiedenen Tiefenstufen). Als Online-Layer enthält das Qfield-Projekt unter anderem die beiden Layer STATUS und SOILDATA, welche im Folgenden detaillierter erläutert werden.

Layer STATUS

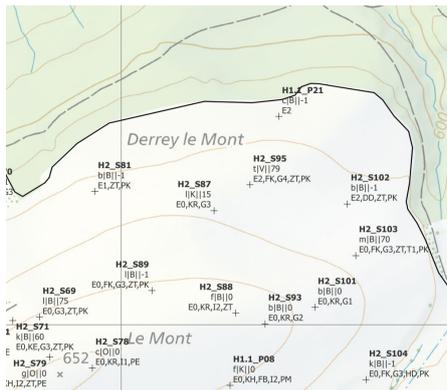


Der Online-Layer STATUS dient zur Nachführung vom Status einer Erhebung. Zu Beginn des Projekts sind alle Bohrungen auf dem Status «offen». Wird eine Bohrung maschinell gebohrt, so erhält diese entweder den Status «gebohrt on-site» oder «gebohrt Depot», je nachdem, ob die Bohrung im Feld an Ort und Stelle belassen wird (on-site) oder ans Depot zurückgebracht wird. Wird die Bohrung daraufhin durch die Kartierenden beschrieben, erhält sie den finalen Status «beschrieben». Wird eine Bohrung händisch gebohrt, wechselt der Status direkt von «offen» zu «beschrieben». Im Layer STATUS ist ein Hyperlink hinter-

- Bohrungen
- offen
 - gebohrt (on-site)
 - gebohrt (Depot)
 - beschrieben

legt, mit welchem die Kartierenden direkt eine neue Bohrung in Soildat anlegen können. Weiter können während der Erfassung vom Status Informationen zur Oberflächenbeschaffenheit erfasst werden wie beispielsweise das Vorhandensein von Trittschäden durch Viehtritt oder Erosionsrillen. Mit diesem Layer kann der Stand der Bohrungen einfach nachgeführt werden und erleichtert somit das Projektmanagement während der Feldphase.

Layer SOILDATA

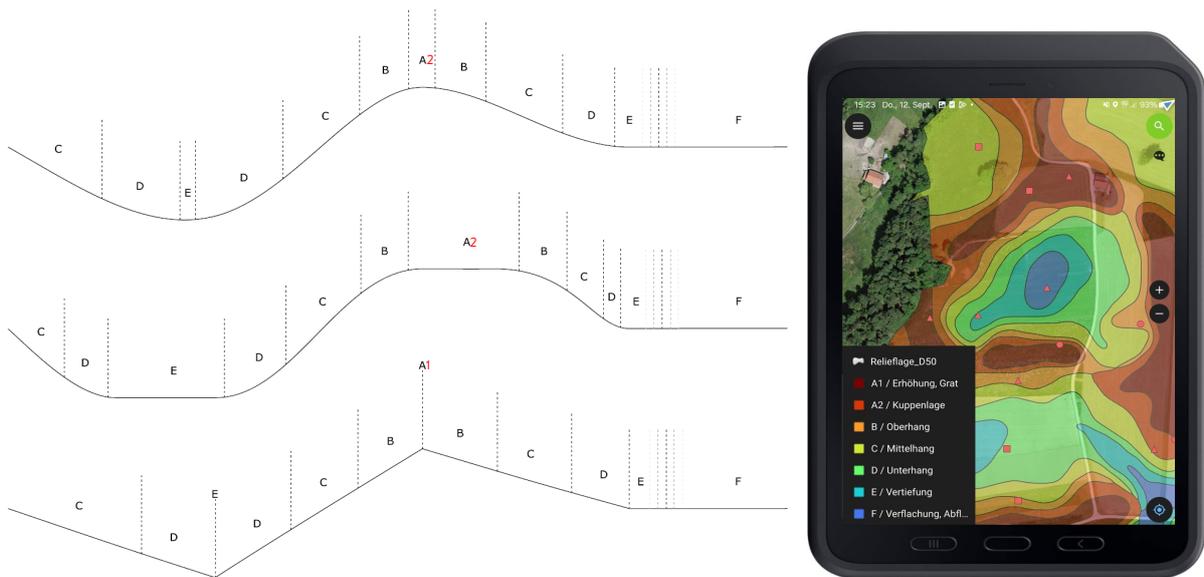


Der Online-Layer SOILDATA dient der Visualisierung der erhobenen Bodendaten. Wird eine Bohrung beschrieben, so erscheint diese innert weniger Minuten im SOILDATA Layer und ist für alle Mitkartierenden im Projekt einsehbar. Je nach Zoomstufe werden auf dem Tablet andere Bodeninformationen einer Bohrung als Textkette dargestellt. In der «Fernsicht» erscheinen Bodeninformationen, welche die Stufe der Beobachtung betreffen wie beispielsweise die Wasserhaushaltgruppe, der Bodentyp und die Untertypen. In der «Nahsicht» sehen die Kartierenden die detaillierten Horizontinformationen. Das sind beispielsweise die Horizontbezeichnung, die Horizonttiefe sowie die Kalkklasse und der geschätzte Kiesgehalt. Dieser Layer ermöglicht es den Kartierenden bei der Beschreibung einer Bohrung auch die Nachbars Bohrungen einzubeziehen und verschafft einen raschen Überblick über die vorhanden Bodengesellschaften.

7 Posten 3: Neue Tools zur Unterstützung im Feld II

7.1 Grundlegende Karten: Reliefklassifikation nach revKLABS – Lage im Relief

- Gemäss dem Leitfaden für die Bodenbeschreibung im Feld (Version 1.0; vorveröffentlichte Testversion, Oechslin und Schmidhauser, 2024) kann das Relief in den Nah-, Mittel- und Fernbereich eingeteilt werden. Der Mittelbereich umfasst einen Radius von 25 bis 50 m um einen Punkt herum (d.h. eine Fläche von 0,25 bis 1 ha). Dies entspricht den Kartiereinheiten einer klassischen Bodenpolygonkartierung.
- Für dieses Projekt wurden zwei Reliefklassifikationskarten als Unterstützung für Feldkartierer:innen modelliert. Eine Karte berücksichtigt Reliefklassifikationen in einem Radius von 25m, die andere in einem Radius von 50m.

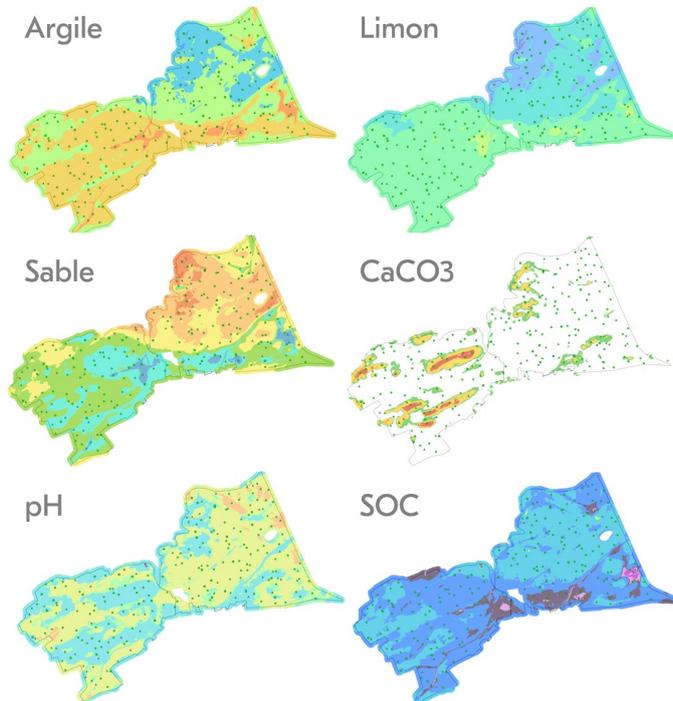


Code	Bezeichnung	Beschreibung
A1 & A1	Erhöhung	Höchstgelegener Bereich einer Erhebung. Keine oder geringe Neigung (<5%)
B	Oberhang	Oberer Teil eines Hanges, meist abflachend Richtung Erhebung
C	Mittelhang	Mittlerer Teil eines Hanges mit meist grösster Neigung.
D	Hangfuss	Unterer Teil eines Hanges, meist abflachend Richtung Vertiefung
E	Vertiefung	Tiefstgelegener Bereich einer Reliefvertiefung. Keine oder geringe Neigung (<5%)
F	Verflachung	Keine oder geringe Neigung (<5%) in ebene oder auf einer Terrasse, weder Vertiefung noch Erhebung.

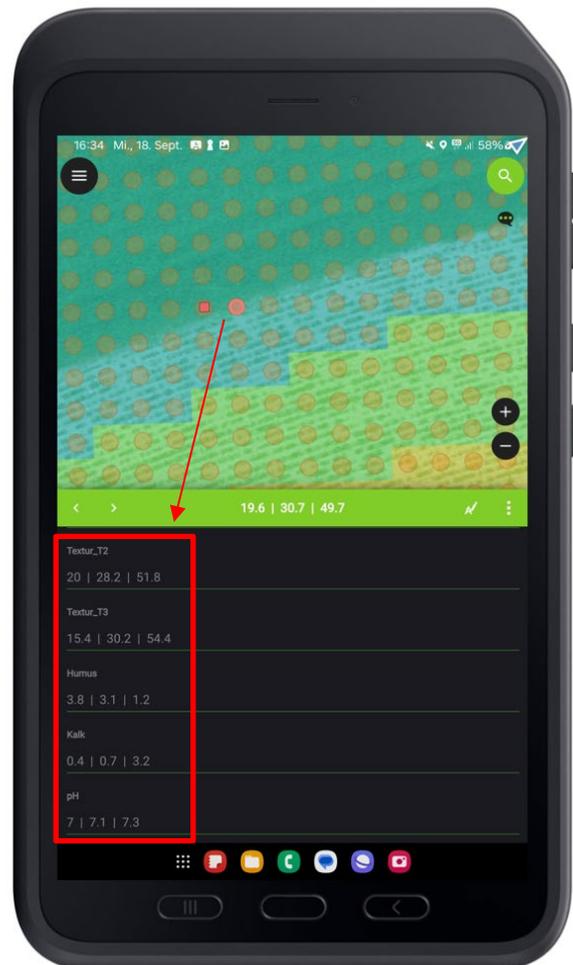
Illustrationen und Tabelle geändert vom Leitfaden für die Bodenbeschreibung im Feld (Version 1.0; vorveröffentlichte Testversion, Oechslin und Schmidhauser, 2024).

7.2 Rasterkarten in Qfield – Bodeneigenschaften

- Bodeneigenschaftskarten, die aus Spektraldaten modelliert wurden.
- Beprobung und Modellierung von fixen Tiefen (T1: 0-20cm / T2: 20-40cm / T3: 40-70cm)
- Das Projekt Qfield enthält:
 - 12 Rasterkarten (« Soilproperties raster »):
 - Ton, Schluff, Sand, pH, Kalk und SOC für T1 und T2
 - 1 Punktlayer (« Soilproperties points »):
 - Anzeigt durch Zoomen auf einen Standort und enthält alle Bodeneigenschaften, die am Punkt modelliert wurden.



Auszüge aus den modellierten Rasterkarten der Bodeneigenschaften ("Soilproperties raster") für die Tiefe T1: 0-20cm.



Auszug des Punkte-Layers ("Soilproperties points"), der eine Visualisierung der modellierten Werte an einem Punkt ermöglicht.

7.3 Erfassung von vereinfachten Polygonen in Qfield

- Vereinfachte Polygonerfassung direkt im Feld auf Qfield in ein online-Layer
 - Ein Polygon entspricht die Repräsentanzfläche einer Bohrung
 - Zeichnungsfunktion mit Stützpunkten oder Freihand
 - Live-Visualisierung bei/von anderen Kartierer:innen
 - Anzeige nach bearbeitbaren Attributdaten

- Aufwertung des Landschaftsverständnis den Pedologen:innen

- Verbesserung der räumlichen Modelle durch zusätzliche Lerninformationen
 - Einschätzung und Erfassung der sicheren Ausdehnung bodenkundlicher Kenngrößen direkt im Feld durch Kartierer:innen
 - Erweiterung des verfügbaren Lerndatensatzes über den Punkt hinaus
 - Absicherung der Berücksichtigung räumlich-heterogener bzw. räumlich unterrepräsentierter Bodeninformationen in computergestützten Systemen



Bei der Beschreibung jeder Bohrung wird ein Repräsentationspolygon gezeichnet aufgrund vom Landschaftsverständnis des Pedologen / der Pedologin.



Aufgrund von Anzeigeregeln, die mit den Attributdaten verknüpft sind, werden Polygone grün oder rot dargestellt, wenn sie validiert sind oder noch unsicher sind. Wenn die gezeichneten Flächen kleiner als die minimale kartographische Einheit von 0,25 ha sind, werden sie in Strichzeichnungen angezeigt.

8 Posten 4: Bodentypen in Prez-vers-Noréaz und Erstellung von Themenkarten

8.1 Bodenprofile



8.2 Klassifikation der Bodenprofile

Profil Nr.	Beschreibung Boden
1	Sehr tiefgründige, tonhüllige, schwach pseudogleyige Braunerde auf Moräne
2	Ziemlich flachgründiger, stark gleyiger, schwach grundnasser, kalktuffiger und drainierter Braunerde-Gley
3	Sehr tiefgründige, tonhüllige Braunerde auf tiefreichendem Kolluvium
4	Sehr tiefgründige, grundfeuchte, tonhüllige und teilweise entkarbonatete Braunerde mit kolluvialer Ablagerung über Moräne
5	Ziemlich flachgründiger, karbonatreicher Regosol auf Moräne in Erosionslage
6	Tiefgründige, pseudogleyige und grundfeuchte Braunerde mit anthropogenem Einfluss
7	Sehr tiefgründige saure Braunerde mit Tonhüllen und anthropogenem Einfluss (Ziegel)
8	Flachgründiger, karbonathaltiger Regosol auf fluvioglazialen Ablagerungen
9	Ziemlich flachgründiger, sehr stark gleyiger, grundnasser Buntgley mit Torfzwischen-schichten
10	Ziemlich flachgründige, pseudogleyige, schwach gleyige, drainierte Braunerde auf flu-vioglazialen Ablagerungen



8.3 Übersicht über Themenkarten aus der Bodenkartierung

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über Methoden für Themenkarten, die bereits in einem früheren KOBO-Pilotprojekt umgesetzt worden sind. Auf sie wird im Projekt in Prez-vers-Noréaz wieder zurückgegriffen. Ausserdem werden einige Methoden für das Pilotprojekt in Prez-vers-Noréaz (weiter-)entwickelt. Eine detaillierte Methodendokumentation kann in Kürze im Downloadcenter des KOBO heruntergeladen werden (<https://ccsols.ch/de/downloadcenter/>).

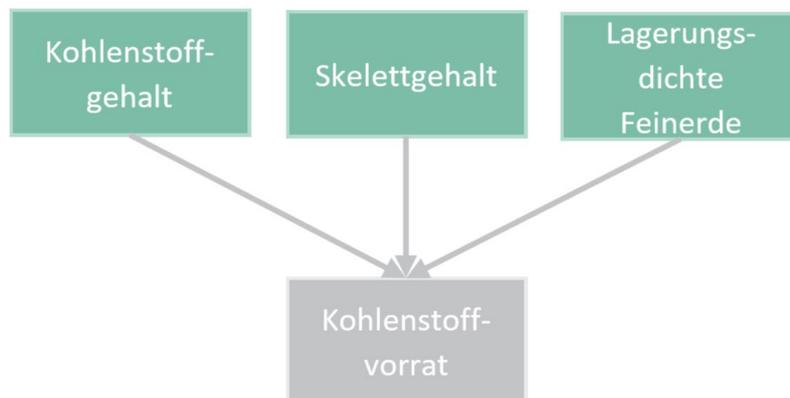
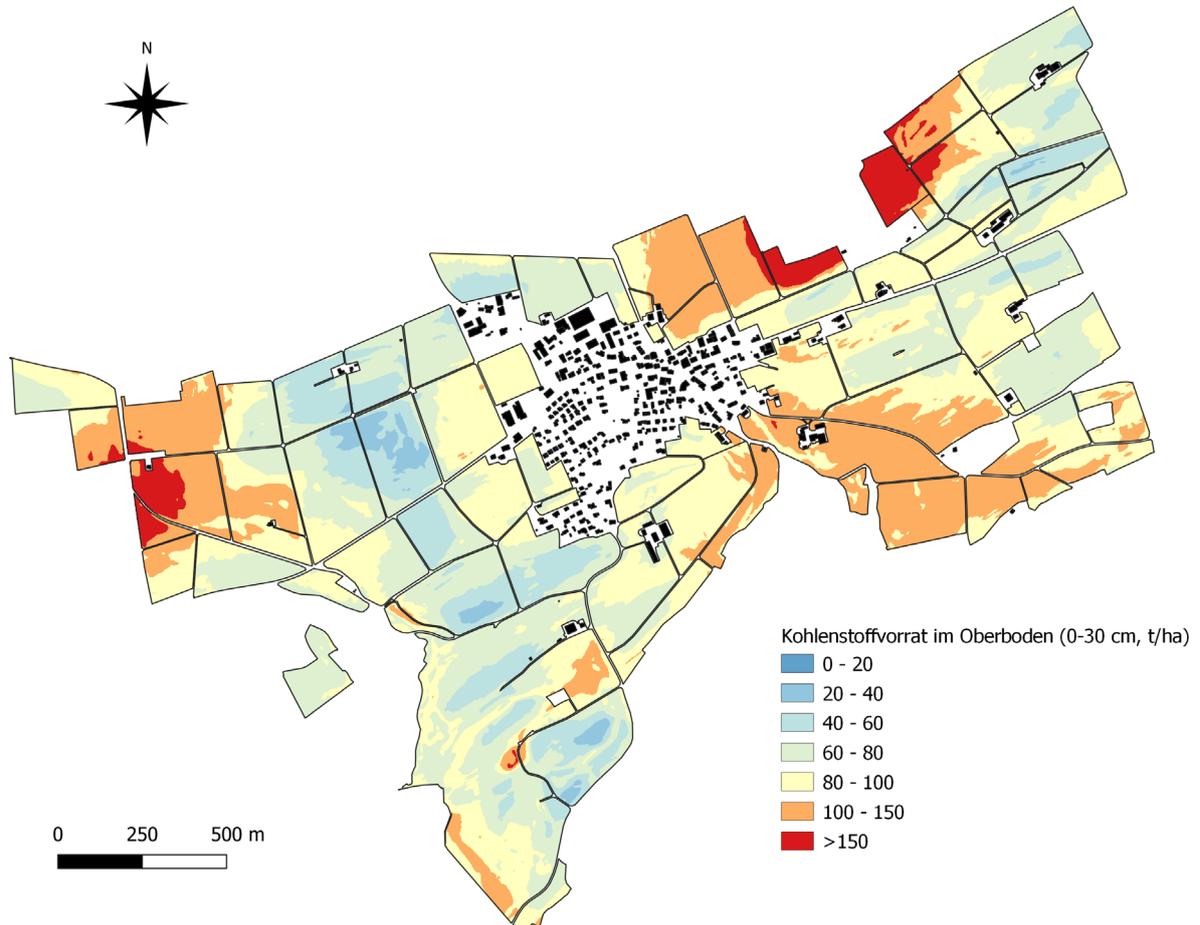
Themenkarte	Quelle	Themengebiet
Bindungs- und Abbauvermögen für Schadstoffe	Bechler und Toth 2010	Gewässer- und Grundwasserschutz
Bindungsvermögen für Schwermetalle	DVWK 1988	Gewässer- und Grundwasserschutz
Nährstoffrückhalt gegenüber Sicker- und Abschwemmverlusten	Jäggli et al. 1998	Gewässer- und Grundwasserschutz
Regulierungsfunktion Wasserhaushalt	Danner et al. 2003	Hochwasserschutz
Kohlenstoffanreicherungspotenzial	Johannes et al. 2017	Klimaschutz
Kohlenstoffvorrat	Keller et al. 2023	Klimaschutz
Kühlpotenzial	Feldwisch 2016	Klimaschutz
Kalkdüngungsbedarf	VDLUF 2000	Landwirtschaft
Kalkungsbedarf	Flisch et al. 2017	Landwirtschaft
Korrekturfaktor Boden bei der Stickstoff-Normdüngung	Sinaj et al. 2018	Landwirtschaft
Regulierungsfunktion Nährstoffverfügbarkeit	Lehmann et al. 2013	Landwirtschaft
Stickstoffnachlieferungspotenzial	Flisch et al. 2017	Landwirtschaft
Feuchtstandortpotenzial	Vögeli et al. 2022	Naturschutz
Lebensraumfunktion für Mikroorganismen	Oberholzer und Scheid 2007	Naturschutz
Standortpotenzial für Extrempflanzengesellschaften	Siemer et al. 2014	Naturschutz
Trockenstandortpotenzial	Lienhard und Merkel 2002	Naturschutz
Bodenqualitätsindex	Angelini et al. 2023	Raumplanung
Bodenqualitätsindex	Engel und Stadtmann 2020	Raumplanung
Bodenqualitätsindex	Hilbert et al. 2021	Raumplanung
Bodenqualitätsindex	Knoll et al. 2010	Raumplanung
Bodenqualitätsindex	Miller et al. 2022	Raumplanung
Landwirtschaftliche Nutzungseignung NEK-2023	Greiner et al. 2023	Raumplanung
Bewässerungseignung	Pressler und Bag-noud 2013	Trockenheit
Potenzielle Bewässerungsbedürftigkeit	Müller et al. 2012	Trockenheit
Säurestatus	Zimmermann et al. 2011	Wald und Forst
Bodenerosionsrisiko		Bodenschutz
Bodenverdichtungsrisiko		Bodenschutz
Bewässerung (Weiterentwicklung der Methoden)		Trockenheit
Nitratauswaschungsrisiko		Gewässer- und Grundwasserschutz

Methoden bereits vorhanden. Werden für OP3 ebenfalls als Themenkarten umgesetzt

(Weiter-)Entwicklung von Methoden für OP3

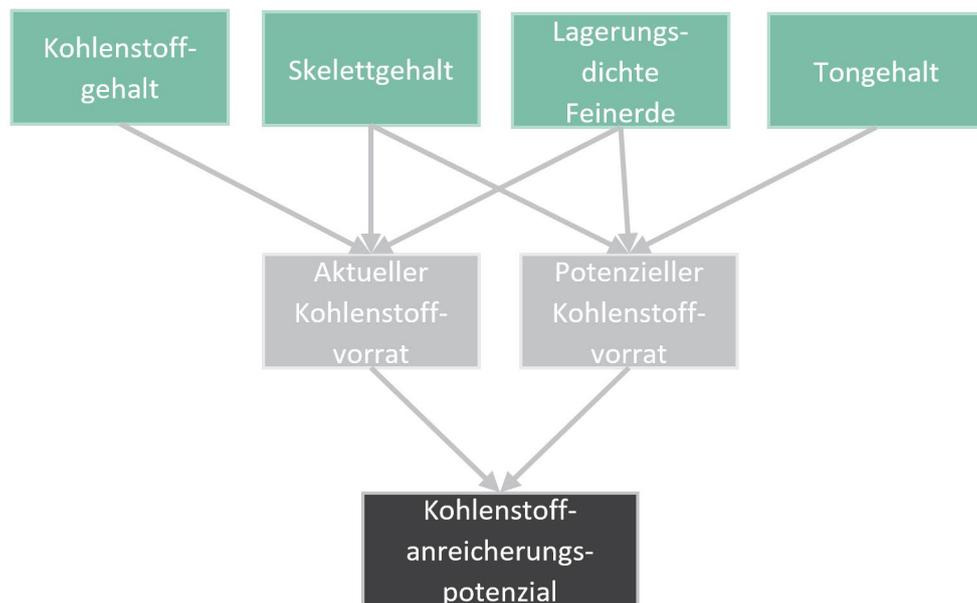
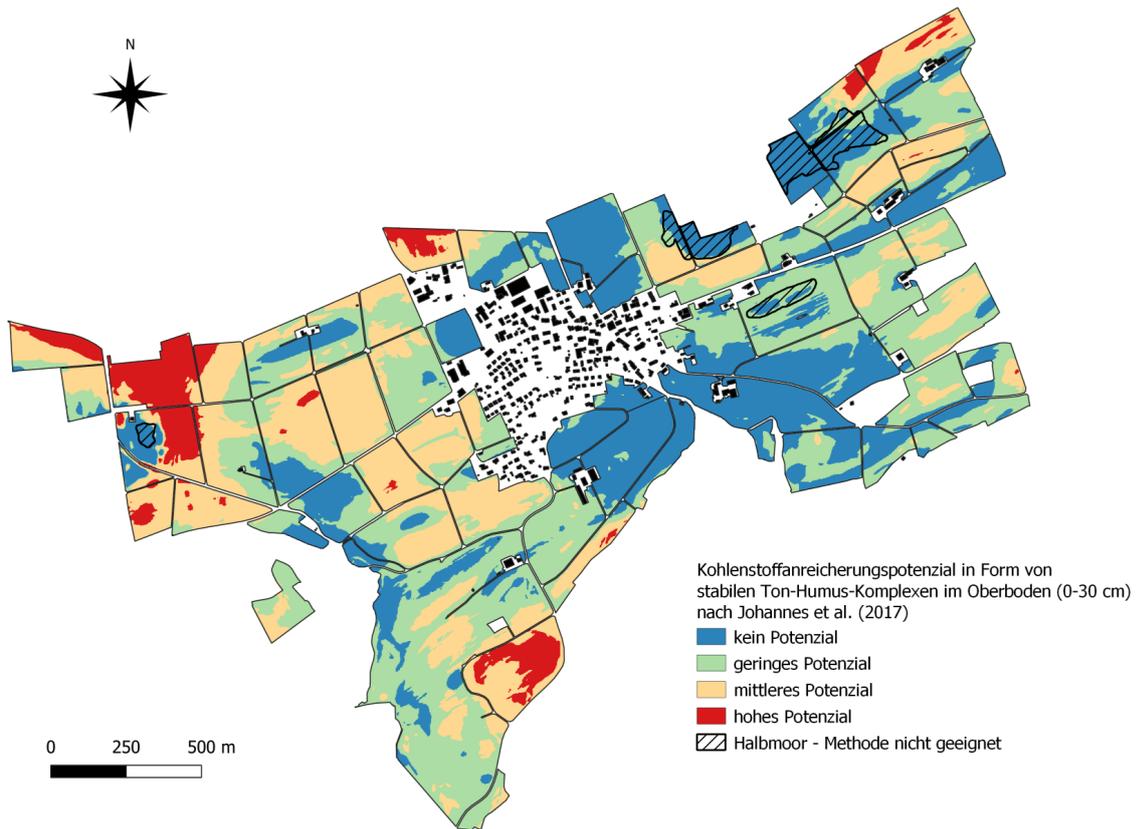
8.4 Kohlenstoffvorrat im Oberboden

Die organische Substanz im Boden (=Humus) hat einen positiven Einfluss auf die Bodengesundheit. Sie ist im Kontext des Klimawandels von Bedeutung, denn der Boden ist ein wichtiger Speicher für den im Humus gespeicherten Kohlenstoff. Der Kohlenstoffvorrat (d.h. die Menge, die pro Hektar im Oberboden gespeichert wird) stellt in diesem Zusammenhang eine wichtige Grösse dar.



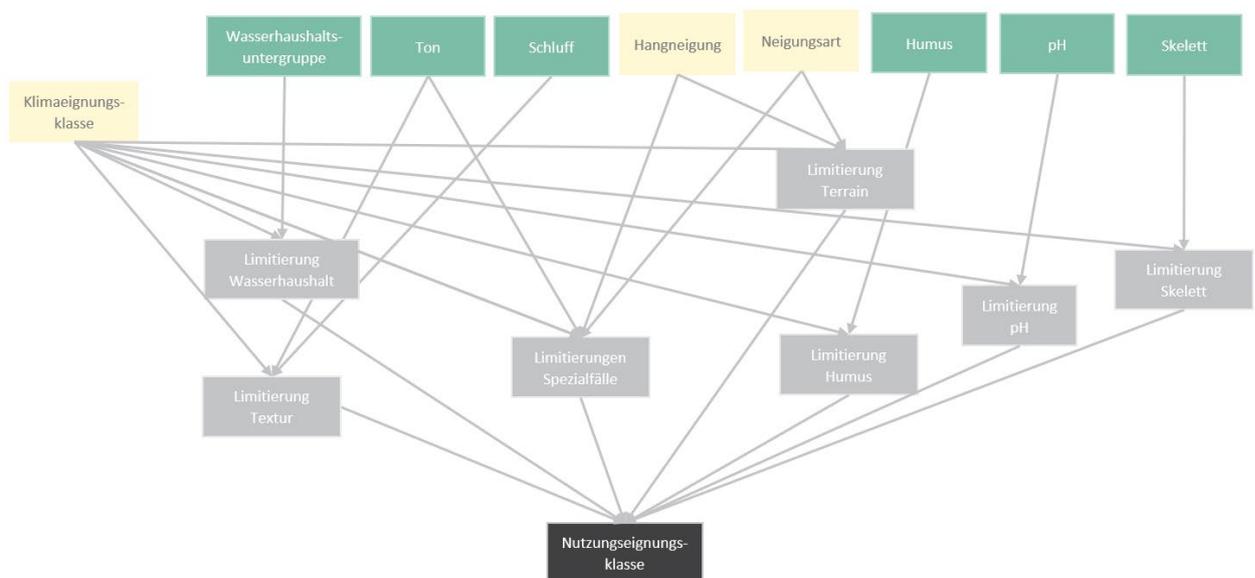
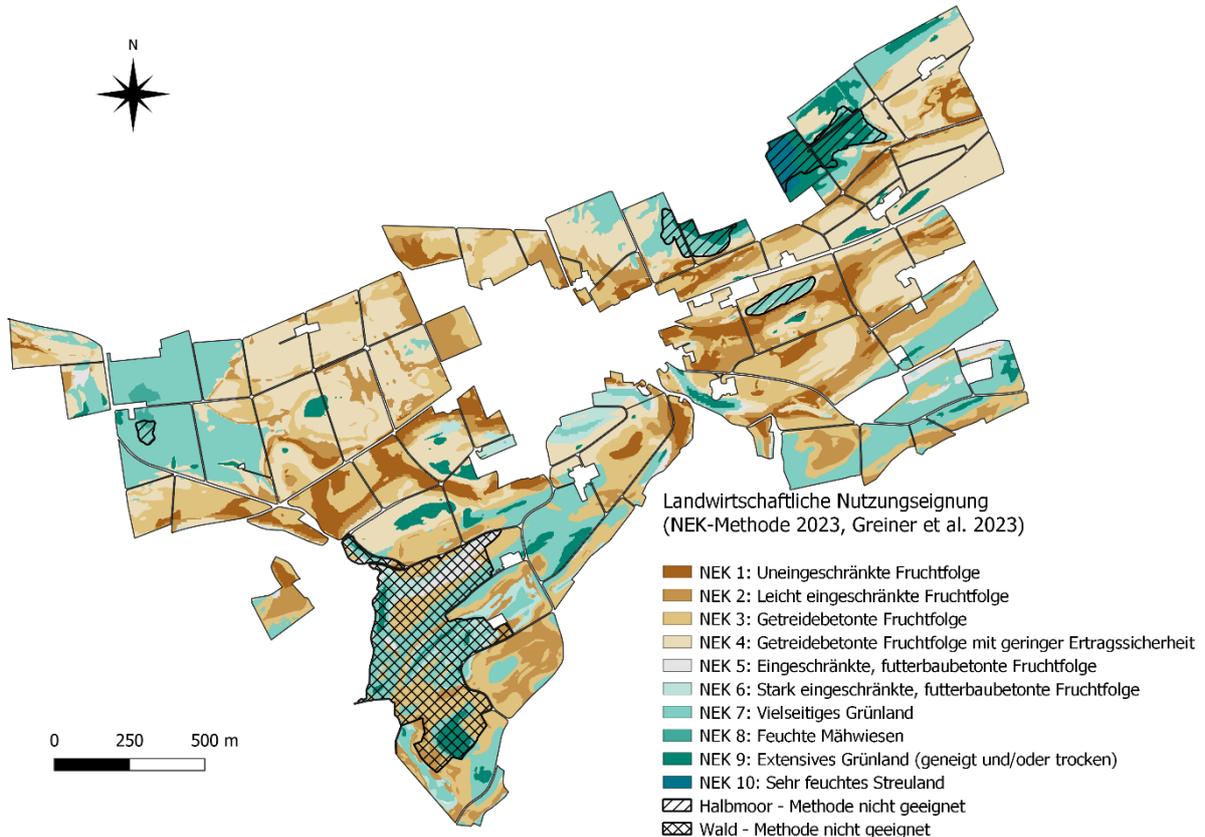
8.5 Potenzial des Bodens zur Anreicherung von Kohlenstoff in stabiler Form

Mit Tonmineralen kann Kohlenstoff stabile Verbindungen (Ton-Humus-Komplexe) eingehen, in dieser Form ist er vor dem mikrobiellen Abbau über Jahrhunderte hinweg geschützt. Das Kohlenstoffanreicherungspotenzial zeigt das Potenzial für eine derartige *langfristige* Speicherung von Kohlenstoff zusätzlich zum bereits im Boden vorhandenen Kohlenstoffvorrat. Die Bewertung des Kohlenstoffanreicherungspotenzials beruht ausschliesslich auf Bodeneigenschaften (Kohlenstoffgehalt, Tongehalt, Skelettgehalt, Lagerungsdichte).



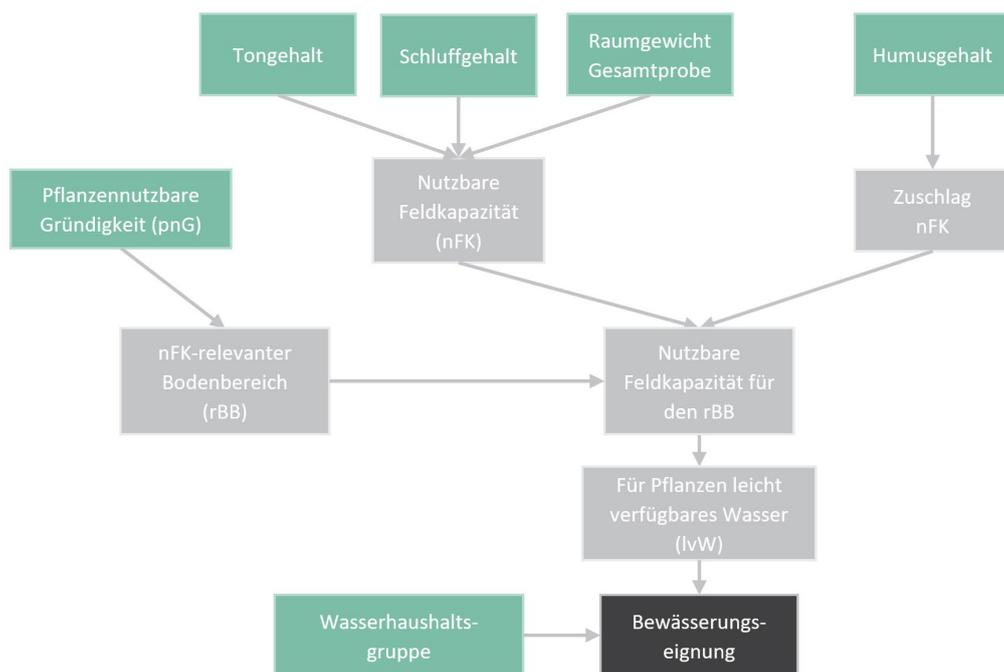
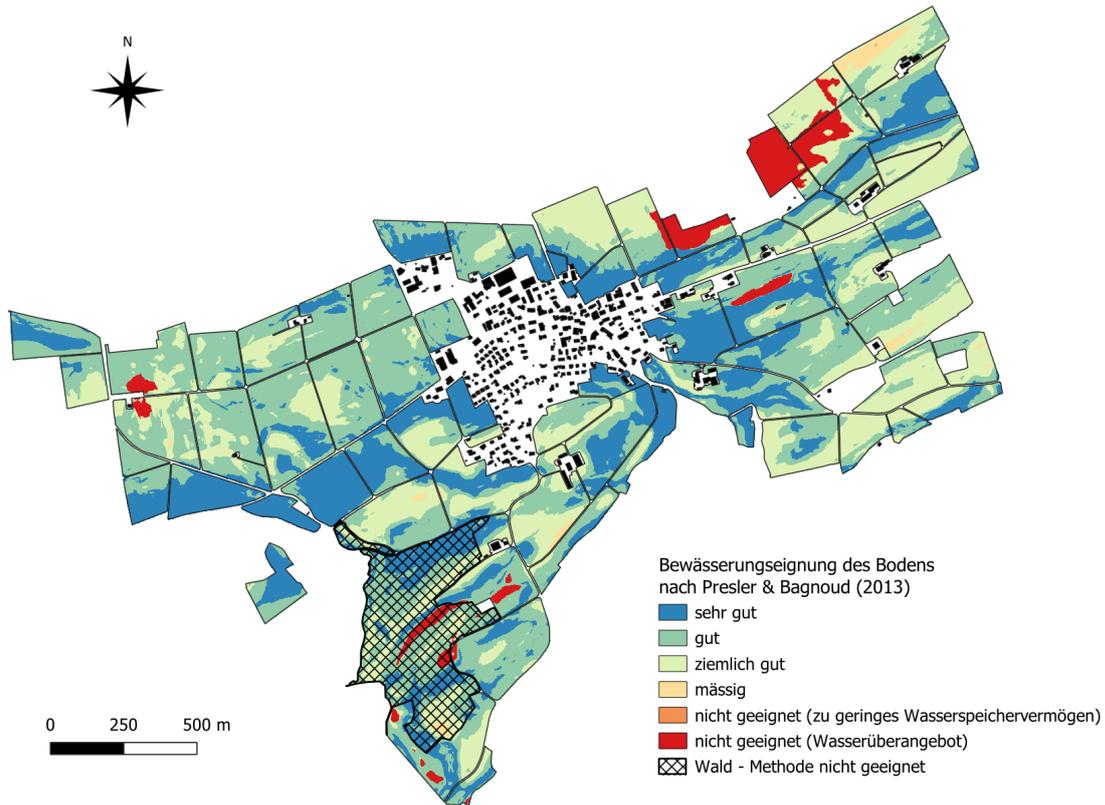
8.6 Landwirtschaftliche Nutzungseignung

Die Methode bewertet anhand von Boden-, Klima- und Terraindaten ob und welche Limitierungen für die langfristige nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung vorliegen. Sie ordnet verschiedene Böden 10 Nutzungseignungsklassen (NEK) zu, wobei bei der NEK 1 keinerlei Limitierungen für die landwirtschaftliche Nutzung vorliegen, bei NEK 10 nur Streulandnutzung möglich ist.



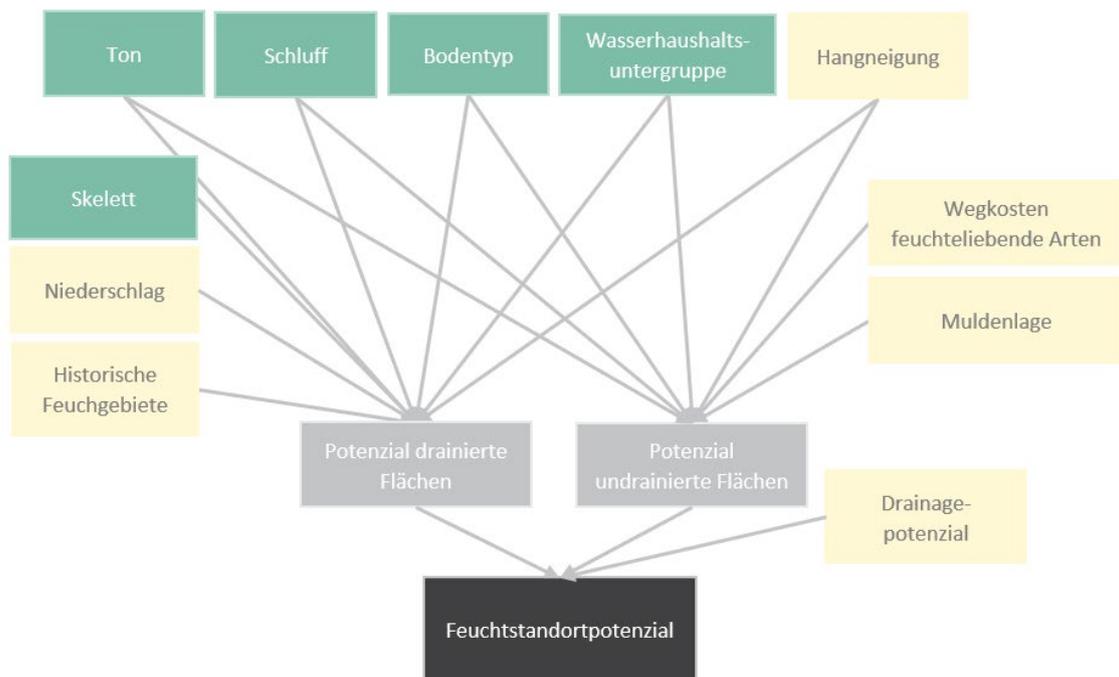
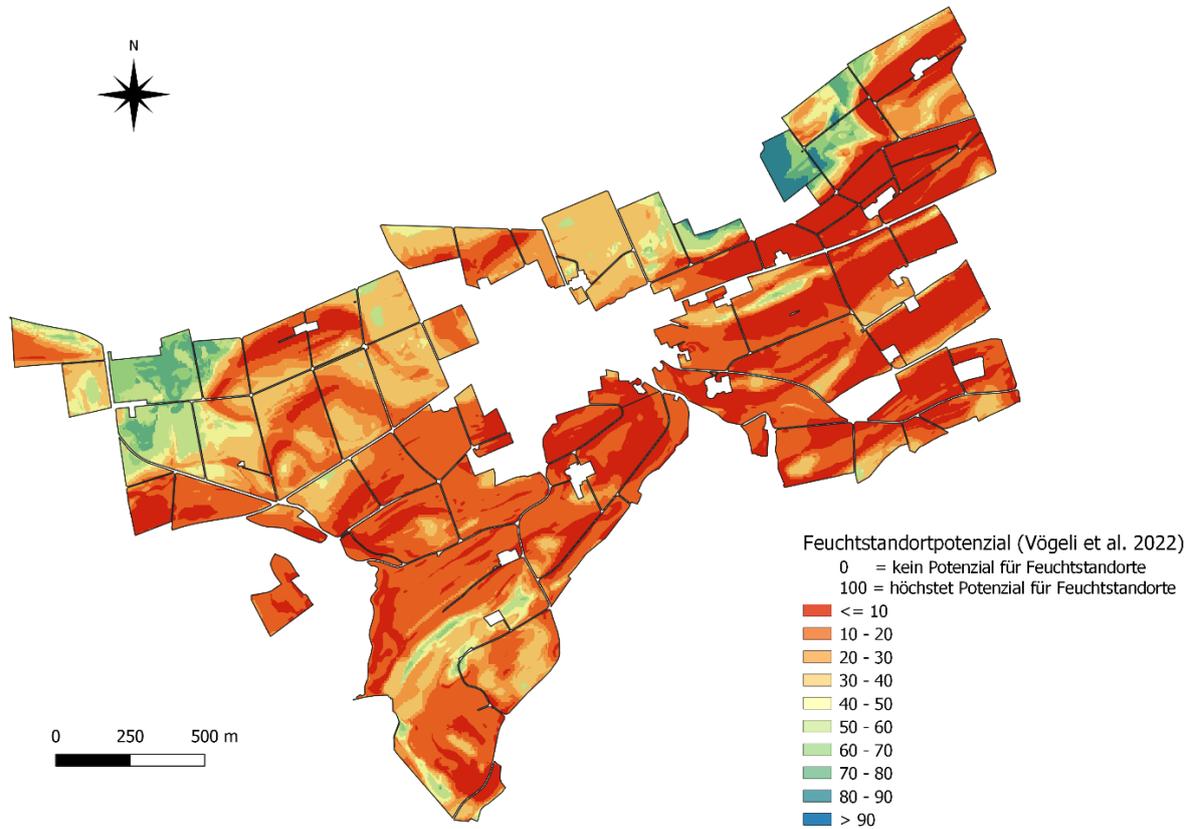
8.7 Bewässerungseignung des Bodens

Diese Methode bewertet die grundlegende Bewässerungseignung von Böden anhand von Bodeneigenschaften, die das Wasserspeichervermögen und den Vernässungsgrad charakterisieren. Für die Bewässerung geeignet gelten Böden, die ein ausreichendes Speichervermögen für pflanzenverfügbares Wasser aufweisen. Im Gegensatz dazu gelten Böden als ungeeignet, wenn sie nur ein geringes Wasserspeichervermögen aufweisen oder häufig bis zur Oberfläche vernässt sind.



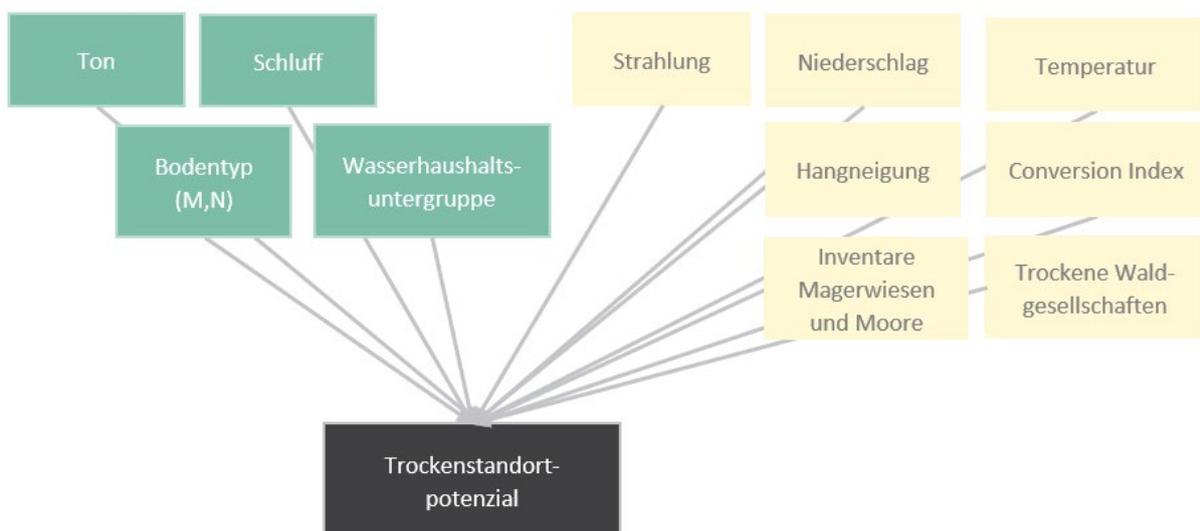
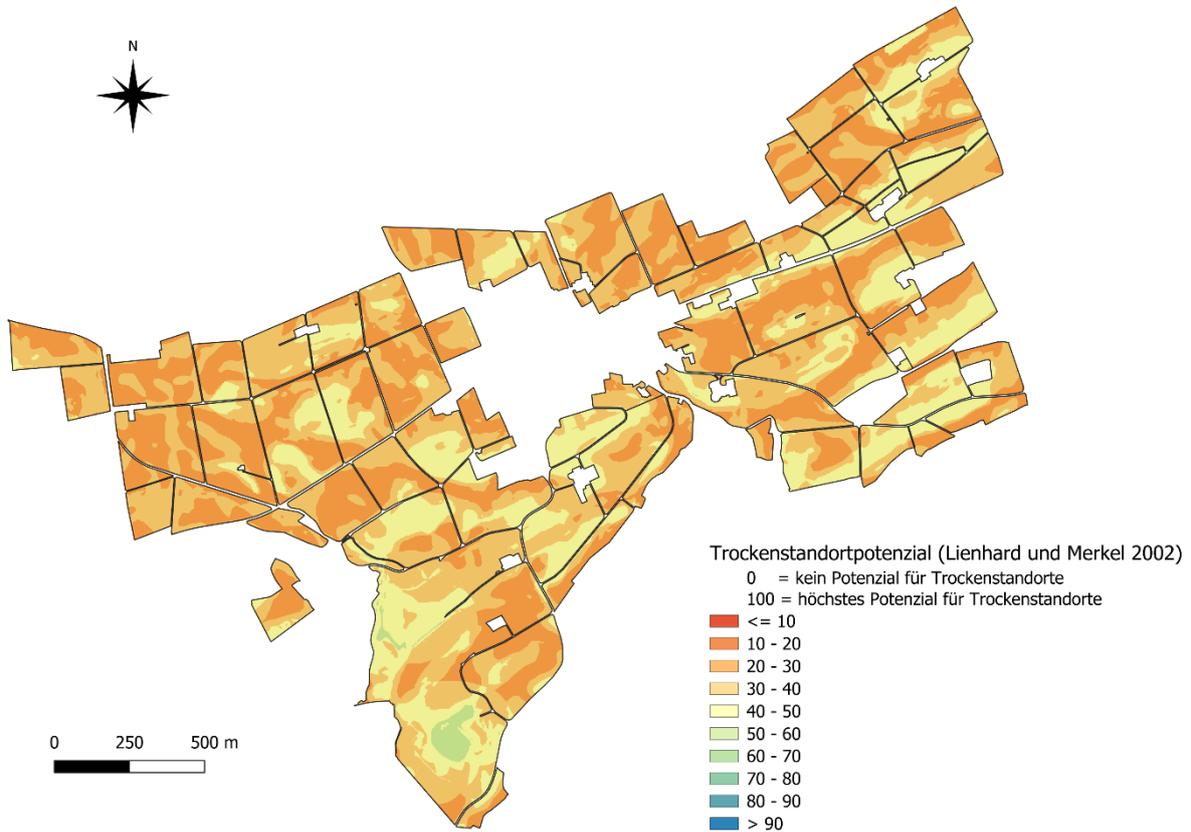
8.8 Feuchtstandortpotenzial

Die Methode bewertet das Potenzial für Feuchtgebiete. Muldenlagen, Flächen mit viel Niederschlag, Flächen mit wenig Hangneigung und Flächen mit Vernässungsmerkmalen werden als Flächen mit hohem Potenzial bezeichnet.



8.9 Trockenstandortpotenzial

Die Methode bewertet, wie hoch das Standortpotenzial für eine trockene Magerwiese ist. Dabei werden in der Bewertung neben Bodenfaktoren auch Klima, Terrain und die Nähe zu anderen Naturschutzgebieten berücksichtigt.



8.10 Auswertungen zu verschiedenen Themen für Beispielböden

Beispiel Profil P8: Regosol

Flachgründiger Regosol mit den Untertypen alkalisch und karbonathaltig.

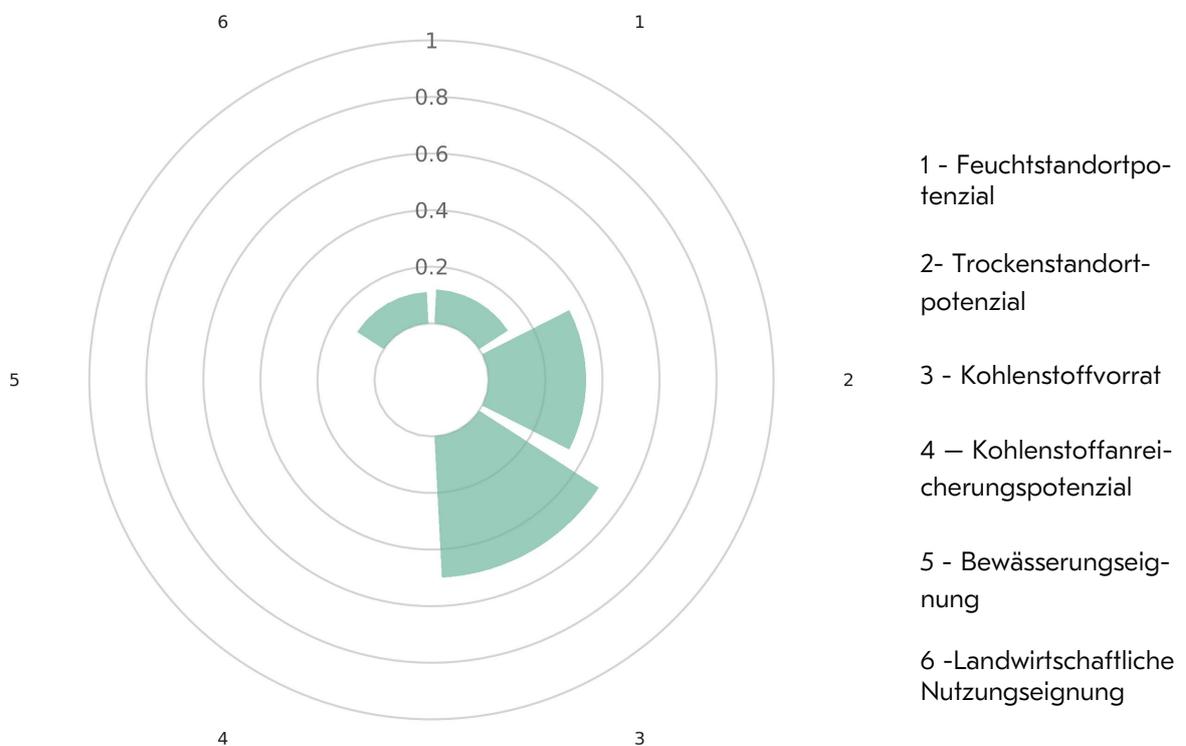


0-28 cm	Körnung [%]	Skelett [%]	Humus [%]	pH-Wert	Kalk [%]
	(Ton / Schluff / Sand)				
Ah,p: Gepflügter, humoser Oberboden	15.8 / 14.1 / 70.1	24	4.4	6.9	3.8

28 cm

28-70 cm	Körnung [%]	Skelett [%]	Humus [%]	pH-Wert	Kalk [%]
	(Ton / Schluff / Sand)				
C: Untergrund mit fluvioglazialen Ablagerungen unterschiedlichen Kies- und Steingehalts	- / - / -	50	0.5	7.4	25.1

150 cm

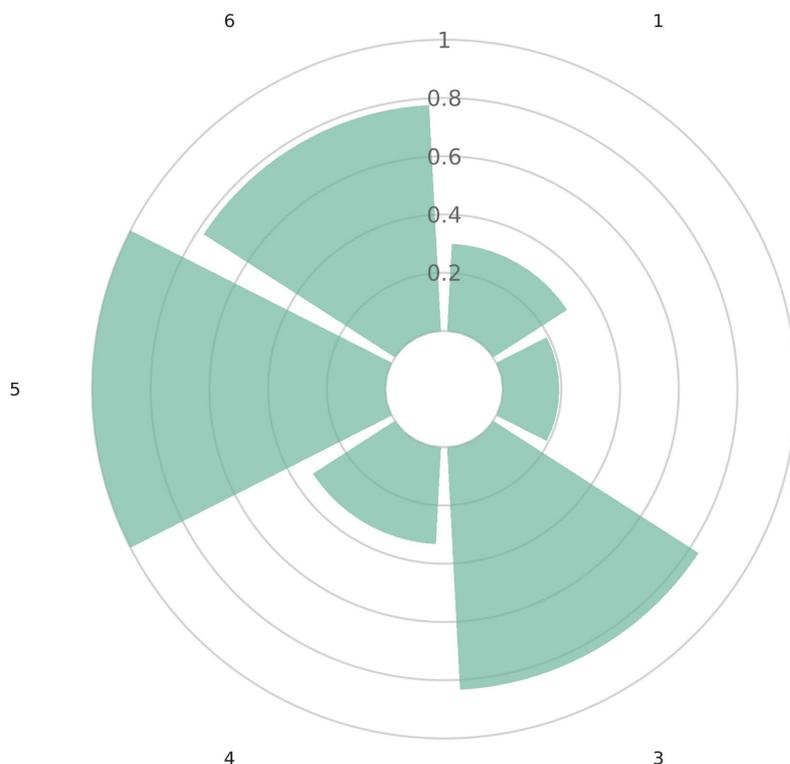


Beispiel Profil P6: Braunerde

Tiefgründige Braunerde mit den Untertypen schwach sauer, pseudogleyig, grundfeucht und anthropogen



	Körnung [%] (Ton / Schluff / Sand)	Skelett [%]	Humus [%]	pH-Wert	Kalk [%]
Ah,p: Geflügter, humoser Oberboden 23 cm	23.7 / 31.9 / 44.3	4	4.9	5.9	0
(B)A(h),g: Oberboden im Übergangsbereich zum Unterboden					
Bw,(t),g: Unterboden mit Rostflecken und schwachen Tonhüllen 70 cm	23.1 / 16 / 60.9	38	0.9	6.2	0
Bw,g: Unterboden mit Rostflecken 91 cm	6.6 / 9.9 / 83.5	38	0.5	6.4	0
II B(w)Ccn,g: Übergangsbereich zum Untergrund					
II Cg: Untergrund mit Rostflecken 155 cm	7.0 / 5.3 / 87.6	3	0.3	7.7	7.7



- 1 - Feuchtstandortpotenzial
- 2 - Trockenstandortpotenzial
- 3 - Kohlenstoffvorrat
- 4 - Kohlenstoffanreicherungs-potenzial
- 5 - Bewässerungs-eignung
- 6 - Landwirtschaftliche Nutzungseignung

9 Weiterführende Informationen

Zum KOBO-Pilotprojekt Nr. 3 in Prez-vers-Noréaz



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG
WWW.FR.CH

[Pilotprojekt Prez-vers-Noréaz - Kompetenzzentrum Boden \(ccsols.ch\)](#)

[Bodenkartierung | Staat Freiburg](#)

Weiterführende Informationen zur Bodenkartierung

[Weiterführende Informationen zum Kartierablauf des KOBO und den vom KOBO verwendeten Methoden und Applikationen](#)

[Weiterführende Informationen zur Bodenkartierung in der Schweiz des Bundesamtes für Umwelt BAFU](#)



Das KOBO freut sich über weitere Fragen und Anmerkungen an info@ccsols.ch

Herausgegeben von: Kompetenzzentrum Boden (KOBO), www.ccsols.ch.

Das KOBO arbeitet im Auftrag der drei Bundesämter BAFU (Bundesamt für Umwelt), BLW (Bundesamt für Landwirtschaft) und ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) und ist an der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) der Berner Fachhochschule (BFH) in Zollikofen angesiedelt.

Kompetenzzentrum Boden
BFH-HAFL

Länggasse 85_3052 Zollikofen
info@ccsols.ch_ccsols.ch