



Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz: Teil III Kartieranleitung (KA23)

Anhang 1: Weiterführende praktische Hinweise

Inhaltsverzeichnis

1	Hinweise zur Vorbereitungsphase	3
1.1	Zu Kapitel 2.2.3 Kommunikation	3
1.2	Zu Kapitel 2.2.3 Kommunikation bezüglich Entschädigungen für Profilgruben	3
1.3	Zu Kapitel 2.3.1 Massstabswahl	4
1.4	Zu Kapitel 2.3.3 Rechtliches; Grabarbeiten	5
2	Hinweise zur Konzeptphase	5
2.1	Zu Kapitel 3.4.1 Bildung von Hypothesen und Konzepteinheiten	5
2.2	Zu Kapitel 3.4.2 Übersichtsbegehung; Rekognoszierungsbohrungen	9
2.3	Zu Kapitel 3.5.2 Erstellen der Konzeptkarte	10
2.4	Zu Kapitel 3.6.1 Auswahlkriterien für Standorte von Basisprofilen	11
3	Hinweise zur Profilphase	12
3.1	Zu Kapitel 4.3.1 Werkleitungserhebung	12
3.2	Zu Kapitel 4.3.3 Organisation der Profilöffnung	12
3.3	Zu Kapitel 4.4.1 Basisprofile	14
3.4	Zu Kapitel 4.4.2 Ausführung (Öffnung der Profilgrube)	17
3.5	Zu Kapitel 4.5.2 Präparation und Fotodokumentation der Profilwand	17
3.6	Zu Kapitel 4.5.5 Wasserstandmessung	17
3.7	Zu Kapitel 4.6 Schliessen der Profilgrube	18
4	Hinweise zur Kartierphase	19
4.1	Zu Kapitel 5.3.2 Feldplan	19
4.2	Zu Kapitel 5.4.2 Verortung	20
4.3	Zu Kapitel 5.5.2 Abgrenzungskriterien (bei Kartiereinheiten)	20
4.4	Zu Kapitel 5.5.3 Vorgehensweise (bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten)	21
4.5	Zu Kapitel 5.5.4 Form der Kartiereinheiten	22
4.6	Zu Kapitel 5.6.2 Datenstruktur von Punkt- und Flächendaten	23
4.7	Zu Kapitel 5.6.3 Datensatz der Standardbohrungen und Kartiereinheiten: Hinweise zur Erhebung von FFF	23
4.8	Zu Kapitel 5.7.1 Natürliche Variabilität	25
4.9	Zu Kapitel 5.7.2 Fremdanteil	26
4.10	Zu Kapitel 5.7.4 Komplexbildung	27
4.11	Zu Kapitel 5.8 Qualitätssicherung: Qualitätssicherung von Flächendaten in Kombination mit horizontweise erfassten Standardbohrungen	27
5	Abbildungsverzeichnis	28
6	Tabellenverzeichnis	29
7	Literaturverzeichnis	30
8	Versionskontrolle	30

1 Hinweise zur Vorbereitungsphase

1.1 Zu Kapitel 2.2.3 Kommunikation

Priorität hat die Kommunikation mit den Direktbetroffenen (Eigentum und Bewirtschaftung). Eine intensive und proaktive Kommunikation fördert das Verständnis für den Kartierzweck und erleichtert Feldarbeiten, insbesondere das Anlegen von Profilgruben.

Die erste Information dieser Gruppe erfolgt schriftlich zum Projektstart, bevor die Flächen das erste Mal betreten werden. Dieses Schreiben sollte folgende Informationen beinhalten (leicht angepasst nach Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017, S. 25):

- Auftrag, allenfalls mit Hinweis auf rechtliche Basis
- Verwendungszweck und Nutzen der Karte
- Angabe zur Publikation der Resultate
- Perimeter (mit Karte)
- Zeitpunkt von Beginn und Abschluss der Kartierarbeiten
- Vorgehen, Erläuterung der einzelnen Arbeitsphasen
- Aufforderung um Freigabe für Bodenprofile, Erläuterung der Funktion der Profile
- Angabe zur Höhe der Entschädigung für eine Profilgrube
- Angabe einer Kontaktperson

Die Angabe der Kontaktperson ist wichtig, weil erfahrungsgemäss nach dem Versand eines Informationsschreibens mit (telefonischen) Rückmeldungen oder Fragen zu rechnen ist.

Je nach Projektdauer kann es nützlich sein, ein zweites Informationsschreiben zu versenden, z.B. wenn Profil- und Kartierphase nicht im gleichen Jahr durchgeführt werden.

Die Bewilligung von Standorten für Bodenprofilgruben wird vorzugsweise mündlich eingeholt, idealerweise vor Ort oder mit einem zugestellten Plan. Für die Präsentation von (Zwischen-) Resultaten können Informationsveranstaltungen oder Begehungen sinnvoll sein. Informationsveranstaltungen werden vorzugsweise während der Profilphase durchgeführt.

1.2 Zu Kapitel 2.2.3 Kommunikation bezüglich Entschädigungen für Profilgruben

Entschädigungen für Profilgruben sind (ausser im Wald) üblich und werden den Bewirtschafterinnen und Bewirtschaftern in der Regel direkt von der PLA ausbezahlt (vgl. auch Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017, S. 7). Für betroffene Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter ist die Entschädigung meist sehr wichtig, daher sollte sie frühzeitig festgelegt und kommuniziert werden. Es handelt sich dabei einerseits um eine Ertragsausfallentschädigung. Die Höhe bemisst sich an der betroffenen Kultur und der Dauer des Ertragsausfalls. Andererseits deckt die Entschädigung auch Aufwände für Unterhaltsarbeiten ab. Dazu gehören:

- das Auszäunen eines Profils in einer Weide
- eine Nachsaat, wenn die Ansaat nach Profilschluss nur lückig aufgegangen ist (z.B. wegen Profilschluss im Spätherbst/Winter)
- das Ausebnen von natürlichen Setzungen in der Zeit nach Profilschluss

Normalerweise gibt es keine individuellen Entschädigungen, sondern es wird für ein grösseres Gebiet ein Durchschnittswert bestimmt. Ausnahmen sind möglich, wenn:

- der Zustand der Profilgruben innerhalb des gleichen Gebiets sehr unterschiedlich ist (sowohl offen als auch geschlossen)
- besonders hochwertige Spezialkulturen betroffen sind
- Erheblicher Aufwand von Seiten Bewirtschaftung nötig ist

1.3 Zu Kapitel 2.3.1 Masstabswahl

Aufwandschätzung für Feldarbeitstage in Abhängigkeit des Masstabs

Tabelle 1: Aufwandschätzung für Feldarbeitstage in Abhängigkeit des Masstabs

Masstab		Optimale Bedingungen in offener Landschaft	Suboptimale Bedingungen in offener Landschaft	Optimale Bedingungen im Wald	Suboptimale Bedingungen in Wald
1:2'500	Bohrungen/AT	35	20	30	18
	AT/100ha	46	80	54	89
1:5'000	Bohrungen/AT	30	18	28	15
	AT/100ha	14	23	15	27
1:10'000	Bohrungen/AT	20	10	16	8
	AT/100ha	5	10	7	13

Es besteht kein linearer und unmittelbarer Zusammenhang zwischen Masstab und Feldarbeitszeit.

Optimale Bedingungen bestehen:

- wenn Feldarbeit mit leichtem Bohrgerät (Edelmannbohrer, Stechbohrer) möglich ist
- eine gute Erschliessung und direkte Zugänglichkeit vorhanden sind
- ideale Witterungs- und Bodenfeuchteverhältnisse herrschen.

Die Angaben zu den Feldarbeitstagen in Tabelle 1 beruhen auf Erfahrungswerten (Durchschnitt) aus vergangenen Kartierungen. Dazu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Pro Jahr ergeben sich etwa 30 Wochen in denen Feldarbeit geleistet werden kann (Ferien, Feiertage, Winterphase mit schlechtem Licht, Sommerphase mit trockenem Boden, sonstige Hindernisse sind abgezogen).
- Auslastung pro Woche: 3 Arbeitstage (über längere Zeit sind mehr als 3 Feldarbeitstage pro Woche gesundheitlich nicht möglich)
- Pro Kalenderjahr und Person sind somit maximal 90 Feldarbeitstage realistisch
- Die Arbeitszeit im Feld muss je nach Arbeitsteilung auf Konzeptphase, Profilphase und Kartierphase aufgeteilt werden.

Der Feldarbeitsaufwand für Kartierungen im Wald ist grösser, weil im Wald öfter steilere Tobel / Lagen, komplexere Bodenverhältnisse und eine eingeschränkte Übersicht über das Relief vorherrschen. Weitere Erschwernisse bilden Hindernisse für die Begehbarkeit wie dichter Bodenbewuchs durch Brombeeren, liegendes Totholz und Dickungen.

Masstabswahl im steilen Gelände

Ist das Gelände über weite Teile des Kartierperimeters steil, ist allenfalls über eine Anpassung der Dichte der Punktinformationen nachzudenken. Anstatt der Grundfläche sollte die effektive Oberfläche berücksichtigt werden. Tabelle 2 zeigt, wie sich die effektive Oberfläche bei zunehmender Neigung erhöht. Für Hangneigungen bis und mit 25% ist keine Hangkorrektur nötig, da die Abweichung der effektiven Oberfläche zur Grundfläche nur geringfügig ist.

Tabelle 2 : Effektive Geländeoberfläche bei einer Grundfläche von 100ha in Abhängigkeit der Hangneigung für eine Auswahl von Geländeformen

Hangneigung %	Geländeformen	effektive Oberfläche ha
10	a,b,c,d,e	100.5 (+0.5%)
15	f,g,h,i	101.1 (+1%)
25	j,k,l,m,n	103.1 (+3%)
35	o,p,q,r	105.9 (+6%)
50	s,t,u,v	111.8 (+12%)
70	w	122.1 (+22%)

1.4 Zu Kapitel 2.3.3 Rechtliches; Grabarbeiten

Details zur Bauarbeitenverordnung (BauAV, vom 18.06.2021)

- Bodenprofile fallen unter «Arbeiten in Gräben, Schächten und Baugruben» (Art. 2):
- Es gilt Schutzhelmtragepflicht «bei Arbeiten im Bereich von Kranen, Aushubgeräten und Spezialtiefbaumaschinen» und «beim Graben- und Schachtbau sowie beim Erstellen von Baugruben» (Art. 6)
- Bei Absturzhöhen von 2m und mehr ist ein Seitenschutz als Absturzsicherung anzubringen. Bei Werkleitungsgräben ist eine gut sichtbare Signalisation ausreichend (Art. 23)
- Von Gruben darf keine Gefahr durch «abrutschende Massen» ausgehen. Gruben, die tiefer als 1.5m sind, müssen entweder verspriesst, abgeböschst oder anderweitig gesichert werden (Art. 68)
- Gruben, die für den Leitungsbau betreten werden müssen und tiefer als 1m sind, müssen mindestens 60cm breit sein (Art. 68)
- Das Aushubmaterial ist mindestens ein Meter von der Grube entfernt zu lagern (Art. 71)
- Gruben und Schächte bis 5m Tiefe dürfen statt über Treppen auch über Leitern zugänglich sein (Art. 73)
- Senkrechte Wände sind nur zulässig bei standfestem Bodenmaterial und wenn kein Hang- oder Sickerwasser die Stabilität beeinträchtigen kann (Art. 75 und 76b)

2 Hinweise zur Konzeptphase

2.1 Zu Kapitel 3.4.1 Bildung von Hypothesen und Konzepteinheiten

Hinweise zu geostatistischen Methoden

Die Anwendung von geostatistischen Auswertungen ist noch nicht etablierter Kartierstandard, besitzt jedoch grosses Potenzial für eine systematischere und reproduzierbare Konzepterstellung. Wenn sich diese Unterstützung bewährt, ist es in Zukunft denkbar, dass die Auswertungen automatisiert werden können (Toolbox, Plugin für GIS-Software). Es ist denkbar, dass die Kartierenden dabei die Kriterien zur Auswertung eingeben und so die gewünschten Ableitungen eigenständig erzeugen können.

Personen, die die Konzeptkarte erstellen, können sich Unterstützung durch geostatistische Methoden holen. Möglich sind folgende Informationsgewinne:

- a) Aus bereits vorhandenen älteren Bodendaten können Beziehungen zwischen Bodenbildungsfaktoren hergeleitet werden, die helfen die Pedogenese im Gebiet zu verstehen (Auswertung Variablen-Wichtigkeiten in komplexen Modellen).
- b) Es können aus den vorhandenen Grundlagendaten (Geodaten) Gebiete mit gleichen Bodenbildungsfaktoren hergeleitet werden, die bei der Bildung von Konzepteinheiten im Kartierungsgebiet helfen (Clustering-Verfahren).

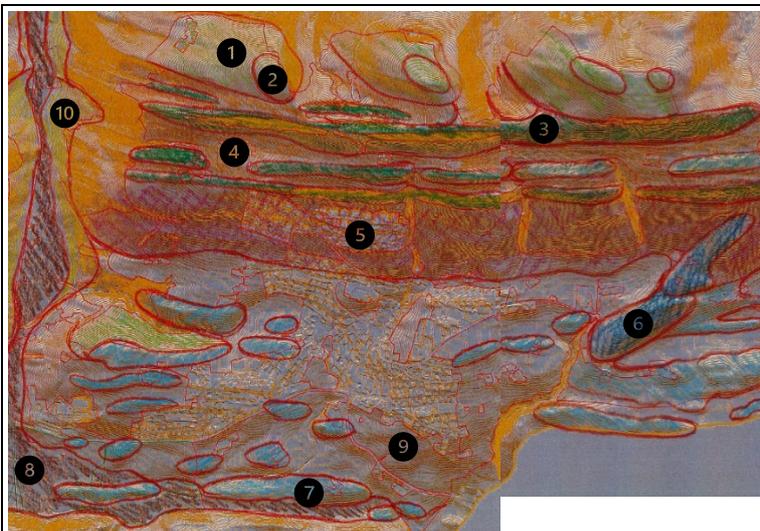
Der Mehrwert dieser Methoden liegt in der systematischen, reproduzierbaren Unterstützung.

Die Kartierenden müssen den Personen, die die geostatistische Auswertung machen, die Kriterien zur Auswertung von Zonen ähnlicher Pedogenese angeben können (für Punkt b). Beispiel: Die kartierende Person gibt an, dass im Kartiergebiet leichte Mulden und Kuppen charakteristisch sind, die ungefähr einen Durchmesser von 100 - 150 m haben und es zudem einige sehr steile Zonen gibt. Die geostatistische Auswertung stützt sich somit auf Mulden- und Kuppenlagen sowie die Hangneigung. Es benötigt für die geostatistischen Auswertungen zudem Hinweise zur Variabilität des Kartiergebiets um die Anzahl Zonen der gleichen Pedogenese abschätzen zu können.

Die geostatistischen Auswertungen werden von der kartierenden Person anschliessend zur Erstellung der Konzeptkarte verwendet und können wo nötig iterativ angepasst werden.

Hinweise zur Hypothesenbildung

In Abbildung 1 wird ein Beispiel eines Produkts der Hypothesenbildung in Form einer Handskizze gemäss Abschnitt 3.4.1 gezeigt. Aufgrund von Gelände, Geologie und Exposition wurden in einem ersten Schritt hypothetische Konzepteinheiten ausgeschieden.



LEGENDE

- | | |
|---|--|
| 1 Sandstein westexponiert, erodierte Kuppe: cB, cO | 6 Moränenwall: cO, gB, fB |
| 2 Sandstein westexponiert: gB, fB, bB | 7 zerbrochene Sandsteinbänke mit NE-SW-Verlauf mit Moränenüberdeckung: gB, fB, cO |
| 3 Sandsteinbänke NE-SW-exponiert: cO, gB, fB | 8 Kolluvium, abflusslose Mulden mit Anreicherung an organischer Substanz: kB, IB, tV, uV |
| 4 Mulden zwischen Sandsteinbänken, Kolluvien aus Sandstein und Moräne: kB, IB, bB | 9 Südostorientierte Moränenhänge: fB, kB, tV |
| 5 südostexponierte Hänge, Hanglehm aus Moräne und Sandstein, darunter Sandstein: kB, IB, fB, cB | 10 Bachschutt und Hanglehm: bB, kB |

Abbildung 1 : Mögliches Resultat der Hypothesenbildung vor der Übersichtsbegehung. In diesem Beispiel wurden aufgrund von Gelände, Geologie und Exposition zehn Konzepteinheiten ausgeschieden (Hintergrundkarte aus Reliefschattierung und Höhenlinien), die als pedogenetisch homogen oder zumindest zusammengehörig angenommen werden.

Bei der Planung der Übersichtsbegehung werden Standorte vorgemerkt, die sich erstens für die Überprüfung der Hypothesen eignen und zweitens für einen Bagger zugänglich sind. Ein Beispiel dazu liefert die Abbildung 2. Die Nummern markieren Standorte, wo die in Abbildung 1 beschriebenen Konzepteinheiten erbohrt werden könnten. Es ist sinnvoll, mittels Parzellenplan und einer Liste der Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter zu prüfen, dass sich nicht zu viele Standorte einer Konzeptinheit unter gleicher Bewirtschaftung befinden. Dieses Vorgehen erleichtert im Fall einer Profilverweigerung das Auffinden eines Ausweichstandorts.

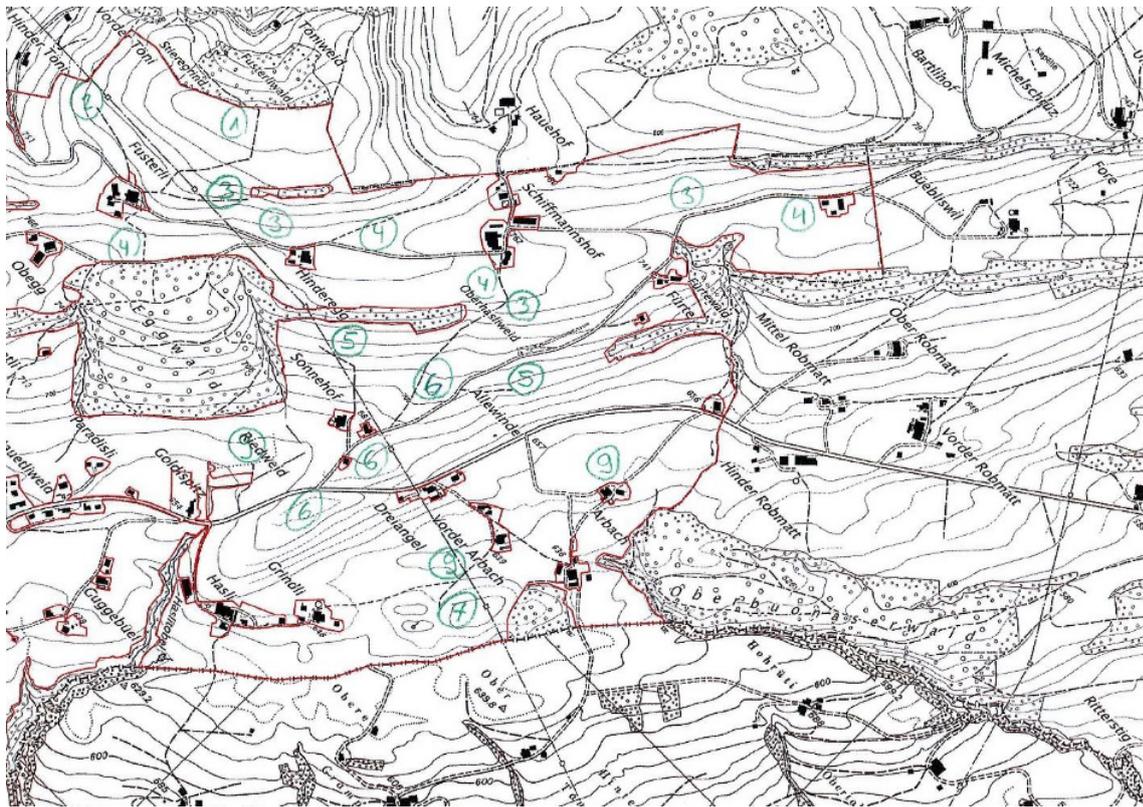


Abbildung 2 : Übersichtsplan mit Markierungen, wo die Konzepteinheiten aus Abbildung 1 in der Übersichtsbegehung erbohrt werden können. Diese Standorte sind im Hinblick auf die Profilphase so gewählt, dass sie für Sondiergeräte (Bagger zugänglich sind).

Nebst der punktuellen Vorgehensweise eignet sich zur Prüfung der Hypothesen auch das Arbeiten entlang von Catenen (vgl. Glossar). Dazu werden vorgängig oder direkt vor Ort geeignete Zonen ausgesucht, in denen mehrere Sondierbohrungen auf einem Transekt in geringem Abstand gemacht werden. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 3 dargestellt. Catenen vermitteln gegenüber punktuellen Sondierungen einen besseren Eindruck von Übergangsformen und der Art der Bodenübergänge (z.B. abrupt vs. graduell). Ausserdem lassen sich Bodenbildungsprozesse besser beobachten, beispielsweise die talwärts zunehmende Vernässung in einem Hang.

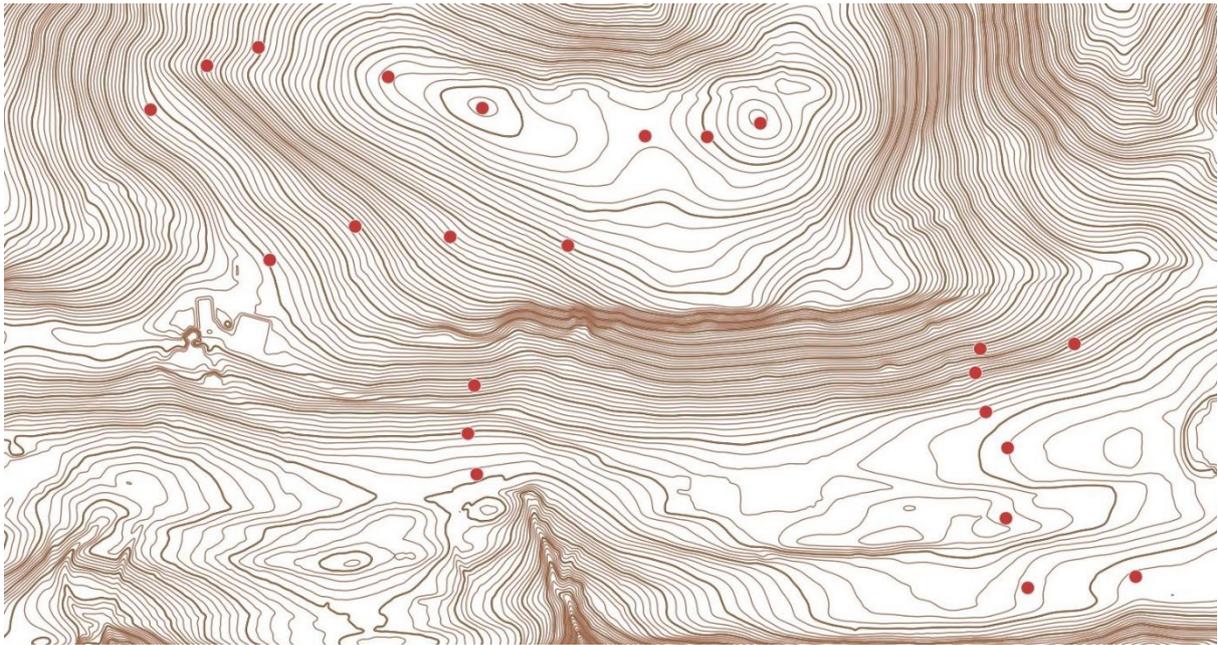


Abbildung 3 Einsatz von Catenen zur Hypothesenprüfung und Erkundung von Bodenübergangsformen. Rot eingezeichnet sind Rekognoszierungsbohrungen, braun die 1m-Höhenlinien

2.2 Zu Kapitel 3.4.2 Übersichtsbegehung; Rekognoszierungsbohrungen

Die Wahl der Erfassungsvarianten von Rekognoszierungsbohrungen kann durch die Argumente in Tabelle 3 unterstützt werden.

Tabelle 3 : Gleichwertige Möglichkeiten zur Erfassung der Rekognoszierungsbohrungen während der Übersichtsbegehung mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. In Kursivschrift dargestellt ist jeweils der Hauptvorteil einer Methode

Erfassung	Beschreibung	Vorteile/Nachteile
auf eigens erstellten Plänen	Dabei kann es sich beispielsweise um eine Karte mit den vorgängig beschriebenen Konzepteinheiten/Hypothesen handeln, typischerweise mit kleinerem Massstab als der Feldplan. Die Koordinaten werden dabei mittels Schrittzählung oder mobilem GNSS aufgenommen (z.B. Smartphone), die Standorteigenschaften werden in einem Formular erfasst.	+optimale Gebietsübersicht +späterer Druck auf Feldpläne möglich -nachträgliche Digitalisierung des Erfassungsformulars nötig -nachträgliche Übertragung von Zusatzinformation auf Feldplan nötig
auf den Feldplänen	Für den Fall, dass die Feldpläne bereits zu Beginn der Konzeptphase vorliegen (siehe Kapitel 5.3.2 in der KA23). Die Koordinaten werden dabei mittels Schrittzählung oder mobilem GNSS aufgenommen (z.B. Smartphone), die Standorteigenschaften werden in einem Formular erfasst.	+reduziert Informationsverlust von Konzept- zu Kartierphase +gute Grundlage für Gespräche mit BewirtschafterInnen -nachträgliche Digitalisierung des Erfassungsformulars nötig -Massstab für gute Übersicht meist zu gross
vollständig digital	Mittels mobilem GIS (auf Tablet, allenfalls Smartphone) werden Standorte und Attribute direkt zusammen aufgenommen.	+späterer Druck auf Feldpläne möglich +Grundlagen nach Bedarf einblendbar +/- Wechsel des dargestellten Massstabes -Gebietsübersicht limitiert durch Bildschirmgrösse -skizzieren/vermerken von Zusatzinformation schwierig -geringer GNSS-Empfang im Wald
Kombination	Die Erfassung der Bohrungen mit Koordinaten geschieht in einem mobilen GIS. Zusätzlich werden die Standorte sowie weitere Zusatzinformationen auf einem Plan vermerkt.	+Sicherungskopie +Gute Übersicht +Einfache Einzeichnung von Zusatzinformationen -doppeltes Material im Feld

2.3 Zu Kapitel 3.5.2 Erstellen der Konzeptkarte

Beispiele für Konzeptkarten sind in Abbildung 5 und Abbildung 5 zu finden.

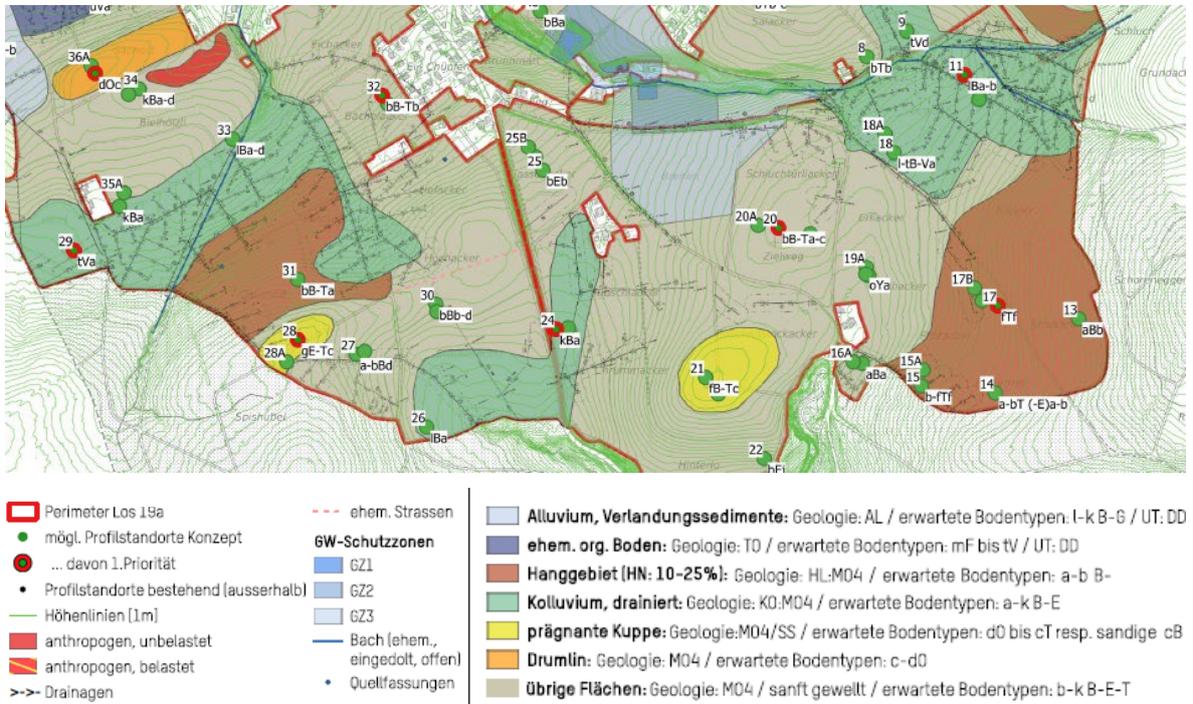


Abbildung 4: Beispiel für eine Konzeptkarte und Legende für Landwirtschaftsfläche im Kanton Solothurn (T. Gasche)

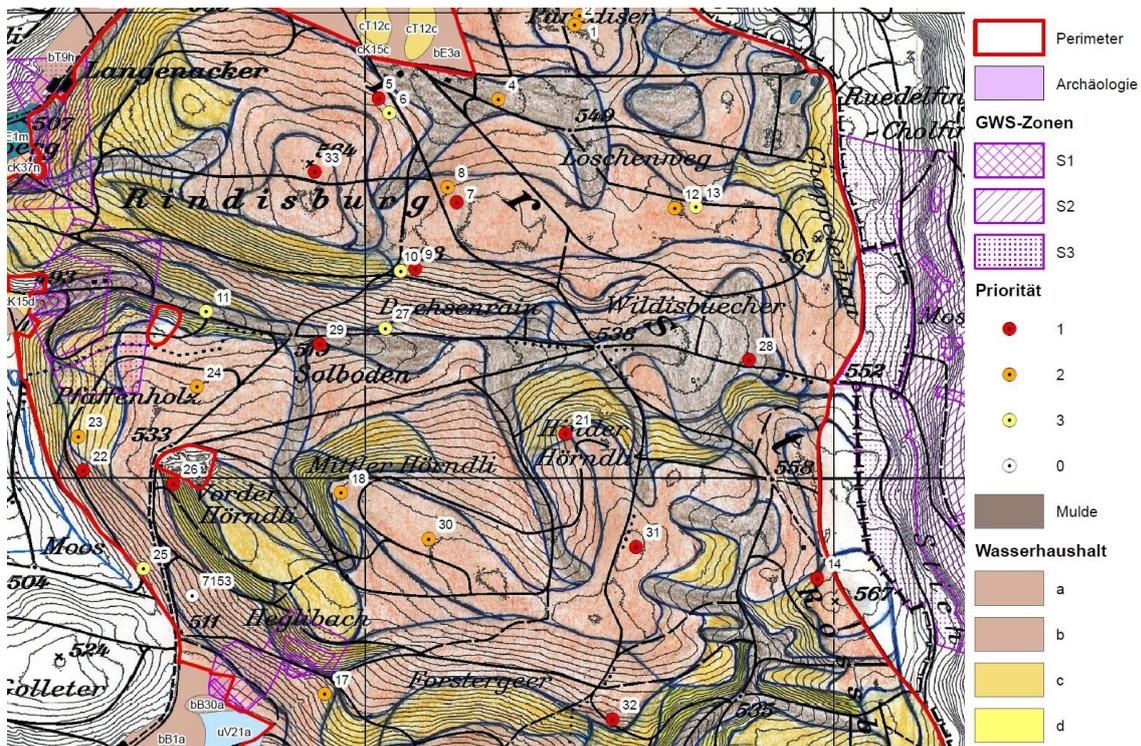


Abbildung 5 : Beispiel für eine Konzeptkarte und Legende: Konzeptkarte für Wald im Kanton Zürich, (K. Baumgartner)

2.4 Zu Kapitel 3.6.1 Auswahlkriterien für Standorte von Basisprofilen

Je nach Zweck der Kartierung müssen Basisprofile nach anderen als den in der KA23 in Kapitel 3.6.1 aufgelisteten Kriterien gelegt werden. Beispielsweise können bei einer Kartierung, die die Ausscheidung von Fruchtfolgeflächen zum Ziel hat, Standorte im Bereich der für die FFF-Ausscheidung relevanten Klassengrenzen priorisiert werden.

Mit ausreichenden Rekognoszierungsbohrungen lässt sich sicherstellen, dass das Gebiet genügend umfassend abgedeckt wurde und eine Priorisierung der Basisprofile vorgenommen werden kann. Die nötigen Ausweichstandorte (bei Fällen gemäss untenstehenden Punkten) können damit rasch festgelegt werden.

An allen potenziellen Standorten für Basisprofile müssen folgende Punkte beachtet werden (ergänzt nach (Brunner et al. 1997, Kapitel 7.1-1):

- Es dürfen keine Werkleitungen vorhanden sein
- Profile in Gewässerschutzzonen und archäologische Fundstellen brauchen ev. eine Sondergenehmigung ((die Dauer der Öffnungszeit kann beschränkt sein).
- Zugänglichkeit für den Bagger (und sein Transportfahrzeug) muss gegeben sein
 - Ein Bagger kann auf befestigtem Untergrund möglichst nah an den Standort herangebracht werden
 - Die Vegetation erlaubt die Zufahrt und das Rangieren, beispielsweise sind Standorte in Intensivobstanlagen für Profilgruben ungeeignet (mit Luftbild prüfen)
- Vermeiden von Flurschäden und Wurzelschäden: Fahrwege auf gewachsenem Boden sollen möglichst kurz und in gerader Linie sein
- Mindestens 10m Abstand von anthropogen gestörten Flächen: Dazu gehören zum Beispiel Strassenränder, Böschungen, die Anhäupter von Ackerparzellen usw.
- Bewirtschaftung der Fläche: Folgende landwirtschaftliche Kulturen besitzen für Basisprofile eine grössere Eignung als andere landwirtschaftliche Kulturen (in absteigender Eignung):
 - Kunstwiese
 - Acker (abgeerntetes Getreide oder Gemüse)
 - Weide
 - Naturwiese (Dauerwiese)

Für die Auswahl von Basisprofilen im Wald sind folgende Punkte zu beachten:

- Profilgruben möglichst im Zwischenkronenbereich anlegen mit genügend Abstand zu angrenzenden Bäumen, um Wurzelschäden zu vermeiden und um Störungen durch Wurzeln in der Profilwand zu vermeiden.
- Es sollen ungestörte, nicht befahrene Standorte gesucht werden (nicht auf Rückegassen)
- Für längere Zufahrten im Waldbestand sollen bestehende Maschinenwege benutzt werden
- Auf Verjüngungsflächen, Wild, mögliche Holzschläge sowie Freizeiteinrichtungen soll Rücksicht genommen werden:
 - um Jungwuchsschäden zu verhindern
 - um Hindernisse für die Holzerei zu vermeiden
 - um eine Störung von Wildtieren zu vermeiden
 - um Sicherheitsproblemen aus dem Weg zu gehen

Priorisierung von potenziellen Basisprofilstandorten

Die Rekognoszierungsbohrungen werden nach ihrer Eignung als potenzielle Profilstandorte bewertet:

- 1. Priorität: Standorte, die alle Kriterien bestmöglich erfüllen. Die Anzahl ausgewählter Standorte erster Priorität entspricht dabei der vorgegebenen Anzahl Basisprofile
- 2. Priorität: Ausweichstandorte, die die Kriterien ebenfalls erfüllen. Für jeden Standort erster Priorität gibt es mindestens einen Ausweichstandort zweiter Priorität (in Ausnahmefällen sind keine Ausweichstandorte vorhanden, beispielsweise bei bodenkundlichen Spezialfällen, die nur an einem Ort im Gebiet vorkommen)
- 3. Priorität: übrige Bohrungen, die sich aber für Basisprofile nicht eignen

Die Priorisierung wird von der Kartierperson vorgenommen und die potenziellen Profilstandorte auf der Konzeptkarte und in der Liste der Rekognoszierungsbohrungen entsprechend vermerkt. Abbildung 6 gibt dazu ein Beispiel.

Sollte klar sein, dass an gewissen Standorten eine reguläre Profilgrube nicht möglich ist, wird dies in der Bohrliste vermerkt. Gründe dafür können sein:

- Der Boden ist dauerhaft zu nass (Befahren mit Bagger nicht möglich)
- Das Gelände ist zu steil (Befahren mit Bagger nicht möglich und/oder Erosionsgefahr)
- Ein günstig gelegener Aufschluss ist vorhanden (Kiesgrubenrand, Steinbruch o.ä.)

In den ersten zwei Fällen wird stattdessen ein Handprofil angelegt. Bohrungen sind kein gleichwertiger Ersatz und sollten nur in Ausnahmefällen verwendet werden.

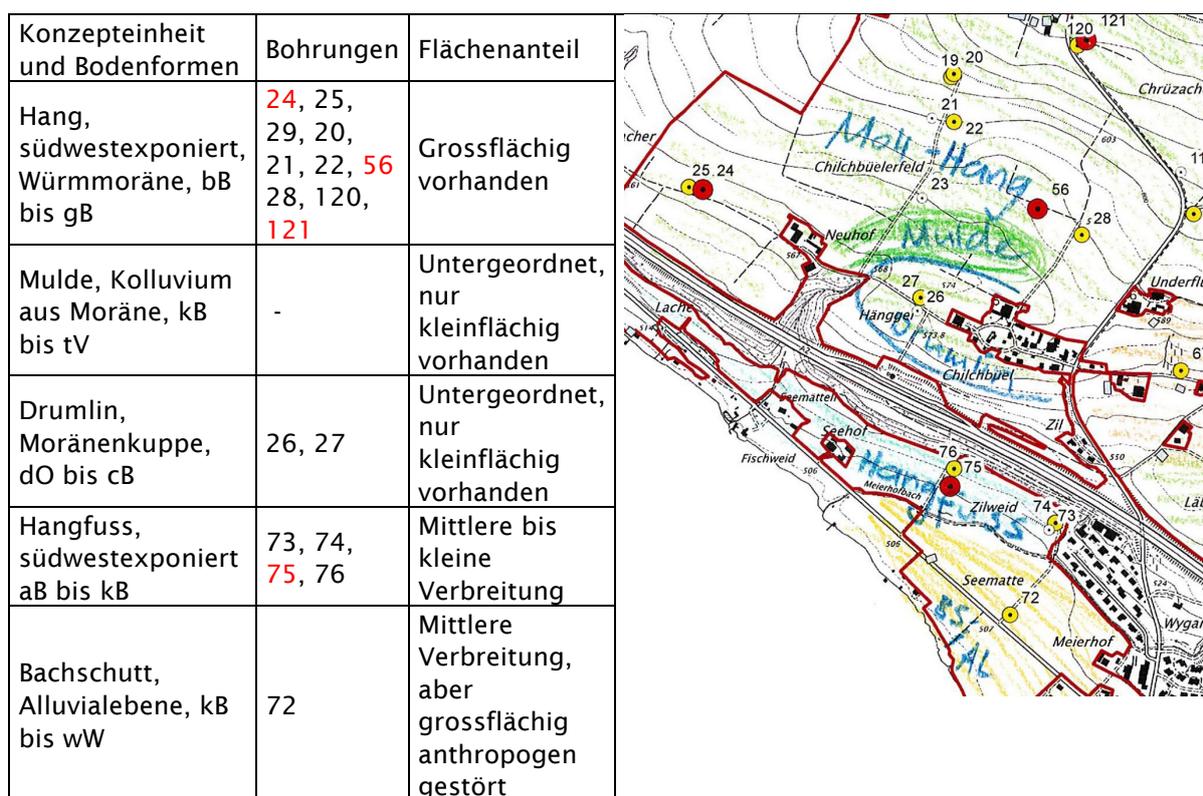


Abbildung 6 : Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Konzepteinheiten und Auswahl der Profilstandorte. Rot markiert sind Standorte 1. Priorität, gelb markiert sind Ausweichstandorte 2. Priorität. Weiss markiert sind für Basisprofile ungeeignete Standorte 3. Priorität.

3 Hinweise zur Profilphase

3.1 Zu Kapitel 4.3.1 Werkleitungserhebung

Gerade bei privaten Leitungen ist es wichtig, bereits während der Übersichtsbegehung, spätestens bei der Standortabsprache, die Bewirtschafterinnen und Grundeigentümer danach zu befragen. Es liegen nicht überall Pläne dazu vor, schon gar nicht digital (illegal verlegte oder nicht eingemessene Leitungen)

3.2 Zu Kapitel 4.3.3 Organisation der Profilöffnung

Zur Öffnung von Profilen in Grundwasserschutzzonen benötigt es eine Bewilligung des kantonalen Gewässerschutzamtes. Die Öffnung solcher Profile ist beschränkt auf einen Monat (GSchV, vom 28.10.1998 (Stand am 01.02.2023)).

Je nach Regelung mit der PLA (muss im PHB vorgegeben werden) erfolgt die Beauftragung des Baggerunternehmens durch die Kartierpersonen oder durch die PLA. Werden die Bodenprofile mit einem Bagger geöffnet, müssen Unternehmen gesucht und Offerten eingeholt werden. Bei der Wahl der Unternehmung sind die zeitliche Verfügbarkeit, die Erfahrung mit Bodenarbeiten auf Wald- und / oder Landwirtschaftsflächen sowie die vorhandenen Maschinen (Gewicht, Grösse, Dimension Schaufel) neben dem Preis zu berücksichtigen.

Im Wald ist die Grösse des Baggers ein höher zu gewichtendes Kriterium als das Gewicht. Der Bagger muss sich zwischen der bestehenden Vegetation bewegen können, ohne Schaden anzurichten.

Um einen möglichst reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, sind die Profilstandorte vorgängig zu markieren und die Anfahrtsroute in einem Übersichtsplan einzutragen (dabei Fahrtrichtung, Wendemöglichkeiten und zugelassenes Gewicht berücksichtigen). Für einen optimalen Informationsfluss wird empfohlen, die Markierungen mit Namen, Projekt und evtl. Telefonnummer zu beschriften.

3.3 Zu Kapitel 4.4.1 Basisprofile

Tabelle 4 : Vergleich von verschiedenen Aufschlussarten (Profilgrube, Bohrkern und Bohrstock) in Bezug auf Bodenbeschreibung und Beprobung (basierend auf Baize und Jabiol 2011, S.26 mit Anpassungen). Hinweis: In der Tabelle nicht enthalten ist das Spatenprofil: Mindestens der Oberboden wird mit dem Spaten ausgehoben, darunterliegende Horizonte werden mit einem Holländerbohrer beprobt. Für die mit dem Spaten sondierten Schichten/Horizonte gelten die gleichen Einschätzungen wie für maschinelle Bohrkern, für die erbohrten Proben dieselben wie für Handbohrstöcke allgemein

Kriterium	Aufschlussart		
	Profilgrube ¹	maschineller Bohrkern	Handbohrstock
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> – Mit Bagger oder von Hand ausgehobene Profilgrube. Dimensionen sind frei, ausser es gibt Vorgaben im PHB oder die Bodenverhältnisse ergeben Einschränkungen. – Foto ist aussagekräftig. – Ermöglicht Profileichtag. – Aussage über Variabilität am Standort möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> – Rohre werden maschinell in den Boden gedreht oder gerammt. Die Bohrkern sind mindestens 5cm breit und 1m lang (am Stück oder in Segmenten) – Sie können transportiert werden und an einem anderen Ort angesprochen werden (Achtung Qualitätseinbusse möglich) 	<ul style="list-style-type: none"> – Bodensondierung (von Hand) mit Holländer-, Pürckhauer oder Stechbohrer
Horizontgrenze	Uneingeschränkt ²	<ul style="list-style-type: none"> – Die Tiefe von deutlichen und scharfen Grenzen ist erkennbar. – Die Ausprägung von Horizontgrenzen ist nur ableitbar, wenn sie «kleiner» sind als der Bohrkerndurchmesser. 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur Tiefe von deutlichen und scharfen Grenzen – Die Horizontgrenze kann sich auf Grund von Verdichtungen bei der Bohrung verschieben
Gefügeform und -grösse	Uneingeschränkt	Nur Herleitung möglich ³	Nur Herleitung möglich ²
Eigenschaften Feinerde: Körnung, pH, Farbe	Uneingeschränkt	Farbe teilweise schwierig	Farbe teilweise schwierig
Organische Substanz: Menge, Art ⁴	Uneingeschränkt	Uneingeschränkt	Nur Menge; Art ungenau

¹ Je länger eine Profilgrube geöffnet bleibt, desto schwieriger wird die Ansprache der Farbe, Gefügeform- und grösse und Hydromorphiemerkmale (Oberflächliche Austrocknung, Vernässung durch Regen)

² Da aus physikalischen Gründen eine Profilwand maximal lotrecht angelegt werden kann, braucht es in steilen Lagen eine Hangkorrektur für die Horizontmächtigkeiten in Profilen, da diese sonst überschätzt werden

³ Beim Vortrieb des Bohrrohrs (gedreht oder geschlagen) entstehen Artefakte (z.B. Plattengefüge) und das natürliche Gefüge wird gestört

⁴ Menge = OS-Gehalt in Massen-%, Art = anaerob/aerobe OS sowie organische Gefügeform wie filzig, lagig etc.

Kriterium	Aufschlussart		
	Profilgrube ¹	maschineller Bohrkern	Handbohrstock
Lösliche Karbonate: Karbonatklasse, Karbonatgrenze, Kalkflaum, Kalktuff	<ul style="list-style-type: none"> – Uneingeschränkt – Die Karbonatgrenze ist nur erkennbar, wenn sie in Reichweite liegt (Profiltiefe plus allfällige Bohrung am Profilgrund) 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur Karbonatklassen 3-5 bestimmbar (Verfälschung durch zerschlagenes Skelett möglich; bei hohem Skelettanteil nicht möglich) – Die Karbonatgrenze ist nur erkennbar, wenn sie in Reichweite der Bohrung liegt. 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur Karbonatklassen 3-5 bestimmbar (Verfälschung durch zerschlagenes Skelett möglich, bei hohem Skelettanteil nicht möglich) – Die Karbonatgrenze ist nur erkennbar, wenn sie in Reichweite der Bohrung liegt.
Körnung und Skelettanteil	Uneingeschränkt	<ul style="list-style-type: none"> – Nur Korngrößen < Bohrkerndurchmesser – Verfälschung durch verdrängtes Skelett möglich – Materialverlust bei sandigem, skelettreichem oder nassem Material möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur Feinskelett und Schätzung aufgrund Bohrwiderstand möglich – Materialverlust bei sandigem, skelettreichem oder nassem Material möglich
Bestandteile (Wurmgänge, Wurzeln, Kohlestücke, Fremdmaterial etc.)	Uneingeschränkt	Nur häufige Bestandteile	nur qualitative Aussage möglich; Bestandteile vorhanden oder nicht
Ausgangsmaterial	<ul style="list-style-type: none"> – teilweise erkenn-/bestimmbar, wenn das Substrat sichtbar ist. Mit Zusatzinformationen (geolog. Karte) ist die Bestimmung meist möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur eindeutige und bohrbare Ausgangsmaterialien mit Zusatzinformationen, Verwechslungsgefahr mit Skelett 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur eindeutige und bohrbare Ausgangsmaterialien mit Zusatzinformationen, Verwechslungsgefahr mit Skelett – Materialverlust bei sandigem, skelettreichem oder nassem Material möglich
Anthropogene Eingriffe	<ul style="list-style-type: none"> – Meistens erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur, wenn offensichtlich oder mit Zusatzinformationen erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur, wenn offensichtlich oder mit Zusatzinformationen erkennbar
Hydromorphiemerkmale	<ul style="list-style-type: none"> – Uneingeschränkt 	<ul style="list-style-type: none"> – Alle – r nur mit Einschränkung – cn, g, gg sind mittels Aufbrechen des Bohrkerns und anhand von 	<ul style="list-style-type: none"> – Alle – r nur mit Einschränkung – cn, g, gg sind mittels Aufbrechen des Bohrkerns und anhand von

Kriterium	Aufschlussart		
	Profilgrube ¹	maschineller Bohrkern	Handbohrstock
		Schmierspuren an der Aussenwand zu erkennen – Beobachtung Wasserstand schwierig	Schmierspuren an der Aussenwand zu erkennen – Beobachtung Wasserstand schwierig
Wasserstand	Sichtbar, messbar 5	kaum	kaum
externe QS der Bodenbeschreibung	Uneingeschränkt: Profilgrube kann besichtigt und nötigenfalls neu beschrieben werden	– Am bezeichneten Standort kann lediglich mit dem Handbohrstock grob geprüft werden. – Bei Bohrkernen mit grossem Querschnitt (>10cm) kann die Hälfte des Bohrkerns für die QS aufgehoben werden	– Nur mit erneuter Bohrung oder gemeinsamer Bodenansprache
Beprobung			
Sackproben	Uneingeschränkt	Nur bei mächtigen Horizonten möglich	Mit mehreren Bohrungen möglich
Zylinderproben	Abhängig von Skelettgehalt, Körnung, Feuchtigkeit	Kaum möglich; höchstens unter optimalen Bedingungen	Nicht möglich

⁵ Je länger eine Profilgrube geöffnet bleibt, desto besser lassen sich Schwankungen des Wasserstands beobachten

3.4 Zu Kapitel 4.4.2 Ausführung (Öffnung der Profilgrube)

Bei der Öffnung eines Profils in einer Ebene kann sich die Ausrichtung des Profils unterschiedlich bewähren. Die Ausrichtung nach Norden hat den Vorteil, dass die Profilwände weniger schnell austrocknen, dafür sind die Lichtverhältnisse für die Fotodokumentation allenfalls ungenügend (v.a. bei direktem Gegenlicht). Will man eine optimale Ausgangslage für gute Profilfotos schaffen, wird die Ausrichtung bereits bei der Standortmarkierung festgelegt und die Fotodokumentation dementsprechend geplant.

3.5 Zu Kapitel 4.5.2 Präparation und Fotodokumentation der Profilwand

Die Präparation der Profilwand erfolgt von oben nach unten. Zunächst wird mit einem Spaten grob präpariert, damit eine möglichst plane Wand entsteht. Das heisst, Unebenheiten oder Ausbuchtungen durch die Baggerschaufel werden ausgeglichen. Bei an- oder ausgetrockneten Profilwänden wird so viel abgestochen, dass eine möglichst feldfrische Wand für die Ansprache zur Verfügung steht. Mit einer Schere werden vorstehende Wurzeln gestutzt.

Für die Feinpräparation kommen Klappspaten, Handschaufeln, Spachtel und Handbesen zum Einsatz. Es gibt zwei Möglichkeiten:

- Ganzflächige Präparation: Die komplette Profilwand wird flach präpariert. Dabei muss darauf geachtet werden, dass keine glänzenden Schmierflächen entstehen. Dadurch entstehen Profilbilder mit homogener Oberfläche und durchgängig erkennbaren Horizonten
- Halbseitige Präparation: Ein Teil der Profilwand wird flach präpariert, im anderen Teil wird versucht, das Gefüge sichtbar zu machen oder zumindest eine aufgeraute Oberfläche herzustellen. Dadurch wird auf den Profilbildern ein Eindruck der Materialeigenschaften vermittelt

Nach der Präparation wird die Profilwand für das Foto vorbereitet. Dazu gehören:

- Schaffung möglichst gleichmässiger Beleuchtungsverhältnisse: Entweder muss die komplette Wand im Sonnenlicht oder im Schatten liegen. Dazu wird der richtige Moment abgewartet oder mit Sonnenschirmen gearbeitet. Am besten eignen sich Tage mit hellem, aber diffusem Licht.
- Gleichmässige Befeuchtung der ganzen Profilwand. Dazu wird eine Sprühflasche verwendet, damit keine Wasserläufe entstehen. Es wird so lange angefeuchtet, bis sich die Farbe nicht mehr verändert, aber auch keine reflektierenden Flächen entstehen.
- Meter: Von der Profiloberfläche bis zur Sohle wird gut sichtbar ein Metermass angebracht. Dazu eignen sich Massbänder aus flexiblen Materialien wie Blache und einer farblich klar erkennbaren Dezimeterabgrenzung (z. B. Schneidermassband)
- Farbtafel (optional): Diese erleichtert die Bildnachbearbeitung, z.B. den Weissabgleich und ermöglicht einen besseren Farbvergleich zwischen den Profilbildern
- Stativ, Reflektoren, etc. (optional): Zur Erhöhung der Fotoqualität kann beliebig weiteres Hilfsmaterial verwendet werden.

Je nach Vorgabe durch die PLA wird zudem eine Beschriftung angebracht. Es gibt zwei Möglichkeiten:

- Beschriftung im Bild: Über oder an der Profilwand wird ein Schild mit eindeutiger Profilkennung angebracht. Der Vorteil ist, dass so kaum noch Verwechslungsgefahr besteht.
- Nachträgliche Beschriftung: Die Beschriftung wird nachträglich digital in das Foto eingefügt. Der Vorteil ist, dass so eine gut lesbare, einheitliche Beschriftung erstellt werden kann.

3.6 Zu Kapitel 4.5.5 Wasserstandmessung

Der Wasserstand kann Hinweise auf den Wasserhaushalt geben:

- Wasser steht nur nach Niederschlag: Hinweis auf Stauwasser
- Wasser läuft nach dem Leeren innert Stunden oder Tagen nach (ohne Niederschlag): Hinweis auf Hangwasser/Fremdwasser
- Wasser läuft innert Minuten nach: Hinweis auf starken Hangwasserdruck oder Grundwasser
- Gewisse Horizonte sind immer im Wasser: Hinweis auf r-Horizont
- Gewisse Horizonte sind immer feucht: Hinweis auf kapillaren Aufstieg

3.7 Zu Kapitel 4.6 Schliessen der Profilgrube

Die ganze Profilphase dauert mindestens 2 - 3 Wochen. Werden zusätzlich Laborresultate abgewartet, ist gesamthaft mit mindestens 6 Wochen zu rechnen. Je mehr Basisprofile und je mehr Probenmaterial, desto länger dauert es vom Zeitpunkt der Profilöffnung bis zur -schliessung.

Bei der Schliessung von Profilgruben in der Landwirtschaft wird empfohlen, auf die Bewirtschaftung Rücksicht zu nehmen und die Schliessung mit Schnitt- oder mit Ansaat-Zeitpunkten zu koordinieren.

Bei Basisprofilen in Grundwasserschutzzonen muss auf die Länge der Bewilligung geachtet werden bzw. auf Bestimmungen für die Dauer der Profilöffnung.

Im Wald kann die Profilschliessung zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, d.h. die Profile können während der Flächenkartierung in der Regel offengelassen werden. Dies ermöglicht Eichungen am Profil zu jedem Zeitpunkt der Kartierphase, insbesondere nachdem die Laborwerte vorliegen.

Tabelle 5 gibt Anhaltspunkte zur Schätzung der Zeitdauer von Profilöffnung bis -schliessung.

Tabelle 5 : Ungefäher Zeitbedarf der Arbeitsschritte von Profilöffnung bis -schliessung bei optimalen Bedingungen

Arbeitsschritt	Zeitbedarf
Profilöffnung mit Bagger (2-4 Tonnen)	ca. 12-18 Profilgruben pro AT und Maschine
Profilsprache und Beprobung	ca. 1-6 Profilgruben pro AT und Person
Beurteilung durch externe QS	ca. 6-10 Profilgruben pro AT und Person
Laboranalyse	je nach Probenmenge und Analyseart
Profileichtag	1 AT
Prüfung Rückmeldungen externe QS	ca. 6-10 Profilgruben pro AT und Person
Profilschliessung mit Bagger	ca. 10-18 Profilgruben pro AT und Maschine

Im Optimalfall werden alle Arbeitsschritte gemäss Tabelle 5 durchgeführt. In Projekten mit vielen Basisprofilen und grosser Probenmenge ist dies jedoch aus praktischen Gründen kaum möglich:

- Im Landwirtschaftsgebiet führt das zu Konflikten mit der Bewirtschaftung: Bei Zeitspannen von mehr als 2 Monaten zwischen Profilöffnung und -schliessung sinkt die Akzeptanz von Profilgruben deutlich
- Zu viele Profilwände trocknen aus, eine Ansprache und QS im optimalen, feldfrischen Zustand ist nicht mehr möglich
- Die Laborkapazität wird überschritten (kann durch frühzeitige Priorisierung von Proben abgefedert werden)

Ist dies der Fall, erfolgt die Profilschliessung notgedrungen oft bereits vor Eintreffen der Laborresultate.

Begrünung und Folgebewirtschaftung

- In Kunstwiesen und im Dauergrünland muss die betroffene Stelle begrünt werden. Meist wird eine Saatmischung für Dauergrünland verwendet, der Einfachheit halber in Bioqualität.
- Für die Ansaat ist der Zeitpunkt zu beachten: Erfolgt die Ansaat zu spät (ab Oktober) läuft das Saatgut ev. nicht mehr auf und es muss im Frühjahr nachgesät werden. Erfolgt die Ansaat im Hochsommer, kann sie wegen Trockenheit absterben. Auch hier ist eine Nachsaat erforderlich.
- In Ökoflächen kann es in Absprache mit den kantonalen Fachstellen und der Bewirtschaftung nötig sein, die Grasnarbe in Ziegeln abzustechen und sie bei der Profilschliessung wieder einzubauen.
- Auf Weiden muss zusätzlich ausgezäunt werden, bis eine trittfeste Grasnarbe entstanden ist
- Auf brachen Ackerflächen ist eine Begrünung unnötig, in stehenden Kulturen erfolgt sie nach Wunsch der Bewirtschaftenden.
- Im Wald wird nicht begrünt.

4 Hinweise zur Kartierphase

4.1 Zu Kapitel 5.3.2 Feldplan

Tabelle 6 : Vergleich der Flächenaufnahme im Feld auf Papier und digital.

	gedruckter Plan	digitaler Plan
Herstellung	in GIS mit Erstellung Indexfile («Drucklayout»)	in GIS Einkauf/Entwicklung Erfassungstools (einmalige Kosten)
Medium	Papier Druckkosten	mobile GIS-Erfassungsvorlage auf Tablet wetterbeständiges Tablet (und Ersatzbatterien) Datenabo (falls online-Lösung)
Grundlagendaten	müssen zusätzlich gedruckt und mitgeführt werden Layout- und Druckkosten	nach Bedarf einblendbar
Erfassung/Anpassung Kartiereinheiten (Form)	mit Zeichenwerkzeugen und Radiergummi	mit Digitalisierstift und Editiertools in Software
Erfassung Kartiereinheiten (Inhalt)	auf Plan oder Notizformularen, Zusatzinformationen können beliebig notiert werden (z.B. Angaben von BewirtschafterInnen zu Nassstellen)	in vordefinierter Attributtabelle, Zusatzinformationen können aufgenommen werden
Gebietsaufteilung	Dafür sind zusätzliche Plankopien oder das Austauschen von Feldplänen unter den Kartierpersonen nötig	Mit GIS-Layer
Grenzabgleich	erfolgt auf dem Plan ungefähr und während der Digitalisierung definitiv	durch Austausch von Geometriedatensatz
Erfassungsort	Feld und Büro, durch Kartierperson, Arbeitsteilung (z.B. für Digitalisierung) möglich	Hauptsächlich Feld, durch Kartierperson allein (siehe Hinweise am Tabellenende)
Digitalisierung	Vollständige Digitalisierung im Büro nach Einscannen und Georeferenzieren aller Pläne	gleichzeitig mit Feldarbeit, Nachbearbeitung im Büro oder Neudigitalisierung im Büro aufgrund Feldentwurf

Hinweise:

- Bei einer Digitalisierung direkt im Feld sind die Feldarbeitstage weniger flexibel planbar und die Hektarleistung sinkt (für die gleiche Fläche sind mehr Feldarbeitstage notwendig) Gründe dafür sind folgende Tatsachen:
 - Ein Feldarbeitstag dauert länger als ein Büroarbeitstag, weil bei letzterem keine Anfahrt anfällt.
 - Die Anfahrtskosten steigen überproportional, je kürzer der Aufenthalt im Feld ist.
 - Lange und gefüllte Feldtage sind kosteneffizienter als kürzere Feldarbeitstage
 - Es eignet sich witterungsbedingt nicht jeder Tag für Feldarbeit
- Bei einer Digitalisierung im Feld, entfällt die Möglichkeit, die Digitalisierung der Feldpläne durch eine günstigere Arbeitskraft durchführen zu lassen.

4.2 Zu Kapitel 5.4.2 Verortung

Die nachfolgende Tabelle 7 bietet eine Entscheidungshilfe zur Wahl der Verortungsmethode.

Tabelle 7 : Vergleich der Verortungsmethoden und ihre Anwendung in der Bodenkartierung.

	Schrittmass und Fixpunkt	GNSS	GNSS mit Echtzeitkinematik (RTK) oder zusätzlicher Antenne
Genauigkeit	±10m	wenige Meter (standort- und vegetationsabhängig)	Meter bis Zentimeter (standort- und vegetationsabhängig)
Anwendung in Kartierung	Hilfsbohrungen, Abgrenzung von Kartiereinheiten Im Wald auch Standardbohrungen	Standardbohrungen, Basisprofile	Standardbohrungen, Basisprofile

4.3 Zu Kapitel 5.5.2 Abgrenzungskriterien (bei Kartiereinheiten)

In den Projekthandbüchern der Kantone Solothurn und Luzern wurde bisher die «Einklassenregel» beschrieben: Kartiereinheiten sollen abgegrenzt werden, sobald sich ein Parameter um eine Klasse ändert (Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) Kanton Luzern 2020, Kap. 5.7; Fachstelle Bodenschutz des Kantons Solothurn 2017, S. 26). Bei vielen zu erfassenden Parametern, heterogenen Bodenverhältnissen und kleinem Kartenmassstab führt die konsequente Anwendung der «Einklassenregel» jedoch zur Ausscheidung von sehr kleinen Kartiereinheiten oder Komplexen. Das Problem der «Einklassenregel» nimmt mit kleinerem Kartenmassstab noch zu. In der Praxis sind die Fachleute deswegen davon abgerückt und wenden eine Abgrenzung nach priorisierten Parametern an.

Die Humusform ist ein volatiler Parameter der zeitlich und kleinstandörtlich variieren kann (Rehfuss 1981). Die Humusform und die Waldbestände werden nicht zur Abgrenzung von Kartiereinheiten verwendet. Die Humusform des Flächendatensatzes soll repräsentativ für den Flächendatensatz sein und muss nicht zwingend den Punktdaten in der Kartiereinheit entsprechen.

4.4 Zu Kapitel 5.5.3 Vorgehensweise (bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten)

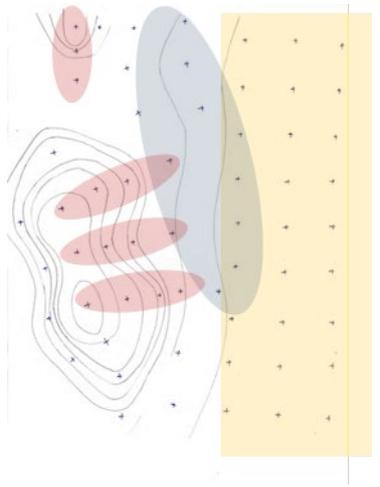
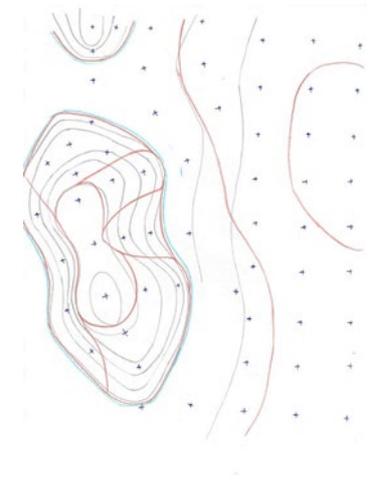
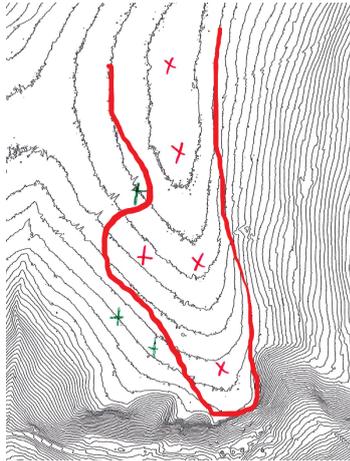
		
<p>Zunächst werden gestützt auf das Gelände (Übersichtsbegehung und Geländemodell) grob Flächen abgegrenzt: hier die beiden Kuppen (blau) von der Ebene (grün)</p>	<p>Die Ebene wird nach einem Raster kartiert (orange), teilweise kommt die Grenzlinienkartierung zum Einsatz (grau). Auf der Kuppe wird entlang von Catenen (rot) sowie gemäss Geländegliederung gebohrt.</p>	<p>Die fertigen Kartiereinheiten (mit roten Grenzlinien) aufgrund von Abgrenzungen, die aus der Geländegliederung hervorgehen, sowie Abgrenzungen im gleichen Gelände anhand unterschiedlicher Bodeneigenschaften.</p>

Abbildung 7 : Beispiel für die Abgrenzung von Kartiereinheiten durch Kombination verschiedener Vorgehensweisen (vgl. auch Kapitel 5.5.3 in der Kartieranleitung).

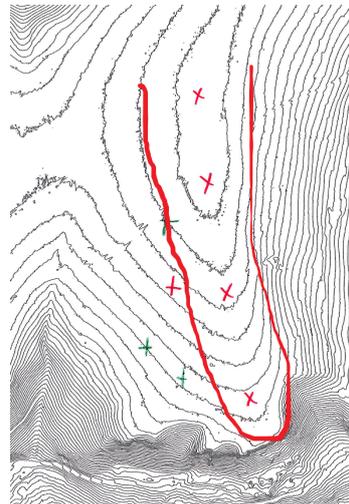
4.5 Zu Kapitel 5.5.4 Form der Kartiereinheiten

Lesbarkeit

Unregelmässige Grenzziehung ist zu vermeiden, genauso wie die Aufnahme sämtlicher Abweichungen und Einschlüsse (Blume et al. 2011, S. 72). Stattdessen werden Grenzverläufe idealisiert und generalisiert. Die Lesbarkeit sollte immer im Fokus stehen. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 8 gezeigt. Zickzacklinien und Knicke sind zu vermeiden (Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich 2018, S. 20).



«stur» entlang von Einzelbohrungen gezogene Grenze

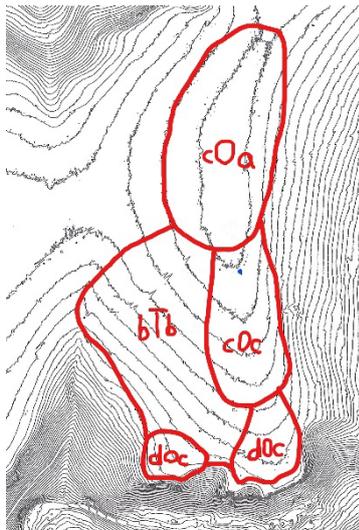


Generalisierte Grenze mit Rücksicht auf die Kuppenlage

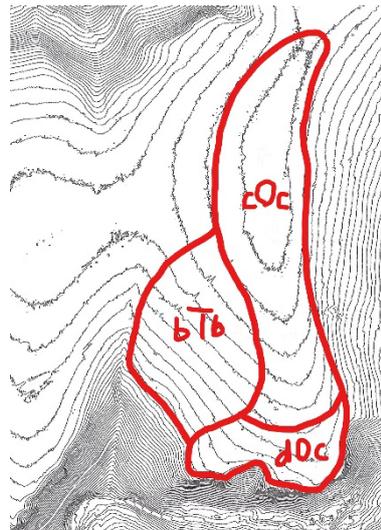
Abbildung 8 fiktives Beispiel von möglichen Grenzverläufen vor (links) und nach (rechts) der Generalisierung

Kontext

Die Kartiereinheit muss in ihrem Kontext betrachtet werden, d.h. die angrenzenden Kartiereinheiten werden bei der Formgebung berücksichtigt. Dies betrifft insbesondere die Zugehörigkeit verschiedener Kartiereinheiten zum gleichen Landschaftselement, beispielsweise sollten verschiedene geneigte kuppenförmige Einheiten eine gemeinsame Aussengrenze aufweisen, wenn sie zur gleichen Kuppe gehören (vgl. Abbildung 9).



Das Landschaftselement Kuppe wird durch ungünstige Grenzziehung der Kartiereinheiten «zerbrochen»

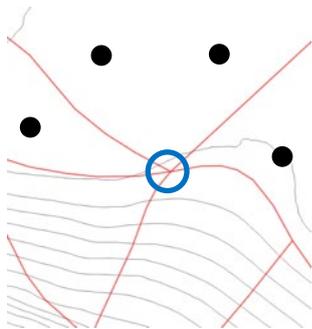


Bei der Grenzziehung wurde das Landschaftselement Kuppe berücksichtigt

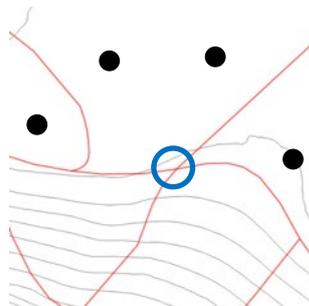
Abbildung 9 Beispiel für Grenzen von Kartiereinheiten mit (rechts) und ohne (links) Berücksichtigung des Kontexts

Reduktion von Mehrdeutigkeit

Jeder beliebige Punkt auf einer Bodenkarte sollte so eindeutig wie möglich einer Einheit zugeordnet werden können. Wenn es mehrere Möglichkeiten zur Grenzziehung gibt, sollte die Variante bevorzugt werden, die mit der geringstmöglichen Mehrdeutigkeit auskommt. Abbildung 10 zeigt ein Beispiel, wie bei gleicher Ausgangslage (Verteilung der Bohrungen) zwei Grenzziehungen möglich sind, wovon eine Variante mehrdeutiger ist als die andere (Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich 2018, S. 20).



Variante 1: Der blau markierte Punkt lässt sich 5 Bodeneinheiten zuordnen



Variante 2: Der blau markierte Punkt lässt sich vier Einheiten zuordnen.

Abbildung 10: Mehrdeutigkeit bei der Grenzziehung von Kartiereinheiten. Die roten Linien markieren die Grenzen der Kartiereinheiten, die schwarzen Punkte markieren die Bohrungsstandorte. Die Variante 2 ist der Variante 1 vorzuziehen.

4.6 Zu Kapitel 5.6.2 Datenstruktur von Punkt- und Flächendaten

Grundsätzlich entscheidet sich die PLA auf Grund kosten- oder datenbanktechnischen Überlegungen entweder für die Variante mit zweischichtigem Flächendatensatz oder für die Variante mit dreischichtigem Flächendatensatz. Wenn aber die Datenbanken entsprechende Flexibilität zulassen, ist es denkbar, dass die Informationen je nach Eigenschaften der angetroffenen Bodeneinheiten auch innerhalb eines Projektes sowohl zwei- wie auch dreischichtig aufgenommen werden können. Dies wäre ein noch nicht erprobtes Vorgehen.

4.7 Zu Kapitel 5.6.3 Datensatz der Standardbohrungen und Kartiereinheiten: Hinweise zur Erhebung von FFF

Jeder Kanton ist verpflichtet, ein aufgrund seiner Grösse sowie naturräumlichen und klimatischen Voraussetzungen bestimmtes Kontingent an FFF zu sichern.

Gemäss Grundsatz 4 des Sachplans FFF haben die Kantone sämtliche Böden mit FFF-Qualität in ihrem FFF-Inventar auszuweisen. Dabei müssen nach Grundsatz 5 die FFF-Inventare auf der Basis von verlässlichen Bodendaten erstellt werden. Die Bodenkarten sind im Massstab von 1:5'000 oder grösser darzustellen, im Feld zu verifizieren und zur Qualitätssicherung ist der Einbezug von Experten zwingend (Bundesamt für Raumentwicklung ARE 2020, S. 11). Die vorliegende KA23 entspricht den Vorgaben im Erläuterungsbericht zum Sachplan FFF. Wenn gemäss KA23 kartiert wird, erfüllen die Bodendaten die Anforderungen gemäss Sachplan FFF. Zurzeit gelten die Kriterien zur Ausscheidung von FFF gemäss Tabelle 8. Diese müssen eingehalten sein, um eine Fläche als FFF auszuscheiden.

Tabelle 8 : Kriterien für die FFF-Ausscheidung

FFF-Kriterien	Details	Im Rahmen der Bodenkartierung zu erheben	Zuständigkeit
Klimazone	A / B / C / D1-4	Nein	zuständiges kantonales Amt
Hangneigung	≤ 18%	Nein	zuständiges kantonales Amt
pflanzennutzbare Gründigkeit	≥ 50 cm	Ja	Bodenkartierfachperson
Schadstoffe	≤ Prüfwert	Nein	zuständiges kantonales Amt
Grösse der Fläche	Mind. 1 ha Grösse und geeignete Parzellenform	Nein	zuständiges kantonales Amt

Bei der Ausscheidung der PNG soll sich die kartierende Person nicht durch eine allfällige Konsequenz bei der FFF-Ausscheidung beeinflussen lassen. Für fachliche Einschätzungen bezüglich der FFF-Eignung soll ein separates Feld genutzt werden (vgl. Tabelle 13 im Haupttext der KA23).

4.8 Zu Kapitel 5.7.1 Natürliche Variabilität

Tabelle 9 : Pedogenesefaktoren, ihre Kategorien und deren natürliche Variabilität innerhalb einer Kartiereinheit (bezogen auf den Massstab 1:5'000)

Bodenbildungsfaktor	Beispiele für Kategorien des Faktors	Beispiel für natürliche Variabilität (innerhalb einer Kategorie) in einer Kartiereinheit	Relevanz bezüglich Klassifikation und Interpretation der Bodeneinheit
Ausgangsmaterial	Moräne, Alluvium, Seekreide	abwechselnde Kies- und Sandbänke in einem Alluvium sorgen für Unterschiede in Skelettgehalt und Körnung	gross (siehe Tabelle 10 und Tabelle 11)
Hydrologie/ Wasserhaushalt (Gruppe + Klasse)	senkrecht durchwaschen/ normaldurchlässig, stauwassergeprägt/ selten bis zur Oberfläche porengesättigt	mehrere verschiedene Wasserhaushalts-gruppen der gleichen Klasse + Gruppe, z.B. f und g (geringe Variabilität) oder f und h (grosse Variabilität)	gross
Klima	Klimazonen der Landwirtschaft	keine (Unterschiede innerhalb der Klimazone = Mikroklimata sind eher ein Resultat von Relief und anderen Bodenbildungsfaktoren)	keine
Relief	Geländeformen	Mulde hat sowohl Geländeform d als auch h	Keine (es werden keine Hangneigungsunterschiede auskartiert)
Mensch	Keine	innerhalb einer Auffüllung gibt es unterschiedlich verdichtete Zonen	mässig
Zeit	Keine	unterschiedliche Bodenbildungsstadien in einem alpinen Gletschervorfeld	keine (Gradient nicht sehr kleinräumig)
Vegetation	Wald, Ackerfläche, Dauerwiese	variierende Humusformen in Abhängigkeit vom Baumbestand im Wald	gering (schlägt sich meist zu wenig deutlich in Bodeneigenschaften nieder)

Tabelle 10 : Tendenz zu natürlicher Variabilität verschiedener Ausgangsmaterialien der Bodenbildung

Geringe Variabilität/ homogene Verhältnisse	Mittlere Variabilität	Grosse Variabilität/ heterogene Verhältnisse
<ul style="list-style-type: none"> - Lössablagerungen - Seeablagerungen - Alluvium aus langsam fliessendem Gewässer (z.B. Delta) - Torf 	<ul style="list-style-type: none"> - Silikatgestein: Granit, Gneis, Schiefer - Molassesandstein - Molassemergel - Deckenschotter - Alluvium aus mäandrierendem Gewässer 	<ul style="list-style-type: none"> - Bergsturz-/Murgangablagerung (Korngrösse) - Alluvium aus schnell fliessendem Gewässer - Kalkstein - Moräne

4.9 Zu Kapitel 5.7.2 Fremdanteil

Tabelle 11 : Beispiele für Fremdanteil in Kartiereinheiten nach Pedogenesefaktoren

Bodenbildungsfaktor	Beispiele für Kategorien des Faktors	Beispiel für Fremdanteil in einer Kartiereinheit	Relevanz bezüglich Klassifikation und Interpretation der Bodeneinheit
Ausgangsmaterial	Moräne, Alluvium, Seekreide	zwischen geringmächtiger Moräne stösst immer wieder Sandstein an die Oberfläche	gross
Hydrologie/Wasserhaushalt (Gruppe + Klasse)	senkrecht durchwaschen/ normaldurchlässig, stauwassergeprägt/ selten bis zur Oberfläche porengesättigt	mehrere verschiedene Wasserhaushaltsgruppen unterschiedlicher Klasse + Gruppe, z.B. k und b	gross
Klima	Klimazonen der Landwirtschaft	mehrere Klimazonen	gering (nur für NEK-Bestimmung)
Relief	Geländeformen	kleineräumige Abfolge von Kuppen und Mulden	mässig (v.a. wenn dadurch pnG stark beeinflusst ist)
Mensch	keine	Aufgeschüttete Strassenböschung	mässig
Zeit	keine	keine («zeitliche» Fremdanteile sind das Resultat anderer Faktoren wie Ausgangsmaterial oder Mensch)	keine
Vegetation	Wald, Ackerfläche, Dauerwiese	unterschiedliche Oberbodenmächtigkeit in Dauergrünland und Acker	gering

4.10 Zu Kapitel 5.7.4 Komplexbildung

Komplexe werden so zurückhaltend wie möglich ausgeschieden, da ihre Interpretation und ihre Handhabung aus folgenden Gründen schwierig sind:

- Jede Art von Ableitungen und Auswertungen der Bodenkarte ist erschwert. Wird z.B. die Bodenkarte für die FFF-Ausscheidung verwendet, sind v.a. die Komplexe problematisch, bei denen die Komplexglieder unterschiedlichen FFF-Klassen zugeordnet sind
- Jede Art von Verschnitt der Geometrien ist problematisch: Wird die Bodenkarte mit Parzellenplänen oder Bauperimeter verschnitten, um Bodeninformationen für einzelne Teilflächen herauszulesen, ist die Verteilung der Fremdanteile noch gewichtiger und unsicherer
- Technisch: das Datenhandling von Komplexen ist aufwändig, was die Erfassung, die Überprüfung und die Darstellung etc. betrifft

Soll während der Flächenkartierung ein Komplex aktiv vermieden werden, gibt es dafür drei kartographische Lösungen. Diese Umgehungsstrategien sind in Abbildung 11 dargestellt und nachfolgend beschrieben:

- Der Fremdanteil wird überzeichnet, also etwas grösser dargestellt, als er vermutlich tatsächlich ist, sodass die Mindestgrösse für eine eigene Kartiereinheit knapp erreicht wird (dies nur, wenn die Grösse nur knapp unterschritten wurde)
- Die Mindestgrösse wird bewusst missachtet
- benachbarte, aber unzusammenhängende Fremdanteilsflächen werden künstlich verbunden («Hantel»)

Diese Möglichkeiten kommen nur in Frage, wenn sich Fremdanteile klar lokalisieren und von anderen Bodeneinheiten abgrenzen lassen. Liegt eine diffuse Vermischung von verschiedenen Bodeneinheiten vor, lassen sich Komplexe nicht vermeiden.

Die Kartiereinheiten respektive die Komplexe sollen nicht vereinheitlicht und vermieden werden, in dem Durchschnittswerte vergeben werden.

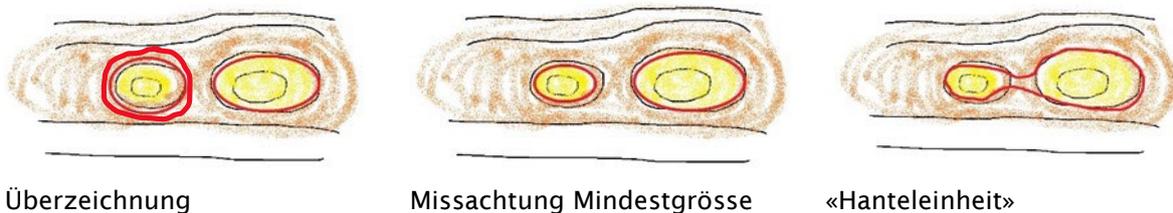


Abbildung 11 : Kartografische Möglichkeiten zur Vermeidung von Komplexen, wenn sich Fremdanteile eindeutig lokalisieren lassen

4.11 Zu Kapitel 5.8 Qualitätssicherung: Qualitätssicherung von Flächendaten in Kombination mit horizontweise erfassten Standardbohrungen

Es bestehen noch keine oder sehr wenige Erfahrungen für die QS des Flächendatensatzes in Kombination mit horizontweise aufgenommenen Standardbohrungen. Datentabellen für die Aufnahme von horizontweisen Bodeneigenschaften in Standardbohrungen müssen erstellt werden und der Ablauf einer internen sowie externen QS für die Überprüfung von horizontweisen Standardbohrungen mit schichtweise aufgenommenen Flächendaten muss sich noch entwickeln.

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Mögliches Resultat der Hypothesenbildung vor der Übersichtsbegehung. In diesem Beispiel wurden aufgrund von Gelände, Geologie und Exposition zehn Konzepteinheiten ausgeschieden (Hintergrundkarte aus Reliefschattierung und Höhenlinien), die als pedogenetisch homogen oder zumindest zusammengehörig angenommen werden.	6
Abbildung 2 : Übersichtsplan mit Markierungen, wo die Konzepteinheiten aus Abbildung 1 in der Übersichtsbegehung erbohrt werden können. Diese Standorte sind im Hinblick auf die Profilphase so gewählt, dass sie für Sondiergeräte (Bagger zugänglich sind).	7
Abbildung 3 Einsatz von Catenen zur Hypothesenprüfung und Erkundung von Bodenübergangsformen. Rot eingezeichnet sind Rekognoszierungsbohrungen, braun die 1m-Höhenlinien	8
Abbildung 4: Beispiel für eine Konzeptkarte und Legende für Landwirtschaftsfläche im Kanton Solothurn (T. Gasche)	10
Abbildung 5 : Beispiel für eine Konzeptkarte und Legende: Konzeptkarte für Wald im Kanton Zürich, (K. Baumgartner)	10
Abbildung 6 : Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Konzepteinheiten und Auswahl der Profilstandorte. Rot markiert sind Standorte 1. Priorität, gelb markiert sind Ausweichstandorte 2. Priorität. Weiss markiert sind für Basisprofile ungeeignete Standorte 3. Priorität.	12
Abbildung 7 : Beispiel für die Abgrenzung von Kartiereinheiten durch Kombination verschiedener Vorgehensweisen (vgl. auch Kapitel 5.5.3 in der Kartieranleitung.	21
Abbildung 8 fiktives Beispiel von möglichen Grenzverläufen vor (links) und nach (rechts) der Generalisierung	22
Abbildung 9 Beispiel für Grenzen von Kartiereinheiten mit (rechts) und ohne (links) Berücksichtigung des Kontexts	22
Abbildung 10: Mehrdeutigkeit bei der Grenzziehung von Kartiereinheiten. Die roten Linien markieren die Grenzen der Kartiereinheiten, die schwarzen Punkte markieren die Bohrungsstandorte. Die Variante 2 ist der Variante 1 vorzuziehen.	23
Abbildung 11 : Kartografische Möglichkeiten zur Vermeidung von Komplexen, wenn sich Fremdanteile eindeutig lokalisieren lassen	27

6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufwandschätzung für Feldarbeitstage in Abhängigkeit des Massstabs	4
Tabelle 2 : Effektive Geländeoberfläche bei einer Grundfläche von 100ha in Abhängigkeit der Hangneigung für eine Auswahl von Geländeformen	5
Tabelle 3 : Gleichwertige Möglichkeiten zur Erfassung der Rekognoszierungsbohrungen während der Übersichtsbegehung mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. In Kursivschrift dargestellt ist jeweils der Hauptvorteil einer Methode	9
Tabelle 4 : Vergleich von verschiedenen Aufschlussarten (Profilgrube, Bohrkern und Bohrstock) in Bezug auf Bodenbeschreibung und Beprobung (basierend auf Baize und Jabiol 2011, S.26 mit Anpassungen). Hinweis: In der Tabelle nicht enthalten ist das Spatenprofil: Mindestens der Oberboden wird mit dem Spaten ausgehoben, darunterliegende Horizonte werden mit einem Holländerbohrer beprobt. Für die mit dem Spaten sondierten Schichten/Horizonte gelten die gleichen Einschätzungen wie für maschinelle Bohrkern, für die erbohrten Proben dieselben wie für Handbohrstöcke allgemein	14
Tabelle 5 : Ungefährer Zeitbedarf der Arbeitsschritte von Profilöffnung bis -schliessung bei optimalen Bedingungen	18
Tabelle 6 : Vergleich der Flächenaufnahme im Feld auf Papier und digital.	19
Tabelle 7 : Vergleich der Verortungsmethoden und ihre Anwendung in der Bodenkartierung.	20
Tabelle 8 : Kriterien für die FFF-Ausscheidung	24
Tabelle 9 : Pedogenesefaktoren, ihre Kategorien und deren natürliche Variabilität innerhalb einer Kartiereinheit (bezogen auf den Massstab 1:5'000)	25
Tabelle 10 : Tendenz zu natürlicher Variabilität verschiedener Ausgangsmaterialien der Bodenbildung	25
Tabelle 11 : Beispiele für Fremdanteil in Kartiereinheiten nach Pedogenesefaktoren	26

7 Literaturverzeichnis

Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich (2018): Technische Merkblätter für die Bodenkartierung. Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden / RRB 622/2013. Unter Mitarbeit von Ubald Gasser und Martin Zürrer.

Baize, Denis; Jabiol, Bernard (2011): Guide pour la description des sols. [Nouv. éd.]. Versailles: Éd. Quae (Savoir-faire).

Blume, Hans-Peter; Stahr, Karl; Leinweber, Peter (2011): Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler. 3., neubearbeitete Auflage: Spektrum.

Brunner, Johann; Jäggli, Friedrich; Nievergelt, Jakob; Peyer, Karl (1997): Kartieranleitung. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Zürich Reckenholz: Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (FAL).

Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2020): Sachplan Fruchtfolgeflächen SP FFF. Bundesratsbeschluss vom 8.5.2020, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) Kanton Luzern (2020): Projekthandbuch, Teil II Kartiermethodik. Unter Mitarbeit von Brigitte Suter und Thomas Gasche.

Fachstelle Bodenschutz des Kantons Solothurn (2017): Projekthandbuch Teil III: Kartiermethodik. Kartiermethode FAL 24+. Hg. v. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn. Solothurn, zuletzt geprüft am 09.07.2019.

Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn (2017): Projekthandbuch, Teil II: Abläufe. Hg. v. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn. Solothurn.

GSchV, vom 28.10.1998 (Stand am 01.02.2023): Gewässerschutzverordnung (SR. 814.201).

Rehfuess, Karl Eugen (1981): Waldböden : Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Berlin, Hamburg: P. Parey.

BauAV, vom 18.06.2021 (Stand am 01.01.2022): Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, SR.832.311.141).

8 Versionskontrolle

Version	Datum	Beschreibung	Autor
1.0	7.9.2022	Verschiebung einzelner Abschnitte aus KA23 in Anhang 1	dm
1.0.	6.10.22	Korrekturen auf Grund Rückmeldungen Soilcom und AMBIO	dm
1.1	30.6.23	Anpassungen und Bereinigungen an die Änderungen im Haupttext KA23, Quellen	dm