



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

Julia Siegrist und Daniela Marugg

Unter Mithilfe und Begleitung von Nicolas Ballesteros, Karin Baumgartner, Marco Carizzoni, Thomas Gasche, Urs Grob, Markus Günther, Armin Keller, Madlene Nussbaum, Stefan Oechslin, Daniela Oriet, Anna Plotzki, Andreas Ruef, Anina Schmidhauser, Brigitte Suter, Teresa Steinert, Gaby von Rohr, Michael Wernli, Martin Zürrer

sowie

- der Arbeitsgruppe Kartierung der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz
- des Fachausschusses des Revisionsprojektes KLABS/KA
- des Projektausschusses des Revisionsprojektes KLABS/KA
- der Projektauftraggeberschaft des Revisionsprojektes KLABS/KA (BAFU, Ruedi Stähli)
- des Qualitäts- und Risikomanagements des Revisionsprojektes KLABS/KA (Basler & Hofmann AG, Bruno Grünenfelder, Matias Laustela)

30. Juni 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Ziele der KA23	5
1.2	Zielpublikum	6
1.3	Einordnung und Bezug zu Projekthandbüchern	6
1.4	Genereller Ablauf einer Bodenkartierung	6
1.5	Aufbau	7
1.6	Entstehungsgeschichte	7
1.7	Weiterentwicklung der KA23	8
1.8	Anwendungsbereiche der KA23	8
2	Vorbereitungsphase	9
2.1	Übersicht Arbeitsschritte in der Vorbereitungsphase	9
2.2	Projektplanung	9
2.2.1	Beteiligte	9
2.2.2	Zweck der Kartierung	10
2.2.3	Qualitätssicherung	11
2.2.4	Kommunikation	11
2.3	Projektanalyse	12
2.3.1	Massstabswahl	12
2.3.2	Perimeter	14
2.3.3	Rechtliches	14
2.3.4	Bereits vorhandene Bodendaten	15
2.4	Kosten	15
2.4.1	Kostenschätzung	15
2.4.2	Fixe Kosten	16
2.4.3	Variable Kosten	16
2.5	Zeitplanung	17
2.5.1	Kartierung im Dauergrünland	17
2.5.2	Kartierung im Ackerland	18
2.5.3	Kartierung im Wald	18
2.5.4	Kartierung in höheren Lagen	18
2.6	Ausschreibung und Vergabe	18
2.7	Beschaffung Grundlagendaten	19
2.8	Startsitzung	20
3	Konzeptphase	21
3.1	Übersicht Arbeitsschritte in der Konzeptphase	21
3.2	Zweck der Konzeptphase	21
3.3	Studium der Grundlagen	21
3.3.1	Aufbereitung der Grundlagendaten	22
3.3.2	Abgeleitete Datenprodukte	22
3.3.3	Sichtung und Auswahl	22
3.3.4	Spezialfall: Gebiete mit vorhandenen Bodendaten	23
3.4	Hypothesenbildung als Konzeptgrundlage	23
3.4.1	Die Bildung von Hypothesen und Konzepteinheiten	23
3.4.2	Übersichtsbegehung	23
3.4.3	Entwicklung Bodeninventar	24
3.5	Konzeptentwicklung	25
3.5.1	Kartierkonzept	25
3.5.2	Erstellen der Konzeptkarte	25
3.6	Provisorische Standortwahl von Basisprofilen	26
3.6.1	Auswahlkriterien für Standorte von Basisprofilen	26

3.6.2 Dichte der Basisprofile im Gebiet	26
3.6.3 Arbeitsablauf der provisorischen Standortwahl	26
3.7 Hinweise zur Qualitätssicherung	26
3.7.1 Interne Qualitätssicherung	26
3.7.2 Externe Qualitätssicherung	26
4 Profilphase	28
4.1 Profilphase im Projektablauf	28
4.1.1 Standardvorgehen	28
4.1.2 Zweigeteilte Profilphase	28
4.1.3 Nachgelagerte Profilphase	28
4.2 Übersicht Arbeitsschritte in der Profilphase	29
4.3 Definitive Standortfestlegung der Basisprofile	29
4.3.1 Werkleitungserhebung	29
4.3.2 Standortabsprache mit Bewirtschaftung	30
4.3.3 Organisation der Profilöffnung	30
4.4 Öffnung der Profilgruben	30
4.4.1 Basisprofile	30
4.4.2 Ausführung	30
4.5 Profilbeschrieb	32
4.5.1 Material für den Profilbeschrieb	32
4.5.2 Präparation und Fotodokumentation der Profilwand	33
4.5.3 Profilbeschrieb und Dokumentation	33
4.5.4 Beprobung	33
4.5.5 Wasserstandmessung	33
4.6 Schliessen der Profilgrube	33
4.7 Hinweise zur Qualitätssicherung	34
4.7.1 Interne QS	34
4.7.2 Externe QS	34
4.7.3 Erster Eichtag: Der Profileichtag	34
5 Kartierphase	36
5.1 Übersicht Arbeitsschritte in der Kartierphase	36
5.2 Vorbereitung der Kartierung	36
5.3 Hilfsmittel der Kartierung	36
5.3.1 Werkzeuge	37
5.3.2 Feldplan	37
5.4 Bohrungen	39
5.4.1 Bohrungsarten	39
5.4.2 Verortung	39
5.4.3 Bohrungstiefe	40
5.4.4 Auswahl der Bohrungsstandorte mittels Hypothesenbildung	40
5.5 Abgrenzung von Kartiereinheiten	41
5.5.1 Definition Kartiereinheit	41
5.5.2 Vorgehen zur Abgrenzung von Kartiereinheiten	42
5.5.3 Form der Kartiereinheit	45
5.5.4 Bezeichnung der Kartiereinheit	45
5.5.5 Herleitung des Flächendatensatzes	45
5.6 Aufnahme der Bodeninformationen (Datenstruktur und Datensatz)	45
5.6.1 Definitionen	45
5.6.2 Datenstruktur von Punkt und Flächendaten	46
5.6.3 Datensatz der Standardbohrungen und Kartiereinheiten	47
5.6.4 Produktvarianten der Kartierung	49
5.7 Räumliche Variabilität in Kartiereinheiten	51
5.7.1 Unterschiedliche Bodenformen in einer Kartiereinheit	51
5.7.2 Fremdanteil	51

5.7.3 Komplexeinheit	51
5.7.4 Umgang mit Fremdanteilen und Komplexeinheiten	51
5.8 Hinweise zur Qualitätssicherung	52
5.8.1 Interne Qualitätssicherung	52
5.8.2 Externe Qualitätssicherung	53
5.8.3 Zweiter Eichtag: Der Flächeneichtag	53
6 Datenaufbereitung und -kontrolle	55
6.1 Übersicht Arbeitsschritte bei Datenaufbereitung und -kontrolle	55
6.2 Bereinigen der Feldkarte	55
6.3 Grenzabgleiche und -bereinigung	55
6.3.1 Abgleich während der Kartierung	55
6.3.2 Abgleich nach der Kartierung	55
6.4 Prüfen und Bereinigen der Profildaten	55
6.5 Digitalisierung der Punkt - und Flächendaten	56
6.5.1 Digitalisierung der Feldpläne	56
6.5.2 Datenbankeingabe	56
6.6 Prüfung der Punkt - und Flächendaten durch die interne QS	56
6.6.1 Formelle Prüfung	56
6.6.2 Inhaltliche Prüfung	57
6.7 Prüfung aller Abgabeprodukte durch die externe QS	57
6.8 Schlussberichte	58
6.8.1 Schlussbericht der externen QS	58
6.8.2 Schlussbericht der AK	58
6.9 Datenabgabe	58
7 Abbildungsverzeichnis	59
8 Tabellenverzeichnis	60
9 Glossar	60
10 Literaturverzeichnis	61
11 Anhänge	63
12 Versionskontrolle	64

1 Einleitung

Die vorliegende Kartieranleitung («Kartieranleitung 2023»; «KA23») ist der dritte Teil des Gesamtwerks «Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz». Das Gesamtwerk wird voraussichtlich vier Teile enthalten und 2025 / 2026 vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) herausgegeben (Tabelle 1). Bis zu diesem Zeitpunkt liegen einzelne Teile des Gesamtwerkes gemäss Zeitangaben in der Tabelle 1 als einzelne Dokumente vor.

Tabelle 1 : Übersicht über das Gesamtwerk «Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz». In blau die vorliegende Version der KA23; graue Schrift ungefähre Zeitangaben einer ersten Publikation.

Gesamtwerk: Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz	Teil I	Leitfaden für die Bodenbeschreibung im Feld (ab 2023)	
	Teil II	Klassifikation	Bodenklassifikation (2025)
			Humusformenklassifikation (2024)
	Teil III	Kartieranleitung	Basismodul (2023)
			Waldmodul (2023)
			Zusatzmodule (nach 2025)
	Teil IV	Auswertungen	Basisauswertungen (PNG und WHH) (2025)
			Nutzungseignungsklassen (NEK) (2023)

Die vorliegende KA23 basiert auf der FAL24 (Brunner et al. 1997), der Waldbodenkartierung (Ruef et al. 1996) sowie auf umfangreichen Dokumentationen / Projekthandbücher von verschiedenen Kantonen und entstand in einem mehrjährigen Prozess. Sie ist als kollektiv erarbeitetes Produkt der Bodenfachpersonen der Schweiz zu verstehen. Sie bildet das gemeinsame Verständnis über den Ablauf einer Bodenkartierung ab, basiert auf der langjährigen Erfahrung der Bodenfachpersonen, dem seit den 2000er Jahren entstandenen etablierten Kartierstandard und ist von «gut schweizerischen» Diskussionen und Kompromissen geprägt. Sie wird von den Bundesämtern (BAFU, ARE und BLW) als methodische Empfehlung für die Ausführung von Bodenkartierungen verstanden. Dank modularem Aufbau kann sie künftig erweitert und angepasst werden.

1.1 Ziele der KA23

Die Hauptziele dieser Anleitung umfassen folgende Punkte:

- Sie ermöglicht eine vergleichbare räumliche Erhebung aller Böden der Schweiz in allen Regionen und unter unterschiedlichen Nutzungen.
- Sie beschreibt den Kartierablauf für das Zielpublikum verständlich und strukturiert und sichert so die hohe Qualität der entstehenden Produkte.
- Sie fördert das Verständnis für die praktische Bodenkartierarbeit und für die daraus entstehenden Bodenkarten.
- Sie legt den Schwerpunkt bei der Anwendung im Feld und ist so weit es geht felddauglich.

1.2 Zielpublikum

Die vorliegende Kartieranleitung richtet sich an folgende Personen:

- Verantwortliche der kommunalen, kantonalen und nationalen Fachstellen, welche Bodenkartierungen planen, in Auftrag geben und leiten
- Ingenieurbüros, welche die Ausführung von Bodenkartierprojekten anbieten und ausführen
- Neueinsteigende der Bodenkartierung

1.3 Einordnung und Bezug zu Projekthandbüchern

Die KA23 behandelt primär methodische, fachliche und praktische Aspekte der Bodenkartierung und gibt Empfehlungen ab, wie diese auszuführen sind. Prozess- oder kantonal-spezifische Fragen bezüglich Administration oder Organisation werden nicht behandelt oder nur oberflächlich angesprochen. Diese müssen jeweils in projekt- oder kantonsspezifischen Handbüchern zur Bodenkartierung beschrieben und festgelegt werden (vgl. Abschnitt Kapitel 1.5).

In der KA23 werden bei Bedarf pro Abschnitt Hinweise an die auftraggebende Projektleitung (PLA) platziert, wenn es entsprechende Spezifikationen in einem Projekthandbuch benötigt. Als Zusammenfassung und praktisches Hilfsmittel für die PLA kann der Anhang 2 beigezogen werden.

1.4 Genereller Ablauf einer Bodenkartierung

Die KA23 orientiert sich an den folgenden fünf Phasen einer Bodenkartierung (Abbildung 1)



Abbildung 1 : Phasen der Bodenkartierung gemäss KA23

1.5 Aufbau

In der KA23 wird der Kartierablauf in den fünf Phasen der Bodenkartierung beschrieben.

- Vorbereitungsphase in Kapitel 2
- Konzeptphase in Kapitel 3
- Profilphase in Kapitel 4
- Kartierphase in Kapitel 5
- Datenaufbereitung und -kontrolle in Kapitel 6

Hinweise zur Qualitätssicherung sind jeweils am Ende der Hauptkapitel aufgeführt.

Vorgehensvarianten

Es werden teilweise Vorgehensvarianten beschrieben. Beispielsweise in den Kapiteln 4.1 (Platzierung der Profilphase im Projektablauf), Kapitel 5.3.2 (Feldplan), Kapitel 5.4.2 (Verortung von Bohrungen) oder in Kapitel 5.6.4 (Produktvarianten). Die PLA entscheidet in der Vorbereitungsphase, welche Varianten ausgeführt werden sollen (vgl. Hinweise und Zusammenfassung in Anhang 2).

Farblich hinterlegte Textstellen

Mit Farbe hinterlegte Textstellen gelten nur für folgende Kartiergebiete. Nicht farblich hinterlegte Textstellen gelten für alle Kartiergebiete.

Arbeitsschritte oder Textbestandteile, die sich auf die Kartierung von Waldflächen beziehen, sind grün hinterlegt (Waldspezifische Arbeitsschritte; «Waldmodul»).

Arbeitsschritte oder Textbestandteile, die sich nur auf die Kartierung in landwirtschaftlich genutzten Gebieten beziehen, sind braun hinterlegt.

1.6 Entstehungsgeschichte

Die Entstehung der ursprünglichen Kartieranleitung (FAL 24) ist eng verknüpft mit der Entstehung des nationalen Kartierdienstes an den Vorgängerinstituten der agroscope Reckenholz. Der nationale Kartierdienst wurde von Erwin Frei initiiert und ab 1959 aufgebaut (Sticher 2001, S. 64ff). Ab 1993 zog sich der Bund sukzessive aus der Bodenkartierung zurück und führte diverse Umstrukturierungen durch, welche unter anderem dazu geführt haben, dass der nationale Kartierdienst per Ende 1996 aufgelöst wurde und keine vergleichbare Institution an seine Stelle trat (Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS) 2000, S. 7).

Die Geschichte der schweizerischen Bodenkartieranleitungen ist im Bericht Borer und Knecht, Abschnitt 1.2-1 (2014) im Kapitel 2.1 (ab Seite 10) und im Faktenblatt 1 (Anhang des Berichts) aufgearbeitet:

«Die eigentliche Methodenentwicklung für eine schweizerische Bodenkartierung erfolgte ab 1955 an der FAP (Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Reckenholz). [...] Eine erste Kartieranleitung entstand 1963 [eine zweite 1986, beide blieben unveröffentlicht]. Die [alte bisher] gültige Kartieranleitung stammte in zweiter Auflage aus dem Jahre 1997. Das Handbuch für die Waldbodenkartierung, datiert 1996, basierte auf denselben Grundlagen und war weitgehend identisch, allerdings mit Erweiterungen bezüglich der Humusformen und der forstspezifischen Interpretationen.» (Borer und Knecht 2014). Die Methodik wurde anschliessend durch verschiedene Akteure und schrittweise in der Praxis weiterentwickelt. Sie unterscheidet sich im Wesentlichen aber nicht von der ursprünglichen Methode der FAL 24. Massgeblich wurde die Entwicklung von der Bodenkartierung im Kanton Solothurn beeinflusst, jedoch nicht nur.

Eine schweizweite Harmonisierung der Methodik wurde von den Fachleuten gefordert und mit dem Revisionsprojekt (Revision der Klassifikation und Kartieranleitung der Böden der Schweiz, 2019 – 2025) angestrebt.

Dabei wurden nicht nur die Methodik von verschiedenen Akteuren verglichen und die Gemeinsamkeiten zusammengetragen, sondern auch inhaltliche Weiterentwicklungen angestrebt, in

dem die Differenzen zwischen den unterschiedlichen Vorgehensweisen hervorgehoben und diskutiert wurden. Aus den Diskussionen wurden die best- und meistakzeptierten Vorschläge aufgegriffen und in die KA23 integriert. Sie präsentiert damit erstmals seit den Neunzigerjahren einheitliche Lösungen für die Schweiz.

1.7 Weiterentwicklung der KA23

Die KA23 soll weiterentwickelt werden. Es ist noch offen, wie die Weiterentwicklung abläuft. Ab dem Jahr 2020 wird auf Grund des Bundesratsentscheid vom 8.5.2020 an einem Konzept für eine landesweite Bodenkartierung gearbeitet. Methodenentwicklungen sind in Gang. Neue Erkenntnisse aus diesen Arbeiten sollen nach 2025 in die KA23 integriert werden.

1.8 Anwendungsbereiche der KA23

Die vorliegende KA23 basiert auf praktischen Erfahrungen mit grossmassstäblichen Karten, insbesondere solche im Massstab 1:5'000 und mit Losgrössen von 300 bis 500 Hektaren. In der FAL 24 (Brunner et al. 1997, Abschnitt 1.2-1) und der Waldbodenkartierung (Ruef et al. 1996) lag der Fokus auf der Erstellung von grossmassstäblichen Bodenkarten (1:1'000 bis 1:10'000) und solchen im mittleren Massstab 1:25'000. Die Kartierung im Kanton Solothurn (FAL 24+) ist für den Massstabsbereich 1:5'000 ausgelegt (AfU Solothurn 2020, S. 25). Durch den Sachplan FFF ist geklärt, dass der Massstab 1:5'000 auch Voraussetzung ist, um FFF auszuscheiden (Bundesamt für Raumentwicklung ARE 2020, S. 11).

Die KA23 ist auf den Massstab 1:5'000 ausgelegt, wobei sich das beschriebene Vorgehen auf den Massstabsbereich 1:1'000 bis 1:25'000 anwenden lässt. Orientierungswerte zur erforderlichen Dichte von Punktinformationen pro ha und Kartiereinheit je Massstab, zur Anzahl Profile pro ha und zu geschätzten Arbeitstagen sind in Kapitel 2.3.1 beschrieben.

2 Vorbereitungsphase

2.1 Übersicht Arbeitsschritte in der Vorbereitungsphase

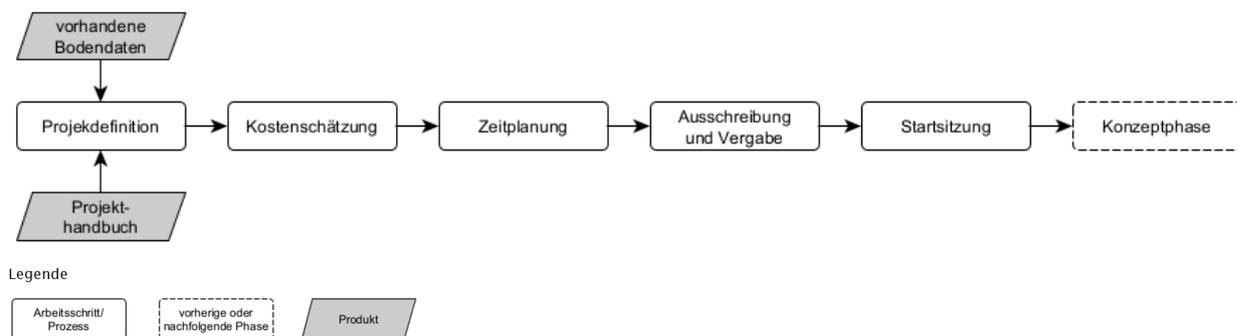


Abbildung 2 : Ablauf der Vorbereitungsphase.

2.2 Projektplanung

Vor Beginn des Projekts müssen Zweck, Organisation, Rollen und Aufgaben sowie Kommunikation festgelegt werden. In einem **Projekthandbuch (PHB)** werden durch die PLA projektspezifische Vorgaben und Anforderungen, die die KA23 ergänzen, festgehalten.

2.2.1 Beteiligte

Die **Projektleitung Auftraggeberschaft (PLA)** bezeichnet die Instanz, die ein Kartierprojekt in Auftrag gibt und während der Durchführung leitet. Das können beispielsweise Fachstellen Umwelt- und Bodenschutz sein, Gemeinden, Flurgenossenschaften, Waldbesitzer usw. Die PLA kann zusätzlich und als Unterstützung auch eine externe Projektleitung bestimmen.

Die **Qualitätssicherung (QS)** bezeichnet Prozesse der Qualitätssicherung sowie die dafür verantwortlichen Personen.

Auftragnehmende Kartierende (AK) sind Unternehmen oder Bietergemeinschaften, die mit der Ausführung der Kartierarbeiten beauftragt sind. Der Auftrag umfasst in der Regel alle fünf Hauptphasen einer Bodenkartierung mit allen dazugehörigen Arbeitsschritten.

Weitere mögliche Akteure und ihre Rollen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 : Mögliche Akteure und Rollen in einem Kartierprojekt

Mögliche Akteure	In der Rolle als...
Kantonale Umwelt-, Raumplanungs-, Tiefbau-, Landwirtschaftsämter, Forstämter Kommunale Behörden Flurgenossenschaften Ingenieur- und Planungsbüros Bauherren	PLA (allenfalls zusammen mit externer Projektleitung)
bodenkundliche Fachpersonen in Ingenieurbüros, Berufs- und Fachhochschulen	Bodenkartierung (AK)
private Labors Fachhochschulen und Forschungsanstalten	Analyse von Probenmaterial
Tief- oder Gartenbauunternehmen o.ä. für Grabarbeiten Spezialunternehmen für Sondiertechnik, z.B. maschinelle Bohrkernentnahme	Ausführung von mechanischen Sondierungen
Personen mit umfangreicher Erfahrung in Bodenkartierung und/oder Pedologie	externe QS
Ingenieurbüros Forschungsanstalten, Berufs- und Fachhochschulen Kompetenzzentrum Boden KOBO	Projektunterstützung, technische Projektleitung
Landeigentümerinnen und -eigentümer respektive Landbewirtschafterinnen und -bewirtschafter wie Landwirtschafts- und Weinbaubetriebe, Baumschulen etc.	Eigentum und Bewirtschaftung im Landwirtschaftsland*
Waldbesitzerinnen und -besitzer: Kantone, politische Gemeinden, kommunale Forstbetriebe, Bürgergemeinden, Korporationen, Genossenschaften, kirchliche Institutionen, Privatwaldeigentümerinnen und -eigentümer	Eigentum und Bewirtschaftung im Wald*
Kantonsarchäologie Jagdgesellschaften, Jagdvereine / Jagdsektionen Anwohnerinnen und Anwohner Breite Öffentlichkeit	Weitere Beteiligte

2.2.2 Zweck der Kartierung

Ausgangspunkt jeder Bodenkartierung ist die Frage nach dem Zweck: Wozu soll die Bodenkarte dienen? Warum wird die Bodenkarte benötigt und welchen Anforderungen soll sie genügen? Nachfolgend sind Beispiele genannt, wofür Bodenkartierungen durchgeführt wurden und werden:

- Erhebung der Eigenschaften aller Landwirtschafts- und Waldböden ausserhalb der Siedlungsflächen zur Verwendung der Daten bei Bodennutzung, Bodenschutz-Vollzug und weitere Anwendungen im Kanton Solothurn (z.B. Hauert et al. 2017)
- Erhebung von Fruchtfolgeflächen gemäss Sachplan Fruchtfolgeflächen des ARE: z.B. Kartierungskonzepte Luzern, Glarus und Nidwalden (Suter 2018; Lüscher 2010; Amt für Umwelt des Kantons Nidwalden 2021)
- Bonitierung von Landwirtschaftsflächen gemäss Bundesamt für Landwirtschaft 2004 oder Waldflächen im Rahmen von Güterregulierungen oder Waldzusammenlegungen (Zum Beispiel Güterregulierung Büsserach-Breitenbach Kt. Solothurn (Gasche und Lazzini 2018))
- Auffinden von FF-Kompensationsflächen z.B. Verzeichnis Aufwertung Fruchtfolgeflächen im Kanton Aargau (Mösch 2022)
- Erhebung des Ausgangszustandes und Kontrolle nach Abschluss eines Bauprojektes (z.B. gemäss Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich 2003)
- Beurteilung anthropogener Böden (z.B. Interpretationshilfe der Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich 2019)
- Aufarbeitung bestehender bodenkundlicher Daten (z.B. Aufarbeitung von Nutzungseignungskarten zu Bodenkarten im Kanton St.Gallen (Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen 2015)
- Spezifische Fragestellungen, z.B. die Kartierung saurer Waldböden im Kanton Zürich (Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich 2015)
- Bodenübersichtskarten wie z.B. die Bodeneignungskarte 1980 (Frei et al. 1980)

- Beurteilung hydrologischer Prozesse zur Planung von Düngereinsätzen und zur Reduktion von Nährstoff- / Schadstoffeinwaschungen in Grundwasser und Oberflächengewässer. (z.B. Gemeindeverband Sempachersee 1992)
- Weitere raumplanerische und ökologische Fragestellungen wie das Ausscheiden von Feuchtgebieten (z.B. im Kanton Zürich)

Darüber hinaus sollte entschieden werden, ob weitere Ziele relevant werden könnten, die über den primären Kartierzweck hinausgehen, beispielsweise für Fragestellungen, die zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht im Vordergrund stehen.

2.2.3 Qualitätssicherung

«Qualitätssicherung ist die Summe der Vorkehrungen, die gewährleistet, dass das vorgegebene bzw. angestrebte Qualitätsniveau nach Möglichkeit erreicht wird. [...] Oberstes Ziel der Qualitätssicherung der Bodenkartierung ist es, über das ganze Gebiet vergleichbare Bodendaten zu gewinnen, die für gleiche Zwecke anwendbar sind und vergleichbare Schlussfolgerungen bezüglich Nutzung, Belastung, Schutzmassnahmen und dergleichen erlauben.» (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn, S.6). Insbesondere bei grösseren Projekten, mit vielen beteiligten Akteuren und längeren Laufzeiten, empfiehlt sich der QS einen hohen Stellenwert einzuräumen. Die QS prüft die Produkte sämtlicher Projektphasen und kontrolliert die Umsetzung von Vorgaben. Eine Kontinuität der Vorgaben ist auch mit vergangenen Bodenkartierungen abzugleichen. Die QS ist eine Langzeitaufgabe. Sie knüpft an Regelungen von vergangenen Bodenkartierungen an und versucht zukunftsgerichtet Neues zu integrieren.

Die QS wird in zwei Bereichen vorgenommen:

Interne Qualitätssicherung

Die AK bestimmt für die Bearbeitung eines Kartierauftrages eine Person, die für die interne QS zuständig ist. Meist wird dies von der PLA im Rahmen eines PHB explizit vorgegeben. Die interne QS ist dafür zuständig, dass «gut gearbeitet» wird. Das heisst, sie ist für die Abgabe eines einheitlichen und korrekten Produktes bezüglich Qualitätsanforderungen und methodischer Vorgaben verantwortlich. Diese Verantwortung muss in sämtlichen Projektphasen und für sämtliche Produkte wahrgenommen werden. Dabei gelten die Anforderungen gemäss Kapitel 6.6.

Externe Qualitätssicherung

Eine unabhängige, externe QS überprüft die Einheitlichkeit und die Qualität der Produkte, der angewendeten Methodik und gewährleistet deren zeitliche und räumliche Kontinuität. Die externe QS legt zusammen mit der PLA organisatorische, klassifikatorische und methodische Anforderungen fest. Die externe QS wird spätestens zum Zeitpunkt der Startsitzeung beigezogen und begleitet das Projekt in jeder Phase. Die externe QS kann auch in einer früheren Phase beigezogen werden, um die Erarbeitung des PHB zu übernehmen oder zu unterstützen. Bei mehrjährigen Kartierprojekten ist es vorteilhaft, die externe QS möglichst langfristig einzubinden.

Möchte die PLA den QS-Prozess überwachen, kann sie sich die Durchführung der einzelnen Schritte mittels unterschriebener Formulare von der internen und externen QS bestätigen lassen. Die Formulare müssen projektspezifisch in den kantonalen PHB festgelegt werden.

2.2.4 Kommunikation

Durch ein Kartierprojekt sind viele Akteurgruppen tangiert und somit entsteht ein hoher Kommunikationsbedarf. Eine Übersicht der möglichen Akteure und ihren Rollen gibt Tabelle 2. Vor Projektbeginn muss geklärt werden, welche Akteure im Laufe des Projekts involviert sein werden und wie mit ihnen kommuniziert wird:

- Informationsschreiben: Wird von der PLA erstellt und primär an die Bewirtschafter und Bewirtschafterinnen und an die Landeigentümer und Landeigentümerinnen versendet.
- Informationsveranstaltung: Wird von PLA und / oder der AK organisiert und durchgeführt. Sie ist für Bewirtschafter, Bewirtschafterinnen, Landeigentümer und Landeigentümerinnen wichtig, um sich zu informieren und allfällige Vorbehalte abzubauen. Alle Personen können wichtige persönliche Kontakte aufbauen.

- Beiträge im Gemeindeblatt oder der Lokalzeitung werden von der PLA verfasst in Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden. Die breite Öffentlichkeit kann so informiert werden.
- Startsitung: Für PLA und AK und externe QS, siehe Kapitel 2.8
- Standardisierte Kommunikation mittels Formularen und Berichten, muss in PHB spezifiziert werden.
- Individuelle mündliche oder schriftliche Kommunikation und Absprachen (zwischen der PLA, der AK und allen weiteren Beteiligten)

Weitere Details zur Kommunikation und Hinweise bezüglich Aufwandentschädigungen für Profile können dem Anhang 1 entnommen werden.

2.3 Projektanalyse

In der Projektanalyse werden weitere Rahmenbedingungen für ein Kartierprojekt geklärt und festgelegt. Dazu gehören insbesondere die Massstabswahl inkl. Dichte der Punktinformationen, die Perimeterausscheidung, rechtliche Rahmenbedingungen und die Handhabung von bereits vorhandenen Bodendaten.

2.3.1 Massstabswahl

Es ist zu unterscheiden zwischen Zielmassstab und Visualisierungsmassstab der Bodenkarte. Mit 'Massstab' wird i.d.R. der Zielmassstab gemeint. Er gibt die räumliche Dichte der erhobenen und dargestellten Bodeninformationen vor. (Eine Karte, die nur mit einer Bohrung pro Hektare generiert wurde, kann sowohl als 1:1'000 Karte oder auch als 1:10'000 Karte dargestellt werden). Es empfiehlt sich nicht, einen grösseren Visualisierungsmassstab als den Zielmassstab zu wählen, weil sonst der Leserschaft eine nicht vorhandene Informationsdichte suggeriert wird.

Die Massstabswahl wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst und hat einen relevanten Einfluss auf die Endnutzung der Bodeninformationen (Abbildung 3):

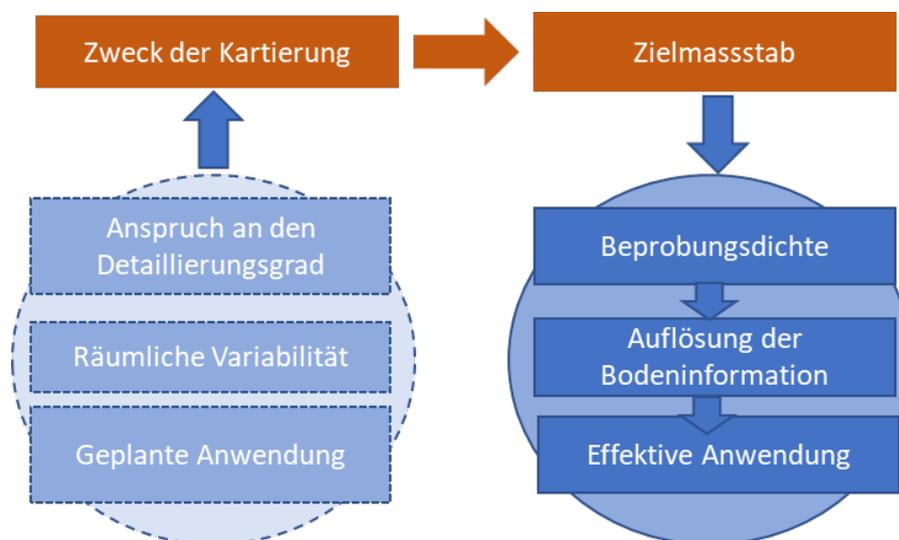


Abbildung 3 : Schema der Massstabswahl

Der Zweck der Bodenkartierung bestimmt grundsätzlich den Massstab. Eine Auswahl an Kartierzwecken und ihre zugehörigen Massstäbe sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die räumliche Variabilität (welche man im Vorfeld meist nur abschätzen kann), die mögliche geplante Anwendung und die Ansprüche an den Detaillierungsgrad bestimmen dabei den Zweck der Kartierung. Der Zielmassstab bestimmt die Beprobungsdichte und korreliert mit ihr (und hat auch Einfluss auf die Kartierarbeit; vgl. Tabelle 4). Die Beprobungsdichte und die damit erzielte Informationsdichte der räumlichen Einheiten bestimmen die Auflösung der aufgenommenen Bodeninformationen und somit auch die effektiven Anwendungen.

Tabelle 3 : Auswahl an Kartierzwecken und dafür empfohlene Massstäbe

Kartierzweck	Massstab
Bauprojekte: Ausgangs- und Endzustand Güterregulierungen div. kleinsträumige Fragestellungen	1:1'000 oder 1:2'500
Bauprojekte: Zustand Rekultivierung detaillierte Bodenkarten FFF-Erhebung (aktuell gemäss Sachplan FFF vorgegebener Massstab) Selten: Güterregulierungen	1:5'000
detaillierte Bodenkarte	1:10'000
Bodenübersichtskarten div. grossräumige Fragestellungen	1:25'000

Dichte der Punktinformationen je Massstab

Gestützt auf die kleinste darstellbare Fläche wird die notwendige Mindestpunktdichte für Punktinformationen abgeleitet¹. Sie ist massstabsabhängig. Die kleinste darstellbare Fläche beträgt in einer physischen Karte 1cm² (Brunner et al. 1997, Abschnitt 8.1-1). Ausgehend von einer quadratischen Flächenform wird daraus die erforderliche durchschnittliche Distanz der Punktinformationen abgeleitet (vgl. Tabelle 4). Werden die Punktinformationen ausgedünnt, führt dies zu einer Verkleinerung des Massstabs. Im Anhang 1 sind Informationen zur Aufwandschätzung für Feldarbeitstage in Abhängigkeit des Massstabs und zur Dichte von Punktinformationen im steilen Gelände zu finden.

Tabelle 4 : Dichte der Punktinformationen je nach Massstab, modifiziert nach Brunner et al. 1997 (Abschnitt 8.1-1) und Legros 1996 (S.50f).

Massstab	Aufnahmemassstab	Kleinste darstellbare Einheit im Gelände*	durchschnittlicher Abstand der Punktinformationen*	Anzahl Punktinformationen pro 100ha**
1:1'000		1a (0.01 ha)	10 m	10'000
1:2'500		6.25a (0.0625ha)	25 m	1'600
1:5'000	≥ Massstab	25a (0.25ha)	50 m	400
1:10'000		100a(1ha)	100 m	100
1:25'000		625a (6.25ha)	250 m	16

* angepasst nach FAL24 (Brunner et al. 1997, Abschnitt 8.1-1)

** angepasst nach FAL24 und Legros (Brunner et al. 1997, Abschnitt 8.1-1; Legros 1996, S. 50f)

¹ Hier sind Punktinformationen im Allgemeinen gemeint: Dazu gehören sowohl Bodenprofilaufnahmen, Standardbohrungen (vgl. Glossar), Kartierbohrungen (vgl. Glossar) und bedingt auch Rekognoszierungsbohrungen (vgl. Glossar; nur falls nachträglich aufbereitet).

2.3.2 Perimeter

Der Perimeter entspricht der zu kartierenden Fläche. Die Definition des Perimeters ist Sache der PLA. Der Perimeter wird als Ganzes oder unterteilt in sogenannte Lose. Bei der Ausschreibung können die Lose allenfalls an unterschiedliche AK vergeben werden. Bei der Festlegung des Perimeters ist folgendes zu beachten:

- Je kleiner der Perimeter, desto mehr fallen Flächengrößen unabhängige Arbeitsschritte finanziell ins Gewicht (z.B. Grundlagenbeschaffung, Sitzungen, Berichtverfassung)
- Perimeter mit wenig variablen Bodenbildungsfaktoren sind einfacher zu kartieren als solche mit einer hohen Variabilität der Bodenbildungsfaktoren
- Fragmentierte oder stark verzweigte Perimeter (lange Perimetergrenzen kombiniert mit kleinen Flächen) sind aufwändiger zu kartieren als lückenlose, arrundierte Perimeter, da sie eine höhere Dichte der Punktinformationen und Mehraufwand beim Grenzabgleich erfordern
- Je mehr Beteiligte, desto höher der Koordinationsaufwand
- Der Umgang mit Infrastrukturanlagen, insbesondere versiegelten Flächen, innerhalb eines Perimeters ist vor Kartierbeginn zu regeln
- Die Grundlagenbeschaffung gestaltet sich einfacher, wenn sich Perimeter und/oder Lose an administrativen Einheiten orientieren

2.3.3 Rechtliches

Im Lauf eines Kartierprojektes gilt es verschiedene rechtliche Aspekte zu berücksichtigen. In den folgenden Abschnitten werden einige davon aufgegriffen.

Auskunftspflicht

Kartierarbeiten, die im Auftrag von öffentlichen Behörden durchgeführt werden, sind indirekt durch das Umweltschutzgesetz geregelt. Gemäss Art. 46 des Umweltschutzgesetzes (USG, vom 01.01.2022) ist jedermann verpflichtet, den Behörden die für den Vollzug erforderlichen Auskünfte zu erteilen, nötigenfalls Abklärungen durchzuführen oder zu dulden. Widerhandlungen gegen Art. 46 USG sind strafbar (nach Art. 61 Abs. 1 Bst. o USG). Unter die Auskunftspflicht fallen die Erhebungen mit Handbohrstock und das Öffnen von Profilgruben.

Auftragsvergabe

Für die Auftragsvergabe und Verträge gelten die Bestimmungen zum öffentlichen Beschaffungswesen sowie das Obligationenrecht. Insbesondere gelten:

- Das Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB, vom 21.06.2019)
- Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen (VöB, vom 12.02.2020)
- Die interkantonale Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen (IVöB, vom 15.11.2019)
- Kantonale Gesetze und Verordnungen zum öffentlichen Beschaffungswesen

Fahrbewilligungen

Werden im Zusammenhang mit den Feldarbeiten Wald- und Feldwege befahren, so sind dafür Ausnahmbewilligungen der zuständigen Behörden nötig. Diese Bewilligungen werden je nach Kanton z.B. von der Polizei oder der Gemeinde erteilt.

Grabarbeiten

Diverse Vorschriften zur Erstellung von Bodenprofilen sind in der Bauarbeitenverordnung (BauAV, vom 18.06.2021) geregelt, denn unter diese fallen «Arbeiten in Gräben, Schächten und Baugruben» (Art. 2). Es werden die Schutzhelmtragepflicht, Absturzsicherung, Verspriessung, Breite und Tiefe von Gruben, sowie der Zugang zu Bodenprofilen geregelt. Weitere Details sind im Anhang 1 zu finden.

Für das Anlegen von Bodenprofilen ist folgendes zu berücksichtigen:

- Um Schäden an Werkleitungen zu vermeiden, sind vorgängig Werkleitungsauskünfte einzuholen.
- Es ist eine ausreichende Haftpflichtversicherung abzuschliessen, damit die AK bei allfälligen Schäden (an Werkleitungen, aber auch bei Absturz oder Verschüttung von Personen und Tieren) abgesichert ist.
- Nebst der Klärung von Haftungsfragen ist im Fall von Personenschäden mit Strafverfahren zu rechnen.

Boden- und Kulturschäden vermeiden

Für Erdarbeiten (insb. Ausheben und Auffüllen von Profilgruben; Depotbewirtschaftung) gelten die Vorgaben gemäss Vollzugshilfsmittel «Bodenschutz beim Bauen». Die Erdarbeiten sollen unter trockenen Bedingungen erfolgen und Bodenschichten sind gesondert auszubauen, zu lagern und einzubauen. (Bundesamt für Umwelt BAFU 2022)

Bei allen Feldarbeiten ist darauf zu achten, Schäden an Kulturen zu vermeiden oder möglichst gering zu halten. Dies gilt insbesondere für Dauerkulturen wie Obstanlagen oder Wald (Ertragsausfall und Haftungsfragen).

2.3.4 Bereits vorhandene Bodendaten

Falls bereits Bodendaten aus älteren Bodenkartierungen vorhanden sind - und unabhängig davon, ob sie bereits für NABODAT aufgearbeitet wurden oder nicht - müssen diese für die Neuplanung eines Kartierprojekts konsultiert werden. Noch vor der Ausschreibung (vgl. Kapitel 2.6) muss klar sein, ob eine Neukartierung durchgeführt wird, bei der die bestehende Karte lediglich eine Grundlage der Konzeptphase darstellt oder ob die bestehende Karte vollständig oder teilweise aufgearbeitet wird. Grundsätzlich muss bei bereits bestehende Bodenkartierungen überprüft werden, inwiefern die Daten in aktuellen Kartierungen einfließen können. Die Erfahrungen von einzelnen Kantonen (SO, LU aber auch SG) zeigen, dass sich hier kein allgemeingültiges Vorgehen ableiten lässt. Das gewählte Vorgehen hängt von der Qualität der bestehenden Karte ab.

2.4 Kosten

2.4.1 Kostenschätzung

Die Schätzung der Projektkosten als Teil der Projektplanung bildet die Grundlage für die Bereitstellung von genügend finanziellen Mitteln und für die korrekte Wahl des Submissionsverfahrens. Die Kostenschätzung muss deshalb entsprechend sorgfältig erfolgen. Diese berücksichtigt, neben den Marktverhältnissen, insbesondere folgende Faktoren, die die Kosten der Kartierung erheblich beeinflussen können:

- Eigenschaften des Kartierperimeters wie Grösse, Relief, Erreichbarkeit, Nutzung
- geforderte Leistungen (abhängig von Kartierzweck, Massstab, Methoden, etc.)

Eine belastbare Kostenschätzung kann deshalb nur in Einzelfällen anhand von Kennzahlen o.ä. erfolgen. In der Regel ist dafür im Rahmen der Projektplanung bereits eine grobe Aufschlüsselung und Bepreisung der Leistungen vorzunehmen.

Im Anhang 2 sind kostenrelevante Elemente und Entscheidungen der Bodenkartierung zusammengetragen. Vereinfacht dargestellt, gibt es dabei fixe und variable Kosten.

2.4.2 Fixe Kosten

Darunter fallen Posten, die nicht oder nur teilweise von der Grösse und der Beschaffenheit des zu kartierenden Perimeters abhängig sind. Dazu gehören:

- Vorbereitungsarbeiten und Ausschreibung²
- Beschaffung und Aufbereitung von Grundlagendaten
- Erstellen von Konzeptkarten, Feldplänen und anderen Datengrundlagen für die Feldarbeit
- Datenkontrollen, QS-Prozesse

2.4.3 Variable Kosten

Darunter fallen Posten, bei welchen sich der Aufwand in Abhängigkeit verschiedener Faktoren ändert, insbesondere solchen, die die Grösse oder Beschaffenheit des Kartierperimeters, den Zielmasstab oder spezifische Anforderungen der PLA betreffen:

Kartierperimeter

- Perimetergrösse
- Perimeterumfang³
- Unwegsamkeit des Geländes⁴
- Länge der Wege zwischen den Erhebungspunkten (aufwändige Logistik)
- Variabilität innerhalb des Perimeters⁵
- Komplexität der Bodenart⁶
- Differenzierung und Ausprägung der Bewirtschaftung⁷

Zielmasstab

- Anzahl an Bohrungen/Bodenprofile, die erfasst werden (inkl. Entschädigungszahlungen etc.)

Weitere Anforderungen

- Anzahl am Projekt beteiligten Personen
- Umfang der aufgenommenen Bodeninformationen
- Weitere Anforderungen vom PLA, die im PHB festgelegt sind

² Je nach Typ der Ausschreibung kann der Aufwand sprunghaft ansteigen

³ Oft wird nur die Hektarzahl als Mass für die Kostenschätzung verwendet, aber auch die Perimeterform ist von Bedeutung: zerstückelte oder langegezogene Perimeter sind erfahrungsgemäss aufwändiger zu bearbeiten als kompakte Perimeter

⁴ wegen Oberflächenbeschaffenheit, Vegetation, mangelhafter Erschliessung, Zäunen o.ä.

⁵ Beispielsweise müssen bei variablen Perimetern tendenziell kleinere Kartiereinheiten (vgl. Glossar) ausgeschieden werden

⁶ Der Aufwand pro Bohrung ist auf Grund ungünstiger Bodenarten erhöht (beispielsweise bei viel Skelett oder auch auf Grund Überprägungen durch morphologischen Prozesse (Bsp. wie Murgänge)

⁷ Beispiele: Kleinteilige Bewirtschaftung erhöht den Kartieraufwand. Kulturen, die den Zugang erschweren oder ihn auf kleine Zeitfenster reduzieren, erhöhen den Kartieraufwand

2.5 Zeitplanung

Die Zeitplanung muss grundsätzlich mit der Submission grob vorgegeben werden. Die detaillierte Zeitplanung wird durch die PLA und die AK nach der Startsitung festgelegt.

Die Berücksichtigung von Bewirtschaftung und Bodenschutz hat einen entscheidenden Einfluss auf die Zeitplanung. Unter optimalen Bedingungen (bezüglich Witterung und Bewirtschaftung) sind sämtliche Arbeitsschritte zu jeder Jahreszeit möglich. Im Winter ist aber von Kartierarbeiten abzuraten (so sind z.B. bei schlechten Lichtverhältnissen die Gleyflecken nicht erkennbar oder mit kalten Fingern kann die Körnung schlecht gefühlt werden). Nur erfahrene Kartierpersonen mit guten örtlichen Kenntnissen der Böden führen in Einzelfällen bei ungünstigeren Verhältnissen Kartierarbeiten aus. Für die Planung der Arbeitsschritte im Jahresverlauf gibt die Abbildung 4 eine Orientierung. Wichtige Hinweise zur Planung der Arbeitsschritte sind in den nachfolgenden Kapiteln 2.5.1 bis 2.5.4 erläutert.

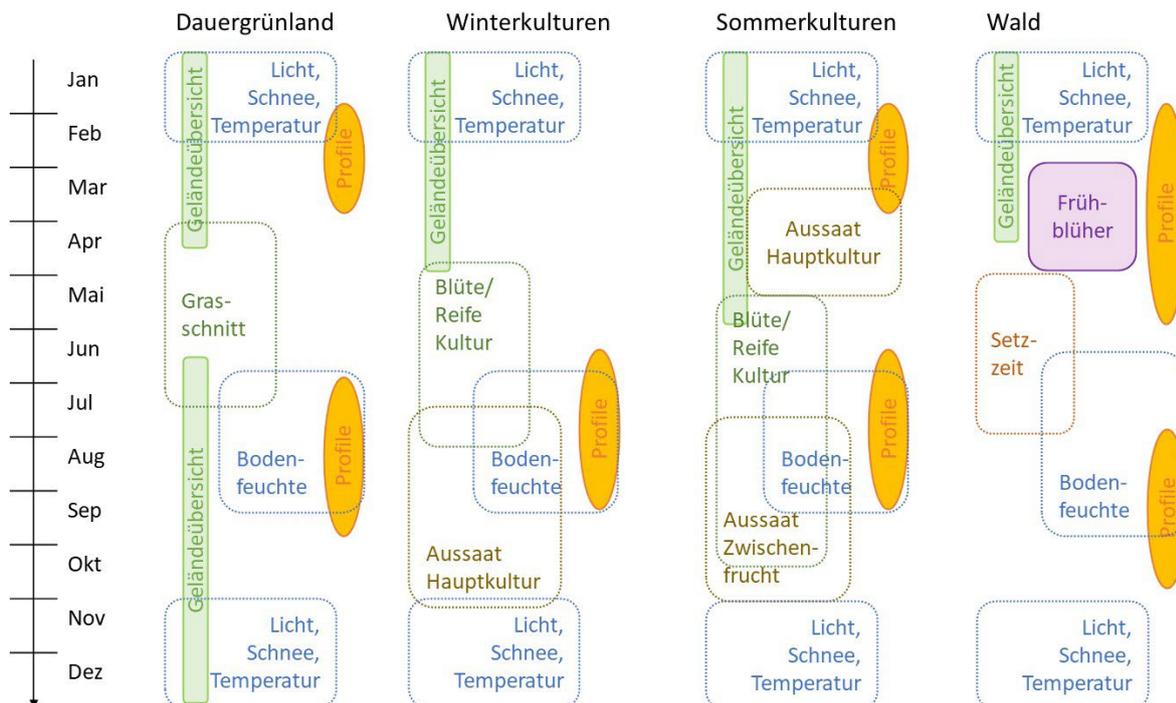


Abbildung 4 : Hilfsgrafik für die Zeitplanung einer Bodenkartierung für verschiedene Vegetationstypen. Ausgezogene Linien kennzeichnen besonders vorteilhafte Zeiträume, gepunktete Linien zeigen potenziell nachteilige Phasen für das Betreten und Sondieren der Flächen mit Handbohrstock. Orange gekennzeichnet sind Phasen, die sich für Profilgruben besonders eignen.

2.5.1 Kartierung im Dauergrünland

Die Kartierarbeiten sind nach der Hauptvegetation durchzuführen, da in dieser Zeit grosse Gebiete begangen und zusammenhängend kartiert werden. Weidezäune sind zu diesem Zeitpunkt bereits weggeräumt.

Bei der Kartierung in Mähwiesen muss insbesondere der Schnittzeitpunkt beachtet werden:

- nicht unmittelbar vor dem ersten Schnitt eine Begehung durchführen (Rücksichtnahme)
- Bei Kartierung allenfalls parzellenweise vorgehen
- Profile nach dem Heuschnitt ansetzen (Schnitttermin der extensiven oder wenig intensiven Wiesen beachten, je nach Höhenlage ist dieser Termin am 15.Juni, 1. oder 15.Juli, (DZV, vom 23.10.2013, Anhang 4)
- Profile allenfalls vor der Vegetationsperiode legen, dann jedoch besonders auf die Vermeidung von Bodenverdichtung achten

2.5.2 Kartierung im Ackerland

Grundsätzlich soll für die Übersichtsbegehung und für die Kartierungen der Beginn oder der Schluss der Hauptvegetationsphase genutzt werden, da bei vielen Kulturen ab einem gewissen Entwicklungsstand die Geländeübersicht fehlt (v.a. Mais, Sonnenblume, Raps) und die Parzelle nur noch in der Fahrgasse (Getreide etc.) oder überhaupt schwierig zugänglich ist (z.B. Buntbrache). Niedrigwachsende Kulturen und Kunstwiesen sind dagegen das ganze Jahr hindurch zugänglich.

Bei Winterkulturen ist für die Profilphase das Zeitfenster zwischen Ernte und Wiederansaat im Sommer nutzbar, wobei dieses je nach Folgekultur kurz sein kann (z.B. bei Winterraps nach Weizen). Bei Sommerkulturen ist für die Profilphase das zusätzliche Zeitfenster im Frühjahr vor der Ansaat nutzbar.

Bei Kunstwiesen müssen die Schnittzeitpunkte beachtet werden. Sie sind gut geeignet für Profile (gut befahrbar, und spätere Unebenheiten werden mit der Bewirtschaftung wieder ausgeglichen).

2.5.3 Kartierung im Wald

Im Wald besteht für den gesamten Kartierprozess eine grössere zeitliche Flexibilität als im Landwirtschaftsgebiet. Einschränkend sind schlechte Lichtverhältnisse im Winter, Sichtbehinderung durch starke Belaubung, erschwerte Begehbarkeit durch Brombeerbewuchs und Trockenheit. Bei der Kartierung zu berücksichtigen sind zudem geplante Holzschläge und Jagdaktivitäten.

- Für das Rekognoszieren und die Flächenkartierung eignet sich das Frühjahr wegen guter Bodenfeuchte, idealer Sichtverhältnisse und Geländeorientierung vor dem Laubaustrieb sowie vorhandenen frühblühenden Zeigerpflanzen am besten.
- Ideale Zeitplanung der fünf Hauptphasen der Kartierung: Vorbereitungsphase im Winter, Konzeptphase mit Rekognoszieren im Frühling, Profilphase Ende Frühling bis Frühsommer, Sommerpause wegen Trockenheit, Kartierphase von Herbst bis darauffolgenden Frühling (mit Pause im Winter), Datenaufbereitung und -kontrolle anschliessend im Sommer.
- Die Profile können im Wald meist während der gesamten Kartierzeit offenbleiben und ermöglichen eine laufende Eichung sowie die Beobachtung der Wasserstände für Präzisierungen des Wasserhaushaltes.

2.5.4 Kartierung in höheren Lagen

In höheren Lagen beeinflussen grosse Hangneigungen, eine kurze Vegetationsperiode und die grosse Variabilität der Böden die Planung der Kartierung erschwerend. Kartierarbeiten sollten im Herbst an höheren Lagen begonnen und talwärts fortgesetzt werden, um frühem Schneefall auszuweichen (v.a. in nordexponierten Lagen).

2.6 Ausschreibung und Vergabe

Die PLA ist zuständig für die Ausschreibung und Vergabe von Kartierprojekten. Vor der Ausarbeitung der Ausschreibungsunterlagen wird, basierend auf der Kostenschätzung, der finanzielle Rahmen für die einzelnen zu beschaffenden Aufgaben bestimmt. Dieser legt bei einer öffentlichen Beschaffung massgeblich die Verfahrensart fest (IVöB, vom 15.11.2019).

Weiter wird festgelegt, welches die Adressaten der Ausschreibung sind, welche Eignungs- und Zuschlagskriterien für diese gelten sollen und ob alle Aufgaben gebündelt oder zeitlich gestaffelt ausgeschrieben werden. Typischerweise werden folgende Aufgaben ausgeschrieben:

- Externe Projektleitung: Zur Auslagerung diverser Aufgaben, z.B. in den Bereichen Kommunikation, Koordination und Grundlagenbeschaffung
- Externe QS: Zur Gewährleistung eines einheitlichen methodischen Vorgehens
- Ausführung Kartierarbeit inkl. Profilaufnahmen und Kartier- und Standardbohrungen
- Laboranalysen

Für Kartierarbeiten geeignet sind Personen mit folgender Ausbildungen

- Gründliche Ausbildung in Bodenkunde und
- «Certificate of Advanced Studies»(CAS) zum Thema Bodenkartierung und
- Aktuelle oder vergangene Begleitung durch eine erfahrene Person im Kartieren während einer längeren Zeit (vgl. Kapitel 5.8.1).

Die Zuschlagskriterien sind abhängig von der Aufgabe und dem Kartierzweck, typischerweise sind aber zumindest folgende dabei:

- Preis
- Erfahrung der beteiligten Fachpersonen
- Aufgabenverständnis
- Zeitliche Verfügbarkeit

Das Ausschreibungsverfahren richtet sich nach dem öffentlichen Beschaffungswesen (vgl. Kapitel 2.3.3). In den Kantonen gibt es dazu jeweils Handbücher, nach denen sich die PLA zu richten hat. Diese decken das ganze Ausschreibungsverfahren ab und werden hier nicht wiedergegeben.

2.7 Beschaffung Grundlagendaten

Die nötigen Grundlagendaten gemäss befinden sich zumeist in der Obhut der kantonalen Dienststellen, die für Geoinformation zuständig sind. Die PLA ist verantwortlich dafür, dass die AK alle Grundlagendaten erhält. Die einzelnen Aufgaben (Auswahl, Beschaffung und Zusammentragen der Daten) können zwischen der PLA und der AK abgesprochen und verteilt werden.

Tabelle 5 listet eine Auswahl von Grundlagendaten auf. Sie ist sortiert nach den Bodenbildungsfaktoren und notwendige Datensätze für die Konzept- und Profilphase sind hervorgehoben. Welche Datensätze darüber hinaus verwendet werden, hängt vom Untersuchungsgebiet ab.

Weitere Datenbezugsquellen neben den kantonalen Dienststellen für Geoinformation sind:

- Grundbuchamt: Eigentumsverhältnisse
- Staatsarchiv: länger zurückliegende Bodeneingriffe, v.a. Meliorationsprojekte (Drainagen, Rodungen)
- Swisstopo: Zeitreise- Kartenwerke
- Armasuisse: Pläne von militärischen Anlagen und Leitungen
- Korporationen, Gemeinde, Grundeigentümer: Drainagen und private Wasserfassungen
- Werke, Netzbetreiber, Gemeinden, Geometer, u.a.: Werkleitungen
- Kompetenzzentrum Boden (KOBO): Terrainableitungen aus DTM
- Landwirtschaftsamt: Bewirtschaftungsverhältnisse
- Forstamt: Waldgesellschaftskarte⁸, Bestandeskarten, Feinerschliessungskarten (unbefestigte Maschinenwege, Rückegassen)
- Schweizerischer OL-Verband, Regionale OL-Verbände: OL-Karten

Besonders aufwändig kann sich die Beschaffung der Werkleitungspläne gestalten (vgl. Kapitel 4.3.1)

⁸ Der Einfachheit halber wird im Text von Waldgesellschaftskarten gesprochen. Gemeint sind primär die Waldgesellschaften nach Ellenberg und Klötzli 1972. Diese liegen in vielen Kantonen als Karte in den Webportalen der Dienststellen für Geoinformation respektive der Forstämter vor. Sie werden in Waldkartierungen oft als Grundlage verwendet. Sekundär, wenn keine Waldgesellschaftskarte vorliegt, werden Karten zu den NaiS Standorttypen und Waldtypen nach Frehner et al. 2009 (NaiS - Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald) verwendet. In Gebieten wo weder die eine noch andere Kartengrundlage besteht, kann der NaiS Standorttyp / Waldtyp gemäss Frehner et al. 2009 bestimmt werden oder bei den Forstämter allenfalls vorhandene Bestandeskarten (= aktuell vorkommende Waldbestand) verwendet werden.

Tabelle 5 : Grundlagendaten für die Bodenkartierung (ergänzt nach Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a; Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich 2015; Brunner et al. 1997). Fettgedruckt sind dabei die Datensätze, die für die Konzept- und Profilphase verwendet werden müssen.

Bodenbildungsfaktor	Daten
Ausgangsmaterial	Geologische Karten (vgl. auch Kapitel 3.3.2), Geotechnische Karten, Rohstoffkarten, Hydrogeologische Karten
Hydrologie/Wasserhaushalt	Grundwasserkarten (Grundwasserschutzareale, Grundwasserschutzzonen, Gewässerschutzbereiche), Wasserfassungen, Hinweiskarte Oberflächenabfluss
Klima	Klimaeignungskarte , Temperaturreihe, Niederschlagsmengen
Relief	Digitales Geländemodell (DTM), Hangneigungskarten, Landeskarte mit Höhenlinien , Reliefschattierung, Exposition, Geomorphologische Karten, detailliertere Kartengrundlagen (z.B. OL-Karten), diverse andere Ableitungen aus dem DTM (vgl. auch Kapitel 3.3.2)
Mensch und Zeit	Siegfriedkarte (v.a. 1880)⁹ , alte/historische Landes und Gewässerkarten, Werkleitungspläne , archäologische Fundstellen , Abbaustellen/Gruben, Terrainveränderungen, Hinweiskarte zu anthropogenen Böden, Kataster der belasteten Standorte , Drainagepläne , Eigentums- und Bewirtschaftungsverhältnisse , amtliche Vermessung
Vegetation	Waldgesellschaftskarte , Bestandeskarten Naturschutzflächen , Waldfeststellung
Verschiedene	Luftbilder/Orthofotos (verschiedener Jahre) für offene Flächen Bodenkarten benachbarter Gebiete, alte Bodenkarten, Profilinformatoren anderer Projekte Satellitenbilder, Infrarotbilder, Bodeneignungskarte, Ertragskarten, FFF-Karten, Bodenpunktarten Feinerschliessungskarten (Maschinenwege, Rückegassenplan)

2.8 Startsituation

Ob und in welcher Art eine Startsituation durchgeführt wird, liegt im Ermessen der PLA. Je mehr Beteiligte an einem Kartierprojekt beteiligt sind, desto sinnvoller ist eine gemeinsame Sitzung zur Koordination der Arbeitsabläufe zu Projektbeginn. Die Startsituation erfüllt vor allem folgende Zwecke:

- Gegenseitiges Kennenlernen der Beteiligten
- Abgabe von analogen Grundlagen, Hilfsmitteln
- Erläuterung des QS-Vorgehens
- Definitive Terminfestlegung

⁹ Die Siegfriedkarten werden v.a. dazu verwendet, ehemalige Feucht- und Waldflächen, Strassen und Gebäude zu identifizieren. Für Waldflächen sind die Siegfriedkarten erforderlich, um Flächen zu identifizieren, auf denen früher Landwirtschaft betrieben wurde.

3 Konzeptphase

3.1 Übersicht Arbeitsschritte in der Konzeptphase

Die gesamte Konzeptphase stellt ein iterativer Lern- und Abstraktionsprozess dar, an dessen Ende sich die Kartierenden ein vertieftes Verständnis über die Bodenbildung im Untersuchungsgebiet erarbeitet haben.

Abbildung fasst die Arbeitsschritte in der Konzeptphase zusammen. Es handelt sich dabei um ein Standardvorgehen. Es wird grundsätzlich eingehalten, ausser die Art, Grösse und Lage des Perimeters erlauben ein vereinfachtes Vorgehen:

- Bei Perimetern mit homogenen pedogenetischen Eigenschaften
- Bei kleinen Projektperimetern
- Bei Projektperimetern, die direkt an ein bereits kartiertes und gut bekanntes Gebiet mit vergleichbarer Bodenbildung angrenzen

Ob ein vereinfachtes Vorgehen auf Grund der genannten Perimereigenschaften angebracht ist, entscheidet die PLA. Sie legt allfällige Abweichungen vom Vorgehen im PHB fest.

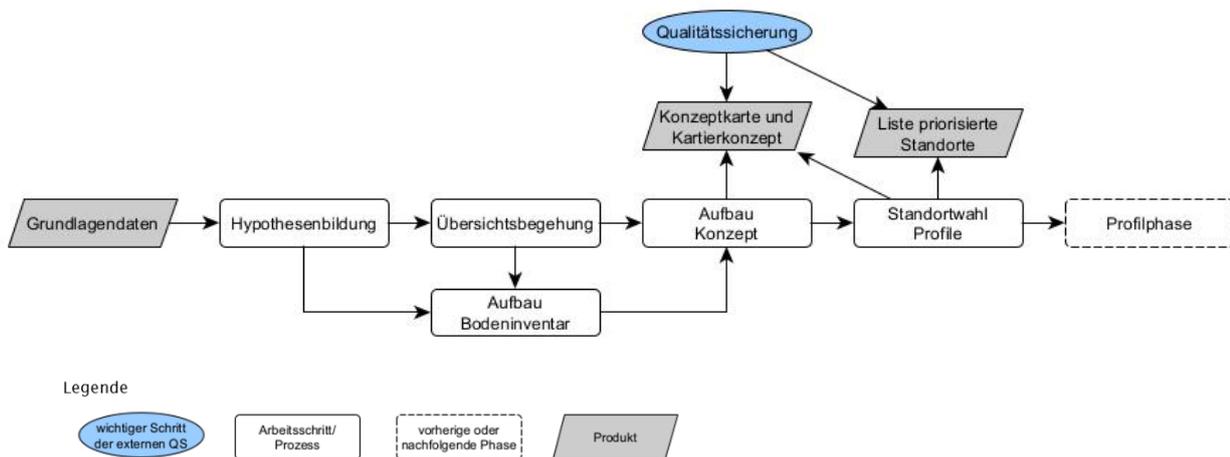


Abbildung : Ablauf der Konzeptphase

3.2 Zweck der Konzeptphase

Der Zweck der Konzeptphase sowie das Vorgehen sind massgeblich vom Zweck der Kartierung bestimmt. Für Kartierungen dient die Konzeptphase:

- der Übersicht über geographische, pedologische und morphologische Verhältnisse im Perimeter
- dem Verständnis, wie sich das Zusammenspiel der Bodenbildungsfaktoren im Perimeter in lokalen Bodenformen (vgl. Glossar) äussert
- der Einarbeitung der Kartierenden für die nachfolgende Profilphase und Flächenkartierung
- der Wahl von Profilstandorten (Erstellen eines Bodeninventars, vgl. Kap 3.4.3)
- der Vorgliederung des Gebiets aufgrund der Grundlagendaten (z.B. nach Hangneigung)
- der Weitergabe von gebietspezifischen Erkenntnissen aus der Rekognoszierungsphase an die Kartierenden (z.B. anthropogene Einflüsse, Informationen aus Gesprächen mit Bewirtschaftern, Bodenfeuchteverhältnisse, Wasserabfluss etc.)

3.3 Studium der Grundlagen

Das Studium der Grundlagen, das heisst die eingehende Beschäftigung mit den vorhandenen Daten und Dokumenten, kann mehrere Arbeitsschritte beinhalten. Diese werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert. Die Schritte verlaufen nicht stur in dieser Reihenfolge, sondern meist parallel

und sich ergänzend. Beispielsweise wird manchmal erst durch die Sichtung der Daten klar, welche Informationen noch beschafft werden müssen.

3.3.1 Aufbereitung der Grundlagendaten

Falls einzelne in Tabelle 5 aufgelisteten (Geo)Daten noch nicht zur Verfügung stehen, werden sie nachträglich beschafft. Gleiches gilt für weitere Dokumente wie Fotos, Berichte, wissenschaftliche Publikationen etc. Bei gewissen Grundlagen kann eine Aufbereitung¹⁰ nötig sein. Bei der Aufbereitung und der Beschaffung von Geodaten ist es wichtig, jeweils etwas über den Perimeterrand hinauszugehen, weil gewisse Prozesse der Bodenbildung von Gebieten ausserhalb des Perimeters beeinflusst sein können. Es ist zum Beispiel auch möglich, dass ein Teil des Untersuchungsgebiets über ein Wegnetz ausserhalb des Perimeters erschlossen ist. Diese Information sollte auf den Übersichtsplänen ersichtlich sein.

3.3.2 Abgeleitete Datenprodukte

Typischerweise erfahren zwei Datensätze noch weitere Prozessierungen: Das DTM und die geologische Karte.

Digitales Geländemodell (DTM)

Falls Ableitungen aus dem DTM nicht bereits zur Verfügung stehen (siehe Kapitel 2.7), werden diese erzeugt. Dazu gehören:

- Hangneigung: Klassiert nach Geländeformen und bei Bedarf nach FFF-Kriterien
- Höhenlinien: Je nach Hangneigung im Gebiet und Massstab bieten sich Äquidistanzen von 5m bis 0.5m an
- Reliefschattierung (Hillshade): Diese eignet sich besonders gut, um markante Geländeelemente oder anthropogene Eingriffe zu identifizieren (z.B. alte Abbaustellen, die auf keinem Übersichtsplan verzeichnet sind)
- Mikrorelief: Durch Subtraktion unterschiedlich geglätteter DTM können feinste Reliefunterschiede im flachen Gelände dargestellt werden, z.B. Altarme im Alluvium
- Hydrologische Ableitungen: Je nach Gebiet können z.B. die Fliessakkumulation oder der Wetness Index nützliche Zusatzinformation liefern

Besonders wertvoll sind dabei die ersten zwei genannten Ableitungen.

Geologische Karten

Die geologischen Karten erfahren keine Prozessierung im eigentlichen Sinn, sondern eine Neuklassierung. Dazu wird in der Legende eine neue Spalte erzeugt, in der die geologischen Einheiten in Ausgangsmaterialien nach Datenschlüssel übersetzt werden. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn ein Gebiet mehrere geologische Kartenblätter überlagert, die jeweils eigene Legenden haben. Zusätzlich kann eine weitere Spalte mit (vermuteten) Materialeigenschaften angelegt werden. Dabei muss aber unbedingt berücksichtigt werden, dass die geologischen Karten kaum Angaben zur pedologisch besonders interessanten Deckschicht enthalten.

3.3.3 Sichtung und Auswahl

Liegen alle Informationen in der gewünschten Form vor, werden sie gesichtet und eine Vorauswahl für die Konzeptkarte getroffen. Die Sichtung und Auswahl erfolgen in einem GIS, welches das Einlesen, Verändern und Darstellen sowohl von Vektor- als auch von Rasterdaten erlaubt, und zwar von mehreren Datensätzen gleichzeitig. Ausgewählt werden im Hinblick auf die Profilphase zwei Sorten von Datensätzen:

- Datensätze, die relevante Informationen zu den bodenbildenden Faktoren im Untersuchungsgebiet liefern
- Datensätze, die relevante Informationen zu den bevorstehenden Grabarbeiten liefern (typische Beispiele: Gewässerschutz, archäologische Zonen)

Bei der Interpretation der Daten muss der Massstab berücksichtigt werden: Grundlagen mit kleinerem Massstab als der Zielmassstab der Kartierung dürfen nicht vorbehaltlos vergrössert werden.

¹⁰ Aufbereitung bedeutet hier, dass diese Daten in ein GIS-taugliches Format und auf der Konzeptkarte sinnvoll darstellbare Form gebracht werden. Beispiel: analoge Elemente wie alte Wasserläufe müssen ab Siegfriedkarten digitalisiert werden.

3.3.4 Spezialfall: Gebiete mit vorhandenen Bodendaten

Liegen in einem Gebiet bereits Bodendaten oder gar Bodenkarten vor, fliessen diese prioritär in die Konzeptbildung mit ein. Beispielsweise kann eine bestehende Bodenkarte im Massstab 1:25'000 direkt als Basis einer Konzeptkarte für die Kartierung im Massstab 1:5'000 dienen. Bestehende Bodendaten umfassen unter anderem:

- Bestehende Bodenkarten mit den dazugehörigen Profilinformatoren und Berichten
- Profile der nationalen und kantonalen Bodenbeobachtung
- Bodendaten und -gutachten im Zusammenhang mit Bauprojekten

3.4 Hypothesenbildung als Konzeptgrundlage

3.4.1 Die Bildung von Hypothesen und Konzepteinheiten

Ausgehend vom Zweck der Kartierung und basierend auf den vorhandenen Grundlagendaten werden Hypothesen gebildet, welche Bodeneinheiten (vgl. Glossar) im Gebiet zu erwarten sind (Soil Science Division Staff et al. 2017, S.237). Die Hypothesenbildung geschieht grossräumig: Es werden grössere Landschaftsformen voneinander abgetrennt, das Kleinrelief spielt eine untergeordnete Rolle. Basierend auf Geologie, Gelände und weiteren Bodenbildungsfaktoren wird das Gebiet in Konzepteinheiten eingeteilt. Das heisst, es werden Gebiete zusammengefasst, von denen man annimmt, dass sie pedogenetisch homogen oder zumindest zusammengehörig sind (-> Konzepteinheiten sind Flächen mit einheitlichem «Wirkungsgefüge», z.B. in Bezug auf Ausgangsmaterial und Morphologie (Ad-hoc Arbeitsgruppe Boden 2005, S.28). Die Hypothesen sind Annahmen über die Grösse und Anzahl der Konzepteinheiten eines Gebiets. Die Bildung von Konzepteinheiten erfolgt gutachterlich durch die Kartierenden und kann im weiteren Verlauf der Konzeptphase angepasst werden. Sie ist Teil eines anhaltenden Lernprozesses der Kartierenden im Untersuchungsgebiet. Die konkrete schriftliche und grafische Umsetzung sowie die verwendeten technischen Hilfsmittel sind dabei nicht vorgegeben. Möglich und kombinierbar sind:

- Handskizze
- Verschneidung von Grundlagendaten in GIS
- Geostatistische Auswertungen

Weitere Informationen und Beispiele zur Hypothesenbildung sind im Anhang 1 zu finden.

3.4.2 Übersichtsbegehung

Bei der anschliessenden Übersichtbegehung werden die Hypothesen gezielt mit Rekognoszierungsbohrungen getestet, wobei besonders auf neue oder unerwartete Bodenformen geachtet wird. So wird in Erfahrung gebracht,

- a) wie sich bestimmte Kombinationen von Bodenbildungsfaktoren im Erscheinungsbild des Bodens vor Ort äussern und
- b) welches die im betrachteten Untersuchungsgebiet besonders relevanten Bodenbildungsfaktoren sind.

Die Bodenbildungsfaktoren Ausgangsmaterial und Relief gehören bei der Betrachtung immer dazu (ergänzt nach Blume et al. 2011, S. 4 und S. 64):

- Die Hypothesen bezüglich Relief werden überprüft und verfeinert. So wird das Gelände bereits in Landschaftselemente oder wo möglich in Geländeformen gegliedert. Gerade Kleinstformen, die auf topographischen Karten nicht dargestellt sind, können deutliche Bodenunterschiede aufweisen oder selbst eine Folge der Bodenbildung sein.
- Aufschlüsse wie Steinbrüche, Kiesgruben, Böschungen, Windwurfflächen mit gekippten Wurzelstöcken oder auch Lesesteinhaufen geben wertvolle Hinweise zur Art des Ausgangsmaterials und zum Skelettgehalt im Perimeter.

Die Übersichtsbegehung bietet zusätzlich eine erste Gelegenheit, mit Landwirtinnen und Förstern vor Ort in Kontakt zu kommen und Fragen zum Jahresgang zu stellen und so einen Eindruck vom Gebiet zu erhalten, der über die Momentaufnahme am Tag der Übersichtsbegehung hinausgeht (vergleiche auch Legros 1996, S. 138f).

Weitere Informationen und Beispiele zur Übersichtsbegehung sind im Anhang 1 zu finden.

Platzierung und Erfassung von Rekognoszierungsbohrungen

Bei der Platzierung von Rekognoszierungsbohrungen wird ein besonderes Augenmerk auf die Eignung eines Standorts für ein Bodenprofil oder eine maschinelle Bohrung gelegt. Es werden etwa zwei- bis dreimal so viele Rekognoszierungsbohrungen gemacht wie später Basisprofile angelegt werden (Anzahl Basisprofile siehe Kapitel 3.6.2). Aufgrund der Rekognoszierungsbohrungen werden Profilstandorte bestimmt und priorisiert. (Mögliche Ersatzstandorte und Angaben zur anstehenden Kultur können das weitere Vorgehen vereinfachen.) Für die Erfassung der Rekognoszierungsbohrungen gibt es mehrere gleichwertige Erfassungsvarianten, aus welchen die Kartierenden auswählen können:

- auf eigens erstellten Plänen
- auf den Feldplänen
- vollständig digital
- eine Kombination der oben genannten Möglichkeiten

Die Liste der Rekognoszierungsbohrungen wird von der AK an die externe QS abgegeben.

Vor- und Nachteile der Erfassungsvarianten und weitere Hinweise finden sich in Anhang 1

3.4.3 Entwicklung Bodeninventar

Das Bodeninventar wird während der Übersichtsbegehung angelegt und im weiteren Verlauf des Kartierprojekts erweitert. Es beschreibt das im Untersuchungsgebiet vorkommende Bodenspektrum respektive die Gesamtheit der in einem Untersuchungsgebiet vorkommenden Bodenformen. (vgl. Glossar). Das Bodeninventar ist ein Arbeitsinstrument der Kartierenden für die:

- Auswahl und Begründung von Profilstandorten (Vergleiche Abbildung 5)
- Plausibilitätsprüfung von Bohrungen in der Kartierphase (siehe Tabelle 11)

Am Ende der Konzeptphase wird das Bodeninventar in verkürzter Form zur Begründung der Basisprofilstandorte an die externe QS abgegeben. Dazu werden mehrere Einträge des Bodeninventars nach Konzepteinheiten gruppiert. Das fiktive Beispiel in Abbildung 5 zeigt eine verkürzte Form des Bodeninventars, bei welcher mehrere Bodenformen nach Konzepteinheiten gruppiert werden. Die Nummern der Rekognoszierungsbohrungen, die sich als Basisprofilstandort eignen, sind aufgelistet. Bevorzugte Standorte sind fettgedruckt. Zusätzlich werden Angaben zur flächenmässigen Relevanz der Konzepteinheit im Untersuchungsgebiet gemacht.

Bodenform	Konzepteinheit	Rekognoszierungsbohrung und Priorität	Relevanz für Kartiergebiet
tV, wW	Alluvium (AL), Schotter (SC) am See	7, 9, 10	hoch
bB, kB, IB	Alluvium (AL) und Kolluvium (KO) in Grundmoränenlandschaft	12, 24	mittel
gB, oY	Drumlin in (Grund-)Moräne	2, 6, 14 , 26, 27 , 32	hoch
fB, IB	Grundmoräne	15, 16, 18, 34	hoch
IB, tV	kolluviale Muldenlagen in der Moräne	3 , 21, 22 , 33	mittel
gB, fB, bB, IB	Grundmoräne auf Molasse	1, 36 , 39, 42	hoch
gB, fB, bB, kB	Moräne über Molasse in Hanglage	4 , 5, 17, 19 , 20, 28, 30 , 31	hoch
fB, IB, kB	Moräne in Hanglage	8, 11 , 37, 38 , 40, 41	hoch
cB	Sandstein	13 , 25	gering
gO	Moränenwall	23, 43	gering
fB	Rundhöcker	29 , 35	gering

Abbildung 5 : Fiktives Beispiel einer Liste mit Standortvorschlägen für Basisprofile. Fett gedruckte Nummern bezeichnen Rekognoszierungsbohrungen, die sich als Basisprofilstandort eignen.

Mit der Standortwahl der Basisprofile wird versucht, das ganze Bodeninventar abzudecken (Brunner et al. 1997, Abschnitt 7.1-1). Die Standortwahl der Basisprofile wird in Kapitel 4.3 genauer erläutert.

3.5 Konzeptentwicklung

3.5.1 Kartierkonzept

Die Erkenntnisse des Grundlagenstudiums und der Übersichtsbegehung werden zum Kartierkonzept zusammengefügt (gedanklich oder schriftlich). Das Kartierkonzept ist eine Hypothesensammlung zu Bodenformen und Bodenbildung im Untersuchungsperimeter. Es stellt die Grundlage für die Flächenkartierung dar, die die Kartierenden beim Kartierstart kennen müssen. Das Kartierkonzept kann in Form eines Berichtes schriftlich festgehalten werden und erleichtert so den Informationstransfer zwischen den Akteuren in einem Kartierprojekt. Insbesondere:

- Bei grossflächigen Projekten mit vielen beteiligten Kartierenden
- Bei grösserem zeitlichem Abstand zwischen Konzept- und Profil- oder Kartierphase
- Bei personell getrennten Teams in der Konzept-, Profil- und Kartierphase
- Beim Austausch zwischen externer QS und / oder PLA

Im Kartierkonzept können folgende Punkte behandelt werden:

- Massgebliche Grundlagen der Bodenbildung (Ausgangsmaterial, Relief, Klima, Vegetation, Dauer der Bodenbildung, Hydrologie)
- Massgebliche anthropogene Einflüsse
- Beschreibung Bodeninventar (oder Auszüge davon) und dessen räumliche Verteilung
- Spezielle Ausprägungen der Böden, gebietsspezifische Besonderheiten
- Projektspezifische Grundlagen
- Projektspezifische Anforderungen

3.5.2 Erstellen der Konzeptkarte

Die Konzeptkarte ist ein kartographischer Ausdruck des Kartierkonzepts, in der die Rekognoszierungsbohrungen (vgl. Glossar) und priorisierte Standorte für Profilgruben dargestellt werden. Letztere werden aus den Rekognoszierungsbohrungen abgeleitet. Die Konzeptkarte stellt das Kartierkonzept in stark vereinfachter Form dar, weil aus Gründen der Lesbarkeit nicht alle Aspekte integriert werden. Die Beschaffenheit des Gebiets ist ausschlaggebend für die Darstellbarkeit auf der Konzeptkarte. Demzufolge lässt sich hier keine einheitliche Darstellungsform für Konzeptkarten festlegen. Zwei Beispiele sind im Anhang 1 zu finden. Typischerweise enthält die Konzeptkarte aber mindestens folgende Elemente:

- Rekognoszierungsbohrungen mit Kennzeichnung ihrer Eignung als Basisprofilstandort
- Auf Basis der Hypothesen abgegrenzte Flächen, z.B. Konzepteinheiten.
- Einschränkungen bei der Standortwahl von Basisprofilen (siehe Abschnitt 4.3)
- Gliederung / Einfärbung nach erwartetem Wasserhaushalt und geschätzter Pflanzennutzbaren Gründigkeit (gemäss Erkenntnissen der Übersichtsbegehung)

Wird die Konzeptkarte gedruckt, können aus Gründen der Übersichtlichkeit mehr als eine Karte mit unterschiedlichem Inhalt hergestellt werden. Der Massstab der Konzeptkarte ist dabei kleiner als derjenige der angestrebten Bodenkarte. Für eine Bodenkarte im Massstab 1:5'000 werden normalerweise Konzeptkarten im Massstab 1:10'000 bis 1:15'000 angefertigt. In digitaler Form lassen sich alle Informationen in der gleichen Karte darstellen, wobei sich auch hier die Gruppierung von Datenlayern empfiehlt.

Die Konzeptkarte dient sowohl teamintern und parallel arbeitenden Teams in benachbarten Gebieten, als auch gegenüber der QS-Person als Diskussionsgrundlage für das Kartierkonzept und zur Plausibilitätsprüfung von Basisprofilstandorten (AfU Solothurn 2020, S. 3). Sie ist eine wichtige Grundlage für die Flächenkartierung (Brunner et al. 1997, Abschnitt 6.2-1). Gewisse gesicherte Informationen aus der Konzeptkarte (Bohrungsstandorte, Ausdehnung von anthropogenen Flächen, bekannte Nasstellen etc.) können direkt auf die Feldkarte der Flächenkartierung übertragen werden.

3.6 Provisorische Standortwahl von Basisprofilen

Der Zweck und die Definition von Basisprofilen sind im Kapitel 4.4.1 erläutert.

3.6.1 Auswahlkriterien für Standorte von Basisprofilen

Die Basisprofile sollen alle im Kartierperimeter vorkommenden Bodenformen repräsentieren (Brunner et al. 1997, Kapitel 7.1). Konkret bedeutet das, dass bei der Standortwahl zwischen folgenden zwei Zielen abgewogen werden muss:

- Flächenrepräsentativität: Die Profile sollen repräsentativ sein für die Böden, die im Untersuchungsgebiet flächenmässig am bedeutendsten sind (in erster Linie bezüglich Konzepteinheiten und Bodenformen, nachgeordnet auch nach anderen Bodenmerkmalen)
- Repräsentation des Bodeninventars: Die Basisprofile sollen, wenn möglich das gesamte, im Gebiet vorkommende Bodeninventar aufzeigen. Daher werden auch gezielt Profile an Extremstandorten ausgewählt, welche die Ränder des Spektrums markieren.

Weiterführende Auswahlkriterien sind im Anhang 1 zu finden.

3.6.2 Dichte der Basisprofile im Gebiet

Grundsätzlich gilt für Massstäbe bis 1:10'000, dass alle 10 bis 15 ha ein Basisprofil angelegt wird (entspricht einer Dichte von 10-7 Profilen pro 100 ha). Für Massstäbe bis 1:25'000 benötigt es ein Basisprofil alle 100-150 ha (d.h. 1-0.7 Profile pro 100 ha) (Brunner et al. 1997, Kapitel 7.1-2). Wenn ein Kartiergebiet besonders gross ist und / oder pedogenetisch homogen ausfällt und wenn dabei Basisprofile gefunden werden, die besonders flächenrepräsentativ und / oder repräsentativ für das Bodeninventar sind, kann von diesen Vorgaben abgewichen werden.

3.6.3 Arbeitsablauf der provisorischen Standortwahl

Die Kartierperson wählt die Standorte aufgrund der ihr zur Verfügung stehenden Informationen insbesondere aus der Übersichtsbegehung. Wenn Standorte nicht geeignet sind, wird aus den weiteren Vorschlägen der Übersichtsbegehung (Rekognoszierungsbohrungen, vgl. Kapitel 3.4.2) ein Ersatzstandort festgelegt.

Sind mehrere Personen an der Standortauswahl beteiligt ist ein Abgleich (interne QS) nötig. Dies insbesondere, wenn diese Personen selbstständig Teilgebiete bearbeiten. Auch ein Abgleich mit Nachbargebieten oder angrenzenden früheren Kartierungen ist sinnvoll. Die getroffene Auswahl wird dann durch die externe QS beurteilt und allenfalls korrigiert (vgl. Kap. 3.7). Stehen die Werkleitungspläne der Kartierperson bereits in der Konzeptphase zur Verfügung, werden diese frühzeitig bei der Standortwahl berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.3.1). Erst danach ist klar, für welche Standorte Kontakt mit den Bewirtschafterinnen und Bewirtschaftern aufgenommen wird (vgl. Kap. 4.3.2).

3.7 Hinweise zur Qualitätssicherung

3.7.1 Interne Qualitätssicherung

Sind verschiedene Personen unabhängig voneinander an der Erhebung der Rekognoszierungsbohrungen beteiligt, so stellt die interne QS sicher, dass deren Bodenansprachen untereinander vergleichbar und mit dem Kartierkonzept im Einklang sind. Deutliche Abweichungen werden geprüft und gegebenenfalls korrigiert. Ausserdem gewährleistet die interne QS die Vollständigkeit der Produkte, die an die externe QS übergeben werden.

3.7.2 Externe Qualitätssicherung

Das schriftliche Kartierkonzept, die Konzeptkarte und die Auswahl und Priorisierung der potenziellen Basisprofilstandorte werden von der externen QS auf Plausibilität geprüft und beurteilt. Die Prüfung umfasst insbesondere:

- Verteilung der Basisprofile über den Losperimeter (die Qualität der Kartierung nimmt ab, wenn in grösseren Bereichen kein Basisprofil als Referenz vorliegt und nur mit Analogieschlüssen gearbeitet werden muss)

- Koordination benachbarter Lose inkl. losübergreifender gegenseitiger Abdeckung der zu erwartenden Bodenformen
- Erfüllung der projektspezifischen Auswahlkriterien

Die PLA regelt die Anforderungen an die QS und die AK:

- Sie bestimmt die Arbeitsschritte bezüglich Konzept und Standortwahl der Basisprofile
- Sie stellt mittels PHB Hilfsmittel wie Checklisten und Formulare zur Verfügung (Beispiel: Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, S. 35f)

4 Profilphase

4.1 Profilphase im Projektablauf

Bei der zeitlichen Planung der Profilphase gibt es drei Möglichkeiten, die im Folgenden erläutert werden. Beim Entscheid der Ausgestaltung der Profilphase spielen die Überlegungen zur Zeitplanung in Bezug auf die Bewirtschaftung (siehe Kapitel 0) und auch die im Folgenden aufgelisteten Kriterien eine Rolle.

4.1.1 Standardvorgehen

Normalerweise und sobald mehrere Kartierende beteiligt sind, findet die Profilphase zwischen Konzept- und Kartierphase statt. Damit kann ein möglichst einheitliches Vorgehen bei der Bodenbeschreibung zwischen den involvierten Kartierenden sichergestellt werden, bevor diese mit der Kartierphase starten. Es gibt zwei mögliche Alternativen zu diesem Vorgehen, bei denen die Profilphasen teilweise während oder nach der Kartierphase stattfinden.

Die Beschreibungen der Kapitel 4.2 bis 4.7 sind auf das Standardvorgehen ausgerichtet.

4.1.2 Zweigeteilte Profilphase

Die zweigeteilte Profilphase eignet sich vor allem bei grossflächigen Kartierprojekten und/oder in sehr komplexen Gebieten. Damit sind Gebiete gemeint, in denen eine grosse Vielfalt und Heterogenität der Böden vorliegen und darum die übliche Dichte an Rekognoszierungsbohrungen in der Konzeptphase nicht ausreicht, um einen ausreichenden Gebietsüberblick zu gewinnen. Bei der zweigeteilten Variante wird ein Teil der Profile vor und ein zweiter Teil während der Kartierphase angelegt. (Als Beispiel dient Amt für Umwelt des Kantons Solothurn 2020).

Vorteile:

- Eine sehr grosse Zahl von Profilen lässt sich so besser bewältigen (siehe dazu auch Abschnitt 4.3.3)
- Im Verlauf der Kartierung gegenüber der Konzeptphase neu gewonnene Erkenntnisse über die Bodenverhältnisse im Gebiet lassen sich so optimal aufnehmen
- Ein grundlegender methodischer Abgleich ist zu Beginn der Kartierphase vorhanden

Nachteile:

- der leicht erhöhte Aufwand (fast alle Arbeitsschritte der Profilphase werden zweimal durchgeführt)
- ein gewisser Verlust an Fokus der beteiligten Kartier- und QS-Fachpersonen (es wird parallel an verschiedenen Aufgaben gearbeitet)

4.1.3 Nachgelagerte Profilphase

Die nachgelagerte Profilphase wurde teilweise bei der Kartierung der Waadtländer Weinberge (Murisier und Briguet 2004) im Massstab 1:15'000 angewendet und eignet sich ansonsten auch für kleinflächige Kartierungen mit stark reduzierter Konzeptphase und nur einer oder sehr wenigen Kartierpersonen. Typische Beispiele dafür sind Kartierungen im Zusammenhang mit Bauprojekten. Für eine Ausgangszustandserhebung oder die Beurteilung einer Rekultivierung wird lediglich das Grundlagenstudium durchgeführt. Statt einer Übersichtsbegehung wird direkt kartiert. Die Profilgruben werden erst gegen Ende oder sogar nach Abschluss an für das Projekt besonders relevanten Stellen geöffnet.

Vorteile:

- Schnelle Projektabwicklung möglich
- Hohe zeitliche Flexibilität

Nachteile:

- Es besteht kein grundlegender methodischer Abgleich zu Beginn der Kartierphase. Das führt zu nachträglicher Korrektur von Bodeneinheiten aufgrund von Befunden aus den Profilen
- Unsicherheiten bei der Ansprache von Bohrungen, da es keine Abstützung auf Profilinformatoren gibt (keine Eichung an Laborwerten)

4.2 Übersicht Arbeitsschritte in der Profilphase

In der Konzeptphase wurden die potenziellen Standorte für die Basisprofile ausgewählt. In der Profilphase folgen alle Schritte zur definitiven Standortfestlegung, Profilöffnung bis zur Profilschliessung. Die Profilsprache und der Profileichtag sind wichtige Meilensteine und werden eng durch die interne und externe QS begleitet (vgl. Abbildung 6). Anschliessend an die Profilphase beginnt die Kartierphase (siehe Kapitel 5).

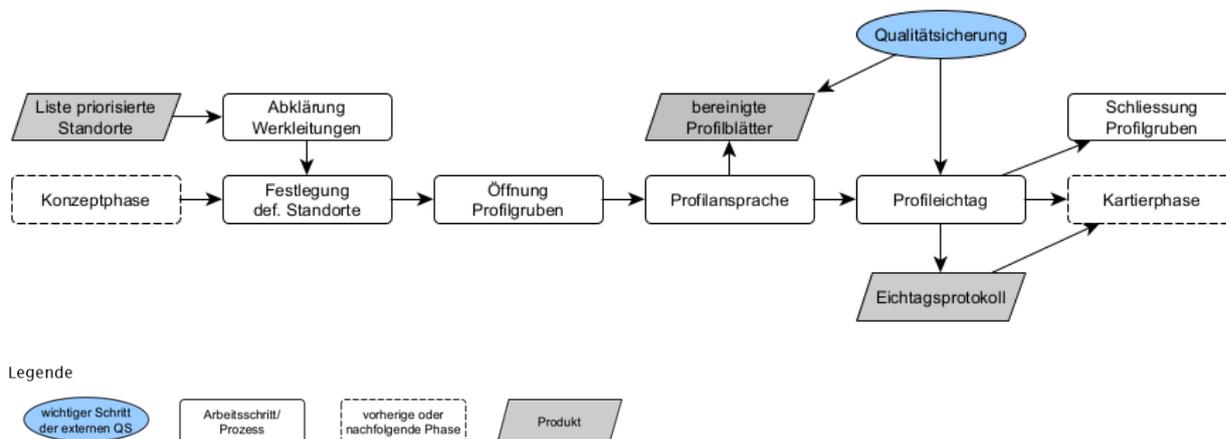


Abbildung 6 : Ablauf der Profilphase (Standardvorgehen)

4.3 Definitive Standortfestlegung der Basisprofile

4.3.1 Werkleitungserhebung

Eine Abklärung zum Verlauf von Werkleitungen ist für die definitive Standortfestlegung der Basisprofile zwingend vorzunehmen. Zu prüfen sind die Verläufe der Leitungsarten gemäss Tabelle 6 (Tabelle inkl. Bezugsquellen). Die Werkleitungsprüfung wird entweder von der PLA oder der AK durchgeführt (Festzulegen im Projekthandbuch).

Hinweis: Es werden meist nur die potenziellen Profilstandorte nach Abschluss der Konzeptphase geprüft, da die Beschaffung, Prüfung und Verteilung der Werkleitungsinformationen an die Kartierenden aufwändig sind.

Tabelle 6 : Liste möglicher Werkleitungen und deren Bezugsquelle (nach Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, S. 35). Primäre Bezugsquelle ist jeweils die Betreiberin oder der Betreiber der Infrastruktur

Werkleitung	Datenbezug
(Ab-)Wasser	Gemeinde
Gashoch- und mitteldruckleitungen	Übersicht bei Swissgas, regionale Netzbetreiber
Elektrizität	regionale Elektrizitätswerke, Gemeinde, Vereine, Armasuisse, Swissgrid
Telekommunikation (Kabel)	Nationale und regionale Netzbetreiber, Armasuisse
Fernwärme	Gemeinde
Drainagen	Staatsarchiv, Korporationen, Gemeinden, Grundeigentümer, kantonale Meliorationsbehörden
militärische Leitungen	Armasuisse
Weitere private Leitungen (z.B. Gülle, Wasser)	Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer

4.3.2 Standortabsprache mit Bewirtschaftung

Vor der Profilöffnung muss bei den betroffenen Personen (Bewirtschaftung und evtl. Grundeigentum) eine Zusage für den definitiven Standort der Profilgrube eingeholt werden. Dazu können folgende Arbeitsschritte ausgeführt werden:

- Mündliche Absprache (Telefonisch/Vor Ort)
- Zustellung Plan mit Markierung der geplanten Profilstelle im Gelände
- Begehung

Es werden folgende Punkte erklärt oder besprochen:

- Standort des Profils
- Zeitpunkt und Ablauf der Profilöffnung
- Dimensionierung der Grube
- Absicherung der Grube
- Aufwandvergütung (Im Wald gibt es keine Aufwandvergütung)
- Zeitpunkt und Ablauf der Profilschliessung
- Folgebewirtschaftung (z.B. Saatmischung)

4.3.3 Organisation der Profilöffnung

Die Planung der Profilphase ist aufgrund folgender Faktoren anspruchsvoll und aufwändig:

- Koordination von sehr vielen Akteuren
- Eingeschränkte Wahl eines geeigneten Zeitfensters im Jahresverlauf (vgl. Kapitel 0)
- Zeitdruck bei der Durchführung (Wetterabhängigkeit, optimale Auslastung des Aushubunternehmens, Terminabsprachen mit BewirtschafterInnen)
- Zeitnahe Ansprache der Profile und Besichtigung der QS

Weitere Hinweise zur Organisation der Profilöffnung sind im Anhang 1 zu finden.

4.4 Öffnung der Profilgruben

4.4.1 Basisprofile

Als «Basisprofile» werden diejenigen Bodenprofile verstanden, die als Referenzböden einer Bodenkartierung und zur Eichung der Kartierenden dienen (s.a. Glossar). Eine Bodenkartierung kann ohne sorgfältig erhobenen Basisprofile keine ausreichende Qualität erreichen, denn sie bilden das fachlich tragende Gerüst.

Für die Beschreibung eines Basisprofils sind Profilgruben am besten geeignet. Ersatzweise können Bohrungen und Bohrkerne verwendet werden, wobei diese einen so grossen Querschnitt wie möglich haben sollten (Blume et al. 2011, S. 5f). Der Ersatz einer Profilgrube durch eine andere Aufschlussart ist nur mit Begründung zulässig, da nur die Profilgrube oder andere möglichst dreidimensionale Aufschlüsse (wie Böschungen, Kiesgruben) die vollständige Bodenbeschreibung erlauben. Die Tabelle 3 im Anhang 1 vergleicht die Ansprache von Bodeneigenschaften an einer Profilgrube mit alternativen Arten eines Aufschlusses.

4.4.2 Ausführung

Die Profilgrube (vgl. Abbildung 7) ist mindestens 60cm breit und etwa eineinhalb Mal so lang wie tief anzulegen, mit Treppenstufen für den Ein- und Ausstieg. Wenn möglich soll bis zu einer Tiefe von 1.6m gegraben werden, um eine Ansprache der relevanten 1.5m Bodenraum durchführen zu können. In Hanglagen wird die Profilgrube entlang der Falllinie ausgerichtet, die Stirnwand liegt bergseitig. Im ebenen Gelände ist die Profilgrube nach Norden oder Süden ausgerichtet (Blume et al. 2011, S. 6) vgl. Auch weitere Hinweise in Anhang 1). Der Aushub wird durch ein Mitglied der AK begleitet (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, S. 31). Um Flurschäden oder andere Schäden zu vermeiden, ist gemäss den aktuellen Bodenschutzvorschriften und weiteren Vorgaben vorzugehen (vgl. Kapitel 2.3.3):

- die Arbeit nur bei genügend abgetrocknetem Boden ausführen
- Die Bodenschichten sind gesondert zu lagern und bei Profilschliessung schichtgerecht wieder einzufüllen

- 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.
- Die Profilgruben werden mit Absperrband (Baustellenband (extrastark)- markiert und mit einer Informationstafel beschriftet.

Weitere Details zur Ausführung von Profilgruben sind in Anhang 1 zu finden.

Ergänzungen zur Ausführung im Wald

- Im Wald wird die Auswahl und Ausrichtung des Profils v.a. durch die Platzmöglichkeiten zwischen den Bäumen und neben Rückegassen bestimmt.
- Bei der Erstellung der Profilwand ist auf die sorgfältige Erhaltung von Oberboden mit Auflagehorizonten zu achten.
- Es ist zweckmässig, den Zugang je nach Vegetationsdichte mit Markierungen (z.B. Bändern an Ästen) zu markieren und allenfalls freizuschneiden.
- Als Ausstiegshilfe für Insekten und Kleintiere wird ein Ast in die Grube gelegt.

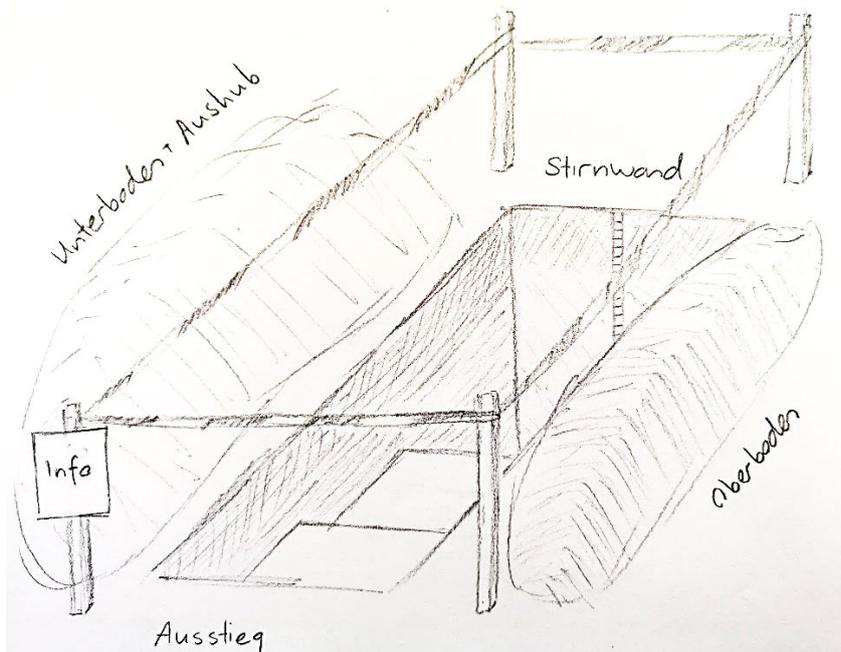


Abbildung 7 : Schematische Darstellung der Profilgrube mit Absperrung, Bodendepots und Infotafel. Abbildung nach Brunner et al. 1997, Abb. 2.1b

4.5 Profilbeschreibung

4.5.1 Material für den Profilbescrieb

Während der Profilphase werden die Werkzeuge und Hilfsmittel gemäss Tabelle 7 verwendet (angepasst nach Legros 1996, S. 68ff)

Tabelle 7 : Hilfsmittel in der Profilphase, **Fett** hervorgehoben sind die Hilfsmittel, die mindestens verwendet werden müssen.

Hilfsmittel	Erläuterung
Grabgerät	Zum Graben von Profilgruben werden oft Bagger zum Einsatz gebracht. Ansonsten wird mit verschiedenen Spaten / Schaufeln und Pickel von Hand gegraben. Verschiedene Grabgeräte werden auch zur Präparation der Profilwand verwendet. <ul style="list-style-type: none"> - Spaten: Abstechen der Profilwand, Präparation glatte Seite, Gefügeansprache und Spatenproben, Unterlage für Abwurfprobe - Schaufel: Herausschaufeln von Resten im Profil, Abwurfprobe - Handschaufel: Probennahme, Gefügeansprache - Spatel: Präparation aufgeraute Seite, Gefügeansprache - Klappspaten: Präparation glatte Seite
Material zur Bestimmung des Carbonatgehaltes	10%-ige Salzsäure in Apothekerfläschchen Evtl. Calcimeter mit Zubehör
Material zur Bestimmung des pH-Wertes	Indikatorlösung wie Hellige inklusive Schalen und Farbvergleichsskala sowie ein Tuch oder Papier zum Reinigen <i>Oder</i> Feldmessgerät mit Zubehör
Material für Beprobungen	Schalen (mind.5 Stück), Plastiksäcke, Zylinder für Volumenproben, Beschriftungsmaterial wie Folienschreiber und Etiketten
Mittel zur Datenerfassung	Erfassungsfomular auf elektronischem Gerät <i>Oder</i> ausgedrucktes Profilblatt, Schreibmaterial (Bleistift, wasserfester Rotstift, Folienschreiber, Gummi, Spitzer), Unterlage (Klemmbrett oder Feldtisch)
mobiles GNSS	GNSS mit oder ohne Echtzeitkinematik (RTK) (auch ein Smartphone kann als mobiles GNSS dienen)
weiteres Material	<ul style="list-style-type: none"> - Sonnenschirm - Profilmeter - Profilbeschriftung - Horizontmarkierungen - Lupe - Wasser in Spritzflasche, Reservewasser - Munsell-Farbtafel - evtl. Saugpumpe - evtl. Stromgenerator - Plastikfolien für Profilwand und zur Ablage von Bodenmaterial - Fotoapparat, faltbarer Lichtreflektor - Wurzelrahmen - Klassifikation - Gefügeordner - Pflöcke und Absperrband - Neigungsmesser - Handbohrgerät - 1, 2 und 4 mm Siebe - Waage - Grundlagenkarten
Indikatorlösungen oder Feldmessgeräte	<ul style="list-style-type: none"> - Dipyridyl-Lösung - Bodenfeuchtesensor - 3%-ige H₂O₂-Lösung für Bestimmung von Mn - Leitfähigkeitsmessgerät

4.5.2 Präparation und Fotodokumentation der Profilwand

Die Profilwand wird von oben nach unten präpariert, damit kein Material aus oberen Horizonten in darunterliegende Horizonte rieselt und so allenfalls die Ansprache verfälscht. Ist alles vorbereitet, werden drei Fotos gemacht, es ist dabei zu beachten, dass kein Schattenwurf auf der Profilwand sichtbar ist:

- Profilwand ohne Blitz
- Profilwand mit Blitz, weil die untere Hälfte der Grube naturgemäss immer etwas dunkler ist als die obere Hälfte.
- Umgebungsbild: Dieses soll die Lage der Profilgrube im Gelände zeigen und Auskunft über den Standort geben. Im Wald wird ein sogenanntes Bestandesfoto gemacht mit Baumbestand inkl. Kraut- und / oder Moosschicht. Baumbestand, Kraut- und Moosschicht können auch separat voneinander fotografiert werden.

Weitere Hinweise zur Präparation und zur Fotodokumentation sind im Anhang 1 zu finden.

4.5.3 Profilbeschrieb und Dokumentation

Die Profilaufnahme / Bodenbeschreibung erfolgt gemäss Teil I des Gesamtwerks (vgl. Kapitel 1). Die Dokumentation erfolgt entweder auf dem dafür vorgesehenen Aufnahmeformular analog oder digital. Sofern nicht bereits in der Ausschreibung oder im PHB Vorgaben gemacht wurden, ist die Wahl des Erfassungshilfsmittels Sache der Kartierenden. Die PLA veranlasst nach Ende der Kartierphase die Erfassung der Profildaten in NABODAT.

4.5.4 Beprobung

Die Beprobung erfolgt grundsätzlich von unten nach oben, um Verunreinigungen durch herabrieselndes Material zu verhindern. Die Probenahme wird in der Profildokumentation vermerkt. Sackproben werden als repräsentative Mischproben über einen ganzen Horizont entnommen. Vorgaben zu Art und Anzahl der Proben werden bereits in der Ausschreibung oder im PHB durch die PLA gemacht.

4.5.5 Wasserstandmessung

Steht zum Zeitpunkt der Bodenbeschreibung in der Profilgrube Wasser, wird der Wasserstand ab Profioberkante gemessen. Danach wird die Profilgrube leergepumpt. Der Wasserstand kann anschliessend mehrmals kontrolliert werden, um Hinweise auf den Wasserhaushalt zu erhalten. Bei der Beurteilung des Wasserhaushaltes aufgrund von Wasserständen sind immer die aktuellen Witterungsverhältnisse im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten und der Jahresgang zu berücksichtigen. Weitere Hinweise zum Wasserstand sind dem Anhang 1 zu entnehmen.

4.6 Schliessen der Profilgrube

Nachdem die bodenkundliche Ansprache der Profilwand und die Bodenbeprobung fertiggestellt, der QS-Prozess und die Eichung der Kartierenden erfolgt ist, können die Profilgruben, nach Freigabe durch die externe QS, geschlossen werden.

Bei der Profilschliessung sind folgende Punkte zu beachten, um Flurschäden zu vermeiden:

- (Drainage-) Leitungen, die beim Öffnen beschädigt wurden, müssen repariert werden
- Das Bodenmaterial wird schichtgerecht eingefüllt
- Bei skelettreichen Böden im Landwirtschaftsland ist darauf zu achten, dass grössere Steine zuunterst eingefüllt und zum Schluss Steine von der Oberfläche entfernt werden, um Schäden an Maschinen zu verhindern
- Restloses Abtragen der Bodendepots
- Nach Profilschliessung sollte am Ort der Grube eine Überhöhung, keinesfalls eine Mulde vorhanden sein (Bodensetzung)

Die Begrünung und die Folgebewirtschaftung sind gemäss den Hinweisen in Anhang 1 mit der Bewirtschaftung abzustimmen.

4.7 Hinweise zur Qualitätssicherung

4.7.1 Interne QS

Die interne QS prüft die Profilsprachen auf:

- Vollständigkeit: Alle erforderlichen Parameter, Sackproben und Fotos müssen vorhanden sein. Wenn nicht, werden sie in der abschliessenden Kontrolle im Feld ergänzt.
- Konsistenz: Die erhobenen Parameter müssen inhaltlich konsistent und gemäss Teil I des Gesamtwerkes aufgenommen worden sein. Die Beschreibung und Interpretation der Böden muss über das ganze Untersuchungsgebiet unter gleichen Gesichtspunkten erfolgen.
- Plausibilität: Die Ansprache wird mit dem Kartierkonzept verglichen. Falls es deutliche Abweichungen gibt, wird nach einer Erklärung gesucht und überprüft, ob das Kartierkonzept oder die Profilsprache korrigiert werden müssen oder ob es Lücken in der Klassifikation gibt.

Zwei sehr einfache Arten der Plausibilitäts- und Konsistenzprüfung sind diese:

- Reihenbildung: Die Profilblätter werden nach ausgewählten Kriterien sortiert. Beispielsweise werden sie nach absteigender Bodenpunktzahl angeordnet und mit dem Konzept verglichen. Oder es wird eine Vernässungsreihe gebildet und kontrolliert, ob die zunehmende Vernässung auch korrekt beschrieben wurde.
- Quervergleich: gleich klassierte Profilsprachen oder gleiche Parameter werden verglichen. Beispielsweise werden alle Braunerde-Gleye ausgewählt und die Ansprache des gg-Horizonts verglichen. Dazu wird nebst der Profilsprache auch das Foto verwendet

Die interne QS ist zudem dafür verantwortlich, dass Korrekturen an der Profilsprache aufgrund von Rückmeldungen der externen QS, Ergebnissen des Profileichtags und Laborresultaten durchgeführt werden.

4.7.2 Externe QS

Die externe QS ist zuständig für die räumliche und zeitliche Konsistenz der Bodenaufnahmen und der Beurteilung der Bodeneigenschaften. Sie prüft dazu die Profilsprache der Kartierenden vor Ort. Die externe QS formuliert Mängel oder unterschiedliche Interpretationen von Phänomenen. Mit diesen Rückmeldungen ist die Kartierperson angehalten, den Profilbeschrieb individuell oder im Team zu prüfen und allenfalls anzupassen. Es kann nötig sein, eine gemeinsame Begehung mit der externen QS durchzuführen, um Differenzen zu bereinigen.

4.7.3 Erster Eichtag: Der Profileichtag

Ein Eichtag (auch Abgleichtag genannt) ist eine Begehung im Gelände, die dazu dient, das methodische Vorgehen bei der Bodenbeschreibung innerhalb eines Kartierprojekts unter den Kartierenden und mit der Klassifikation der Böden der Schweiz (KLABS) abzugleichen (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, S. 39; S. 42).

Es gibt zwei Arten von Eichtagen. Der Profileichtag, welcher im Folgenden erläutert wird, und der Flächeneichtag, welcher in Kapitel 5.8.3 erläutert wird.

Ziele des Profileichtages

Der Profileichtag dient folgenden Zielen:

- Angleichen der fachlichen Beurteilung der im Kartiergebiet vorhandenen Böden
- Abgleich des methodischen Vorgehens in der Bodenbeschreibung anhand ausgewählter Basisprofile
- Basis für die anschliessende Kartierphase und für das einheitliche Schlussprodukt
- Direkter persönlicher Austausch aller Projektbeteiligten
- Weiterbildung der Beteiligten
- Weiterentwicklung der Bodenklassifikation und der Kartiermethodik

Begründung des Profileichtages

Die Notwendigkeit des Profileichtags ergibt sich daraus, dass sowohl die Bodenbeschreibung als auch die Bodenbeurteilung einen gewissen subjektiven Spielraum offenlassen, oftmals gebietspezifische Unklarheiten in der Bodenansprache auftreten und sich ohne Profileichtag systematische Abweichungen zwischen den Kartierenden in der Kartierphase ergeben könnten. Ohne Profileichtag

würden diese Abweichungen nur mit grossem Aufwand erkannt und korrigiert werden können. Er leistet einen wichtigen Beitrag zur Qualitätssicherung des Kartierprojekts.

Durchführung

Die externe QS legt in Absprache mit der PLA und den Kartierenden die Themen fest und erwirkt Beschlüsse zu diskussionswürdigen Themen. Die Beschlüsse und Diskussionen werden in einem Protokoll festgehalten. Nebst den Kartierenden nehmen am Profileichtag die externe QS, die PLA und allenfalls weitere Beteiligte oder Interessierte teil.

Profileichtage werden vor oder direkt zu Beginn der Flächenkartierung durchgeführt. Im Optimalfall liegen dafür sämtliche Laborresultate vor. Nebst einer Auswahl an Basisprofilen wird am Profileichtag die Konzeptkarte präsentiert. Erstens werden so die Erkenntnisse aus der Konzeptphase an diejenigen Kartierenden weitergegeben, die an der Erarbeitung des Konzepts nicht beteiligt waren und zweitens können Abweichungen zwischen Nachbarlosen oder Teilperimetern diskutiert werden.

Die Eichtagsprotokolle gelten als Weisung für die Kartierenden. Allenfalls ist es notwendig, auf Grund der Beschlüsse des Profileichtags Profilansprachen zu korrigieren. Zudem kann auch die Korrektur von Kartierkonzept und Konzeptkarte erforderlich sein. Diese ist aufwändig und ob diese durchgeführt werden soll, entscheidet die PLA (wird im PHB festgelegt).

5 Kartierphase

5.1 Übersicht Arbeitsschritte in der Kartierphase

Ist die Profilphase abgeschlossen, startet die Kartierphase (vgl. Abbildung 8). Vor der Flächenkartierung sind gewisse Vorbereitungen nötig: Die Grundlagen aus Konzept- und Profilphase müssen für die Feldarbeiten zusammengestellt und Werkzeuge und Verbrauchsmaterial angeschafft werden. Die Abgrenzung von Kartiereinheiten während der Flächenkartierung ist ein iterativer Prozess aus Geländegliederung, Hypothesenbildung zum Bodenvorkommen und Prüfung durch Bohrungen. Geländegliederung und Hypothesen werden während dem Kartiervorgang laufend aufgrund der Erkenntnisse aus den Bohrungen und aufgrund von Beobachtungen der Umgebung angepasst. Die interne und externe QS überwacht diesen Prozess und prüft das Produkt in Form und Inhalt. Ein Flächeneichtag fördert ein einheitliches Vorgehen in dieser Phase. Wo nötig werden Grenzen zu Nachbarlosen/alten Bodenkarten abgeglichen.

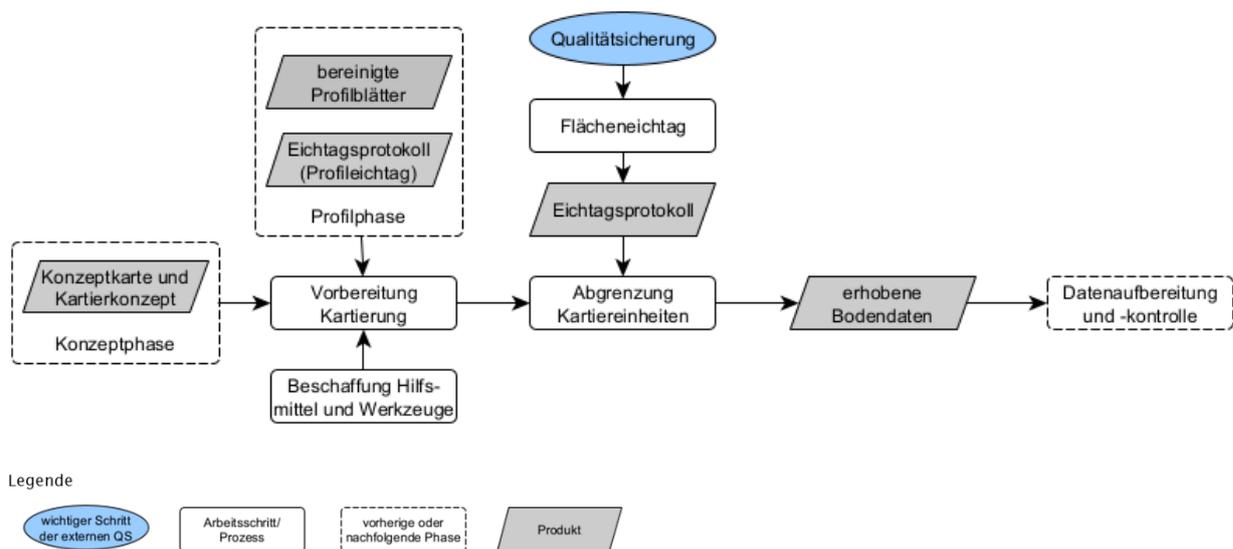


Abbildung 8 : Überblick über die Kartierphase

5.2 Vorbereitung der Kartierung

Der Informationsfluss von der Konzept- und der Profil- in die Kartierphase ist insbesondere bei grösseren Kartierungen mit vielen beteiligten Personen sehr wichtig. Dazu werden die folgenden Grundlagen an die Kartierenden verteilt und wenn notwendig erläutert:

- Konzeptkarte und Kartierkonzept: Beinhaltet die wichtigsten pedologischen Grundlagen, Hypothesen, Bodeninventar, anthropogene Einflüsse und alle Rekognoszierungsbohrungen (vgl. Kapitel 3)
- Informationen zu den Basisprofilen (Profilblätter, inkl. Analysedaten, verfügbare Fotos)

5.3 Hilfsmittel der Kartierung

Die Konzeptkarte mit eingezeichneten Rekognoszierungsbohrungen und Informationen zu den Basisprofilen sind immer bei den Kartierarbeiten dabei. Auch die anderen Grundlagendaten sind möglichst umfassend im Feld mitzuführen. Dafür bietet sich die Verwendung einer mobilen GIS-Lösung an. Diese mobile GIS-Software für Smartphone oder Tablet bietet die Möglichkeit, Informationen nach individuellem Bedarf ein- und auszublenden und eine grosse Anzahl Datensätze ist relativ einfach handhabbar.

5.3.1 Werkzeuge

Während der Flächenkartierung werden die Werkzeuge und Hilfsmittel gemäss Tabelle 8 verwendet (angepasst nach Legros 1996, S. 68ff).

Tabelle 8 : Hilfsmittel in der Flächenkartierung. **Fett** hervorgehoben sind die Hilfsmittel, die mindestens verwendet werden müssen.

Hilfsmittel	Erläuterung
Bohrgerät	Zur Bodenbeschreibung und Abgrenzung von Kartiereinheiten: Flügelbohrer, Stechbohrer oder Pürckhauer (meist bei hohem Skelettgehalt oder Trockenheit, inkl. Zubehör wie Schlagmaterial und Hebevorrichtungen) Zur Abgrenzung von Kartiereinheiten: Stichel Für Humusformbestimmung: kleine Schaufel oder Klappspaten und Siebe (1 mm / 4mm)
Material zur Bestimmung des Carbonatgehaltes	zehnprozentige Salzsäure in Apothekerfläschchen
Material zur Bestimmung des pH-Wertes	Indikatorlösung wie Hellige inklusive Schälchen und Farbvergleichsskala sowie ein Tuch oder Papier zum Reinigen <i>oder</i> Feldmessgerät mit Zubehör
Inklinometer	Zur Messung der für die Kartiereinheit charakteristischen Hangneigung vor Ort. Mit mechanischen Geräten wird über die gesamte Länge der Kartiereinheit gemessen, mit digitalen Geräten an repräsentativem Standort über die Bohrstocklänge (Vermeidung von lokalen Unebenheiten)
Mittel zur Datenerfassung	Feldplan, Erfassungsformulare/Feldprotokolle, Zeichenmaterial (Massstab oder Kartiermassstab*, Bleistift, wasserfester Rotstift, Gummi) und Unterlage (Klemmbrett oder Feldtisch) oder Erfassungsformular auf elektronischem Gerät
mobiles GNSS	GNSS mit oder ohne Echtzeitkinematik (RTK) (auch ein Smartphone kann als mobiles GNSS dienen)
weiteres Material	<ul style="list-style-type: none"> - Meter - Messer, Spachtel - Lupe - Spritzflasche - Munsell-Farbtafel - Klassifikation, Kartieranleitung, Gefügeordner, Projekthandbuch - Rahmen zum Auslegen einer Bohrung (mit Markierung für Schichten/Horizonte) - Kleine Gefässe, um allenfalls Bodenmaterial kurz hineinzulegen
Indikatorlösungen oder Feldmessgeräte	<ul style="list-style-type: none"> - Dipyridyl-Lösung - Bodenfeuchtesensor

* Mit «Kartiermassstab» ist ein Massstab gemeint, der mehrere Skalen in unterschiedlichen Massstäben aufgedruckt hat und mit dem die Kartierperson ohne Umrechnung direkt die Distanzen in m auf einer gedruckten Karte ablesen kann.

5.3.2 Feldplan

Die Flächendaten lassen sich im Feld entweder auf gedruckten Plänen erfassen und in einem nachgelagerten Schritt digitalisieren oder direkt digital aufnehmen. Nachfolgend werden einige Anforderungen an beide Varianten aufgelistet. Ein Vergleich der Methoden findet sich im Anhang 1. Die Erfassung auf gedruckten Plänen entspricht dem etablierten Kartierstandard.

Feldplan in gedruckter Form

Feldpläne auf Papier sollten mindestens die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- **Massstab:** Der Massstab des Feldplans ist idealerweise doppelt so gross wie der Massstab der fertigen Bodenkarte (Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) Kanton Luzern 2013, Blatt 5, Checkliste 10). Zumindest sollte er nicht kleiner sein.
- **Dauerhaftigkeit:** mit wetterbeständiger Farbe auf genug strapazierfähigem Papier gedruckt. Geschrieben wird ebenfalls mit wasserfestem, temperaturbeständigem Schreibzeug.

- Mindestgrösse: Feldpläne sollten der Übersichtlichkeit halber genügend grosse Ausschnitte des Perimeters zeigen. Sind mehrere Pläne nötig, so muss auf genügend grosse Überlappung geachtet werden, d.h. jede Parzelle (oder Bewirtschaftungsschlag) soll auf einem Kartenblatt vollständig abgebildet sein, unter Berücksichtigung der Parzellenerschliessung
- Hintergrund: Für offenes Gelände verwendet man als Hintergrund Orthofotos. Wo die Vegetation den Boden komplett überdeckt, sind die Pläne der amtlichen Vermessung oder der OL-Karten sinnvoller (z.B. im Wald, Dauerkulturen usw.)
- Zusatzinformation: Auf gedruckten Plänen sollten der Lesbarkeit halber nur die wichtigsten Informationen aufgedruckt werden. Je nach Fragestellung der Kartierung können dies Basisprofilstandorte, andere ältere Profilstandorte, Werkleitungen, Wasserfassungen, Kataster der belasteten Standorte, Waldgesellschaft, Wald-Feinerschliessungsnetz, Perimetergrenzen, Parzellengrenzen, usw. sein.
- Verortung: die Feldpläne sollen so mit Verortungsmerkmalen ausgestattet sein, dass auch Ausschnitte gescannt und problemlos verortet werden können (z.B. Passpunkte oder Gitternetz darstellen)
- Elementare Kartenbestandteile: Nordpfeil, Höhenlinien, Massstabsleiste, Massstabstext, Legende, Titel, ev. In-set-Map (Nebenkarte), Datum, Autorenschaft

Notizen zu Bohrungen und Kartiereinheiten werden entweder direkt auf dem Feldplan oder auf separaten Aufnahmeprotokollen gemacht. Bei der Verwendung von gedruckten Feldplänen findet die digitale Erfassung in einem nachgelagerten Schritt statt (vgl. Kapitel 6.5.1). Die PLA legt häufig im PHB fest, ob und wie die Daten und Notizen erfasst, digitalisiert und in welcher Form sie später abgegeben werden sollen.

Feldplan in digitaler Form

Sollen Flächendaten, das heisst sowohl Geometrie als auch Inhalt der Kartiereinheiten, direkt im Feld digital erhoben werden, sollte die Erfassungsvorlage folgende Anforderungen erfüllen:

- Skizzierte/hypothetische und definitive Grenzen von Kartiereinheiten müssen differenzierbar sein
- Grenzen von Kartiereinheiten müssen einfach und schnell editierbar sein
- Die Darstellung der Grundlagendaten muss für den Aufnahmemassstab optimiert werden
- Alle Datensätze müssen skalierbar sein (Bildausschnitt ist durch Bildschirmgrösse limitiert, zoomen notwendig)
- Einfache Datenerfassung und -sicherung, die auch ohne Internetverbindung funktioniert (im Wald oft mangelhafte Netzabdeckung)
- Geringer Energieverbrauch
- Erfassung aller relevanter Informationen in der gleichen Vorlage (alle Geometrietypen, Notizen etc.)

Hinweis: Die räumliche Lokalisierung von Bohrungen und von Bodeneinheiten, das Zeichnen der Kartiereinheiten und die Zuweisung von Informationen auf einem digitalen Feldplan mittels geeigneter Software befindet sich in laufender Entwicklung. Es kommen verschiedene Plattformen dafür in Frage (Bsp. QGIS, ArcGIS,...).

5.4 Bohrungen

5.4.1 Bohrungsarten

In der Tabelle 9 werden die verschiedenen Bohrungsarten erläutert und definiert.

Rekognoszierungsbohrungen dürfen nur nach einer Überprüfung in der Kartierphase als Standardbohrungen verwendet werden, da zum Zeitpunkt der Rekognoszierung die Informationen aus den Profilen noch nicht vorhanden waren. Alle Bohrungen können sowohl schicht- als auch horizontweise aufgenommen werden, wobei eine schichtweise Aufnahme dem etablierten Kartierstandard entspricht (vgl. auch Abbildung 13).

Tabelle 9 : Gegenüberstellung verschiedener Bohrungsarten

	Rekognoszierungsbohrung	Kartierbohrung	Standardbohrung
Definition	In der Konzeptphase erhobene Vorsondierungen	In der Kartierphase zur Erhebung des Flächendatensatzes und zur Abgrenzung von Kartiereinheiten erhoben	In der Kartierphase als eigenständiges Kartierprodukt erhoben
Parameterset	Frei	Frei	Standardisiert (durch PLA)
Georeferenziert	Ja	Frei	Ja
Gebietskenntnisse Kartierperson	Gering	Gross	Gross
Qualitätssicherung	Nur interne QS	Nur interne QS	Interne und externe QS

5.4.2 Verortung

Für die Verortung von Bohrungen im Feld stehen verschiedene Varianten zur Verfügung, die sich je nach Geländesituation unterschiedlich bewähren und unterschiedlich genau sind. Eine Einmessung der Bohrpunkte, mit einer Genauigkeit von 3-5m ist grundsätzlich ausreichend. Eine Entscheidungshilfe zur Eignung und Genauigkeit der Verortungsmethoden ist im Anhang 1 zu finden.

Verortung mit GNSS-Hilfsmittel

Bei Verortung mittels GNSS-fähigen Geräten muss zwischen Kosten, Aufwand und Genauigkeit abgewogen werden. Erfahrungen mit einfachen GNSS-Handgeräten ohne Korrektursignal einer Referenzstation am Boden (Echtzeitkinematik, RTK) zeigen, dass die Verortung von Punktaufnahmen in gewissen Gebieten ungenau ist, insbesondere im Wald oder steilem Gelände, dafür sind diese Geräte günstig und leicht verfügbar. Im Vergleich dazu erlauben Geräte mit externer Antenne und insbesondere solche mit RTK eine genauere Verortung, sind aber bisher teurer, leicht zeitaufwendiger und haben einen höheren Energiebedarf.

Die aufgenommenen Punkte müssen zusätzlich zur GNSS-Aufnahme direkt auf Feldplänen verortet werden und die Lage visuell überprüft werden, um Fehler auszuschliessen.

Verortung mit Schrittmass

Eine Verortung mit Schrittmass muss vorgängig geeicht werden (Blume et al. 2011, S. 65). Die Bohrpunkte können anschliessend mit Schrittmass ab bestimmten Fixpunkten, welche sowohl auf dem Feldplan als auch im Gelände eindeutig identifizierbar sind (Bsp. Gebäude, Wegpunkte, ev. Bäume), eingemessen werden. Folgende Hilfsmittel können dabei eingesetzt werden:

- Schrittzähler
- Kartiermassstab¹¹

¹¹ Mit «Kartiermassstab» ist ein Massstab gemeint, der mehrere Skalen in unterschiedlichen Massstäben aufgedruckt hat und mit dem die Kartierperson ohne Umrechnung direkt die Distanzen in m auf einer gedruckten Karte ablesen kann.

5.4.3 Bohrungstiefe

Je tiefer gebohrt wird, desto höher ist der zeitliche und finanzielle Aufwand für eine Bohrung, denn der Bohrvorgang sowie die Bodenbeschreibung dauern länger und es müssen allenfalls Verlängerungen der Bohrwerkzeuge mitgeführt werden. Eine Bohrungstiefe bis 1 m entspricht dem etablierten Kartierungsstandard und der Mindestvorgabe bei einer Kartierung.

Bei folgenden Beispielen kann die Bohrungstiefe bis 1 m unterschritten werden:

- Stark erodierte Böden
- Fels anstehend innerhalb 1 m
- Geringe Tiefe der Bodenentwicklung

Eine Bohrungstiefe bis 2 m oder mehr kann beispielsweise in folgenden Fällen notwendig sein:

- Bei mächtigen organischen Böden
- Bei Böden mit tief liegenden Merkmalen (Bsp. Kalkgrenze, Verwitterungshorizonten)

5.4.4 Auswahl der Bohrungsstandorte mittels Hypothesenbildung

Die Bodenkartierung liefert Flächeninformationen, die Bohrungen selbst zeigen jedoch nur einen Bruchteil dieser Fläche (Legros 1996, 129ff). Darum ist es wichtig, den Bohrungsstandort sorgfältig und gezielt auszuwählen, da die Qualität der Bodeninformation und die Effizienz des Arbeitsfortschritts davon abhängen. Dabei spielt die Vorgehensweise der Kartierung eine grosse Rolle (vgl. Kapitel 5.5.2; Tabelle 11). Grundsätzlich werden genau wie in der Konzeptphase Hypothesen zur Ausprägung des Bodens gebildet und an möglichst repräsentativen Standorten mittels Bohrungen überprüft. Der Begriff «repräsentativ» bezieht sich in diesem Fall auf die zu prüfende Hypothese, nicht auf den Inhalt der Kartiereinheit. Die Kartierenden prüfen die Hypothesen mittels Bohrungen und entscheiden anhand den Anweisungen in Tabelle 10 über das weitere Vorgehen.

Mit zunehmender Gebietskenntnis, d.h. so bald Gesetzmässigkeiten zwischen Bodenbildungsfaktoren und Ausprägung vor Ort erkannt wurden, kann zusätzlich mit Analogieschlüssen gearbeitet werden (Brunner et al. 1997, Kapitel 7.3-6). Dadurch wird die Hypothesenbildung vereinfacht und somit beschleunigt. Jede Bohrung wird mit dem Bodeninventar und dem Kartierkonzept abgeglichen.

Tabelle 10 : Umgang mit Bohrungsinformationen in Bezug auf das Kartierkonzept und das Bodeninventar

	Bohrung entspricht dem Bodeninventar (d.h. diese Bodenform wurde bereits an einem anderen Ort im Gebiet beobachtet)	Bohrung entspricht nicht dem Bodeninventar (d.h. diese Bodenform wird zum ersten Mal im Gebiet beobachtet)
Die Bohrung ist plausibel (d.h. sie ist mit dem Kartierkonzept am fraglichen Standort vereinbar)	Kartierkonzept und Bodeninventar bestätigt, Bohrung wird vorbehaltlos aufgenommen	Kartierkonzept wird bestätigt, Bodeninventar wird erweitert, Bohrung wird vorbehaltlos aufgenommen
Die Bohrung ist nicht plausibel (d.h. sie passt nicht ins Konzept)	Aufnahme der Bohrung unter Vorbehalt: Anhand weiterer Bohrungen entweder Einordnung in Kartierkonzept oder Taxierung als Ausreisser, ggf. Anpassung des Konzepts nötig	Aufnahme der Bohrung unter Vorbehalt: Anhand weiterer Bohrungen Prüfung auf Fehler/Lücke im Kartierkonzept oder Taxierung als Ausreisser (typisches Beispiel: anthropogener Boden)

Erläuterungen aus Ruff et al. 1996, Kapitel 3.3.4; Soil Science Division Staff et al. 2017, S. 237 und; Legros 1996, S. 131ff können als weitere Hilfestellung beigezogen werden.

5.5 Abgrenzung von Kartiereinheiten

5.5.1 Definition Kartiereinheit

Bei der Flächenkartierung werden Kartiereinheiten voneinander abgegrenzt und ihre Eigenschaften ermittelt (Brunner et al. 1997, Kap. 7.3-1). Eine Kartiereinheit beschreibt einen dreidimensionalen Körper. Dabei soll die Varianz der Bodeneigenschaften innerhalb der Kartiereinheiten möglichst gering und zwischen ihnen möglichst hoch sein. Eine Kartiereinheit unterscheidet sich bezüglich mindestens eines Aspekts von den angrenzenden Einheiten (Soil Science Division Staff et al. 2017, S.248). Die Kriterien dafür sind im nachfolgenden Kapitel 5.5.2 definiert. Da sich Bodeneigenschaften meist fließend ändern, werden Grenzen der Kartiereinheiten in den Übergangszonen gesetzt (Brunner et al. 1997, Kapitel 7.3-5). Ein Kontinuum wird also in einzelne, sich nicht überlappende Entitäten aufgeteilt (siehe Abbildung 9). Seltener kann eine scharfe Grenze beobachtet werden, z.B. bei anthropogenen Böden, Landnutzungsänderungen, deutlichen Geländekanten oder bei einem abrupten Wechsel des Ausgangsmaterials (vgl. auch Legros 1996, S. 131).

Der Inhalt der Kartiereinheit bildet eine oder mehrere Bodeneinheiten (vgl. Abbildung 10 und Kapitel 5.7).

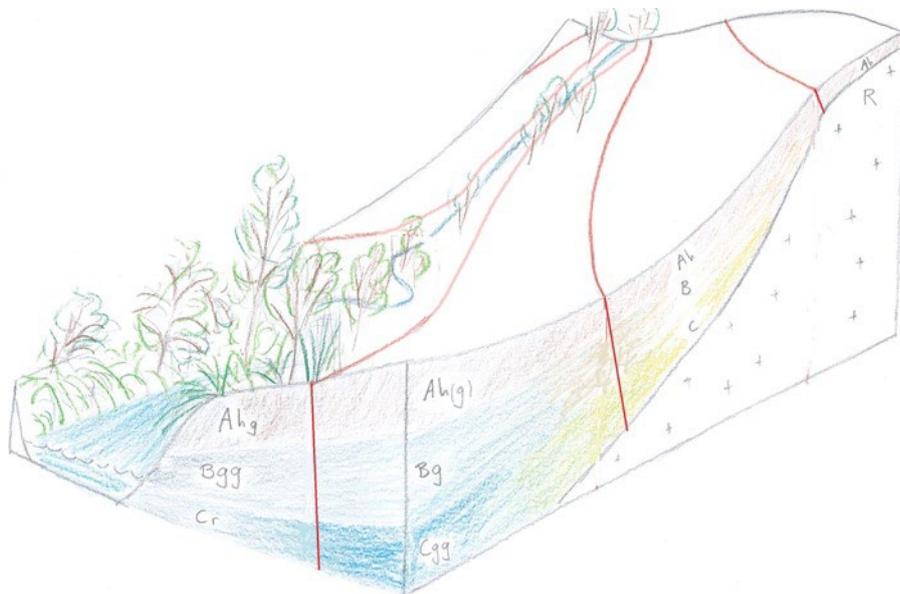


Abbildung 9 : Im Gelände variieren Böden kontinuierlich, klassifikatorische Bodentypen wechseln meist fließend. Grenzen werden bei der Kartierung in die Übergangsbereiche gesetzt. Die Grenzen der Kartiereinheiten sind in der Abbildung als rote Linien an der Bodenoberfläche und in die Tiefe eingezeichnet.

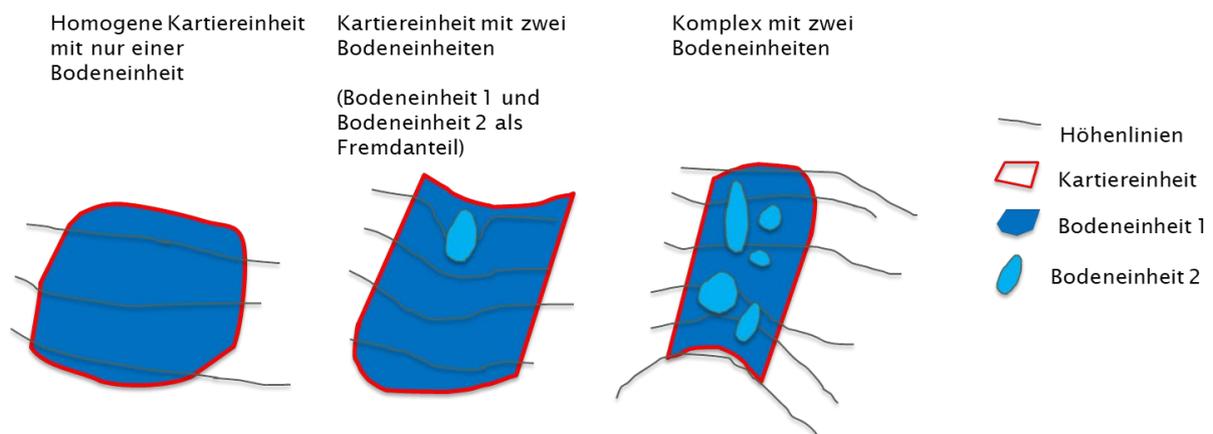


Abbildung 10 : Bezug zwischen Kartiereinheit und Bodeneinheit(en).

5.5.2 Vorgehen zur Abgrenzung von Kartiereinheiten

Grundsätzlich wird für die Abgrenzung von Kartiereinheiten ähnlich vorgegangen wie in der Konzeptphase (vgl. Kapitel 3.4): Hypothesen zu den Bodeneigenschaften werden aufgestellt und durch Bohrungen geprüft. Dann wird entschieden, ob eine Abgrenzung sinnvoll oder möglich ist. Der Ablauf ist in Abbildung 11 dargestellt.

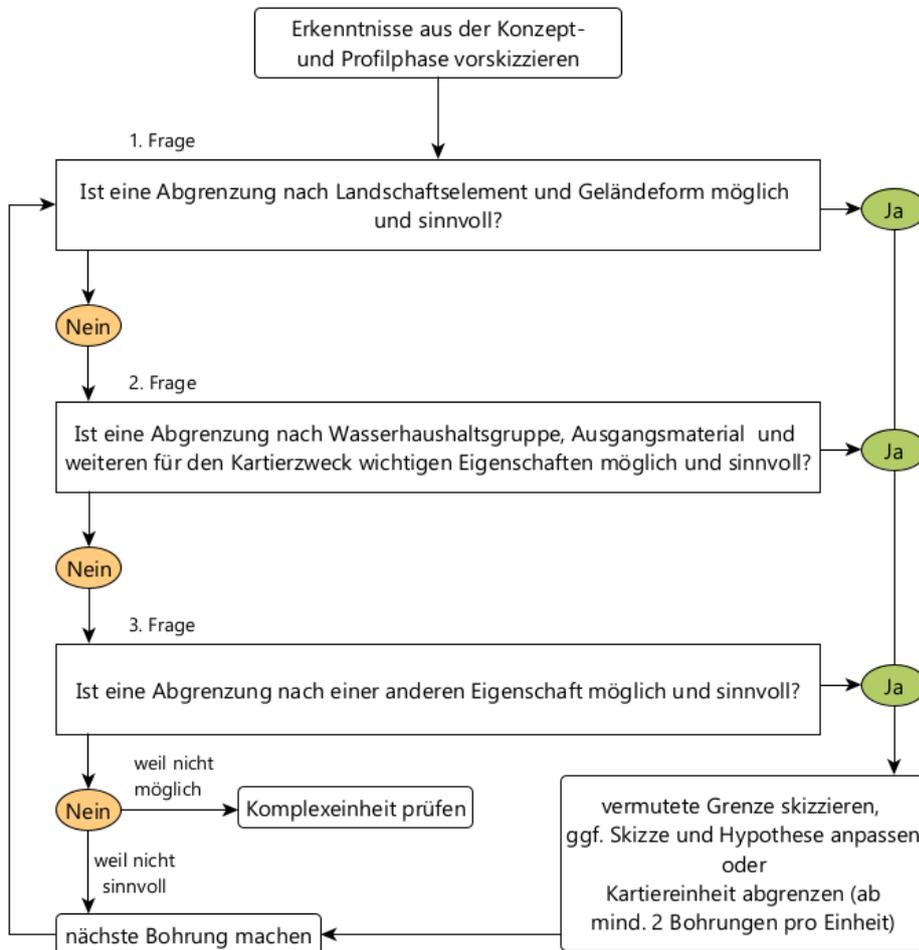


Abbildung 11 : Vorgehen bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten bei jeder Kartierbohrung.

- Eine Abgrenzung ist sinnvoll, wenn die im Bohrstock feststellbaren Bodeneigenschaften zwischen den Kartiereinheiten/Bohrungen um mindestens eine klassifikatorische Einheit ändern und die Regeln betreffend Fremdanteil berücksichtigt worden sind (siehe Kapitel 5.7).
- Eine Abgrenzung ist möglich, wenn die durch den Massstab vorgegebene Mindestgrösse der Kartiereinheit eingehalten wird.

Erkenntnisse aus der Konzept- und Profilphase werden auf dem Feldplan vorskizziert bzw. Konzepteinheiten als GIS-Layer eingeblendet. Aufbauend auf den Konzepteinheiten der Konzeptkarte werden folgende Hypothesen anhand von Bohrungen geprüft und bestätigt oder verworfen. Letzteres verlangt eine Anpassung der Hypothesen:

1. Bodeneigenschaften ändern mit dem Landschaftselement und der damit assoziierten Geländeform (Dabei sind Formunterschiede wichtiger als Neigungsunterschiede).
2. Unterschiede der Bodeneigenschaften sind auf Änderungen der Wasserhaushaltsgruppe, des Ausgangsmaterials sowie anderer, für den Kartierzweck wichtigen Eigenschaften, zurückzuführen.
3. Eine andere Bodeneigenschaft unterscheidet sich massgeblich.

Ähnliche Bohrungen werden gruppiert und von Gruppen mit abweichenden Eigenschaften nach allen Seiten hin abgegrenzt. So entstehen die Kartiereinheiten. Ihre Grenzen werden, wann immer möglich, direkt im Feld festgelegt, mindestens aber am Ende jedes Feldtages als Entwurf skizziert. Teilweise sind definitive Abgrenzungen erst nach mehreren Feldtagen und der Anpassung der Hypothesen möglich.

Ist eine Abgrenzung:

- nicht möglich, muss die Bildung einer Komplexeinheit geprüft werden (siehe 5.7.4).
- nicht sinnvoll, werden weitere Bohrungen gemacht, bis eine Abgrenzung sinnvoll wird. Dieser Fall tritt ein, wenn zwei oder mehr Bohrungen genau gleich klassiert werden und sich höchstens durch natürliche Variabilität unterscheiden (siehe 5.7.1).

Der Prozess des fortlaufenden Skizzierens ist in Abbildung 12 exemplarisch dargestellt.

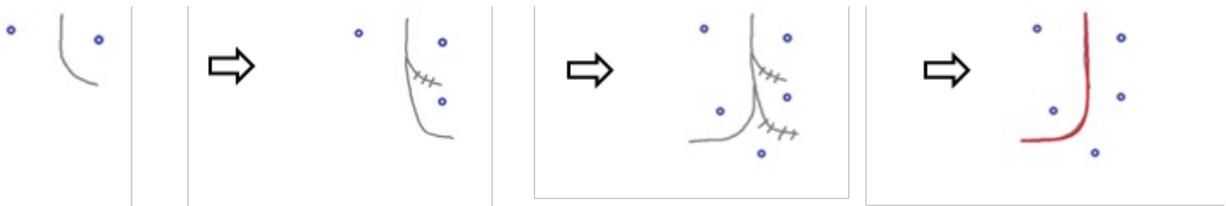
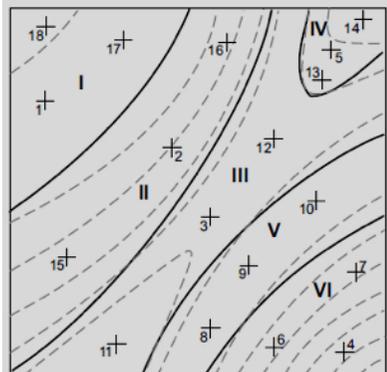
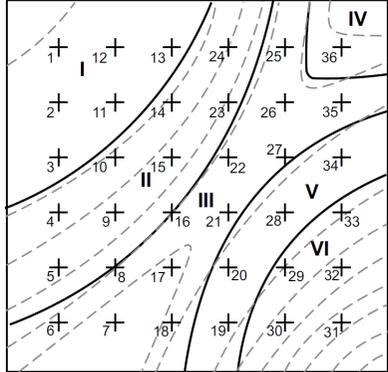
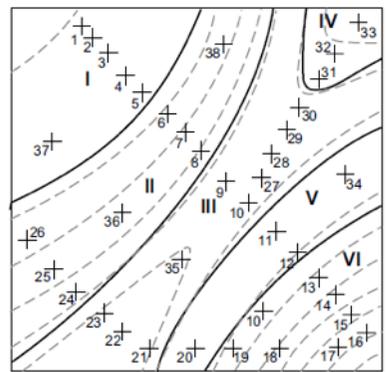
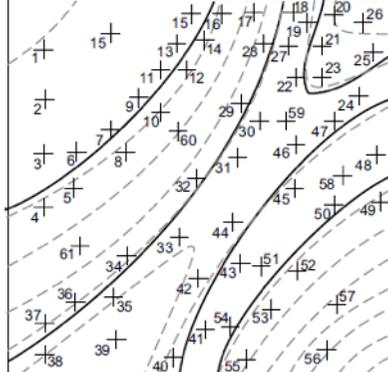


Abbildung 12 : Iteratives Vorgehen bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten. Der vermutete Grenzverlauf wird auf dem Feldplan skizziert (grau) und nach Abschluss einer Kartiereinheit mit (roter) Farbe nachgezogen, Bohrungen sind als blaue Punkte markiert (abgeändert nach Fig. 5.3, Legros 1996, S. 134).

Für die Platzierung der Bohrungen im Gelände gibt es vier Vorgehensvarianten, die in Tabelle 11 beschrieben sind. Standardmässig kommt die 'fernerkundungsgestützte Punktkartierung' zur Anwendung. Diese wird dann je nach Gelände oder Bodenverhältnissen mit den anderen Vorgehensweisen kombiniert. Ergänzende Erläuterungen zu den Abgrenzungskriterien finden sich im Anhang 1.

Tabelle 11 : Vorgehensweisen bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten anhand von Bohrungen im Gelände (abgeändert nach Blume et al. 2011, S. 69)

Methode	Fernerkundungs- und reliefgestützte Punktkartierung Aufgrund von Luft-, Satellitenbildern und vor allem den Reliefformen werden vermutete Flächen skizziert und dann gezielt erbohrt und ihre Grenzen überprüft.	Punktrasterkartierung Bohrungen werden nach vorgängig definiertem Raster aufgenommen und die Grenzen dann gesetzt.	Catenenkartierung Bohrungen werden auf Geländeschnitten platziert. Sind Gesetzmässigkeiten der Bodenbildung erkannt, können Flächen skizziert und dann gezielt erbohrt werden.	Grenzlinienkartierung Bohrungen werden bewusst beidseitig von Bodengrenzen gesetzt, um diese klar zu verorten
Skizze				
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - weniger Bohrungen nötig - teilweise lassen sich auch Kleinstflächen im Luftbild/den Reliefformen erkennen 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr einfach - für Anfänger geeignet oder wenn noch wenig Information über die Böden im Gebiet vorliegen 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig Bohrungen nötig - einfache Orientierung 	<ul style="list-style-type: none"> - gut geeignet in Gebieten, wo abrupte Übergänge zwischen Bodenformen vorliegen - ermöglicht genaue Grenzziehung
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Luftbilder zeigen eher oberflächliche Phänomene - Farbunterschiede im Luftbild müssen nicht bodenbedingt sein - Je nach Bedeckung ist der Boden im Luftbild nicht sichtbar - im Wald nur bedingt anwendbar - die automatische Ausscheidung von Reliefformen ist sehr schwierig, die Wahl der passenden Parameter zeigt sich oft erst während oder nach der Kartierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Grenzen müssen interpoliert werden - bei sturem Festhalten am Raster werden Bohrungen an ungünstigen Stellen gesetzt - bei sturem Festhalten am Raster werden kleine Einheiten tendenziell übersehen 	<ul style="list-style-type: none"> - in unbekanntem Gebiet nicht sinnvoll - kleine Einschlüsse zwischen Transekten werden ev. übersehen 	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Aufwand, mehr Bohrungen als üblich (weil nebst Grenzen das Innere der Kartiereinheit ebenfalls erbohrt werden muss) - Einschlüsse im Innern der Kartiereinheit können übersehen werden - Orientierung schwierig
Anwendung	Standardmässig immer	Wenn keine oberflächlich sichtbaren Anhaltspunkte zur Verfügung stehen, in flachen Gebieten, z.B. Alluvionen, Plateaus oder bei anthropogenen Böden Raster muss an die Geländebeziehungen angepasst sein	Wenn bereits gute Gebietskenntnisse vorhanden sind, d.h. wenn klar ist, in welche Richtung der Geländeschnitt verlaufen muss. Wird oft auch zu Beginn der Arbeiten eingesetzt, um eine Übersicht zu erhalten. Häufige Anwendung in steilem Gelände	Wenn klare Anhaltspunkte zu Grenzverläufen vorhanden sind, z.B. Vegetation, Geländekante, Substratwechsel

5.5.3 Form der Kartiereinheit

In der Ausgestaltung der Kartiereinheiten sind die Kartierenden frei, sie sollte sich aber an drei Grundsätzen orientieren: Lesbarkeit, Kontext und Reduktion von Mehrdeutigkeit. Hilfestellungen zu diesen Grundsätzen sind in Anhang 1 zu finden.

5.5.4 Bezeichnung der Kartiereinheit

Die Kartiereinheit erhält einen Bodencode. Dabei handelt es sich um eine Kurzform zur Beschreibung der Bodeneinheit und der Bodenform (vgl. Glossar). Etabliert ist die Verwendung der drei Bestandteile Wasserhaushaltgruppe, Bodentyp und Geländeform (in dieser Reihenfolge).

5.5.5 Herleitung des Flächendatensatzes

Für die Herleitung eines Flächendatensatzes werden die mit den Bohrungen (Kartier- und Standardbohrungen) ermittelten Bodeneigenschaften parameterweise aggregiert. Die Dokumentation hängt davon ab, welche der in Tabelle 13 beschriebenen Produktvarianten der Kartierung gewählt wurde.

5.6 Aufnahme der Bodeninformationen (Datenstruktur und Datensatz)

5.6.1 Definitionen

Anmerkung: Die folgenden Definitionen sind auf die sich in Bearbeitung befindende revidierte Klassifikation der Böden der Schweiz ausgerichtet (rKLABS). An den Definitionen können sich bis 2025 noch Änderungen ergeben.

Bodenschicht

Überbegriff für einen bei der Bodenkartierung angesprochenen horizontal generalisierten Bodenbereich. Die Variabilität bei Böden im Raum ist in allen 3 Dimensionen gross. Die variablen Informationen werden in einer Bodenkarte gebündelt und generalisiert. In der Fläche geschieht dies wie oben beschrieben mittels Bodeneinheiten (resp. Kartiereinheiten). In der Tiefe wird die horizontale Abfolge der Bodeneigenschaften mittels Bodenschichten generalisiert. Die erste Bodenschicht entspricht häufig dem organomineralischen Oberboden. Die zweite und dritte Bodenschicht entsprechen häufig dem Unterboden oder dem durchwurzelbaren Untergrund.

Oberboden (OB)

Bezeichnet die oberste Bodenschicht. Bei klassifizierten Böden kann der Oberboden folgendermassen konkretisiert werden:

Als Oberboden werden die unter dem Nullpunkt folgenden, organomineralischen oder organischen Horizonte bezeichnet. Pedogenetisch umfasst der Oberboden alle dominanten A.-Horizonte (Ai, Ah, Aho, Aa) sowie die Of- und Oh-Horizonte (sofern nicht begraben). In Böden mit T-Horizonten an der Bodenoberfläche kann kein eindeutiges Horizontsymbol zugewiesen werden. I.d.R. wird der oberste oder ggf. die obersten T.-Horizonte als Oberboden bezeichnet (In wachsenden Mooren sind dies T.-Horizonte mit Torfneubildung. In sich im Abbau befindenden (drainierten) Mooren sind dies Horizonte mit weit fortgeschrittener pedogener Veränderung, also i.d.R. Ts,d-Horizonte.).

Unterboden (UB)

Bezeichnet eine oder mehrere Bodenschichten, welche unter dem Oberboden folgen. Bei klassifizierten Böden kann der Unterboden folgendermassen konkretisiert werden:

Als Unterboden werden diejenigen Bodenbereiche bezeichnet, die sich zwischen Oberboden und Untergrund befinden und Merkmale der Bodenbildung und i.d.R. der Durchwurzelung aufweisen. Pedogenetisch umfasst der Unterboden in mineralischen Böden die dominanten Horizonte B., E., I., K., Go, S. und Z...

Anmerkung: Nicht zum Unterboden gezählt werden Cv-Horizonte (initiale Pedogenese) und Gr-Horizonte (permanent wassergesättigt und reduziert). In Böden mit T.-Horizonten kann kein

eindeutiges Horizontsymbol zugeordnet werden. I.d.R. werden diejenigen T..-Horizonte zum Unterboden gezählt, die eine beginnende bis fortgeschrittene pedogene Aggregation aufweisen und höchstens wechsellössig sind (T..,w). Meist zeigen diese Horizonte ein Riss- oder (Sub-) Polyedergefüge (Ts,a- oder T..,t-Horizonte).

Untergrund (UG)

Bezeichnet den Bereich unterhalb des Unterbodens, welcher nicht durch pedogene Prozesse erfasst ist und keine pedogene Aggregation aufweist. Bei klassifizierten Böden kann der Untergrund folgendermassen konkretisiert werden:

Im Normalfall gehören geologische Fest- oder Lockergesteine zum Untergrund. Pedogenetisch gehören die Horizonte Cv, Dn sowie R.. und Gr dazu.

In Böden mit T..-Horizonten werden diejenigen T..-Horizonte zum Untergrund gezählt, die keinerlei pedogene Aggregation zeigen (kein T..,d-; T..,a- oder T..,t-Horizont). I.d.R. sind diese anhaltend bis permanent wassergesättigt (T..,r).

5.6.2 Datenstruktur von Punkt und Flächendaten

Die Informationen zu den Profildaten werden horizontweise erfasst. Standardbohrungen werden schicht- oder horizontweise erfasst (siehe Tabelle 13). Die für die Kartiereinheiten aufgenommenen Informationen beziehen sich auf zwei oder drei Schichten: Oberboden und ein bis zwei Unterbodenschichten. Ob nur ein Unterboden oder zwei aufgenommen werden sollen, muss von der PLA im Projekthandbuch geregelt werden. Abbildung 13 gibt einen schematischen Überblick. Schichtweise erfasste Standardbohrungen entsprechen dem etablierten Kartierstandard. Weitere Ausführungen zur Wahl der Datenstruktur sind im Anhang 1 zu finden.

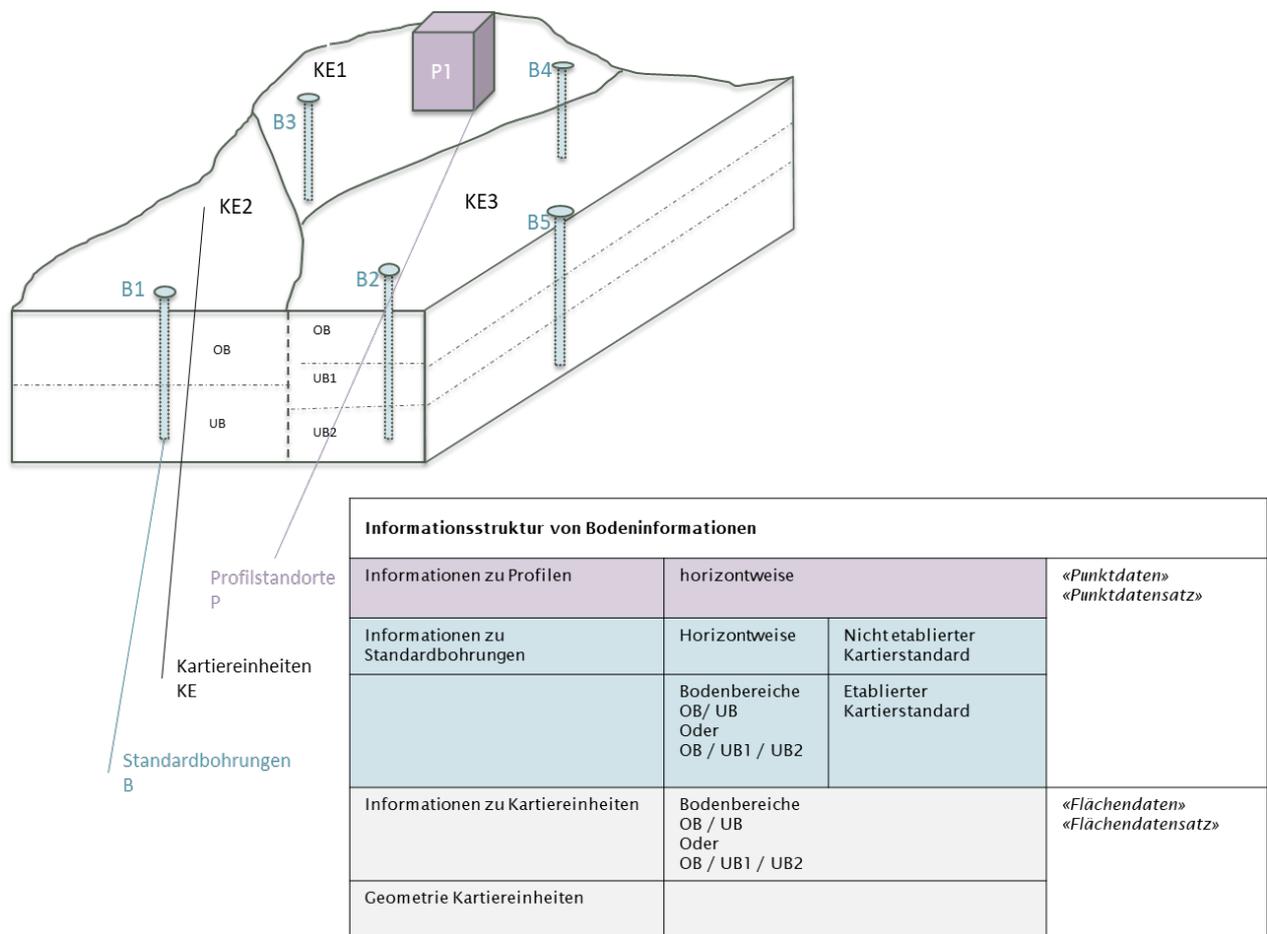


Abbildung 13 : Schematische Darstellung zur Informationsstruktur von Bodendaten

5.6.3 Datensatz der Standardbohrungen und Kartiereinheiten

Anmerkung: Die folgenden Ausführungen beziehen sich mehrheitlich noch auf Erhebungsgrössen gemäss FAL24+ . Sie befinden sich in Revision und werden im Leitfaden für die Bodenbeschreibung (Teil I vom Gesamtwerk «Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz) in revidierter Form neu und umfassend erläutert sein. Die Tabelle 12 gilt als vorläufige Übergangslösung, bis der Teil I des Gesamtwerkes weiter ausgearbeitet ist und wird dann ersetzt. Es wird detaillierter erläutert, welche Erhebungsgrössen in welcher Form bei Punktaufnahmen und Kartiereinheiten erfasst werden können.

Die zu erhebenden Parameter müssen in der Vorbereitungsphase durch die PLA festgelegt werden (vgl. Anhang 2).

Es werden mindestens die in Tabelle 12 in Normalschrift aufgelisteten Parameter erhoben, und zwar sowohl für Standardbohrungen als auch für Bodeneinheiten.

Hinweise in Bezug zum Datensatz bei der Erhebung von FFF-Flächen gemäss Sachplan des Bundes sind im Anhang 1 zu finden.

Tabelle 12 : Datensatz für Standardbohrungen und Bodeneinheiten. Die Angaben für die horizontweise Erfassung beziehen sich ausschliesslich auf Bohrungen (Flächendaten werden nicht horizontweise erhoben). Parameter in Kursivschrift können zu projektspezifischen Datensätzen dazugehören.

Gruppe	Erfassungsart	Parameter
Bodeneigenschaften	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Ton- und Schluffgehalte, Körnungsklasse - Karbonatgrenze - Karbonatklasse - Skelettklasse - pH-Hellige - Humusgehalt (mind. Oberboden) - Gefüge und Gefügegenösse - Humusform - <i>Art und Zersetzungsgrad von Torfschichten</i>
	Schichtweise	<ul style="list-style-type: none"> - Schichtmächtigkeiten - <i>Mächtigkeit der für die pnG-Berechnung berücksichtigte Schicht (vor Korrekturabzug)</i> - Schichtbezeichnung (z.B. OB, UB1, UB2) - <i>Bezeichnung des massgeblichen Horizontes</i>
	Horizontweise (nur Bohrungen)	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontmächtigkeiten - Horizontbezeichnung (z.B. Ahp, Bcn, Bg)
Klassifikation	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Untertypen - Bodentyp - Wasserhaushaltsuntergruppe - Pflanzennutzbare Gründigkeit
Zusatzinformationen/Standort	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - ID/Objektnummer - Koordinaten - Geländeform - Hangneigung für Geländeformen um 18% - Komplexreihenfolge - Flächenanteil im Komplex - <i>Information zur Flächenrepräsentativität</i> - Kartierperson oder -firma - Bemerkungen - Projektspezifikationen (z.B. Los-Nr., Gemeinde etc.) - <i>Heterogenität der Bodeneinheit</i> - <i>Baumbestand</i> - <i>Waldgesellschaft</i> - <i>Vegetation/Kultur</i>
Interpretationen/Ableitungen	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Verwertungseignung (im Sinne der VVEA)</i> - <i>Bodenpunktzahl/Profilwert</i> - <i>NEK</i> - <i>NEK-Limitierungen</i> - <i>FFF-Eignung</i> - <i>Produktionsfähigkeitsstufe/Punktezahl</i>

5.6.4 Produktvarianten der Kartierung

Es gibt mehrere Produktvarianten der Kartierung (siehe Tabelle 13). Bei der Auswahl der Produktvariante sollten folgende Grundsätze und Hinweise beachtet werden:

- Flächendatensätze werden standardmässig zweischichtig erhoben.
- Für die Herleitung eines Flächendatensatzes ist die Erfassung von Standardbohrungsdatensätzen nicht notwendig. Die zusätzliche Erfassung von Standardbohrungen, insbesondere von horizontweise aufgenommenen Standardbohrungen, erlaubt jedoch weitere, zukünftige Auswertungen aller Bodendaten und steigert ihren Wert ausdrücklich. Das Vorgehen ist nicht etablierter Kartierstandard, jedoch wird aufgrund des Informationsgewinnes eine horizontweise erfasste Standardbohrung pro Hektare empfohlen.
- Für Datenauswertungen und -interpretationen sind generell nur Datensätze (Punkt und Flächen) zu verwenden, die die internen und externen Prozesse der QS durchlaufen haben.
- Erfasste Standardbohrungsdatensätze sind nur dann flächenrepräsentativ, wenn sie als solches gekennzeichnet sind, und können nur in diesen Fällen verwendet werden, um die Ausscheidung von Kartiereinheiten nachzuvollziehen. Dies ist nur bei wenigen Standardbohrungen der Fall. Werden Standardbohrungen losgelöst von Kartiereinheiten für weitergehende Auswertungen verwendet, muss dabei die Unsicherheit berücksichtigt werden, die eine einzelne Bohrung mit kleinem Durchmesser mit sich bringt.

Tabelle 13 : Produktvarianten der Kartierung: Flächen- und Standardbohrungsdatensätze

Variante	Datenprodukte mit QS	Vorteile	Nachteile	Bemerkungen
1	<p>Flächendatensatz, allenfalls mit Bezeichnung von flächenrepräsentativen Standardbohrungen, 2 - 3 Schichten, Flächendatensatz hat gleichviele Schichten wie Standardbohrungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geometriedatensatz mit Kartiereinheiten - Gleiche Attributtabelle für Bodeneinheiten und Standardbohrungen 	<ul style="list-style-type: none"> - einfaches Datenhandling (nur eine Datentabelle für QS) - Etablierter Kartierstandard - tiefer Kartieraufwand 	<ul style="list-style-type: none"> - Herleitung des Flächendatensatzes ist nicht offensichtlich (ausser, bei flächenrepräsentativen Bohrungen) - Keine definierte Anzahl Bohrungsdaten für weitere Auswertungen vorhanden 	<p>Standardmethode FAL24</p> <p>Beispiele: Bodenkartierung Kanton Solothurn und Luzern seit 2000er-Jahren</p> <p>Notizen zu Kartierbohrungen werden, falls vorhanden und verlangt, an die PLA abgegeben.</p>
2	<p>Flächendatensatz mit definierter Anzahl Standardbohrungen, 2-3 Schichten, Flächendatensatz hat gleichviele Schichten wie Standardbohrungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geometriedatensatz mit Kartiereinheiten - Gleiche Attributtabelle für Bodeneinheiten und Standardbohrungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Bohrungsdatsatz ist eigenständig weiterverwendbar und nutzbar für Anwendungen und zukünftige Entwicklungen - einfaches Datenhandling (nur eine Datentabelle für QS) - Bohrungsdatsatz zur Herleitung des Flächendatensatzes während Kartierung nutzbar - Probenahme möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Kaum Angaben zur Herleitung des Flächendatensatzes - flächenrepräsentative Bohrungen nicht automatisch erkennbar 	<p>Beispiel: Kartierung saurer Waldböden in Zürich 2010er-Jahre</p> <p>Notizen zu Kartierbohrungen werden, falls vorhanden und verlangt, an die PLA abgegeben</p>
3	<p>Flächendatensatz mit 2-3 Schichten, definierte Anzahl Standardbohrungen horizontweise oder mit mehr Schichten als Flächendatensatz erfasst (Flächendaten haben weniger Schichten als Standardbohrungen):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geometriedatensatz mit Kartiereinheiten - Attributtabelle für Bodeneinheiten - Separate Attributtabelle für Standardbohrungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Bohrungsdatsatz ist eigenständig weiterverwendbar und nutzbar für Anwendungen und zukünftige Entwicklungen (je mehr Standardbohrungen, desto grösser ist dieser Nutzen) - Probenahme möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Noch nicht etablierter Kartierstandard - Kaum Angaben zur Herleitung des Flächendatensatzes - flächenrepräsentative Bohrungen nicht automatisch erkennbar - doppelter Aufwand für interne und externe QS (zwei separate Datentabellen) 	<p>Beispiel: FFF-Kartierung Luzern ab 2023</p> <p>Notizen zu Kartierbohrungen werden, falls vorhanden und verlangt, an die PLA abgegeben</p>

5.7 Räumliche Variabilität in Kartiereinheiten

Kartierende stehen bei der Kartierarbeit und bei der Beurteilung von unterschiedlichen Bodenformen im Raum in einem Spannungsfeld. Sie entscheiden, ob ein Unterschied der Bodenformen zu einer Abgrenzung einer Kartiereinheit (vgl. Kapitel 5.5) führt, ob eine Kartiereinheit mit einem Fremdanteil (Kap.5.7.2) toleriert wird oder ob eine Komplexeinheit (siehe Kapitel 5.7.3) ausgeschieden werden muss. Die Entscheidung wird beeinflusst durch Erkenntnisse zur Bodenbildung in der zu kartierenden Fläche sowie durch die Interpretation der gewonnenen Bodeninformationen in Bezug auf den Kartierzweck. (Abbildung 14).

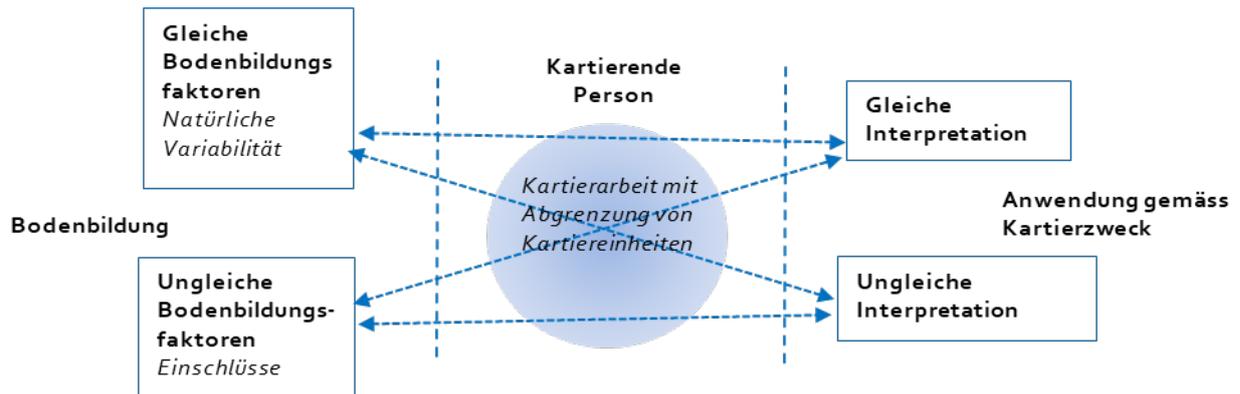


Abbildung 14 : Spannungsfeld bei Entscheidungen zu Abgrenzungen von Kartiereinheiten

5.7.1 Unterschiedliche Bodenformen in einer Kartiereinheit

Unterschiede der Bodenformen können auf Grund unterschiedlichen Pedogenesefaktoren auftreten (**Einschlüsse**), aber sie kommen auch vor, wenn die Pedogenesefaktoren einheitlich sind. In diesem Fall liegt **natürliche Variabilität** vor (vgl. Hinweise im Anhang 1).

5.7.2 Fremdanteil

Fremdanteile sind Bodeneinheiten innerhalb einer Kartiereinheit, deren Bodenform bezüglich Klassifikation von der dominanten Bodenform abweichen (Brunner et al. 1997, Kapitel 7.3-1, 7.3-6). Es handelt sich um Bodeneinheiten, die nicht massstabsgerecht auskartiert werden können. Fremdanteile entstehen auf zwei Arten.

- Durch Einschlüsse mit unterschiedlichen Bodenbildungsfaktoren
- Durch natürliche Variabilität

5.7.3 Komplexeinheit

Eine Komplexeinheit stellt ein Spezialfall der Kartiereinheit dar. Sie besteht aus zwei oder mehreren klassifikatorisch verschiedenen Bodeneinheiten, die mit je einem eigenen Attributdatensatz beschrieben werden. Diese werden nach Wichtigkeit sortiert und ihre Flächenanteile dokumentiert. Grundsätzlich wird nur dann eine Komplexeinheit gebildet, wenn die Abgrenzung von Fremdanteilen in eine eigene Kartiereinheit massstabsbedingt nicht möglich ist (siehe Abbildung 12).

Da Komplexeinheiten schwierig interpretierbar und auswertbar sind, sollen sie zurückhaltend eingesetzt werden und es gibt Strategien, um Komplexeinheiten zu umgehen. Diese sind in Anhang 1 beschrieben. Komplexeinheiten können nicht in jedem Fall vermieden werden.

5.7.4 Umgang mit Fremdanteilen und Komplexeinheiten

Ob eine Kartiereinheit abgegrenzt wird, eine Komplexeinheit oder eine Kartiereinheit mit Fremdanteil ausgeschieden wird, hängt von folgenden Faktoren und Regeln ab.

Faktoren:

- Starke oder schwache Abweichungen von Bodeneigenschaften in Bezug auf die dominante Bodeneinheit. Je grösser die Abweichung, desto weniger Fremdanteil wird in einer Kartiereinheit

toleriert (Brunner et al. 1997, Kapitel 7.3-6). Dieser Faktor gibt den Kartierenden einen notwendigen Anwendungsspielraum.

- Bezug der Abweichung zu einzelnen Parametergrenzen. Abweichungen innerhalb einer Klasse werden weniger gewichtet als Abweichungen über Klassengrenzen hinweg.
- Interpretation des Fremdanteils in Bezug zur dominanten Einheit. Massgeblich hierfür ist der Kartierzweck. Beispielsweise kann ein geringfügiger Unterschied in der pflanzennutzbaren Gründigkeit dazu führen, dass eine Bodeneinheit der Fruchtfolgefläche zugeteilt wird und eine andere nicht. Die Interpretation dieser beiden Einheiten unterscheidet sich somit stark und beeinflusst die Entscheidung entsprechend stark.

Regeln:

1. Ein Fremdanteil mit stark abweichenden Eigenschaften oder abweichender Interpretation gegenüber der dominierenden Bodeneinheit darf 10% des Flächenanteils in der Kartiereinheit nicht überschreiten.
2. Bleibt die Interpretation von verschiedenen Bodeneinheiten ähnlich und ist die Abweichung klein, so werden Fremdanteile bis zu einem Flächenanteil von 20% der Kartiereinheit toleriert.
3. Werden die oben genannten Flächenanteile überschritten, muss die Bildung einer Komplexeinheit geprüft werden:
 - a) Kann eine passende Umgehungsstrategie gemäss Anhang 1 angewendet werden, wird keine Komplexeinheit gebildet
 - b) Wenn keine Umgehungsstrategie passt, muss eine Komplexeinheit gebildet werden.

Wenn möglich wird die Art und das räumliche Auftreten der natürlichen Variabilität und des Fremdanteils innerhalb einer Kartiereinheit im Bemerkungsfeld beschrieben. Ihre Verbreitung wird mittels Bohrungen und oberflächlich sichtbaren Merkmalen geschätzt. Diese Schätzung ist umso besser:

- Je mehr Bohrungen vorhanden sind
- Je markanter die oberflächlich sichtbaren Merkmale auftreten (kann beispielsweise bei anthropogenen Eingriffen der Fall sein)

Für eine systematischere Erfassung von Fremdanteilen könnte ein entsprechender Flächenparameter zur Heterogenität der Kartiereinheit eingeführt werden. Dazu gibt es jedoch noch keine Praxiserfahrung.

5.8 Hinweise zur Qualitätssicherung

5.8.1 Interne Qualitätssicherung

Die für die interne QS verantwortliche Person muss gewährleisten, dass alle Kartierenden den methodischen und bodenkundlichen Anforderungen gemäss Submission, Projekthandbuch, KLABS und KA während der Flächenkartierung gerecht werden und dass die Kartierung einheitlich ausgeführt wird. Ihre Aufgaben umfassen insbesondere folgende Punkte:

- Sie stellt vor Kartierbeginn sicher, dass alle Kartierende auf dem gleichen Informationsstand sind
- Sie leitet die Kartierenden an und klärt mit ihnen sowohl klassifikatorische wie auch kartiertechnische Fragen, wenn nötig vor Ort
- Sie kontaktiert die externe Qualitätssicherung, wenn Probleme losübergreifend angegangen werden müssen.
- Sie ist erste Ansprechperson für offene Fragen der Kartierenden.
- Sie ist für Datenkontrollen zuständig.
- Sie ist für die Kontrolle der Ausbildung und Begleitung der Kartierenden und insbesondere der neueinsteigenden nichtselbstständigen Kartierpersonen zuständig:
 - Bei den ersten mindesten 20 Hektaren: permanente persönliche Begleitung (entweder begleiten die Neueinsteigenden eine erfahrene Person oder Neueinsteigende werden bei der Kartierung durch eine erfahrene Kartierperson eng begleitet).
 - Bis etwa 100 Hektaren: regelmässige persönliche Begleitung, Prüfung von ausgewählten Kartiereinheiten

- Anschliessend: persönliche Begleitung zum Kartierstart, Klärung von Fragen und stichprobenweise Prüfung von ausgewählten Kartiereinheiten

5.8.2 Externe Qualitätssicherung

Die externe QS begleitet jede Kartierperson (egal, ob selbständig oder nicht) während der Kartierarbeit einige Stunden im Feld. Sie beurteilt, ob

- die von der PLA und dem Projekt geforderten gebietsspezifischen und bodenkundlichen Vorkenntnisse vorhanden sind
- eine dem Gebiet und dem Projekt angepasste Arbeitstechnik angewendet wird und ob sie die vorhandenen gebietsspezifischen Grundlagen und Vorarbeiten (Profilblätter, Konzeptkarte) richtig verwendet werden.
- die Methodik korrekt angewendet wird (KLABS, KA, Projekthandbuch, weitere methodische Vorgaben)
- Beschlüsse der Eichtage adäquat umgesetzt werden
- der Grenzabgleich unter den Kartierenden stattfindet

Die externe QS ist für die Organisation und Festlegung der Diskussionsschwerpunkte für die Eichtage (Profil- und Flächeneichtage) verantwortlich.

Zudem können die Kartierenden die Begleitung durch die externe QS dazu nutzen, spezifische Fragen zu klären, die sich im Laufe der Flächenkartierung ergeben haben. Daher ist die Begleitung der QS in der Mitte der Kartierphase sinnvoll.

Weitere Hinweise zur Qualitätssicherung in Bezug auf verschiedene Produktvarianten (Tabelle 13) sind im Anhang 1 zu finden.

5.8.3 Zweiter Eichtag: Der Flächeneichtag

Wie bereits weiter oben erläutert, gibt es zwei Arten von Eichtagen. Der Profileichtag (vgl. Kapitel 4.7.3) und der Flächeneichtag, welcher im Folgenden erläutert wird.

Ziele des Flächeneichtages

Der Flächeneichtag dient folgenden Zielen:

- Abgleich des methodischen Vorgehens bei der Kartierarbeit in der Fläche
- Klärung gebietsspezifischer und kartiertechnischer Fragen
- Einordnen von neuen Bodenformen und Spezialitäten des Perimeters
- Direkter persönlicher Austausch aller Projektbeteiligten
- Weiterbildung der Beteiligten
- Weiterentwicklung der Kartiermethodik

Begründung des Flächeneichtages

Der Flächeneichtag verstärkt die Wirkung des Profileichtages (vgl. Kapitel 4.7.3) und unterstützt die Kartierenden darin, den subjektiven Spielraum gering zu halten und systematische Abweichungen zu erkennen. Er ist besonders hilfreich in den Regionen und Naturräumen der Schweiz, in denen noch wenig Kartiererfahrung besteht. Gebietsspezifische und kartiertechnische Fragen zeigen sich oft erst nach Beginn der Kartierung, deswegen ist der Flächeneichtag in der Kartierphase ebenso wichtig wie der Profileichtag zur Vorbereitung und Basis der Kartierphase. Der Flächeneichtag leistet einen wichtigen Beitrag zur Qualitätssicherung des Kartierprojektes.

Durchführung Flächeneichtag

Die externe QS, legt in Absprache mit der PLA und den Kartierenden die Themen für den Flächeneichtag fest und erwirkt Beschlüsse zu diskussionswürdigen Themen. Die Beschlüsse und Diskussionen werden in einem Protokoll festgehalten. Neben den Kartierenden nehmen am Flächeneichtag die externe QS, PLA und allenfalls weitere Beteiligte oder Interessierte teil. Der Flächeneichtag sollte etwa nach einem Drittel der Kartierarbeiten stattfinden, so dass schon Erfahrungen vorhanden sind, die Beschlüsse aber auch noch auf einer möglichst grossen Fläche direkt

umgesetzt werden können und auf einer möglichst kleinen Fläche nachträglich angepasst werden müssen. Die Eichtagsprotokolle gelten als Weisung für die Kartierenden. Jede Kartierperson setzt die Beschlüsse in ihrem Teilgebiet um und korrigiert, wenn nötig, bereits kartierte Einheiten.

Beispielhafte Themen für den Flächeneichtag sind:

- Ausscheidung von Geländeformen, z.B. ob Hochplateaus als Ebenen oder Kuppen kartiert werden
- Ansprache der Vernässungsart, z.B. ob ein Hang als Stau- oder Hangnass klassiert werden soll
- Umgang mit lokalen Besonderheiten, z.B. extrem skeletthaltigen Böden und deren Bohrbarkeit oder sehr kleinräumige Variabilität
- Grösse der Kartiereinheiten, z.B. ob in welligem Gelände Kleinstrelief auskartiert oder zu grösseren Einheiten zusammengefasst wird
- Test von neuen Kartierhilfsmitteln
- Verwendung von Untertypen, gerade auch von solchen mit Flächenbezug
- Umgang mit Besonderheiten, die zum Zeitpunkt des Profileichtags noch nicht bekannt waren oder deren Handhabung sich nicht abschätzen liess, z.B. ob sich ein bestimmtes Substrat mit dem Bohrstock kartieren lässt oder nicht
- Absprachen bezüglich Grenzabgleichen

6 Datenaufbereitung und -kontrolle

6.1 Übersicht Arbeitsschritte bei Datenaufbereitung und -kontrolle

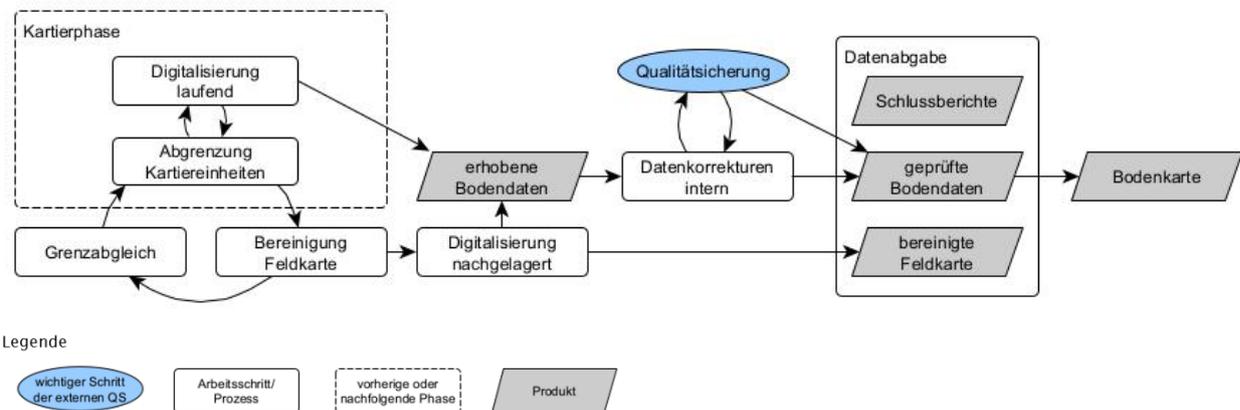


Abbildung 15 : Ablauf der Datenaufbereitung und-kontrolle.

6.2 Bereinigen der Feldkarte

Die Feldaufnahmen müssen zeitnah durch die Kartierenden geprüft und bereinigt werden. Dabei werden alle erhobenen Punkt- und Flächendaten auf Vollständigkeit und Plausibilität dahingehend überprüft, ob sie ins Kartierkonzept eingeordnet werden können. Werden Widersprüche oder Lücken entdeckt, werden diese an den nächsten Feldtagen geklärt. Die definitiv gezogenen Grenzen der Kartiereinheiten werden entsprechend gekennzeichnet.

6.3 Grenzabgleiche und -bereinigung

Spätestens beim Abschluss der Kartierphase muss auch der definitive Abgleich mit Kartierenden anderer Gebiete/Perimeter oder zu bestehenden Bodenkarten erfolgen (abgewandelt nach Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, S. 47).

6.3.1 Abgleich während der Kartierung

Falls es viele offene Fragen oder Widersprüche gibt, werden Grenzgebiete gemeinsam kartiert. Ansonsten werden die erhobenen Daten ausgetauscht und abgeglichen, allenfalls mit punktuellen Prüfungen im Feld. Liegen bereits Bodendaten vor, werden die Grenzen normalerweise übernommen und Inhalte mit Kontrollbohrungen im Nachbargebiet geprüft. Eine nachträgliche Anpassung von bestehenden Bodendaten muss frühzeitig mit der PLA abgesprochen sein.

6.3.2 Abgleich nach der Kartierung

Falls nicht zeitgleich kartiert wurde und somit der Abgleich während der Kartierung nicht möglich war, muss im Nachhinein abgeglichen werden. Dazu werden die Bodendaten ausgetauscht und abgeglichen. Bei unlösbaren Konflikten/Widersprüchen ist die externe QS-Person beizuziehen.

6.4 Prüfen und Bereinigen der Profildaten

Verantwortlich für die vollständige und inhaltlich korrekte und konsistente Dokumentation der Profile ist die interne QS. Die Datenprüfung der Profilsprachen erfolgt zur Hauptsache in der Profilphase (siehe Kapitel 4.7). Sie kann an Profilblättern oder an eingegebenen Daten erfolgen. Nach Ende der Kartierphase gibt es eine erneute, abschliessende Prüfung der Profildaten, bei der insbesondere neue Erkenntnisse aus der Kartierung berücksichtigt werden. Bereinigt werden alle Profildokumentationen, die Produkte gemäss Submission sind. Die Bereinigung und Prüfung umfassen:

- Prüfung auf Vollständigkeit: Alle verlangten Angaben sind vorhanden (inkl. Nachtrag von Laborresultaten, Anpassung der Skizze)
- Abgleich mit Bodenkarte: Die Profilsprache wird mit der Bodeneinheit verglichen, in der das Basisprofil liegt. Abweichungen sind gegenüber der externen QS zu begründen
- Prüfung auf Korrektheit: Die Klassifikation und alle abgeleiteten Parameter stimmen mit den erfassten Bodeneigenschaften überein.
- Entschiede aus dem Profileichtag sind in die Profilsprache integriert.

6.5 Digitalisierung der Punkt – und Flächendaten

6.5.1 Digitalisierung der Feldpläne

Auf Papier dokumentierte Feldpläne müssen georeferenziert und digitalisiert werden. Die PLA legt fest, ob die Digitalisierung durch die PLA oder durch die AK zu geschehen hat (Wie z.B.: Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2010).

Bei einer digitalen Erfassung der Kartiereinheiten im Feld entfällt die nachträgliche Digitalisierung. Um geometrisch einheitliche Produkte zu erhalten, lohnt es sich für die PLA die Anforderungen an die Geometrie im Detail zu regeln (unabhängig von Ort und Zeitpunkt der Digitalisierung). Grundsätzlich gilt:

- Der Anzeigemasstab beim Digitalisieren muss mindestens dreifach grösser sein als der Zielmassstab der Bodenkarte (für Bodenkarten im Massstab 1:5'000 wird somit ein Anzeigemasstab bei der Digitalisierung von 1:1'500 oder grösser gewählt).
- Die Stützpunkte werden so gesetzt, dass runde Formen auch im Endprodukt rund wirken und Geraden nicht unnötig geknickt werden. Als Faustregel gilt, dass der Stützpunkteabstand mindestens 3m betragen soll.
- Die Topologie der Geometrie muss geprüft werden (d.h. sie muss gültig sein), insbesondere auf Überlappungen, fehlende Stützpunkte, doppelt erfasste Flächen und zusammengesetzte Flächen (Multipart features) (Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich 2018, S.20)
- Spitze Winkel sind möglichst zu vermeiden (vgl. Auch Anhang 1 zum Thema Form der Kartiereinheiten und Mehrdeutigkeit)

6.5.2 Datenbankeingabe

Die Informationen zu den Profildaten (vgl. Kapitel 4.5.3 und 6.4), zu den Standardbohrungen und den Kartiereinheiten (vgl. Kapitel 5.6.2) werden spätestens nach Abschluss der Erhebung im Feld durch die Kartierenden entweder direkt in einer Datenbank eingegeben oder zunächst in einer Tabelle erfasst und dann durch die PLA in eine Datenbank eingepflegt. Die Vorgaben dazu müssen in den Projekthandbüchern vorhanden sein. Die Eingabe erfolgt in kantonseigenen Datenbanken, in NABODAT oder in Soildat. Alle Datentabellen, die Produkte der Kartierung sind, werden auf Vollständigkeit, Konsistenz und Plausibilität geprüft (vgl. nachfolgende Kapitel 6.6 und 6.7)

6.6 Prüfung der Punkt – und Flächendaten durch die interne QS

6.6.1 Formelle Prüfung

Die Geometriedaten und Datentabellen werden formell überprüft (zum Beispiel gemäss Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, F16 oder; Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen 2015, Checklisten 10.2, 10.3, 10.4, 10.5). Dabei können beispielweise folgende Überprüfungen der Schreibweise und der Vollständigkeit manuell oder auch automatisiert erfolgen:

- Datensätze sind vollständig, korrekt nummeriert und identifizierbar
- Polygone können mit Datentabelleneinträgen korrekt verknüpft werden (und umgekehrt)
- Zu jeder Standardbohrung gehört eine Kartiereinheit
- Tippfehler korrigieren, Gross- und Kleinschreibungen bei Codes kontrollieren
- Geometrien der Kartiereinheiten weisen keine Lücken und Überlappungen auf und Inselfpolygone überdecken nicht das umschliessende Polygon

6.6.2 Inhaltliche Prüfung

Prüfung der Konsistenz und Plausibilität

Für die Prüfung der korrekten Verwendung der Klassifikation sowie von Konsistenz und Plausibilität der Daten hilft Tabelle 14. Falls die Datentabellen auch abgeleitete Grössen wie z.B. NEK enthalten, werden diese ebenfalls auf ihre korrekte Verwendung hin überprüft.

Tabelle 14 : Beispiele zur Prüfung der Datentabellen auf Konsistenz, korrekte Anwendung KLABS und Plausibilität (ergänzt nach PHB LU, 2013, C23)

Parameter	Vergleichen mit	Bemerkung
pH-Wert UB bzw. UB1 bzw. erster Horizont nach OB	Untertyp E und K, Bodentyp	KLABS, Plausibilität
Karbonatklassen	Untertyp K, Bodentyp	KLABS
Ton- und Schluffgehalt	Körnungsklassen, Bodentyp	KLABS
Kies- und Steingehalt	Skelettklassen	KLABS
OS-Gehalte Oberboden	Untertyp O und M	KLABS, Plausibilität
OS-Gehalte Unterböden (organische Böden)	Untertypen O und P, Ausgangsmaterial	KLABS
Mächtigkeiten Auflage, A-Horizonte	Humusform	KLABS
Untertyp	Bodentyp	KLABS
WHG	pnG	KLABS
WHG	Untertyp	KLABS, Konsistenz
Geländeform	WHG und Bodentyp	Konsistenz, Plausibilität
WHG	org. Substanz OB	Konsistenz, Plausibilität
Körnungsklassen	Ausgangsmaterial	Plausibilität

Prüfung mittels thematischer Karten

Nach der formellen und inhaltlichen Prüfung der Datentabellen werden mit den Datensätzen thematische Karten für ausgewählte Parameter erstellt. Ob diese thematischen Karten durch die externe QS oder die PLA zu erstellen sind, ist durch die PLA zu bestimmen.

Mit den thematischen Karten wird die räumliche Verteilung der Bodeneigenschaften auf Ausreisser und auf systematische Abweichungen geprüft. Weiter wird geprüft, ob die Form von Kartiereinheiten plausibel ist. Die Auswahl der Parameter orientiert sich am Ziel der Kartierung und an den Besonderheiten des Kartiergebiets. Typischerweise geprüft werden Bodentyp, Wasserhaushaltsuntergruppen, Geländeform, Ausgangsmaterial, Körnung, Skelettgehalt, pnG sowie ausgewählte Untertypen (zum Beispiel nach Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, S. 57 oder; Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen 2015, Checkliste 10.4). Die AK werden anschliessend über die Ergebnisse der Prüfung informiert, allfällige Korrekturen werden abgesprochen und von den Kartierenden vorgenommen.

6.7 Prüfung aller Abgabeprodukte durch die externe QS

Alle Produkte der Kartierung werden nach der internen QS an die externe QS übergeben. Die externe QS geht grundsätzlich gleich vor wie die interne. Sie prüft insbesondere die Datenkonsistenz über die Logsgrenzen hinweg. Die externe QS fokussiert sich bei der Prüfung auch auf die zeitliche Konsistenz zwischen Erhebungsjahren. Nach Abschluss werden die Produkte noch einmal für Korrekturen an die AK übergeben. Die Fachperson für externe QS bestätigt die durchgeführten Prüfungen gegenüber der PLA und erläutert den gesamten QS-Prozess in einem Schlussbericht (Kapitel 6.8.1).

6.8 Schlussberichte

6.8.1 Schlussbericht der externen QS

Der Schlussbericht der externen QS beinhaltet folgende Angaben (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, Checkliste 20B).

- Ausgangslage
- Ablauf (Arbeitsschritte)
- Konzeptkarte und Basisprofilwahl
- Basisprofile
- Eichtag(e)
- Flächenkartierung
- Datenkontrolle
- Plausibilität der Resultate
- Verbesserungsvorschläge
- Offene Fragen und Pendenzen
- QS-Formulare und andere Anhänge

6.8.2 Schlussbericht der AK

Die Ziele des Schlussberichts der AK sind

- die Erläuterung der Kartierung und des Gebiets unter Berücksichtigung aller Besonderheiten, die im Perimeter angetroffen wurden,
- die Gewährleistung der Nachvollziehbarkeit für Nicht-Beteiligte, insbesondere bei der Verwendung der Karte nach Abschluss des Kartierprojekts.

Der Schlussbericht wird durch die AK mit folgendem Inhalt verfasst (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, Checkliste 20A):

- Auftrag, Problemstellung, Projektperimeter
- Organisation und Ablauf
- Natur- und kulturelle Grundlagen
- Vorgehen und Methodik
- Ergebnisse
- Besondere Fragen (z.B. gebietsspezifische Besonderheiten beim Vorgehen)
- Offene Fragen sowie Vorschläge und Anregungen zum Projekt oder für weitere Kartierungen

6.9 Datenabgabe

Sämtliche in der Submission oder im Projekthandbuch definierten Produkte (vgl. Tabelle 13) der Kartierung in digitaler Form sowie alle Feldpläne und Notizen der Kartierenden im Original werden von der AK an die PLA abgegeben. Sie haben zu diesem Zeitpunkt alle eine Datenprüfung (QS) durchlaufen.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Phasen der Bodenkartierung gemäss KA23	6
Abbildung 2 : Ablauf der Vorbereitungsphase.	9
Abbildung 3 : Schema der Massstabswahl	12
Abbildung 4 : Hilfsgrafik für die Zeitplanung einer Bodenkartierung für verschiedene Vegetationstypen. Ausgezogene Linien kennzeichnen besonders vorteilhafte Zeiträume, gepunktete Linien zeigen potenziell nachteilige Phasen für das Betreten und Sondieren der Flächen mit Handbohrstock. Orange gekennzeichnet sind Phasen, die sich für Profilgruben besonders eignen.	17
Abbildung 5 : Fiktives Beispiel einer Liste mit Standortvorschlägen für Basisprofile. Fett gedruckte Nummern bezeichnen Rekognoszierungsbohrungen, die sich als Basisprofilstandort eignen.	24
Abbildung 6 : Ablauf der Profilphase (Standardvorgehen)	29
Abbildung 7 : Schematische Darstellung der Profilgrube mit Absperrung, Bodendepots und Infotafel. Abbildung nach Brunner et al. 1997, Abb. 2.1b	31
Abbildung 8 : Überblick über die Kartierphase	36
Abbildung 9 : Im Gelände variieren Böden kontinuierlich, klassifikatorische Bodentypen wechseln meist fließend. Grenzen werden bei der Kartierung in die Übergangsbereiche gesetzt. Die Grenzen der Kartiereinheiten sind in der Abbildung als rote Linien an der Bodenoberfläche und in die Tiefe eingezeichnet.	41
Abbildung 10 : Bezug zwischen Kartiereinheit und Bodeneinheit(en).	41
Abbildung 11 : Vorgehen bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten bei jeder Kartierbohrung.	42
Abbildung 12 : Iteratives Vorgehen bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten. Der vermutete Grenzverlauf wird auf dem Feldplan skizziert (grau) und nach Abschluss einer Kartiereinheit mit (roter) Farbe nachgezogen, Bohrungen sind als blaue Punkte markiert (abgeändert nach Fig. 5.3, Legros 1996, S. 134).	43
Abbildung 13 : Schematische Darstellung zur Informationsstruktur von Bodendaten	46
Abbildung 14 : Spannungsfeld bei Entscheidungen zu Abgrenzungen von Kartiereinheiten	51
Abbildung 15 : Ablauf der Datenaufbereitung und-kontrolle.	55

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Übersicht über das Gesamtwerk «Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz». In blau die vorliegende Version der KA23; graue Schrift ungefähre Zeitangaben einer ersten Publikation.	5
Tabelle 2 : Mögliche Akteure und Rollen in einem Kartierprojekt	10
Tabelle 3 : Auswahl an Kartierzwecken und dafür empfohlene Massstäbe	13
Tabelle 4 : Dichte der Punktinformationen je nach Massstab, modifiziert nach Brunner et al. 1997 (Abschnitt 8.1-1) und Legros 1996 (S.50f).	13
Tabelle 5 : Grundlegenden Daten für die Bodenkartierung (ergänzt nach Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a; Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich 2015; Brunner et al. 1997). Fettgedruckt sind dabei die Datensätze, die für die Konzept- und Profilphase verwendet werden müssen.	20
Tabelle 6 : Liste möglicher Werkleitungen und deren Bezugsquelle (nach Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn 2017a, S. 35). Primäre Bezugsquelle ist jeweils die Betreiberin oder der Betreiber der Infrastruktur	29
Tabelle 7 : Hilfsmittel in der Profilphase, Fett hervorgehoben sind die Hilfsmittel, die mindestens verwendet werden müssen.	32
Tabelle 8 : Hilfsmittel in der Flächenkartierung. Fett hervorgehoben sind die Hilfsmittel, die mindestens verwendet werden müssen.	37
Tabelle 9 : Gegenüberstellung verschiedener Bohrungsarten	39
Tabelle 10 : Umgang mit Bohrungsinformationen in Bezug auf das Kartierkonzept und das Bodeninventar	40
Tabelle 11 : Vorgehensweisen bei der Abgrenzung von Kartiereinheiten anhand von Bohrungen im Gelände (abgeändert nach Blume et al. 2011, S. 69)	44
Tabelle 12 : Datensatz für Standardbohrungen und Bodeneinheiten. Die Angaben für die horizontweise Erfassung beziehen sich ausschliesslich auf Bohrungen (Flächendaten werden nicht horizontweise erhoben). Parameter in Kursivschrift können zu projektspezifischen Datensätzen dazugehören.	48
Tabelle 13 : Produktvarianten der Kartierung: Flächen- und Standardbohrungsdatensätze	50
Tabelle 14 : Beispiele zur Prüfung der Datentabellen auf Konsistenz, korrekte Anwendung KLABS und Plausibilität (ergänzt nach PHB LU, 2013, C23)	57

9 Glossar

Siehe separates Dokument

10 Literaturverzeichnis

Ad-hoc Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage, KA5. Unter Mitarbeit von H. Sponagel, W. Grottenthaler, K.-J. Hartmann, R. Hartwich, P. Janetzko, H. Joisten et al. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

AfU Solothurn (2020): Bodenkartierung Kanton Solothurn, Projekthandbuch. Kartiermethodik, Teil III, Kartiermethode FAL24+, 6. Ausgabe Januar 2020.

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.

Amt für Umwelt des Kantons Nidwalden (2021): Konzept Bodenkartierung 2021.

Amt für Umwelt des Kantons Solothurn (2020): Ausschreibungsunterlagen Bodenkartierung Solothurn, Bezirke Lebern und Solothurn 2022 - 20226. Unter Mitarbeit von Anna Plotzki.

Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen (2015): Handbuch Umwandlung der Eignungskarten in Bodenkarten. Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen. Version 3. Unter Mitarbeit von Daniela Marugg, Esther Bräm, Thomas Gasche, Jiri Presler und Martin Zürrer. Hg. v. Kanton St.Gallen, zuletzt geprüft am 27.05.2020.

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.

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS) (2000): Umfrage Bodenkartierung. Bedarfsabklärung Bodenkarten und Bodeninformation Aufgaben im Zusammenhang mit der Bodenkartierung, Ideen zu einer Bodeninformationsstelle (BGS Dokument, 10). Online verfügbar unter http://www.soil.ch/cms/fileadmin/Medien/BGS_Fachgesellschaft/BGS_Dokumente/BGS_Dokument_10.pdf, zuletzt geprüft am 09.07.2019.

Borer, F.; Knecht, M. (2014): Bodenkartierung Schweiz Entwicklung und Ausblick. Arbeitsgruppe Bodenkartierung der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz. Online verfügbar unter http://www.soil.ch/cms/fileadmin/Medien/Arbeitsgruppen/Bodenkartierung/Bericht_BoKa_2014_Schlussfassung_BGS_Web.pdf, zuletzt geprüft am 08.06.2023.

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 Landwirtschaft (2004): Grundlagen zur Bewertung von Kulturland und naturnahen Flächen bei Landumlegungen.

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

Bundesamt für Umwelt BAFU (2022): Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen. Bodenschutzmassnahmen auf Baustellen. Ein Modul der Vollzugshilfe "Bodenschutz beim Bauen". Unter Mitarbeit von Corsin Lang, Matias Laustela und Bruno Grünenfelder. Bern (Umwelt-Vollzug, Nr. 2112: 36 S.).

BöB, vom 21.06.2019 (Stand am 01.01.2022): Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (SR. 172.056.1).

Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) Kanton Luzern (2013): Projekthandbuch, Teil 0 Einleitung und Teil I Abläufe. Unter Mitarbeit von Brigitte Suter und Thomas Gasche.

Ellenberg, Heinz; Klötzli, Frank (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz, zuletzt geprüft am 28.06.2023.

Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn (2010): Projekthandbuch, Teil IV: IS-Boden. Solothurn.

- Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn (2017a): Projekthandbuch, Teil II: Abläufe. Hg. v. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn. Solothurn.
- Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn (2017b): Projekthandbuch Teil I: Einführung. Hg. v. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn. Solothurn.
- Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich (2003): Richtlinien für Bodenrekultivierungen. Hg. v. Baudirektion des Kantons Zürich und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich.
- Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich (2015): Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden - Submission der Kartierlose 2015. Offenes Verfahren. TID 28025. Baudirektion des Kantons Zürich.
- Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich (2019): Bodenkundliche Bewertung von anthropogenen Böden. Interpretationshilfe. Hg. v. Baudirektion des Kantons Zürich.
- Frehner, Monika; Burnand, Jacques; Carraro, Gabriele; Frey, Hans-Ulrich; Lüscher, Peter (2009): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald, Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Anhang 2A: Bestimmen des Standortstyps (revidiert und ergänzt; Stand März 2009). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Frei, Erwin; Vökt, Urs; Flückiger, R.; Brunner, H.; Schaj, F. (1980): Bodeneignungskarte der Schweiz. Hg. v. Bundesamt für Landwirtschaft, Bundesamt für Raumplanung und Bundesamt für Forstwesen.
- Gasche, Thomas; Lazzini, Mirjam (2018): Bodenkartierung Breitenbach-Büsserach Schlussbericht Beizugsgebiet Güterregulierung. im Auftrag der Flurgenossenschaft Breitenbach-Büsserach.
- Gemeindeverband Sempachersee (1992): Konzept für Schutzmassnahmen im Einzugsgebiet der grossen Aa. Grundlagen, Teil Boden. Unter Mitarbeit von AGBA AG, Arbeitsgemeinschaft Beratender Agronomen.
- Hauert, Christine; von Rohr, Gaby; Margreth, Stephan; Schmidhauser, Anina; Gasche, Thomas (2017): Böden im Kanton Solothurn. Separatdruck Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Solothurn, Heft 43, 2017, S. 49-175.
- IVöB, vom 15.11.2019: Interkantonalen Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen. Online verfügbar unter <https://www.trias.swiss/>.
- Legros, Jean-Paul (1996): Cartographie des sols. De l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Lüscher, Claude (2010): Bodenkartierung Kanton Glarus 2006 - 2010. Erfassung der potenziellen Fruchtfolgeflächen FFF - Schlussbericht. ARCOPLAN, zuletzt geprüft am 09.01.2020.
- Mösch, Dominik A. (2022): Erstes Fruchtfolgeflächen-Kompensationsprojekt erfolgreich umgesetzt. Hg. v. Abteilung für Umwelt Kanton Aargau. Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau (Umwelt Aargau, Nr. 89), zuletzt geprüft am 08.06.2023.
- Murisier, F.; Brigue, C. (2004): Etude des terroirs viticoles vaudois. In: *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 36 (4), S. 14-20, zuletzt geprüft am 27.05.2020.
- Ruef, Andreas; Peyer, Karl; Plüss, Elisabeth (1996): Handbuch Waldbodenkartierung. Vollzug Umwelt. Diese Publikation ist Teil der Flankierenden Massnahmen (FLAM) des Walderhebungsprogramms (WEP) 1992-1995. Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau Zürich-Reckenholz: Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Soil Science Division Staff; Ditzler, C.; Scheffe, K.; Monger, H. C. (Hg.) (2017): Soil Survey Manual, USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Sticher, H. (2001): Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz 1855-1962. Hg. v. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS) (BGS Dokument, 11). Online verfügbar unter http://www.soil.ch/cms/fileadmin/Medien/BGS_Fachgesellschaft/BGS_Dokumente/BGS_Dokument_11.pdf, zuletzt geprüft am 04.01.2019.

Suter, Brigitte (2018): Konzept Bodenkartierung zur Fruchtfolgeflächenerhebung im Kanton Luzern. Kartierung entlang der „Y-Achse“ (entlang Nationalstrassen). Hg. v. Umwelt und Energie (uwe), Kanton Luzern. Boden, Abfall und Altlasten, zuletzt geprüft am 09.01.2020.

USG, vom 01.01.2022: Umweltschutzgesetz (SR. 814.01).

VöB, vom 12.02.2020 (Stand am 23.01.2023): Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen (SR. 172.056.11).

DZV, vom 23.10.2013 (14.03.2023): Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, SR. 910.13).

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).

11 Anhänge

Anhang 1: Weiterführende praktische Hinweise

Anhang 2: Hinweise für Projektauftraggebende

12 Versionskontrolle

Version KA23	Version rKA	Datum	Beschreibung	Autor
-	0.1	22.6.21	nur Varianten Bohrung	js
-	0.2	23.6.21	Zusammenstellung aus Rohgerüst, ZwiBe	js
-	0.3	5.7.2021	Ausarbeitung einzelner Kapitel	js, mw
-	0.4	11.10.2021	Entwurf für Vorkonsultation und Übersetzung	Js, mw
-	1.0	4.5.2022	bearbeiteter Entwurf mit Kommentaren aus Vorkonsultation	js
-	1.1	5.5.2022	bereinigte Version nach Vorkonsultation	js
-	1.2	7.7.22	bearbeiteter Entwurf mit Kommentaren bezüglich Inputs AP11.5 (Anforderungen FFF), Inputs vom QRM (Bruno Grünenfelder) und Inputs aus der BGS Arbeitsgruppe «Kartierung» (Anlass vom 2.6.2022)	js, dm
-	2.0	15.9.2022	Vollständig bereinigte und angepasste Version für Konsultation, angepasstes Layout, Integration Waldpassagen	dm
-	2.0	6.10.2022	Nachkontrollen durch M. Wernli, T. Steinert, K. Baumgartner, R. Rued Bereinigung und Vorbereitung für Konsultation	dm
-	2.1	23.1.23	Version mit Kommentaren und Korrekturen aus der Konsultation	dm, mw
1.0	-	30.6.2023	Erste Version KA23	dm, js