



# Leitfaden revidierte Kartieranleitung der Böden der Schweiz

Revision der Klassifikation und Kartieranleitung der Böden  
der Schweiz (Rev. KLABS / KA)

Baustein B: Flächenkartierung

**Daniela Marugg / Anina Schmidhauser**

**Version 1.3, 2.12.2020**

**Berner Fachhochschule**

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Abteilung Agronomie, Revision KLABS/KA

<b>1 Grundsätzliches</b>	<b>3</b>
1.1 Zweck und Inhalt Leitfaden	3
1.2 Weiterentwicklung der KA	3
<b>2 Analyse im Hinblick auf die Revision der Kartieranleitung</b>	<b>3</b>
2.1 Geschichte der schweizerischen Bodenkartieranleitungen bis 1997	3
2.2 Aufbau der KA (FAL 24)	4
2.3 Entwicklung der schweizerischen Bodenkartieranleitungen ab 1997	4
2.3.1 Entwicklungen in den Kantonen	4
2.3.2 Entwicklungen in der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS)	5
2.3.3 Entwicklungen in NABODAT	7
2.4 Weitere konzeptionelle und methodische Entwicklungen bei Bodenkartierungen	7
2.5 Bundesratsbeschluss vom 8.5.2020	11
2.6 Bodenkartierung in der Praxis	12
2.7 Zusammenfassung bisherige Arbeiten im Revisionsprojekt	13
<b>3 Konzept der revidierten Kartieranleitung</b>	<b>21</b>
3.1 Grundlegendes	21
3.1.1 Die rKA im Kontext des Revisionsprojektes	21
3.1.2 Zielpublikum der rKA	21
3.1.3 Ziele der rKA	21
3.2 Massstabsbereich	22
3.3 Modularer Aufbau	22
3.3.1 Basismodul	22
3.3.2 Ergänzende Module	22
3.3.3 Die Thematik der räumlichen Variabilität	23
<b>4 Vorgehen bei der Revision</b>	<b>24</b>
4.1 Einführung	24
4.2 Arbeitspakete Baustein B	24
4.3 Querschnittsaufgaben	26
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>27</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>27</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>27</b>
<b>Versionskontrolle</b>	<b>28</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>29</b>
<b>Anhang</b>	<b>32</b>

# 1 Grundsätzliches

## 1.1 Zweck und Inhalt Leitfaden

Der vorliegende Leitfaden stellt den Abschluss der Phase 1 innerhalb des Bausteins B des Revisionsprojektes dar. Weitere Informationen zum Revisionsprojekt und zum Baustein A der Revision sind im Umsetzungskonzept zu finden (Marugg und Schmidhauser 2019)<sup>1</sup>. Der Leitfaden stellt das Konzept zur weiteren Erarbeitung der revidierten Kartieranleitung (rKA) sowie das Vorgehen bei der Revision vor.

Der vorliegende Leitfaden gliedert sich folgendermassen:

- Kapitel 2: Analysen zur aktuellen Situation der Bodenkartierung in der Schweiz, Zusammenfassung der bisherigen Arbeiten und Fazit für die rKA
- Kapitel 3: Vorstellung des Konzepts der rKA
- Kapitel 4: Umsetzung der Revisionsarbeiten

Die im Leitfaden enthaltenen fachlichen und organisatorischen Vorgaben sind für die weitere Bearbeitung des Bausteins B (Revision der Kartieranleitung) verbindlich. Inhaltliche Elemente können, aber müssen nicht, in die rKA übernommen werden.

## 1.2 Weiterentwicklung der KA

Die rKA wird zusammen mit der revidierten Klassifikation publiziert (Version 1 der rKLABS und der rKA; vergleiche Schmidhauser und Presler 2020). Nach Abschluss des Revisionsprojektes ist mit dem Kompetenzzentrum Boden (KOBO) eine nationale Institution vorhanden, mit der die Weiterentwicklung der KLABS und der KA gewährleistet wird. So können neue Erkenntnisse aus der Forschung und der bodenkundlichen Praxis periodisch in die rKA aufgenommen werden. Zukünftig wird es somit einen laufenden Aktualisierungsprozess zur Pflege der KLABS und der KA geben. In welchen zeitlichen Abständen eine neue Versionierung vorgenommen werden kann, muss sich in der Praxis noch zeigen.

# 2 Analyse im Hinblick auf die Revision der Kartieranleitung

Im vorliegenden Kapitel wird kurz auf die Geschichte und die Entwicklung der aktuellen Bodenkartieranleitungen der Schweiz eingegangen. Es wird aufgezeigt, wie es in der Schweiz dazu gekommen ist, dass von verschiedenen Methoden zur Bodenkartierung die Rede ist. Aktuelle Entwicklungen im Bereich «Bodenkartierung» in der Schweiz werden beschrieben und erste Ergebnisse der Arbeiten zur Revision der Kartieranleitung werden zusammengefasst.

## 2.1 Geschichte der schweizerischen Bodenkartieranleitungen bis 1997

Die Entstehung der Kartieranleitung 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 anderen dazu geführt haben, dass der nationale Kartierdienst per Ende 1996 aufgelöst wurde und keine vergleichbare Institution an seine Stelle trat (BGS 2000, S. 7).

Die Geschichte der schweizerischen Bodenkartieranleitungen ist im Bericht von Borer und Knecht (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). [...]

<sup>1</sup> Dieses und weitere Dokumente des Revisionsprojektes sind auf der Projekt-Webseite [www.boden-methoden.ch](http://www.boden-methoden.ch) zugänglich.

Eine erste Kartieranleitung entstand 1963 [eine zweite 1986, beiden blieben unveröffentlicht]. Die heute noch gültige Kartieranleitung stammt in zweiter Auflage aus dem Jahre 1997. Das Handbuch für die Waldbodenkartierung, datiert 1996, basiert auf denselben Grundlagen und ist weitgehend identisch, allerdings mit Erweiterungen bezüglich der Humusformen und der forstspezifischen Interpretationen.» (Borer und Knecht 2014, S. 61)<sup>2</sup>.

## 2.2 Aufbau der KA (FAL 24)

Die Kartieranleitung FAL 24 «Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden» (Brunner et al. 1997) ist in drei Teile gegliedert.

Teil I Untersuchungen am Bodenprofil und am Standort

- Kapitel 2: Bodenprofil und Profilblatt
- Kapitel 3: Untersuchungen am Profil
- Kapitel 4: Angaben zu Standort und Nutzung
- Kapitel 5: Bodenbezeichnung

Teil II Bodenkartierung

- Kapitel 6: Projektvorbereitung
- Kapitel 7: Feldarbeiten
- Kapitel 8: Darstellung der Ergebnisse

Teil III Standortbeurteilung durch Interpretation von Bodenkarten

- Kapitel 9: Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung
- Kapitel 10: Beurteilung des Risikos für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen
- Kapitel 11: Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden

## 2.3 Entwicklung der schweizerischen Bodenkartieranleitungen ab 1997

Die Kartieranleitung (FAL 24) aber auch das Handbuch für die Waldbodenkartierung sind zwischen 1996 und 2019 von keiner nationalen oder zentralen Stelle weiterentwickelt oder überarbeitet worden, weil, wie in Kapitel 2.1 geschrieben, der nationale Kartierdienst aufgelöst wurde. In der Folge gab es mehrere Akteurgruppen, die aus verschiedenen Gründen die Kartieranleitung (FAL 24) verwendeten und für ihren Anwendungsbereich ergänzten. Im Folgenden sind diese Entwicklungen beschrieben.

### 2.3.1 Entwicklungen in den Kantonen

Der Kanton Solothurn (Amt für Umwelt) begann 1996 die FAL-Kartieranleitung zu einer attribut- bzw. polygonbasierten Datenerhebungsmethode (ohne Legenden) mit digitaler Datenablage zu erweitern. So entstand die heute in der Schweiz weitverbreitete sogenannte FAL24+ Kartiermethode (Borer und Knecht 2014, S. 61). Sie wird bis heute laufend aktualisiert und liegt mittlerweile in 6. Auflage vor (FABO SO 2017). Sie dient bei vielen kantonalen Kartierungen in der ganzen Schweiz als Orientierung oder als Vorgabe für Aufträge von Bodenkartierungen.

Eine Zusammenstellung der kantonalen Bodenkartierungsprojekte ist bei Borer und Knecht (2014, im Faktenblatt 2 ab Seite 65) oder auch auf der Internetseite von NABODAT<sup>3</sup> zu finden. In den Kantonen Glarus, Wallis, Luzern, St.Gallen, Zürich, Waadt sind beispielsweise weitergehende Dokumentationen

<sup>2</sup> Die alten unveröffentlichten Kartieranleitungen sind im Internet auf der Webseite von NABODAT zugänglich: <https://nabodat.ch/index.php/de/service/kartieranleitungen>

<sup>3</sup> Vergleiche <https://nabodat.ch/index.php/de/service/bodenkartierungskatalog>

der letzten Jahre vorhanden, die die FAL24+ Methodik aus diversen Gründen für die kantonale Anwendung anpassen oder erweitern:

- Bodenkartierung Glarus (Lüscher 2010)
- Fruchtfolgeflächenausscheidung Wallis (Kt. Wallis 2016)
- Handbuch Bodenkartierung Luzern (Suter 2018)
- Überarbeitung der Eignungskarten in Bodenkarten St.Gallen (Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen 2015; Zürrer und Eggert 2018)
- Kartierung saurer Waldböden Zürich (Gasser und Zürrer 2018)
- Bodenkartierung und FFF-Ausscheidung Waadt (Etat de Vaud 2019, 2020)

Im Kanton Bern hat die Planung einer Kartierung begonnen, die Umsetzung ist über das «Wysss Projekt» geplant» (vgl. auch Kapitel 2.4).

#### **FAZIT für die rKA:**

Diese Dokumente bilden zusammen mit der ursprünglichen Kartieranleitung (FAL 24), der Waldbodenkartieranleitung und der FAL 24+ Anleitung das Spektrum der Kartiermethoden der Schweiz und diese Dokumenten-Vielfalt ist der Grund dafür, dass im vorliegenden Leitfaden für die Kartieranleitung von Schweizerischen Kartiermethoden in Mehrzahl gesprochen wird. Sie bilden die Basis für die rKA.

#### **2.3.2 Entwicklungen in der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS)**

Nach der Einstellung des nationalen Kartierdienstes Ende 1996 wurde auf Anregung der praktisch tätigen Bodenkartierfachleute an der Jahresversammlung der BGS 1997 die BGS-Arbeitsgruppe Bodenkartierung gegründet (Borer und Knecht 2014, S. 13). In dieser Arbeitsgruppe wurden seither einige zentrale Arbeiten rund um die Bodenkartierung ausgeführt. In Tabelle 1 sind diejenigen Arbeiten aufgeführt, welche konkrete Präzisierungen enthalten, die in die rKA einfließen können.

Auch wurden weitere Arbeiten oder Diskussionen zur Bodenkartierung oder zu bestimmten methodischen Fragestellungen geführt, die partiell einzelne Aspekte einer Bodenkartierung beleuchten, aber nicht unmittelbar dem Baustein B des Revisionsprojektes zugeordnet werden können:

- Diskussion zu Bewässerungsplanung (Anwendung Bodeninformationen)
- Diskussionen zu Digital Soil Mapping (2012; Diskussion ohne konkrete Resultate)
- Verbandsarbeit zur Unterstützung und Förderung des Revisionsprojektes inkl. Mitarbeit bei der Erarbeitung des Vorprojektes zum Revisionsprojekt (ab 2014)
- Diskussionen zu Humusformen (2015 / 2017 / 2018) (Diskussion ohne konkrete Resultate)
- Diskussionen zu Baumartenwahl (Auswertung und Anwendungen von Bodeninformationen)

#### **FAZIT für die rKA:**

Die Unterlagen der BGS-Arbeitsgruppe Bodenkartierung sollen in die rKA oder zumindest in ihren Entwicklungsprozess mit einfließen.

Jahr	Beschreibung
2003 /2004	<b>Projekt BI-CH 2003:</b> Ausgangspunkt des Projektes Bodeninformation Schweiz BI-CH war die Sicherung von in analoger Form vorhandenen wertvollen Bodenprofilaten. Es wurden, in übergreifender Zusammenarbeit mit Bund und Kantonen Konzepte, Grundlagen und Werkzeuge erarbeitet zur Übersetzung, Ablage, Verwaltung und Nutzung dieser Bodendaten. Das Projekt erreichte die Schaffung und Anwendung von technischen und organisatorischen Standards und verbesserte so die Koordination von Bodeninformationsprojekten zwischen den verschiedenen Akteuren (Bund, Kantone, BGS und private Ingenieurbüros). Das Projekt BI-CH 2003 gab wichtige Inputs für den Aufbau von NABODAT (vgl. Kapitel 2.3.3)
2004 -2010	<sup>4</sup>
Ab 2011	Definitionen resp. Verständnisklärung von Begriffen in der Bodenkartierung, wie zum Beispiel «konventionelle / klassische Bodenkarte», «modellierte Bodenkarte» (Präsentationen und Protokolle)
2012 bis 2014	Erarbeitung Positionspapier Bodenkartierung und darauf aufbauend den Bericht Entwicklung und Ausblick Bodenkartierung
2015	Zusammenfassung von Vorgehenschritten und Hinweise zur Bodenkartierung (Präsentation und Protokoll)
2015 und 2017	Workshops und Dokumentationen zum Thema der Polygonabgrenzung (Präsentationen und Protokolle)
2016	Präsentation und Resultate aus dem Workshop «Revision KLABS und KA» vom 27.4.2016; Analyse einzelner Kapitel der FAL 24; integriert in die Umfrage zur Grobbedarfsanalyse (Borer und Knecht 2018).

Tabelle 1 : Arbeiten der BGS Arbeitsgruppe Bodenkartierung mit konkreten Präzisierungen für die rKA

<sup>4</sup> Den Autorinnen liegen nicht alle Dokumente und Protokolle der Zeit zwischen 2004-2011 vor. Die Inhalte der Arbeitsschwerpunkte können nur grob anhand der Jahresberichte der Arbeitsgruppe wiedergegeben werden, welche auf der Webseite der BGS zu finden sind ([www.soil.ch](http://www.soil.ch)).

- Schwerpunktmässig wurde das Projekt BI-CH weitergeführt: Begleitung und Beratung der Kantone, Entwicklung Flächendatenmodell, Entwicklung von MIGRAPROFIL (Programm zur Eingabe und Überführung von alten analogen Bodendaten zu Daten in den Datenschlüssel 6.1), Erarbeitung einer Anleitung zur Aufarbeitung von alten Bodenkarten. Die BI-CH Produkte aus dieser Zeit haben bei NABODAT und bei einzelnen Kantonen Eingang in die Datenmodelle gefunden.
- Anlässe zu Anwendungskarten von Bodendaten (Bsp. Abflussprozesskarten)
- Workshop zum Thema 'Synthetische Bodenkarten – Aussagemöglichkeiten und -grenzen'

### 2.3.3 Entwicklungen in NABODAT

Die nationale Servicestelle für Bodendaten (Servicestelle NABODAT), startete im Auftrag des BAFU ab 2008 den Aufbau des nationalen Bodeninformationssystems (NABODAT), welches 2012 in Betrieb genommen wurde. Es führt Daten zur Qualität von Böden in der Schweiz zusammen, harmonisiert diese und verwaltet sie. Die Bodendaten stammen aus Bodenkartierungen, dem Vollzug und aus Monitoringprogrammen von Bund und Kantonen und entsprechen dem Standard der FAL 24+.

Der Ausbau und die Pflege des Bodeninformationssystems beinhaltet die Angleichung der heterogenen Standards früherer Erhebungen und Kartierungen sowie der unterschiedlichen Datenmodelle und die Harmonisierung der Bodeninformationen im Zuge von Datenmigrationen schweizweit.

Seit Inbetriebnahme des Bodeninformationssystems im Jahr 2012 haben zahlreiche solche Datenmigrationen für punktuelle Bodendaten stattgefunden. Für ein bedeutendes und umfangreiches Migrationsprojekt konnte die Servicestelle NABODAT auf Vorarbeiten der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) zurückgreifen («Projekt BI-CH 2003»). Diese hat äusserst aktiv mitgewirkt, dass die Bodenprofilaten des ehemaligen Dienstes für Bodenkartierungen heute digital erfasst, in einen aktualisierten Kartierungsschlüssel übersetzt und in das nationale Bodeninformationssystem integriert werden konnten. Mittlerweile verwaltet ein Grossteil der Kantone mindestens einen Teil seiner Bodendaten in NABODAT.

Um Bodeninformationen bereits von Kartierfachpersonen NABODAT-konform aufnehmen zu lassen, stellt die Servicestelle NABODAT Excel-Erfassungsvorlagen zur Verfügung. Diese Erfassungsvorlagen entsprechen weitestgehend dem FAL 24+ Standard, beinhalten aber auch gewisse Erweiterungen, welche in den Dokumenten gemäss Kap. 2.3.1 zu finden sind.

Aktuell wird am KOBO in Zusammenarbeit mit der HAFL, dem LANAT und der NABODAT-Servicestelle an einem web-basierten Erfassungstool für Bodendaten gearbeitet (Soildat) um zukünftig im Feld Erhebungen an Profilen und Bohrungen direkt digital erfassen zu können (NABODAT Servicestelle 2020).

#### **FAZIT für die rKA:**

Die rKA wird unter Einbezug der Servicestelle NABODAT entwickelt. Von der Erfahrung der NABODAT Fachleute wird direkt profitiert. Das heutige Datenmodell NABODAT wird entsprechend den Vorgaben des Revisionsprojekt KLABS/KA in einer weiteren Version angepasst, und wird mit der rKLABS und rKA kompatibel sein.

### 2.4 Weitere konzeptionelle und methodische Entwicklungen bei Bodenkartierungen

International gab es zahlreiche Weiterentwicklungen von Methoden und Werkzeugen, die für eine Bodenkartierung nützlich sein können. Insbesondere im Bereich der sogenannten "Pedometrie" hat sich international eine breite Forschungsgemeinschaft etabliert<sup>5</sup>. Pedometrie ist derjenige Bereich der Bodenkunde, der sich mit der Anwendung mathematischer und statistischer Methoden zur Untersuchung der Verbreitungssystematik und der Genese der Böden inklusive ihrer Eigenschaften beschäftigt. Digital Soil Mapping ist der angewandte Teil der Pedometrie. Hauptziel ist die Erstellung von bodenkundlichen Kartenwerken auf Basis von quantitativen Beziehungen zwischen bodenkundlichen Feld- oder Labordaten und flächendeckend vorliegenden Umweltdaten (Relief, Geologie, Klima, und anderen Faktoren). Die Begriffe „Boden-Landschaftsmodellierung“, „Bodenprognose“ und „Digitale Bodenkartierung“ werden oftmals synonym verwendet (Behrens et al. 2017).

Hauptziel des Digital Soil Mapping ist die Bereitstellung von Bodeneigenschaftskarten und Bodenkarten. Hierbei umfasst das Methodenspektrum viele Werkzeuge, z.B. Stichprobenverfahren,

<sup>5</sup> siehe <http://pedometrics.org> und Pedometrics-Newsletter

Nutzbarmachung von Nah- und Fernerkundungsdaten, Digitale Reliefanalyse, räumliche Prognosen, Tiefenfunktionen oder die Harmonisierung von Altdaten. Digital Soil Mapping kann dabei als eigenständiges Methodenspektrum zur Bodenkartierung verstanden werden. Oder mit anderen Worten: ein Werkzeugkasten mit Tools für spezifische Fragestellungen. In der Schweiz gab es in den letzten zwei Jahrzehnten einige Projekte bzw. wissenschaftliche Arbeiten, welche die Integration solcher Werkzeuge in die Bodenkartierung untersuchten. Einige Werkzeuge, die angewendet wurden, sind zum Beispiel:

- Fernerkundung und proximal sensing für Bodeneigenschaften und Landnutzung: Mittels Fernerkundungsdaten (nicht nur Orthophoto-Aufnahmen sondern auch andere multispektrale Aufnahmen) werden Hilfsgrößen abgeleitet, die die Konzeptphase einer Bodenkartierung unterstützen können.
- multiskalige Reliefanalyse: Komplexe Berechnungen von Reliefdaten aus dem schweizerischen Geländemodell erlauben vielseitige Auswertungen für die Anwendung im Feld. Da die Geländeform in der Schweiz einer der wichtigsten Bodenbildungsfaktoren ist, können diese Auswertungen sehr wichtig für die weitere Modellierung von Bodeneigenschaften sein.
- räumliche Modellierung von Bodeneigenschaften: Punktdaten werden, unter Einbezug der Resultate der zwei vorgenannten Methoden, mit geeigneten Modellberechnungen für grosse Gebiete in die Fläche übertragen.

Egli et al. (2004) entwickelten eine Methode, um mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) Bodeneigenschaften wie Bodentypen, pflanzennutzbare Gründigkeit und Wasserhaushaltscode aus der Bodeneignungskarte, der geotechnischen Karte, dem digitalen Höhenmodell u.a. als Grundlage herzuleiten. Die Verarbeitung GIS-basierter Grundlagen führte zu einer wesentlichen Verbesserung der Bodeneignungskarte 1:200'000. Die Ergebnisse der Modellierung für die pflanzennutzbare Gründigkeit und Wasserhaushalt waren aber weniger zufriedenstellend. Mit einem ähnlichen Ansatz modellierte Egli et al. (2005) Bodentypen und Bodeneigenschaften im Oberengadin (Schweiz).

Herbst und Mosimann (2008) haben ein Prognosemodell zur flächendeckenden Abschätzung der Wasserspeicherfähigkeit in Waldböden im Kanton BL entwickelt. Es wurden halbautomatisierte Klassifikationsverfahren wie Random Forest zur Prognose von Gründigkeit und Skelettgehalt verwendet. Die Autoren kommen zum Schluss, dass mit einer ausreichenden Qualität von Trainings- und Prognosedaten räumliche Prognosemodelle wie Random Forest sich gute Ergebnisse erzielen lassen, eine weitere Verfeinerung solcher Prognosemodelle aber weiterhin angezeigt ist.

Die räumliche Modellierung von Bodeneigenschaften mit Hilfe verschiedenster mathematisch-statistischer Ansätze wurde im Rahmen verschiedenster Projekte auf Ebene Schweiz und Kanton für Humusgehalte in Böden untersucht (z.B. Keller et al. 2011, Nussbaum et al. 2012).

### «Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem» (KOBİ)

Im Bericht «Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem» (KOBİ-Bericht, Carizzoni et al. 2017), wurde 2016 / 2017 beleuchtet, was es zur Schaffung eines flächendeckenden Bodeninformationssystems mit Fokus auf den Wasserhaushalt benötigt. Darin wird davon ausgegangen, dass auf Grund des Klimawandels und unserer Volkswirtschaft, ein sorgsamer Umgang mit der Ressource Wasser unumgänglich ist. Eine Interessenabwägung zwischen Schutz- und Nutzungsinteressen sei nötig. Bodendaten würden eine faire und angemessene Interessenabwägung ermöglichen, indem sie zum Beispiel aufzeigen, welche Flächen effizient bewässert werden können oder auf welchen Flächen eine Bewässerung unnötig oder unverhältnismässig ist (ebd., S.4).

Im KOBİ-Bericht wird darauf eingegangen, wie der Wasserhaushalt umfassend zu ermitteln ist. Als Basis dient die KLABS, die Kartiermethoden FAL 24 und FAL 24+. Sie werden mit folgenden Hinweisen ergänzt (ebd., S. 30ff):

- Bodenpunktdaten mit Bodenprofilen bis max. 150 cm Tiefe erfassen
- Beprobung und Erhebung von Bodenprofilen umfassend: insbesondere Bodeneigenschaften, die den Wasserhaushalt betreffen; Rückstellproben, Analyseverfahren anpassen
- Profildichte von 5 Profilen pro 100ha

- Analysen von Flächenmischproben für erhöhte räumliche Auflösung
- Einer Liste von Parametern für die Profilaufnahme und die Flächenaufnahme, die vor allem der Dokumentation der Regulierungsfunktion Wasserhaushalt dienen (Anhang 6 im KOBI-Bericht).

### **NFP68 Projekt Bodenkarten**

Das Projekt "Bodenkarten" im NFP68 Programm (2013-2018) hatte das übergeordnete Ziel, Methoden aus dem Bereich digitale Bodenkartierung und -bewertung weiterzuentwickeln und Karten von Bodeneigenschaften und -funktionen zu erstellen. Das Projekt verfolgte folgende Ziele:

- Harmonisierung von Bodendaten
- Umweltvariablen: Digitale Geländeinformation aufzubereiten, um den Einfluss der Topografie auf die Eigenschaften der Böden zu charakterisieren, sowie räumlich und spektral hochaufgelöste Bilder der Fallstudiengebiete aufzunehmen
- Statistische Modellierung: Modelle zu entwickeln, die Bodeneigenschaften mit möglichst wenigen, informativen Umweltvariablen prognostizieren und deren Plausibilität mit bodenkundlichem Wissen überprüft werden kann
- Bodenfunktionsbewertung: Eine thematisch breite Auswahl von Bodenfunktionen für einen nationalen Katalog von Bodenfunktion zu treffen

Im Projekt wurden für drei Studiengebiete in den Kantonen Bern und Zürich Bodendaten von insgesamt 16'000 Standorten zusammengetragen und harmonisiert. Es handelte sich um Daten aus Bodenkartierungen und Untersuchungsprogrammen von Wald- und Landwirtschaftsböden, der kantonalen Bodenüberwachung und von Schadstoffuntersuchungen. Insgesamt wurden 265'000 Labormesswerte und 200'000 im Feld gewonnene Schätzwerte von Bodeneigenschaften in einer Datenbank abgelegt. Für die Fallstudiengebiete wurde aus digitalen Höhendaten ein umfassendes Set von Geländeattributen (z.B. Hangneigung, Exposition, u.a.) berechnet. Von zwei der drei Studiengebiete wurden von einem Flugzeug aus räumlich und spektral hochaufgelöste Luftbilder aufgenommen. Für beide Studiengebiete wurden die Luftbilder aller Zeitpunkte kombiniert. Zusätzlich zu den Geländeattributen und den hyperspektralen Luftbildern wurden zahlreiche weitere Umweltvariablen über Klima, Geologie, Landnutzung und Böden zusammengetragen. Je nach Studiengebiet kamen so zwischen 330 bis 480 Umweltvariablen zusammen. Die Resultate aus dem Projekt zeigen, dass es wichtig ist, Geländeattribute für verschiedene räumliche Skalen zu berechnen und die optimale Skala durch die statistische Datenanalyse zu bestimmen. Im Projekt wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem Luftbilder kombiniert werden können, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen worden sind (Diek et al. 2017).

Es wurde ein neues statistisches Verfahren entwickelt, um aus zahlreichen Umweltvariablen automatisch einfache Vorhersagemodelle für Bodeneigenschaften zu erstellen (Nussbaum et al. 2017; Nussbaum et al. 2018b). Die neu entwickelte statistische Methode erlaubt, automatisch Karten von Bodeneigenschaften zu berechnen. Für alle Typen von Bodendaten (metrische Messgrößen, kategoriale und Rangmerkmale) kann der gleiche Modellierungsansatz verwendet werden. Obwohl sehr viele Umweltvariablen zur Verfügung standen, wurden nur wenige Variablen in die statistischen Modelle eingebaut. Die Modelle konnten deshalb einfach auf ihre bodenkundliche Plausibilität überprüft werden. Für die Fallstudiengebiete wurden mit dem neuen Verfahren mit geringem Aufwand zahlreiche Bodeneigenschaftskarten berechnet (Nussbaum et al. 2018b).

Im Projekt wurde zum ersten Mal ein thematisch breiter, digitaler Bodenbewertungsansatz auf regionaler Skala umgesetzt (Greiner et al. 2017). In den Fallstudiengebieten wurden zehn Bodenfunktionen aus den Themenkreisen Produktion, Regulation von Stoffkreisläufen und Lebensraum räumlich bewertet (Greiner et al. 2018). Die Plausibilität der Bewertung wurde mit Bodendaten überprüft.

Mit dem Projekt Bodenkarten wurde erfolgreich demonstriert, dass aus flächenhaft vorhandenen Umweltvariablen und Daten aus früheren Bodenuntersuchungen thematisch vielfältige Karten von Bodeneigenschaften berechnet werden können (Drobnik et al. 2018; Greiner et al. 2018; Diek et al. 2019). Die Genauigkeit solcher Karten kann rigoros überprüft werden. Zudem lässt sich die statistische Unsicherheit der berechneten Karten bestimmen und ihrerseits in Karten darstellen. Wenn

neue Daten verfügbar werden, seien es nun Bodendaten oder Umweltvariablen, können Karten mit geringem Aufwand neu berechnet werden.

In der thematischen Synthese "Bodeninformations-Plattform Schweiz (Keller et al. 2018) als auch in der Fokusstudie von Nussbaum et al. (2018a) sind viele der Ansätze und Ergebnisse des NFP68 Projekts Bodenkarten eingeflossen. Es wird in der Synthese diskutiert wie zukünftig die Kartierungsanleitung gezielt mit digitalen Kartierungsmethoden anhand praktischer Fallbeispiele weiterentwickelt werden kann. Hierzu wurden Themenbereiche identifiziert, für die vorrangig regionale Fallstudien im Feld durchgeführt werden sollten, um die Praxistauglichkeit bestimmter Werkzeuge und -Verfahren zu testen.

### **Forschungsprojekt der Wyss-Foundation im Kanton Bern**

Im Kanton Bern läuft seit 2017 die Planung für eine Bodenkartierung. Sie mündete Ende 2019 im «Konzept zur Erhebung flächendeckender Bodeninformationen für den Kanton Bern» (Nussbaum und Burgos 2019). Mit dem Konzept wurde anschliessend die Lancierung des Projekts «Dienstleistungen des Bodens erfassen und in Wert setzen» im Rahmen der Wyss Academy for Nature at the University of Bern (Wyss-Projekt) ermöglicht, welches die Kartierung im Kanton Bern weiter vorbereiten soll. Im Konzept schlagen die Autoren Methoden Anpassungen beim Kartierablauf vor. Zentrale Elemente sind

- Stichprobenplanung zur Auswahl von Bohrungsstandorten und Profilstandorten
- Zentrale Datenverwaltung
- Diversifizierung und Hierarchisierung von Punktaufnahmen gemäss
- Wiederholte Iteration von Punktaufnahmen und zentralen Datenverarbeitung zur laufenden Aktualisierung der im Feld benötigten Informationen oder visuellen Hilfsmitteln (Es werden mehrere Phasen von Punktaufnahmen und Phasen der Datenverarbeitung abwechselnd dazu benötigt, um die Bodeninformation immer genauer zu modellieren und darzustellen)
- Erfassung von Punktinformationen in ihrer Rohform als geschätzte Zahl und nicht als möglicher Wertbereich (Inkl. Vorschlag von Bodenkennwerten, die bei Bohrungen und Profilen zu erfassen sind)
- Die Polygonabgrenzung im Feld wird weggelassen Die Erstellung der Flächendaten wird durch räumliche Vorhersagen erzielt. Die Kartierenden können jedoch Hypothesen erfassen, die in die räumlichen Vorhersagen einfließen.
- Feldschätzungen sollen zu einem höheren Grad als heute mit Feld- und/oder Labormessmethoden ergänzt und unterstützt werden. Dabei kommen Näherungsmessverfahren (wie Nasschemische Methoden, spektroskopischen Näherungsmessverfahren für Feld und Labor (Nahinfrarot (NIR), Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA oder englisch XRF), Gammaspektroskopie,..) zum Einsatz.
- Mechanische Bohrhilfen
- Visualisierungen für Konzeptphase (Landschaftsverständnis fördern) und für Qualitätskontrollen
- Einsatz von Tablets zur direkten Eingabe von Punktdaten, in die zentrale Datenbank (Möglich wäre auch die Eingabe von Flächendaten und Geometriedaten)

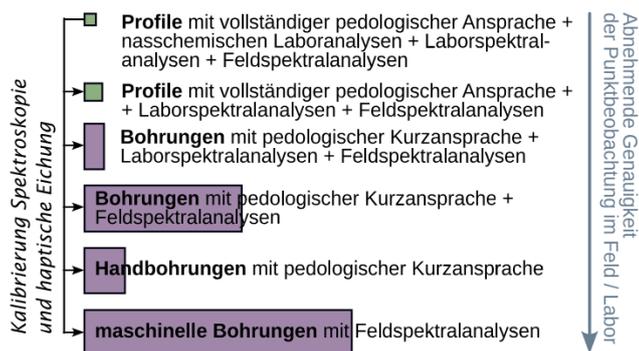


Abbildung 1 : Darstellung der verschiedenen Genauigkeitsstufen der Feldansprache und Laboranalyse bei Profilgruben und Bohrungen. Die genauesten Ansprachen werden zur Eichung / Kalibrierung der weniger genauen Erhebungen verwendet. Die Flächen der Rechtecke entsprechen einem ersten Vorschlag für den Anteil, welcher pro Genauigkeitsstufe erhoben wird. Ob maschinelle Bohrungen möglich sind, hängt vom Gelände und den angebauten Kulturen oder anderen Hindernissen ab. Ausschnitt aus Grafik in Nussbaum und Burgos 2019, S. 35

Nach der ersten Phase im Wyss-Projekt (2020-2023) soll anschliessend auf Basis der Ergebnisse die Hauptphase der Bodenkartierung in Bern beginnen. Das Wyss Projekt ist ein 4-jähriges Forschungsprojekt, indem neue Methoden getestet werden können. Es bleibt abzuwarten inwiefern die oben genannten methodischen Entwicklungen erfolgreich sein werden.

#### FAZIT für die rKA:

In den letzten zwei Jahrzehnten gab es vielfältige methodische Entwicklungen zumeist zu einzelnen Aspekten der Bodenkartierung. Es gibt aber bisher keine Studien, in der solche neue Methoden umfassend und in der Kombination in einer Bodenkartierung angewendet wurden. In diesen Forschungsprojekten (z.B. Wyss Projekt) und im Rahmen von kantonalen Kartierprojekten, die in Zusammenarbeit mit dem KOBO realisiert werden, sollen in den nächsten Jahren in der Schweiz verschiedene neue Komponenten einer Bodenkartierung getestet und weiterentwickelt werden.

Es muss geprüft werden, inwiefern methodische Neuerungen oder technische Erweiterungen in die rKA integriert werden können und ob die Erhebung der Bodeninformationen bei einer Integration weiterhin zu mindestens gleichwertigen Resultaten führt. Ein adäquates «Prüfverfahren» oder ein «Entscheidungsmechanismus» muss entwickelt werden.

#### 2.5 Bundesratsbeschluss vom 8.5.2020

Im Bundesratsbeschluss vom 8.5.2020 wurde der revidierte Sachplan Fruchtfolgefläche verabschiedet. Im Grundsatz fünf (G5) wird vorgegeben, dass eine FFF-Ausscheidung auf verlässlichen Daten beruhen soll. Das bedeutet, dass sie mindestens im 1:5000er Massstab erhoben werden müssen und im Feld verifiziert sein müssen. Für Neuerhebungen gilt vorderhand bis zum Vorliegen einer neuen Kartieranleitung die FAL24+ als Mindeststandard (Bundesamt für Raumentwicklung ARE 2020a, S. 14, 2020b, S. 12)

#### Konzept landesweite Bodenkartierung

Zusätzlich hat der Bundesrat am 8.5.2020 den Auftrag zu einem «Konzept für eine schweizweite Bodenkartierung» erteilt. Bis Ende 2021 soll dieses durch das UVEK (Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation) und das WBF (Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung) erarbeitet werden. Konkret kümmert sich das BAFU federführend darum (BLW, BAFU, ARE 2020).

Diese Kartierung ist unerlässlich, um die benötigten Bodeninformationen zu vervollständigen. Dazu müssen die notwendigen Schritte geplant, die Aufgabenteilung und Zuständigkeiten von Bund und Kantonen geklärt, die finanziellen Ressourcen bereitgestellt und allenfalls die rechtlichen Grundlagen angepasst werden. Der Bundesrat hat das UVEK und das WBF beauftragt, ihm bis Ende 2021 ein Konzept für eine schweizweite Bodenkartierung zu unterbreiten, welches einen Vorschlag für das Vorgehen und für die Finanzierung der Arbeiten umfasst.

Die zuständigen Bundesämter BAFU, BLW und ARE haben die Arbeiten für dieses komplexe Projekt aufgenommen und beziehen KOBO, die Kantone und weitere wichtige Akteure in geeigneter Weise mit ein.

Die Erarbeitung des Konzepts erfolgt in drei Teilprojekten:

1. Fachlich-operative Aspekte: Varianten für Vorgehensweise auf nationaler Skala werden vom KOBO erarbeitet.
2. Organisatorisch-finanzielle Aspekte: Abklärungen zu Finanzierung, Umweltökonomie und juristischer Ausgangslage werden von BAFU und ECOPLAN ausgeführt.
3. Kartiererfahrung Kantone: Umfrage und Wirksamkeitsanalyse wird durch BAFU und Interface durchgeführt.

Die Berichte aus den drei Teilprojekten werden anschliessend von den zuständigen Bundesämtern zu einem Konzept verarbeitet und Ende 2021 dem Bundesrat unterbreitet.

Angesichts des vorgegebenen Zeitrahmens für die Eingabe des Dossiers für den Bundesrats wird es nicht möglich sein, im Teilprojekt 1 ein im Feld erprobtes Vorgehen für eine flächendeckende Bodenkartierung vorlegen zu können. In diesem Sinne wird der vom KOBO erarbeitete Bericht zum ersten Teilprojekt lediglich die Rahmenbedingungen skizzieren können und Varianten für die zukünftige Kombination der rKA und verschiedenen neuen Methoden aufzeigen. Primäres Ziel ist es auf Bundesebene die Machbarkeit einer landesweiten Bodenkartierung innerhalb einer Zeitperiode von rund zwei Jahrzehnten aufzuzeigen.

Die vorgeschlagenen Varianten sind in den kommenden Jahren noch konkreter zu entwickeln und zu prüfen. Für 2021 sind diesbezüglich seitens des KOBO für die relevanten Akteure Informationsanlässe und Workshops geplant. Die Revisionsarbeiten an der rKA werden unabhängig von diesen Aktivitäten wie geplant fortgeführt.

#### **FAZIT für die rKA:**

Die aktuellen Entscheide des Bundesrates gewährleisten mit der dauerhaften Finanzierung des KOBO eine kontinuierliche Pflege und Weiterentwicklung der rKLABS und rKA. Damit ist eine Kontinuität auch über den Zeithorizont 2022 gegeben.

Auf Bundesebene wird bis Ende 2021 ein "Konzept für eine schweizweite Bodenkartierung" erarbeitet. Der operative Teil soll Varianten für die zukünftige Kombination der rKA und verschiedenen neuen Methoden aufzeigen. Es soll geprüft werden, welche Neuerungen bereits in die rKA integriert werden können.

Unabhängig vom Entscheid des Bundesrates, jedoch indirekt gestärkt, werden die Revisionsarbeiten an der rKA wie geplant fortgeführt.

## **2.6 Bodenkartierung in der Praxis**

Bis 1996 waren Bodenkartierfachpersonen im Bodenkartierdienst tätig und bündelten so die Kenntnis über die Bodenkartierung in der Schweiz. Unstimmigkeiten beim Ablauf wurden teamintern geklärt

und mündeten in der Kartieranleitung FAL 24. Da seit der Auflösung des Bodenkartierdienstes diese Bündelung und Entwicklung von Bodenkartierfachwissen und die Ausbildung von Bodenkartierfachpersonen fehlen, gehen Bodenfachleute seither bei einzelnen erfahrenen Kollegen und Kolleginnen «in die Lehre». Aus der Weitergabe des Handwerks von Fachperson zu Fachperson ohne zentrale Koordination, sind verschiedene «Arten» der Bodenkartierung entstanden. Mit verschiedenen Mitteln wurde einer starken Divergenz von Bodenkartierungsmethoden jedoch entgegengewirkt:

- Bei Kartierprojekten sorgt eine Qualitätssicherung zur Minimierung von methodischen Unterschieden (inkl. der Durchführung von Eichtagen, an denen auch Themen der Kartiermethodik diskutiert werden.)
- Bei Kartierprojekten werden teilweise bereits bei der Vergabe von Aufträgen gewisse methodische Spielräume durch die Auftraggeber eingeschränkt.
- Seit 2013 sorgt ein CAS Bodenkartierung für eine Grundausbildung und eine Bündelung des Wissens.
- Die BGS Arbeitsgruppe Bodenkartierung sorgt mit ihren Treffen für eine Sensibilisierung in dieser Thematik und eine Annäherung der Praktiken.

#### **FAZIT für die rKA:**

Die rKA soll den verschiedenen Praktiken Rechnung tragen, die besten Optionen berücksichtigen, vereinheitlichen oder weiterentwickeln. Spielräume im Arbeitsablauf sollen minimiert werden...

... indem sämtliche Arbeitsschritte oder Arbeitsschrittvarianten beschrieben werden.

... indem geregelt wird, wann von Varianten Gebrauch gemacht werden kann.

... indem vorgegeben wird, wie die Kartiertätigkeiten dokumentiert werden.

Insgesamt soll der Ablauf bei einer Bodenkartierung klarer beschrieben und aktualisiert werden.

## **2.7 Zusammenfassung bisherige Arbeiten im Revisionsprojekt**

Im Vorfeld des Revisionsprojektes und in der ersten Phase des Bausteins B wurden verschiedene Fachberichte und Arbeitspapiere verfasst, in denen Inhalte, Handlungsbedarf, Stand der aktuellen Anwendungen und Regeln der Bodenkartiertechnik und weitere Aspekte der Revision der KA analysiert wurden.

In chronologischer Reihenfolge sind dies:

- a) Das Vorprojekt zur Revision der KLABS und der KA (Weisskopf und Zihlmann 2017) hat die grundsätzlichen organisatorischen Strukturen für das Revisionsprojekt im Allgemeinen und für die Revision der KA vorgegeben, sowie die wichtigsten Revisionsziele aufgezeigt und die Kosten geschätzt.
- b) Zur Vorbereitung des Revisionsprojektes wurde an der HAFL in Zusammenarbeit mit M. Zürrier ein Arbeitspapier («Grobbedarfsanalyse») erarbeitet. (Burgos und Zürrier 2018)
- c) Die Arbeitsgruppe «Bodenkartierung» der BGS hat zu diesem Arbeitspapier («Grobbedarfsanalyse») von M. Zürrier und S. Burgos eine Stellungnahme abgegeben. (Borer und Knecht 2018)
- d) An der HAFL wurde die «Grobbedarfsanalyse» zusammen mit der dazugehörigen BGS-Stellungnahme zu einer Detailanalyse verarbeitet. (Burgos und Oechslin 2018)
- e) In der Phase 1 (Dezember 2019 bis Herbst 2020) des Bausteins B wurden verschiedene Dokumente, die die aktuelle Kartierpraxis der Schweiz beleuchten, einander gegenübergestellt, um den Stand der aktuellen Anwendungen und Regeln der

Bodenkartiertechnik in der Schweiz zu erfassen. Daraus wurde einerseits der Handlungsbedarf abgeleitet und andererseits ein Entwurf einer Kartieranleitung herausgearbeitet. Es entstanden drei Produkte:

- Produkt 1 «Liste Methodenvergleich»: Gegenüberstellung von 10 Dokumenten zur Kartiermethodik in der Schweiz (Wernli et al. 2020a)
- Produkt 2 «Zwischenbericht»: Erarbeitung Handlungsbedarf, mittels Bezeichnung von Vorgehensschritten, die im Methodenvergleich nicht übereinstimmen ('Dissens') (Wernli et al. 2020b)
- Produkt 3 «Entwurf einer Kartieranleitung»: Rohgerüst einer Kartieranleitung, abgeleitet aus den im Methodenvergleich einheitlichen Vorgehensschritten ('Konsens') (Wernli et al. 2020c)

Die Ergebnisse der oben aufgelisteten Arbeiten und die weiteren Erkenntnisse aus den Kapiteln 2.1 bis 2.6 können wie folgt zusammengefasst werden.

## 1) Masstabsbereich

### Grundlegende Überlegungen:

In der Abbildung 2 wird dargestellt, mit welchen Faktoren der Masstab in Wechselwirkung steht. Der Zweck der Bodenkartierung bestimmt den Masstab und das Vorgehen. Der Zielmasstab, die angetroffene räumliche Variabilität und die damit einhergehende Beprobungsdichte beeinflussen unter anderem den Kartierablauf. Jedoch sind bestimmte Arbeitsschritte einer Kartierung masstabsunabhängig. Die Punktdichte der Erhebungen und die damit erzielte Genauigkeit der räumlichen Einheiten beeinflussen die Auflösung der aufgenommenen Bodeninformationen und somit auch die effektiven Anwendungen.

Mit 'Zielmasstab' ist nicht der Visualisierungsmasstab der Bodenkarten gemeint, sondern die räumliche Genauigkeit der dargestellten Bodeninformationen (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). Welche Genauigkeit mit welcher Beprobungsdichte erzielt und wie diese dann auch in den Kartengrundlagen ausgewiesen werden kann, stellt eine wichtige Schlüsselfrage im Kartierungsablauf dar.

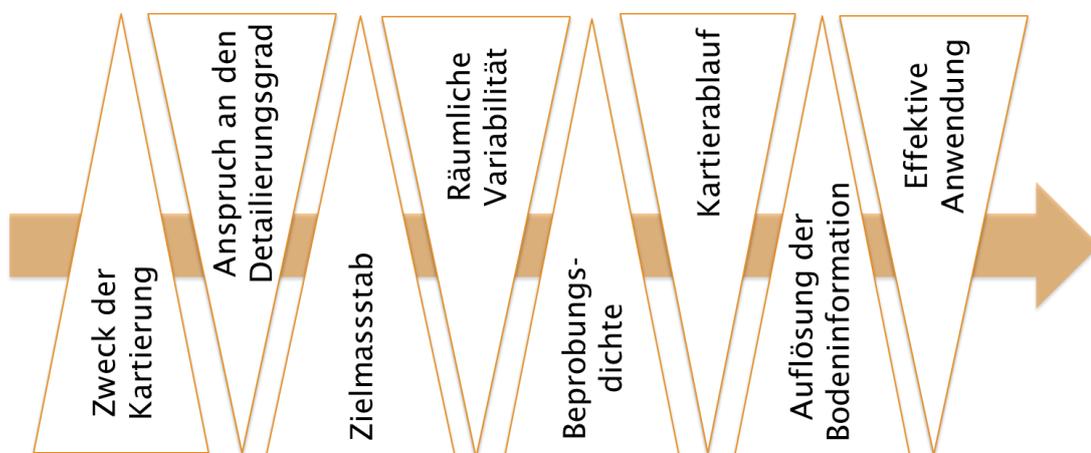


Abbildung 2: Wechselwirkung von Faktoren rund um die Masstabwahl.

### Konkrete Bezüge in den Vorarbeiten

In der FAL 24 (Brunner et al. 1997) und der Waldbodenkartierung (Ruef und Peyer 1996) liegt der Fokus auf der Erstellung von grossmasstäblichen Bodenkarten (1:1'000 bis 1:10'000) mit

Hinweisen auf die Bodenkartierung im Massstab 1:25'000. Die FAL 24 + (Bodenschutzfachstelle des Kantons Solothurn 2017) ist für den Massstabsbereich 1:5'000 ausgelegt. Die Kartierungen der letzten 10 Jahre verliefen im Massstabsbereich 1:5'000. Im Vorprojekt (Weisskopf und Zihlmann 2017) werden zwar Module zu verschiedenen Massstäben vorgeschlagen, aber auch hier liegt der Fokus auf dem Massstabsbereich 1:1'000 bis 1:10'000, respektive implizit beim vorgeschlagenen Kartierablauf, welcher auf der FAL24+ basiert, also auch bei 1:5'000.

Mittlerweile ist durch den Sachplan FFF geklärt, dass eine Bodenkartierung im Massstab 1:5'000 vorausgesetzt wird, um FFF auszuscheiden.

Eine Umfrage bei den Projektbeteiligten des Revisionsprojekt (Mitglieder des Fachausschuss und Projektausschuss) im Mai 2020 zeigte ein ähnliches Bild der Einschätzungen: Die Mehrheit befürwortet eine Konzentration der rKA auf den Massstabsbereich 1:5'000. Einige Voten begründen eine Ausweitung auf kleinere Massstäbe (regionale Unterschiede auf Grund der Nutzung befürworten eine kleinmassstäbliche Kartierung; Diverse Arbeitsschritte einer Kartierung sind grundsätzlich massstabsunabhängig).

Es wird betont, dass Vorgaben zur Bohrdichte pro Hektare und pro Polygon gemacht werden sollen. Sofern Bodenaufnahmen nach den Vorgaben der rKLABS und rKA vorgenommen werden, kann die Bohrdichte später auch als Qualitätsmerkmal für die Beurteilung der Güte einer Bodenkartierung verwendet werden.

## 2) Grundsätzlicher Ablauf einer Bodenkartierung

Dank des Methodenvergleichs (Wernli et al. 2020a) ist der grundsätzliche Arbeitsablauf einer Bodenkartierung bekannt und dort ist ersichtlich, inwiefern sich die Arbeitsschritte gleichen oder unterscheiden. In grossen Teilen ist der Arbeitsablauf nicht umstritten. Einige Arbeitsschritte bedürfen jedoch einer Klärung.

Der Arbeitsablauf einer Bodenkartierung, wie sie aus den Dokumenten gemäss Kapitel 2.3.1 abgeleitet werden kann, ist im Anhang 1 (Rohgerüst Kartieranleitung, Produkt 3 (Wernli et al. 2020c) wiedergegeben. Im Folgenden ist der Ablauf zusammengefasst. **Er ist als vorläufiger Vorschlag und als Diskussionsbasis für die eigentliche Revision der rKA zu verstehen.**

Bisher unumstrittene Arbeitsschritte sind in der Zusammenfassung unmarkiert.

Arbeitsschritte, welche einer Klärung bedürfen, sind *kursiv* gekennzeichnet.

### A) Vorbereitungsphase

- A.1 Grundlegende Überlegungen (Ziel des Kartierprojektes, Massstabsüberlegungen, Dichte Profilaufnahmen und Bohrungen, Kosten, usw.)
- A.2 Festlegen und Klärung der Projektorganisation  
Beteiligte, Perimeter, zu erhebende Bodeninformationen, Zeitplan, Kommunikation, Qualitätssicherung, Rechtliches
- A.3 Ausschreibung
- A.4 Beschaffung und Erarbeiten Grundlagendaten
- A.5 Startsituation
- A.6 Information von betroffenen Personen (Grundeigentümer /-innen, Bewirtschafter /-innen, u.a.)

## B) Konzeptphase

- B.1 Studium Grundlagendaten (u.a. Reliefanalyse)
- B.2 Hypothesenbildung
- B.3 Übersichtsbegehung  
Rekognoszierungs-Bohrungen, Bereinigung der Reliefanalyse,  
Hypothesensammlung, gedankliches Kartierkonzept
- B.4 *Schriftliches Kartierkonzept*
- B.5 Erstellen der Konzeptkarte (allenfalls *Beispiele von Konzeptkarten im Anhang*)
- B.6 Standortwahl von Basisprofilen<sup>6</sup>
- B.7 Werkleitungsprüfung
- B.8 Qualitätssicherung der Konzeptphase

## C) Profilphase

- C.1 Anlegen und Beschreiben der Profilgrube (Verweis auf entsprechendes Kapitel der rKLABS)
- C.2 Eichtag
- C.3 Qualitätssicherung der Profilphase inkl. der Bodenprofilansprache

## D) Feldkartierung

- D.1 Vorbereitung der Kartierung
- D.2 Beschreibung von Hilfsmitteln der Feldkartierung («Packliste»)  
Werkzeug, Feldplan, Aufnahmeprotokoll
- D.3 *Bohrungen: Standortauswahl, Erfassung, Dokumentation und Datenmodell*
- D.4 *Abgrenzung von Polygonen*
- D.5 *Dokumentation der Polygonabgrenzung*
- D.6 *Flächendatensatz: Vorgaben, Varianten zur Herleitung, Bereinigung und Datenmodell*
- D.7 Qualitätssicherung der Flächenkartierung

## E) Datenaufbereitung und -kontrolle

## F) Schlussbericht und Datenabgabe

### 3) Weiterentwicklung Datenmodell für Flächendaten

Das Datenmodell bei Flächendaten (Datensatz der Bohrungen und Datensatz der Flächendaten) entspricht momentan einem sogenannten Schichtmodell. Sowohl die Bohrungen als auch die Flächendaten werden getrennt nach Ober- und Unterboden aufgenommen. Die aufgenommenen Daten sind teilweise aggregiert, was die Nutzung für einige Anwendungen erschwert.

<sup>6</sup> Basisprofil wird als Begriff ins zukünftige Glossar integriert. Momentaner Vorschlag für den Eintrag: Profil, das im Rahmen einer Bodenkartierung in der Profilphase gegraben wird und bei der Kartierung als Referenz / Eichung verwendet wird. Wird auch «Referenzprofil» genannt.

In der Detailanalyse (Burgos und Oechslin 2018, S. 19f) wird gefordert, das Datenmodell zu diskutieren und dabei Lösungen anzustreben, die eine breite Anwendung von Bodendaten auch zukünftig ermöglichen. Vorgeschlagen wird, dass die Bohrungen horizontweise oder nach mehreren Bodenbereichen aufgenommen werden, mindestens solche Bohrungen, welche auch gespeichert und weiterverwendet werden. Dieser Vorschlag ist in Bezug auf Vor-, Nachteile, Kosten und Nutzen zu diskutieren. Der Flächendatensatz soll nicht horizontweise aufgenommen werden, da dadurch eine Genauigkeit vorgetäuscht wird, die in Wirklichkeit nicht existiert. Die Ableitung des Flächendatensatzes soll jedoch möglichst nachvollziehbar erfolgen, respektive dokumentiert werden.

Die Lösung soll gewährleisten, dass die in den letzten Jahren im Rahmen von kantonalen Bodenkartierprojekten erhobenen respektive aufgearbeiteten Bodendaten weiterhin im Datenmodell abgebildet werden können.

#### **4) Adaptierbarkeit der rKA**

In allen Vorarbeiten zeigt sich, dass eine rKA in verschiedenen Gebieten anwendbar sein muss und zusätzlich verschiedenen Zielsetzungen gerecht werden muss. Sie sollte...

- ...eine effiziente Fruchtfolgeflächen-Erhebung ermöglichen
- ...sowohl im Landwirtschaftsland als auch im Wald anwendbar sein
- ...nicht nur zu Kartierungen im Mittelland und den Voralpen, sondern auch in gebirgigen Gebieten anleiten.
- ...die Umsetzung von kleinflächigen und grossflächigen Kartierprojekten beschreiben
- ...Aufnahmen für Baustellenprojekte erläutern
- ...unterschiedlichste Auswertungen, Bewertungen und Anwendungen ermöglichen
- ...den Umgang mit räumlicher Variabilität klären (auch «Heterogenität» genannt)
- ...usw.

Diesen mannigfaltigen Ansprüchen kann das Revisionsprojekt nicht abschliessend gerecht werden, was somit einerseits eine Priorisierung notwendig macht und andererseits ein Konzept der rKA fordert, das spätere Erweiterungen einfach macht.

#### **5) Koordination mit anderen Arbeiten**

Dank des Aufbaus des Kompetenzzentrum Bodens ab 2019 und dem Bundesratsentscheid vom Mai 2020 wird der Kartierung von Böden im Allgemeinen, der methodischen Weiterentwicklung, der Ausbildung von entsprechendem Personal und der Organisation einer schweizweiten Bodenkartierung viel Aufmerksamkeit gewidmet und diese Themen werden intensiv diskutiert. Wissen ist auf verschiedene Akteure verteilt, Produkte stehen an verschiedenen Stellen zur Verfügung (Tabelle 2). Alle Akteure, möglichst sämtliches Wissen und alle Produkte müssen für die Weiterentwicklung der Kartiermethodik berücksichtigt werden.

<b>Akteure</b>		<b>Projekte / Rolle</b>	<b>Bemerkungen</b>
<b>Hauptverantwortung</b>	<b>Ausführung</b>		
BAFU, ARE, BLW	KOBO	Dossier «Konzept für landesweite Bodenkartierung» → fachlich-technische Vorgehensvarianten  Projekte mit Kantonen für Weiterentwicklung und Testen neuer Methoden  Standardisierung Analysemethoden	
KOBO	Projektleitung Rev. KLABS / KA	Revision KLABS / KA: Baustein A und B	
BAFU	Diverse Auftragnehmer	Vorarbeiten zum Revisionsprojekt	
Kantone	SO, LU, ZH und weitere	Laufende kantonale Kartierungen Kantone als Auftraggeber	Kantonale Fachpersonen als Wissensträger  Erproben und Diskutieren von Neuerungen
BGS	Arbeitsgruppen	Diverse Dokumentationen der Diskussionen, Produkte aus Projekten, ...	
Kartierfachpersonen		Kartierfachpersonen als Auftragnehmer und Berater	Wissensträger, Aus- und Weiterbildung von Nachwuchsbodenkartierpersonen
Hochschulen und Fachhochschulen		Forschungsprojekte zur Bodenkartierung  Angebot CAS Bodenkartierung	Erproben und Diskutieren von Neuerungen
Kanton BE	HAFL	Vorbereitung der Kartierung Bern Wyss-Projekt: «Dienstleistungen des Bodens erfassen und in Wert setzen» im Rahmen der Wyss Academy for Nature at the University of Bern	Erproben und Diskutieren von Neuerungen
Internationale Gremien		Weiterentwicklung ausländischer Methoden (Bsp. DBG Arbeitsgruppen zur Weiterentwicklung der KA5 zur KA6)	

Tabelle 2 : Akteure, Projekte und Wissen zu Bodenkartierungen in der Schweiz, Stand 2020

## 6) Die Integration von Neuerungen als Daueraufgabe

Wie in Kapitel 2.4 dargelegt, wird es laufend neue Optionen geben, um einzelne Arbeitsschritte der Bodenkartierung mit neuen Methoden bzw. Techniken zu ergänzen und zu optimieren. Grundsätzlich können die in Kapitel 2.4 genannten Techniken und Methoden in zwei Gruppen von Neuerungen eingeteilt werden. Die Einteilung ist jedoch nicht eindeutig. Es gibt Neuerungen die sowohl der Gruppe 1 als auch der Gruppe 2 zugeordnet werden können. Der Unterschied besteht darin, ob sie punktuell zur Optimierung eines Arbeitsschrittes eingesetzt werden oder ob sie so eingesetzt werden, dass sich der Kartierablauf gemäss Kapitel 2.7 grundsätzlich ändert.

### Neuerungen Gruppe 1

Sie verändern den vorgestellten Kartierablauf nicht, sondern bieten für einzelne Arbeitsschritte erweiterte technische Möglichkeiten und werden teilweise bereits jetzt in der Praxis eingesetzt. Dazu gehören:

- Visualisierungen von Grundlagendaten: Beispielsweise die Berechnung von Geländeformen auf Basis von digitalen Höhenmodellen in der Konzeptphase
- Vorschläge für Beprobungsstandorte: Mögliche Standorte für die Aufnahme von Basisprofilen und Bohrungen werden in der Konzeptphase mittels statistisch optimierten Stichprobenplan vorgeschlagen.
- Vereinfachung oder Verbesserung der Qualitätssicherung dank entsprechend visualisierten Karten (Themenkarten zur Kontrolle) und dank automatisierten Qualitätsprüfungen
- Einsatz von Tablets zur Aufnahme von Punktdaten, aber auch Flächendaten und Polygonen
- Integration von spektroskopischen Näherungsmessverfahren für Feld und Labor (Nahinfrarot (NIR), Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA oder englisch XRF), Gammaskopie,...)
- Entwicklung und Anwendung von regional kalibrierten Pedotransferfunktionen<sup>7</sup> für eine breitere Datenbasis

### Neuerungen Gruppe 2

Sie verändern den in Kapitel 2.7 vorgestellten Kartierablauf. Die Aufnahme am Punkt bleibt unverändert.

- Iteratives Vorgehen: Durch Abwechseln von Beprobungsphasen und Modellierungsphasen, wird das Bohrraster schrittweise verdichtet und die Genauigkeit der räumlichen Vorhersagen wird ebenso schrittweise erhöht, bis sie qualitativ den gestellten Ansprüchen genügt:
  - Ausweisung von Beprobungsstandorten mittels statistisch optimierten Stichprobenplänen: Das Stichprobendesign wird bei jeder Beprobungsphase vorgegeben, ein gewisser Anteil der Stichproben kann frei gewählt werden.
  - Räumliche Vorhersage von Bodeneigenschaften und Schätzung der Unsicherheit dieser Vorhersage mit statistischen Modellen: Laufender Einsatz während der ganzen Kartierung und stetige Berechnung der Unsicherheiten mit statistischen Modellen zur Kontrolle der Qualität der Bodeninformationen.
- Weglassen der Polygonabgrenzung

<sup>7</sup> Mittels Pedotransferfunktionen werden Zusammenhänge zwischen Bodeneigenschaften und Kennwerten ermittelt und auf neu erhobene Bodendaten übertragen. Ein bekannte Pedotransferfunktion stellt beispielsweise die Abschätzung des Wasserspeichervermögens für Pflanzen anhand von Ton- und Schluffgehalt, sowie Humusgehalt und Raumgewicht dar. Greiner und Keller (2017, S. 9.)

Im Rahmen des Revisionsprojektes, sollen nur Optionen aus der ersten Gruppe für die Integration in die rKA in Betracht gezogen werden. Dafür wird ein angemessenes Entscheidungsverfahren benötigt, das noch entwickelt werden soll. Wenn Neuerungen Eingang in die rKA finden, geschieht dies breit abgestützt.

Methoden und Techniken aus der zweiten Gruppe müssen im Rahmen von Forschungs- und Pilotprojekten noch auf ihre Praxistauglichkeit überprüft werden.

## 3 Konzept der revidierten Kartieranleitung

Aus der Analyse (Kapitel 2) wird im Folgenden das Konzept für die rKA abgeleitet.

### 3.1 Grundlegendes

#### 3.1.1 Die rKA im Kontext des Revisionsprojektes

Gemäss Umsetzungskonzept (Marugg und Schmidhauser 2019) ist das Revisionsprojekt in verschiedene Bausteine aufgeteilt. Diese Aufteilung bezweckte die Trennung der Beschreibung des Bodens am Punkt inkl. Klassifikation (Baustein A), dem Vorgehen der Bodenkartierung zur Generierung von Flächendaten (Baustein B: Flächenkartierung) und den Auswertungen (Baustein C) im Endprodukt «Klassifikation und Kartieren von Böden der Schweiz». Wie aus Kapitel 2.2 ersichtlich ist, stellt dies ein wichtiger Unterschied zur früheren Kartieranleitung FAL 24 dar, wo diese Elemente nicht in gleichen Mass berücksichtigt sind. In der rKA (Baustein B des Revisionsprojektes) wird nur auf die Kartiermethodik eingegangen. Ansprachen am Punkt werden im Baustein A bearbeitet und Auswertungen von Bodeninformationen in Baustein C. Letzterer wird vom KOBO bearbeitet.

#### 3.1.2 Zielpublikum der rKA

Das Zielpublikum der rKA sind Bodenfachleute und Leute aus Disziplinen, welche sich mit der Kartierung von Böden auseinandersetzen, diese ausführen oder weiterentwickeln: Bodenkartier-Fachleute, auch solche, welche sich noch in Ausbildung befinden, zuständige Fachpersonen, welche Kartierungen in Auftrag geben (kantonale Bodenschutzfachstellen), Fachpersonen, welche Nachwuchskartierpersonen ausbilden, das Kompetenzzentrum Boden.

#### 3.1.3 Ziele der rKA

Die rKA soll folgende primären Ziele erreichen:

- Die rKA ermöglicht eine vergleichbare Erhebung aller Böden der Schweiz in allen Regionen und unter unterschiedlichen Nutzungen.
- Die rKA beschreibt den Kartierablauf für das Zielpublikum verständlich und strukturiert und sichert so die hohe Qualität der entstehenden Produkte.
- In einer ersten Phase bis Ende 2022 wird das Kernstück der rKA (Basismodul und Waldmodul) erarbeitet, in einer zweiten Phase bis 2025 werden ergänzende Module erarbeitet.
- Die rKA kann Dank modularem Aufbau auch nach 2025 erweitert und angepasst werden.

Weiter sollen folgende Unterziele angestrebt werden.

- Die rKA ermöglicht die Herleitung von Fruchtfolgeflächen und von FF-Kompensationsflächen gemäss dem Sachplan Fruchtfolgeflächen.
- Die rKA zeigt zusammen mit der rKLABS auf, in welchem Bezug Bodeninformationen zueinanderstehen, welche vor und nach 2023 aufgenommen wurden (Kompatibilität FAL 24+)
- Die rKA zeigt auf wie bestehende Bodendaten in den Kartierablauf mit einbezogen werden können.
- Die rKA ist feldtauglich.
- Die rKA vermindert zusammen mit der rKLABS Dank deutscher, französischer und italienischer Version die Sprachproblematik im Bereich der Bodenansprache, Bodenklassifikation und Bodenkartierung und bietet so eine wichtige Basis für die Regionen übergreifende fachliche Zusammenarbeit.

## 3.2 Massstabsbereich

Die rKA wird für den Massstab 1:5000 ausgelegt sein. Die Beschränkung beruht auf dem Sachplan FFF und auf der breitabgestützten Rücksprache bei den Revisionsgremien. Die rKA wird in Tabellenform konkrete Angaben zum Erhebungs- und Darstellungsmassstab respektive zur Bohrdichte pro Hektar und Polygon machen. Ebenso sollen Angaben zur Adaption auf grössere (bis 1:1000) oder kleinere Massstäbe (bis 1:25'000) gemacht werden.

## 3.3 Modularer Aufbau

Die Kartieranleitung wird modular aufgebaut (Abbildung 3). Ergänzende Module bauen zwingend auf dem Basismodul auf und stellen eigentliche Erweiterungen des Basismoduls dar.

### 3.3.1 Basismodul

Der Standardablauf einer Kartierung wird in einzelnen Arbeitsschritten beschrieben. **Er entspricht dem grundsätzlichen Ablauf einer Kartierung.** Es gibt Arbeitsschritte die eindeutig beschrieben werden können und es gibt Arbeitsschritte, die Optionen für die Kartierperson zulassen. Die gewählten Optionen müssen von den Kartierpersonen angegeben werden (eine kurze Dokumentation wird vorgegeben). Das Basismodul schlägt Vorgaben für die Datensätze der verschiedenen erhobenen Daten vor (Flächendatensatz, Punktdatensätze, allenfalls auch Geometrie-Datensätze. Der Datensatz für Profile wird hier weggelassen, weil in Baustein A beschrieben).

Das Basismodul deckt wahrscheinlich alle Anforderungen ab, um Fruchtfolgeflächen und FF-Kompensationsflächen gemäss dem Sachplan Fruchtfolgeflächen herzuleiten. Es muss im Revisionsprojekt geprüft werden, dass dieses Unterziel durch das Basismodul erreicht wird (vgl. AP 11.6)

### 3.3.2 Ergänzende Module

#### Waldmodul

Diejenigen Arbeitsschritte, die vom Basismodul abweichen, werden bezeichnet und entsprechend begründet ergänzt. Es werden Spezifikationen für den benötigten Datensatz gemacht. Zum Waldmodul bestehen bereits Inhalte aus dem Produkt 3 des Arbeitspaketes 10.1 (vgl. Kapitel 2.7)

#### Weitere Module

Es sind einige weitere Module vorgeschlagen. Ob alle oder nur einzelne oder weitere noch nicht erwähnte Module bis 2025 Eingang in die rKA finden sollen, muss noch überprüft werden. Ergänzende Module bauen auf dem Basismodul auf und erweitern dieses punktuell.

- Modul für grossflächige Kartierungen: Überprüfung und allenfalls Realisierung eines Moduls, das aufzeigt, wie das Basismodul in grossflächigen Projekten eingesetzt werden kann.
- Modul für Baustellen: Es gibt noch keine schriftlichen Vorarbeiten, jedoch besitzen viele Fachpersonen Erfahrung mit der Kartierung von Böden für Baustellenprojekte. Die Schwierigkeit in diesem Modul besteht darin, die grosse Vielfalt von Baustellen (Art der Baustelle, Grösse der Baustelle) in einem Modul zu vereinen.
- Modul für Gebiete mit anthropogen stark geprägten Böden. Vorbereitende Überlegungen sind bereits im Produkt 3 des Arbeitspaketes 10.1 (vgl. Kapitel 2.7) gemacht worden.
- Modul für Gebirge: Die aussergewöhnlich kleinräumige Variabilität in Gebirgen bedarf bei einzelnen Arbeitsschritten der Kartierung Anpassungen.

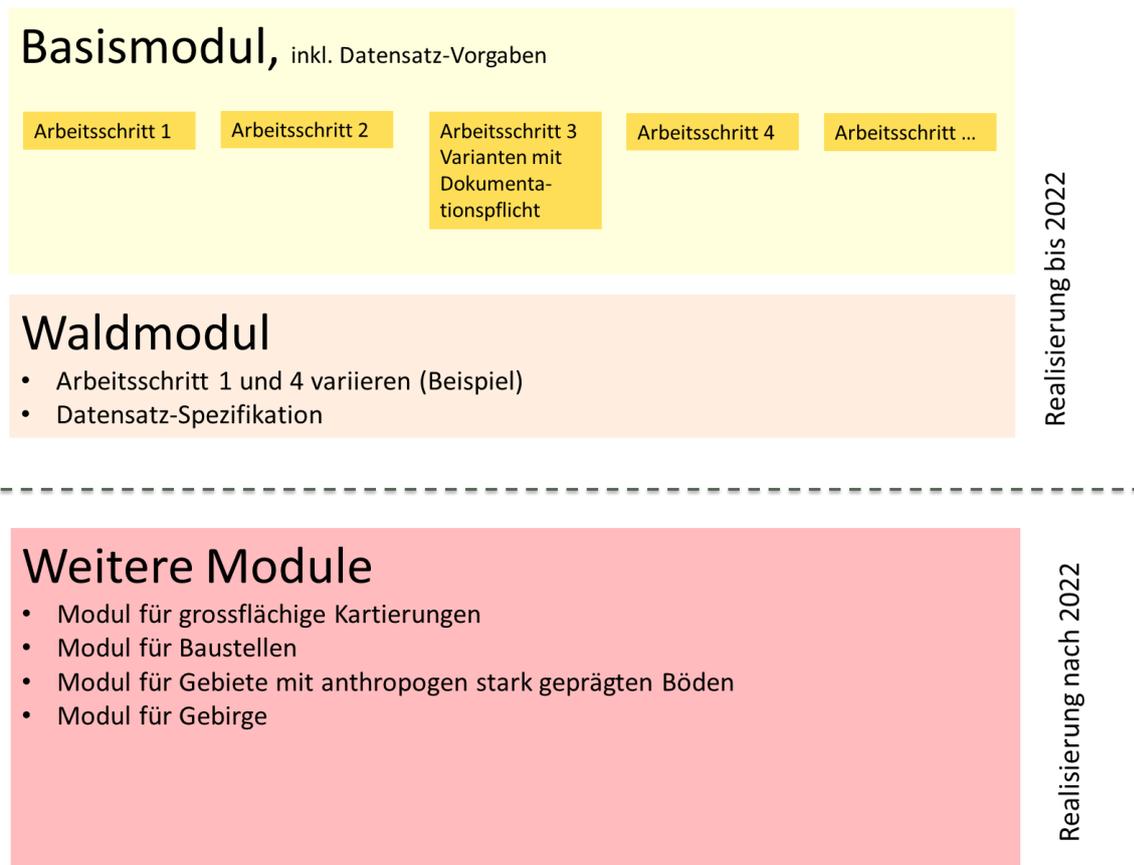


Abbildung 3 : Schematische und beispielhafte Darstellung der künftigen Kartieranleitung

### 3.3.3 Die Thematik der räumlichen Variabilität

Die kleinräumige Variabilität, welche kleinräumiger ist als die kleinste darzustellende Einheit, ist eine Herausforderung bei Kartierungen allgemein. Auch bei der Bodenkartierung und der Auswertung und Darstellung von Bodeninformationen ist dies nicht anders. In der Bodenkartierung gibt es verschiedene Strategien, um den Umgang mit der Problematik anzugehen. Angewendet werden bisher verschiedene Methoden der Polygonabgrenzung und teilweise auch die Bildung von Komplexen. Zusätzlich wird die Ansprache der räumlichen Variabilität durch die Massstabsvorgaben beeinflusst (vgl. Kapitel 2.7). Die Handhabung von Komplexbildungen ist in den letzten Jahren oft auf ein Minimum begrenzt worden (seitens Auftraggeber), weil die Datenverarbeitung und Darstellung umständlich und die Interpretation solchen Informationen schwierig sind.

Alternative Vorschläge für den weiteren Umgang mit der räumlichen Variabilität liegen unter anderem im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b) vor und müssen diskutiert werden.

Die Polygonabgrenzung und in diesem Zusammenhang der Umgang mit der kleinräumigen Variabilität im Allgemeinen wird im Rahmen des Basismoduls grundsätzlich bearbeitet und aufgearbeitet. Weitere Spezifikationen können in den weiteren Modulen aufgegriffen werden, wenn dort dieser Bedarf besteht.

- Der räumlichen Variabilität der Humusformen sollen im Waldmodul Rechnung getragen werden
- Die räumliche Variabilität auf Grund anthropogenem Einfluss soll im entsprechenden Modul für anthropogen geprägte Böden Eingang finden.
- Der Umgang mit der räumlichen Variabilität in Gebirgslandschaften ist beim Modul für Gebirge anzusiedeln.
- Usw.

Ob sich diese Fragestellungen im Grunde ähneln oder nicht und ob sie sich folglich durch die Beschreibung von Arbeitsschritten im Basismodul oder durch die Beschreibung von Arbeitsschritten in den weiteren Modulen hinlänglich klären lassen, ist momentan noch unklar.

## 4 Vorgehen bei der Revision

### 4.1 Einführung

Im vorliegenden Kapitel wird das Vorgehen zur Revision des Bausteins B erläutert und Arbeitspakete werden vorgestellt. Es beschreibt die operative Umsetzung des Kapitels 3.

### 4.2 Arbeitspakete Baustein B

Die Revision des Bausteins B (siehe Marugg und Schmidhauser 2019) beinhaltet insgesamt 6 Arbeitspakete (in Teilpakete unterteilt → insgesamt 18 grössere und kleinere Teil-Arbeitspakete), wobei das Arbeitspaket AP10 mit dem vorliegenden Dokument beendet ist. Kurzpflichtenhefte für alle anderen Arbeitspakete sind im Anhang 2 aufgeführt.

#### Erste Priorität hat die Erarbeitung des AP 11.

Die Projektleitung übernimmt die Koordination, Steuerung und Harmonisierung der Arbeitspakete. Sie ist bei jedem Arbeitspaket massgeblich involviert.

Tabelle 3 : Arbeitspakete, Inhalt und Bearbeitung des Bausteins B (fortlaufende Nummerierung des Revisionsprojektes)

Arbeitspaket	Inhalt	Bearbeitung
<b>Arbeitspaket 10: Phase 1, Baustein B</b>		
<b>AP10.1 Stand der Technik Bodenkartierung</b>	Abgeschlossen, Vgl. Kapitel 2.6	externer Auftragnehmer
<b>AP10.2 Erarbeitung Leitfaden Kartieranleitung</b>	Abgeschlossen, Vorliegendes Dokument Synthese der bisherigen Arbeiten. Revisionskonzept für die Überarbeitung der Kartieranleitung Definition genauer Arbeitspakete	Projektleitung mit externer Unterstützung
<b>AP 11 Erarbeitung Basismodul inkl. Waldmodul und Anforderungen FFF</b>		
<b>AP 11.1 Basismodul</b>	Grundlegender Aufbau des Basismoduls und Formulierung Produkt 1 und 3 aus dem Arbeitspaket 10.1 werden als Grundlagen für das AP 11.1 verwendet. Das Rohgerüst wird zum Basismodul ausgebaut.	externer Auftragnehmer
<b>AP 11.2 Datensätze</b>		
<b>AP 11.2a Benötigte Inhalte – Parameterliste - Datenerhebung</b>	Nötige Inhalte bei der Bodenkartierung, Prüfung aller notwendigen und gewünschten Bodeneigenschaften nach einem vorgegebenen Schema. Klärung wichtiger Begriffe, wie z.B. Bohrungsdatensatz, Flächendatensatz.	PL und KOBO mit Expertenkonsultation
<b>AP 11.2b Schicht- oder horizontweise Erfassung von Bodeninformation</b>	Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation eines Workshops zum Thema der schicht- oder horizontweisen Aufnahme von Bodeninformationen.	Workshop (externer Auftragnehmer)
<b>AP 11.2c Definition von Schichten</b>	Ausarbeiten von Definitionen der gemäss AP 11.2b benötigten Schichten, allenfalls Ausarbeitung Horizontmodell initiieren.	Zu Beginne PL dann noch offen

Arbeitspaket	Inhalt	Bearbeitung
<b>AP 11.3 Feldkartierung</b>	In diesem Arbeitspaket werden die Arbeitsschritte der Phase der Feldkartierung beschrieben.	
<b>AP 11.3a Aufnahme von Bohrungen und Ableitung der Daten für ein Polygon</b>	Ausarbeiten von Varianten zur Aufnahme von Bohrungen und Ableitung der Flächendaten.	Externe Auftragnehmer
<b>AP 11.3b räumliche Variabilität</b>	Der konkrete Umgang mit der räumlichen Variabilität bei der Bodenkartierarbeit muss aufgearbeitet werden, sowohl international als auch in der Schweiz. Lieferung Inputs für AP 11.3c	externe Auftragnehmer
<b>AP 11.3c Polygonabgrenzung</b>	Abgrenzungskriterien und Vorgehensvarianten für die Unterscheidung von Polygonen müssen erarbeitet werden und der Umgang mit der räumlichen Variabilität muss konkret und praxisbezogen integriert werden. Die Vorschläge werden ins Basismodul integriert.	Externe Auftragnehmer
<b>AP11.4 Waldmodul</b>	Produkt 3 aus dem Arbeitspaket 10.1 wird als Grundlage für das AP 11.4 verwendet. Die entsprechenden Inhalte aus dem Rohgerüst werden zum Waldmodul ausgebaut. Aufarbeitung der Thematik der räumlichen Variabilität bei Waldböden und insbesondere der Humusformen. Datensatzspezifikationen erarbeiten	Externe Auftragnehmer
<b>AP 11.5 Anforderungen FFF</b>	Es muss geprüft werden, inwiefern das Basismodul die Anforderungen zur Ausscheidung von vom FFF und FF Kompensationsflächen erfüllt. Allfällige Abweichungen müssten behoben werden und im Basismodul ergänzt werden.	Externe Auftragnehmer
<b>AP 12 Neuerungen</b>	Ermittlung eines «Prüfverfahrens» um Neuerung in die rKA zu integrieren oder nicht.  Diskussion und Prüfung von Neuerungen, welche allenfalls per 2022 in die rKA (Basismodul) integriert werden.  Ausformulieren von akzeptierten Neuerungen für das Basismodul  Diskussion und Prüfung weiterer Neuerungen, welche allenfalls per 2024 oder später ins Basismodul integriert werden sollen.	PL und KOBO mit Expertenkonsultation
<b>AP 13 Synthese</b>	Erste Synthese 2022, Zweite Synthese 2024  Bereinigung und definitive Ausformulierung des Basismoduls und des Waldmoduls per Ende 2022  Bereinigung und definitive Ausformulierung zur Kartieranleitung (Version 0 rKA) im 2024	Projektleitung mit externem Auftragnehmer
<b>AP 14 Erarbeitung Zusatzmodule</b>		
<b>AP 14.1 Bedarf und Priorisierung von Zusatzmodulen</b>	Priorisierung der möglichen Zusatzmodule in einem breit abgestützten Prozess bei den Beteiligten des Revisionsprojektes.	Projektleitung, BAFU, QRM

Arbeitspaket	Inhalt	Bearbeitung
<b>AP 14.2 bis 14.X Zusatzmodule XY</b>	<p>Ausarbeiten der folgenden Module, falls in AP 14.1 so entschieden. Pflichtenhefte müssen noch erstellt oder genauer ausgearbeitet werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul für grossflächige Kartierungen</li> <li>• Modul für Baustellen</li> <li>• Modul für anthropogen stark geprägte Böden</li> <li>• Modul für Gebirge</li> </ul>	Externe Auftragnehmer
<b>AP15 Redaktion Baustein B</b>		PL, KOBO, weitere Experten / externe Unterstützung

### 4.3 Querschnittsaufgaben

Für alle Arbeitspakete kann die Projektleitung eine Liste der bis dahin konsultierten Fachliteratur abgeben. Die Auftragnehmer werden aber generell dazu angehalten, weitere Fachliteratur beizuziehen, in den verfassten Produkten korrekt zu zitieren und pro Arbeitspaket ein Literaturverzeichnis zu pflegen. Die Fachliteratur wird in den Synthesearbeiten in Arbeitspaket 13 zusammengetragen.

Zu jedem Arbeitspaket gehört die Ergänzung des Glossars. Das Glossar wird von der Projektleitung elektronisch geführt, mit dem KOBO koordiniert und mit dem jeweiligen Auftragnehmer werden die erforderlichen Glossareinträge besprochen und abgemacht.

## Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Bodenkartierarbeit, Foto zur Verfügung gestellt von SoilCom GmbH, Zürich

Abbildung 1 : Darstellung der verschiedenen Genauigkeitsstufen der Feldansprache und Laboranalyse bei Profilgruben und Bohrungen. Die genauesten Ansprachen werden zur Eichung / Kalibrierung der weniger genauen Erhebungen verwendet. Die Flächen der Rechtecke entsprechen einem ersten Vorschlag für den Anteil, welcher pro Genauigkeitsstufe erhoben wird. Ob maschinelle Bohrungen möglich sind, hängt vom Gelände und den angebauten Kulturen oder anderen Hindernissen ab. Ausschnitt aus Grafik in Nussbaum und Burgos 2019, S. 35

Abbildung 2: Wechselwirkung von Faktoren rund um die Massstabswahl.

Abbildung 3 : Schematische und beispielhafte Darstellung der künftigen Kartieranleitung

11

14

23

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Arbeiten der BGS Arbeitsgruppe Bodenkartierung mit konkreten Präzisierungen für die rKA

6

Tabelle 2 : Akteure, Projekte und Wissen zu Bodenkartierungen in der Schweiz, Stand 2020

18

Tabelle 3 : Arbeitspakete, Inhalt und Bearbeitung des Bausteins B (fortlaufende Nummerierung des Revisionsprojektes)

24

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AG / ArG</b>	Arbeitsgruppe hier sogar BGS Arbeitsgruppen gemeint zur -> KLABS und zur -> KA
<b>AP</b>	Arbeitspaket
<b>ARE</b>	Bundesamt für Raumentwicklung
<b>BAFU</b>	Bundesamt für Umwelt
<b>BGS</b>	Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz
<b>BI-CH 2003</b>	Projekt der BGS zur Sicherung von analogen Bodenprofilaten
<b>BLW</b>	Bundesamt für Landwirtschaft
<b>FA</b>	Fachausschuss
<b>FAL 24+</b>	Projekthandbuch der FABO SO (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn) 2017, zur Bodenkartierung im Kanton Solothurn. Weiterentwickelte Methode der -> FAL 24
<b>FAP / FAL</b>	Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau auch bekannt unter Forschungsanstalt Reckenholz, bis 1967 Versuchsanstalt Oerlikon, Reckenholz, Agroscope Reckenholz
<b>HAFL</b>	Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften

<b>KA / FAL 24</b>	Kartieranleitung: Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (FAL), Zürich Reckenholz
<b>KLABS</b>	Klassifikation der Böden der Schweiz
<b>KOBO</b>	Kompetenzzentrum Boden
<b>LANAT</b>	Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern
<b>NABODAT</b>	nationales Bodeninformationssystem (wird betreut durch die «Servicestelle NABODAT»)
<b>PAS</b>	Projektausschuss
<b>PL</b>	Projektleitung des Revisionsprojektes
<b>Revision KLABS / KA</b>	Projekt der Revision der Klassifikation der Böden der Schweiz und der Kartieranleitung der Schweiz -> Revisionsprojekt
<b>Revisionsprojekt</b>	-> Revision KLABS / KA
<b>rKA</b>	revidierte Kartieranleitung der Böden der Schweiz (Resultat der Revision)
<b>rKLABS</b>	revidierte Klassifikation der Böden der Schweiz (Resultat der Revision)
<b>Soildat</b>	Web-basiertes Erfassungstool für Bodendaten
<b>WBF</b>	Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung

## Versionskontrolle

Version	Datum	Beschreibung	Autor
1.0	26.05.2020	Dokument erstellt	D. Marugg
1.0	Bis 23.7.2020	Dokument ausgearbeitet, Bereinigung Literaturverzeichnis	D. Marugg
1.1	August 2020	Integration Inputs KOBO	D. Marugg
1.2	September 2020	Erstellen Anhang 2: Kurzpflichtenhefte Integration Inputs Vorkonsultation	D. Marugg
1.3	Dezember 2020	Integration Inputs breite Konsultation (FA, PAS-Mitglieder, KOBO, QRM)	D. Marugg
1.3	9.12.20	Genehmigung durch PAG und Abschluss Finale Version	D. Marugg

## Literaturverzeichnis

- Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen, 2015. Handbuch Umwandlung der Eignungskarten in Bodenkarten. Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen, unveröffentlicht, 74 S.
- Behrens T, Schmidt C, Keller A, 2017. Digital Soil Mapping, Factsheets, unveröffentlicht. BAFU (Soilution GbR und Nationale Bodenbeobachtung (NABO), Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt), Heusweiler und Zürich.
- BGS (Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz), 2000. Umfrage Bodenkartierung. Bedarfsabklärung Bodenkarten und Bodeninformation Aufgaben im Zusammenhang mit der Bodenkartierung, Ideen zu einer Bodeninformationsstelle, unveröffentlicht, 56 S.
- BLW, BAFU, ARE, 2020. Faktenblatt: Kompetenzzentrum Boden und Bodenkartierung, 2 S.
- Bodenschutzfachstelle des Kantons Solothurn, 2017. Kartiermethodik. Kartiermethode FAL 24+, unveröffentlicht. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn, Solothurn, 40 S.
- Borer F, Knecht M, 2014. Bodenkartierung Schweiz Entwicklung und Ausblick, unveröffentlicht. Arbeitsgruppe Bodenkartierung der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz.
- Borer F, Knecht M, 2018. Umfrage zur Grobbedarfsanalyse RevKA. Auswertung. Zuhanden der Projektleitung RevKLABSKA. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Arbeitsgruppe Bodenkartierung.
- Brunner J, Jäggli F, Nievergelt J, Peyer K, 1997. Kartieranleitung. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (FAL), Zürich Reckenholz, 175 S.
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2020a. Erläuterungsbericht Sachplan Fruchtfolgeflächen SP FFF, 33 S.
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2020b. Sachplan Fruchtfolgeflächen SP FFF. Bundesratsbeschluss vom 8.5.2020, 24 S.
- Burgos S, Oechslin S, 2018. Detailanalyse für die Umsetzung der Revision der Kartieranleitung, unveröffentlicht. BFH-HAFL, 25 S.
- Burgos S, Zürrer M, 2018. Grobbedarfsanalyse Kartieranleitung. Arbeitspapier, 5 S. Abgerufen am 09.06.2020.
- Carizzoni M, Cavelti G, Hurst T, Zürrer M, 2017. Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem, unveröffentlicht. BHP - Brugger und Partner AG, BABU GmbH, myx GmbH.
- Diek S, Chabrillat S, Nocita M, Schaepman ME, Jong R de, 2019. Minimizing soil moisture variations in multi-temporal airborne imaging spectrometer data for digital soil mapping. *Geoderma*, 337, 607–621. Abgerufen am 20.09.2019.
- Diek S, Fornallaz F, Schaepman, M.E., de Jong, R., 2017. Barest Pixel Composite for Agricultural Areas Using Landsat Time Series. *Remote Sensing*, 9 (12), 1245. Abgerufen am 20.05.2019.
- Drobnik T, Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, 2018. Soil quality indicators – From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators*, 94, 151–169. Abgerufen am 20.09.2019.
- Egli M, Häflinger S, Achermann M, 2004. Modellierung von Bodenkarten. Ansätze zur Verbesserung der bestehenden Grundlagen. In: Müller M (Hrsg.). *Wie viele Bodendaten braucht der Mensch? Referate, Texte zu den Postern*, 20. - 22.3.2003 und 25.-26.3.2004. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen, S. 45-48.
- Egli M, Margreth M, Vökt U, Keller F, 2005. Bodenmodellierung mit GIS im hochalpinen Raum. *Geomatik Schweiz*, 8, 458–462.
- Etat de Vaud, 2019. Cartographie des sols du canton de Vaud. Rapport explicatif, unveröffentlicht. Direction générale de l'environnement, Canton de Vaud, 12 S.
- Etat de Vaud, 2020. Méthodologie pédologique pour l'identification des nouvelles surfaces d'assolement. Aide à l'exécution, unveröffentlicht. Département du territoire et de l'environnement canton de VD.
- FABO SO (Fachstelle Bodenschutz Kanton Solothurn), 2017. Projekthandbuch Teil I: Einführung, unveröffentlicht, 14 S.
- Gasser U, Zürrer M, 2018. TECHNISCHE MERKBLÄTTER FÜR DIE BODENKARTIERUNG. Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden / RRB 622/2013, unveröffentlicht, Zürich, 23 S.

- Greiner L, Keller A, 2017. Bodenfunktionsbewertung und Bodenindexpunkte. Konzept und Wege zur Umsetzung. Bericht zuhanden der Expertengruppe zur Überarbeitung/Stärkung des Sachplans FFF, unveröffentlicht.
- Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, Papritz A, 2017. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*, 69, 224-237, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837717305719>
- Greiner L, Nussbaum M, Papritz A, Fraefel M, Zimmermann S, Schwab P, Grêt-Regamey A, Keller A, 2018. Assessment of soil multi-functionality to support the sustainable use of soil resources on the Swiss Plateau. *Geoderma Regional*, 14, e00181. Abgerufen am 15.01.2019.
- Herbst P, Mosimann T, 2008. Prognose der Wasserspeicherfähigkeit von Waldböden in der Nordwestschweiz, unveröffentlicht. Physische Geographie und Landschaftsökologie Leitniz Universität Hannover, Hannover.
- Keller A, Franzen J, Knüsel P, Papritz A, Zürrer Z, 2018. Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Bodeninformationen, Methoden und Instrumente für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Boden. Thematische Synthese 4 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68), Bern.
- Keller A, Rehbein K, Schwierz C, Papritz A, 2011. Robuste geostatistische Methoden zur räumlichen Analyse und Kartierung von Bodeneigenschaften. In: *Mitteilungen der DBG, DBG Jahrestagung 3.-9. September 2011 in Berlin*.
- Kt. Wallis DRE, 2016. Klassifikation der Böden in Fruchtfolgeflächen - Methodologische Anleitung. Technische Merkblätter Bodenkartierung (J. Presler, M. Günther), unveröffentlicht, 24 S.
- Lüscher C, 2010. Bodenkartierung Kanton Glarus 2006 - 2010. Erfassung der potenziellen Fruchtfolgeflächen FFF - Schlussbericht, unveröffentlicht. ARCOPLAN, 21 S.
- Marugg D, Schmidhauser AS, 2019. Umsetzungskonzept zum Hauptprojekt der Revision der Bodenklassifikation und der Bodenkartieranleitung der Schweiz. Erster Zwischenbericht zu Händen von Projektausschuss und Projektauftraggeber (BAFU), unveröffentlicht, Zollikofen, 26 S.
- NABODAT Servicestelle, 2020. Nationales Bodeninformationssystem (NABODAT). Webseite der NABODAT Servicestelle. Abgerufen am 03.06.2020, <https://www.nabodat.ch/index.php/de/>
- Nussbaum M, Burgos S, 2019. Konzept zur Erhebung flächendeckender Bodeninformationen für den Kanton Bern. technischer Bericht, unveröffentlicht, Zollikofen, 79 S.
- Nussbaum M, Burgos S, Keller A, Carizzoni M, Papritz A, 2018a. Bodeninformationssysteme und (digitale) Bodenkartierung in Europa. Was kann die Schweiz davon lernen?, unveröffentlicht. Nationales Forschungsprogramm NFP 68 "Ressource Boden" - Bericht Fokusstudie - 15. Mai 2018.
- Nussbaum M, Papritz A, Baltensweiler A, Walthert L, 2012. Organic Carbon Stocks of Swiss Forest Soils, unveröffentlicht. Institute of Terrestrial Ecosystems, ETH Zürich and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Zürich and Birmensdorf.
- Nussbaum M, Spiess K, Baltensweiler A, Grob U, Keller A, Greiner L, Schaepman ME, Papritz A, 2018b. Evaluation of digital soil mapping approaches with large sets of environmental covariates. *SOIL*, 4 (1), 1-22, <https://www.soil-journal.net/4/1/2018/>
- Nussbaum M, Walthert L, Fraefel M, Greiner L, Papritz A, 2017. Mapping of soil properties at high resolution in Switzerland using boosted geosadditive models. *SOIL*, 3, 191-210, <https://doi.org/10.5194/soil-3-191-2017>
- Ruef A, Peyer K, 1996. Handbuch Waldbodenkartierung. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Zürich Reckenholz, 125 S.
- Schmidhauser AS, Presler J, 2020. Leitfaden revidierte Klassifikation der Böden der Schweiz. Version 3.1, unveröffentlicht. BFH-HAFL, 91 S.
- Sticher H, 2001. Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz 1855-1962, unveröffentlicht, 128 S.
- Suter B, 2018. Konzept Bodenkartierung zur Fruchtfolgeflächenerhebung im Kanton Luzern. Kartierung entlang der „Y-Achse“ (entlang Nationalstrassen), unveröffentlicht. Boden, Abfall und Altlasten, 25 S.
- Weisskopf P, Zihlmann U, 2017. Vorprojekt Revision der Klassifikation der Böden der Schweiz (KLABS) und der Bodenkartierungsanleitung (KA), unveröffentlicht. Agroscope, FG Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Zürich, 59 S.
- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020a. Methodenvergleich Auftrag Stand der Technik Bodenkartierungen. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 1, vers. Exceltabellen, unveröffentlicht.
- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020b. Zwischenbericht Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 2, unveröffentlicht.

- Wernli M, Siegrist J, Baumgartner K, Gasche T, 2020c. Rohgerüst Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung,. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 3, unveröffentlicht.
- Zürner M, Eggert C, 2018. Umwandlung von Eignungskarten in Bodenkarten. Schlussbericht Etappe 5 Eschenbach. Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen, unveröffentlicht, 38 S.

# Anhang

Anhang 1: Rohgerüst

Anhang 2: Kurzpflichtenhefte zu den Arbeitspaketen des Bausteins B

# Anhang 1

**SoilCom GmbH**

Julia Siegrist  
Michael Wernli  
Hofwiesenstrasse 3  
8057 Zürich  
Tel: 044 500 51 01  
Mobile: 077 426 07 77  
E-Mail: julia.siegrist@soilcom.ch

**Forstl. Ing. Büro Karin Baumgartner**

Karin Baumgartner  
Burgstrasse 45  
6331 Hünenberg  
Tel: 041 780 34 01  
Mobile: 076 480 81 84  
E-Mail: baumgartnerk@bluewin.ch

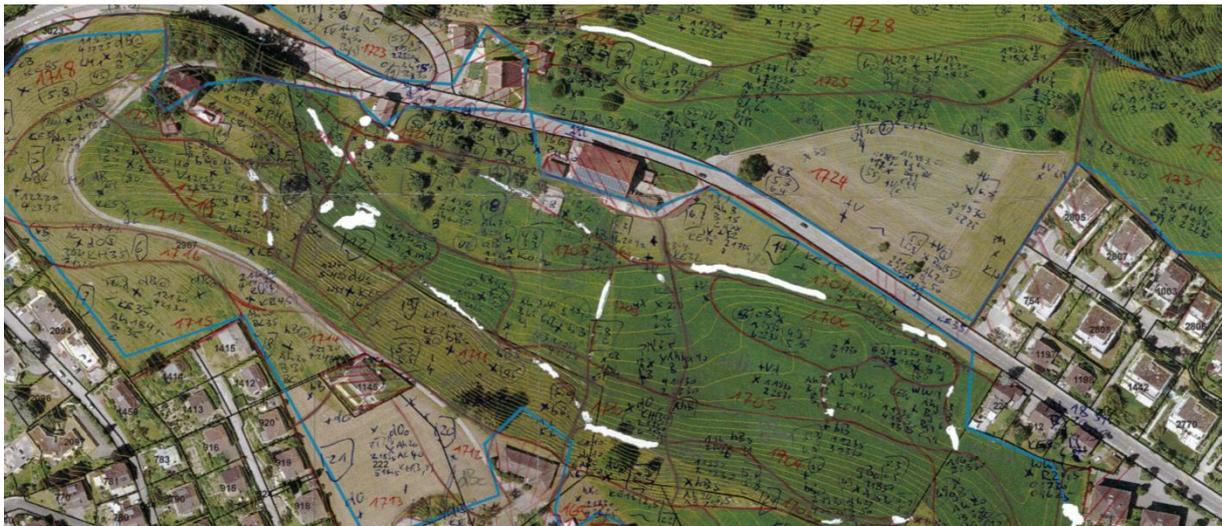
**Gasche-Bodengutachten GmbH**

Thomas Gasche  
Gotthelfstrasse 98  
Tel: 061 301 26 86  
Mobile: 079 460 12 76  
E-Mail: gasche@gasche-bodengutachten.ch



# Rohgerüst Kartieranleitung

Revision KLABS/KA Baustein B1 «Stand der Technik Bodenkartierung»



## Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	4
1.1	Einleitung zum vorliegenden Dokument.....	4
1.1.1	Auftrag.....	4
1.1.2	Vorgehen.....	4
1.2	Zweck der revidierten Kartieranleitung.....	5
1.2.1	Thematische Anwendungsbereiche.....	5
1.2.2	Massstabsbereich.....	5
1.2.3	Bohrdichte.....	5
1.2.4	Anwendungsbereiche.....	5
1.3	Aufbau des Rohgerüsts zur Kartieranleitung.....	6
2	Vorbereitungsphase.....	6
2.1	Grundlegende Überlegungen.....	6
2.2	Projektorganisation.....	7
2.2.1	Beteiligte.....	7
2.2.2	Perimeter.....	7
2.2.3	Zeitplanung.....	7
2.2.4	Kommunikation.....	8
2.2.5	Rechtliches.....	9
2.3	Ausschreibung.....	9
2.4	Grundlagendaten.....	9
2.5	Startsitzung.....	10
3	Konzeptphase.....	10
3.1	Zweck der Konzeptphase.....	10
3.2	Studium Grundlagendaten.....	11
3.3	Hypothesenbildung.....	11
3.4	Übersichtsbegehung.....	11
3.5	Kartierkonzept.....	12
3.6	Die Konzeptkarte.....	12
3.7	Standortwahl von Basisprofilen.....	13
3.8	Werkleitungsprüfung.....	14
3.9	Qualitätssicherung (QS).....	15
4	Profilphase.....	15
4.1	Definition und Zweck.....	15
4.2	Anlegen von Profilgruben.....	15
4.2.1	Profilgruben öffnen.....	16

4.2.2	Profilgruben schliessen .....	16
4.3	Eichtag an Bodenprofilen .....	17
4.4	Qualitätssicherung der Bodenprofilansprache .....	17
5	Feldkartierung .....	17
5.1	Vorbereitung, Felddossier .....	17
5.2	Hilfsmittel der Kartierung .....	17
5.2.1	Werkzeug .....	18
5.2.2	Feldplan .....	18
5.2.3	Aufnahmeprotokoll .....	18
5.2.4	Feldcomputer .....	18
5.3	Bohrungen .....	19
5.3.1	Standortauswahl .....	19
5.3.2	Erfassung und Dokumentation .....	19
5.4	Abgrenzung von Polygonen .....	19
5.4.1	Abgrenzungskriterien .....	19
5.4.2	Vorgehensvarianten zur Polygonabgrenzung im Gelände .....	20
5.4.3	Verortung im Gelände .....	23
5.5	Herleitung des Flächendatensatzes .....	24
5.5.1	Repräsentative Punktaufnahme .....	24
5.5.2	Synthese verschiedener Einzelbeobachtungen .....	24
5.6	Bereinigung der Feldaufnahmen .....	25
5.7	Qualitätssicherung der Flächenkartierung .....	25
6	Datenaufbereitung und -kontrolle .....	25
6.1	Datenaufbereitung .....	25
6.2	Kontrolle während der Kartierung .....	25
6.2.1	Eigenkontrolle .....	25
6.3	Schlusskontrolle .....	26
6.4	Externe Qualitätssicherung der Endprodukte .....	26
7	Schlussbericht und Datenabgabe .....	27
8	Kartierung anthropogener Böden .....	27

# 1 Einführung

## 1.1 Einleitung zum vorliegenden Dokument

### 1.1.1 Auftrag

Die Bietergemeinschaft aus SoilCom GmbH, Forstl. Ing. Büro Karin Baumgartner und Gasche Bodengutachten GmbH hat im Dezember 2019 den Auftrag erhalten, im Rahmen der Revision der Bodenklassifikation und der Bodenkartieranleitung das Pflichtenheft «Stand der Technik Bodenkartierung» des Bausteins B «Flächenkartierung» zu bearbeiten.

### 1.1.2 Vorgehen

Das vorliegende Rohgerüst ist eines von drei Produkten. Gemäss Pflichtenheft vom 29. Oktober 2019 wurden zunächst die Arbeitsschritte der aktuell angewandten Kartiermethoden einander gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung erfolgte in tabellarischer Form (Produkt 1 «Liste Methodenvergleich»). Um die Methoden vergleichen zu können, wurde zunächst basierend auf dem Arbeitsablauf eines Kartierprojekts gemäss FAL24+/PHB SO eine Kriterienliste verfasst. Das Ziel dieses Vergleichs ist es aufzuzeigen, wo in der bisherigen Praxis der Bodenkartierung Konsens und wo Handlungsbedarf zur Klärung von Diskrepanzen, Schwachstellen oder offenen Fragen besteht. Themen, bei denen Diskussionsbedarf besteht, werden im Zwischenbericht (Produkt 2) aufgezählt.

Arbeitsschritte und Praktiken, die aktuell unbestritten sind, werden in das vorliegende Rohgerüst für eine neue Kartieranleitung aufgenommen (Produkt 3 «Entwurf Kartieranleitung»).

In kursiver Schrift wird bei jedem Kapitel vorangestellt, welcher Status der Text bezüglich seines Arbeitsstandes hat. Es wird zwischen folgenden Arbeitsständen unterschieden:

- a) **Stichworte:** Inhalte sind noch grösstenteils unklar und wenig entwickelt, es sind Stichworte und Ideen vorhanden. Teilweise im Zwischenbericht behandelt.
- b) **Diskussionspunkte:** Zu einem Thema sind ausformulierte Diskussionspunkte vorhanden, wobei noch unklar ist, ob und wie diese in die revidierte Kartieranleitung aufgenommen werden. Teilweise im Zwischenbericht behandelt.
- c) **Vorschlag:** Kurzgefasster, aber ausformulierter und konkreter Vorschlag des zukünftigen Inhalts, da bei diesen Themen bereits weitgehend Konsens besteht.

Zudem werden Angaben zu den Quellen gemacht.

Folgende Dokumente dienen als massgebliche Grundlagen für das vorliegende Rohgerüst der Kartieranleitung:

- FAL24 (FAL24, 1997)
- Handbuch Waldbodenkartierung (HB Wald, 1996)
- Handbuch Bodenkartierung Solothurn/FAL24+ (PHB SO, 2017)
- Handbuch Bodenkartierung Luzern (PHB LU, 2013)
- Fruchtfolgeflächenausscheidung Wallis (Klass. FFF VS, 2016)
- Bodenkartierung und FFF-Ausscheidung Waadt (Carto. Sols VD, 2019; VH FFF VD, 2019)
- Bodenkartierung Glarus (BoKa GL, 2010)
- Bodeneignungskarte St.Gallen (HB Eignungsk. SG, 2015; SB Eignungsk. SG, 2018)

- Kartierung saurer Waldböden Zürich (AU FaBo ZH, 2015; TM FaBo ZH, 2018)
- Bodenkundliche Bewertung von anthropogenen Böden (IH FaBo ZH, 2017)

## 1.2 Zweck der revidierten Kartieranleitung

### 1.2.1 Thematische Anwendungsbereiche

Die revidierte Kartieranleitung soll Kartierungen für folgende Bereiche ermöglichen:

- Langfristige Erhebung der Eigenschaften aller Landwirtschafts- und Waldböden ausserhalb der Siedlungsflächen zur Verwendung der Daten bei Bodennutzung, Bodenschutz-Vollzug und weitere Anwendungen (Bsp. Kt. SO)
- Erhebung von Fruchtfolgeflächen gemäss Sachplan Fruchtfolgeflächen des ARE: z.B. LU, AI, NW, GL
- Bonitierung von Landwirtschaftsflächen im Rahmen von Güterregulierungen
- Auffinden von FF-Kompensationsflächen, teilweise eigene Projekte (z.B. VAFFF AG, 2020), teilweise im Rahmen von FFF-Kartierungen (z.B. Kt. LU)
- Erhebung des Ausgangszustandes und Kontrolle zum Schluss eines Bauprojektes: diverse kleinflächige Kartierungen
- Aufarbeitung bestehender Bodendaten, z.B. Kt. SG
- Spezifische Fragestellungen: z.B. saure Waldböden ZH, Terroir VD

### 1.2.2 Masstabsbereich

Die FAL24 bezog sich auf gross- bis kleinmasstäbliche Kartierungen, in jüngeren Projekten wurden fast immer Detailkartierungen im Masstab 1:5000 durchgeführt, insbesondere für die Ausscheidung von FFF. Die Wahl des Masstabs hängt grundsätzlich von der Fragestellung bzw. dem Kartierziel und vom Budget ab. Für Güterregulierungen und auf Baustellen wird ein Masstab 1:1000 bis 1:5000 angewendet. Im neuen Sachplan FFF (Bundesratsbeschluss 8.5.2020) wird vorgegeben, dass FFF-Kartierungen im Masstab 1:5000 erhoben werden müssen. Die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte der Kartieranleitung beziehen sich auf die Ausführung einer Bodenkartierung im Masstab 1:5000. Sie kann aber mit gewissen Abweichungen auch für andere Masstäbe angewendet werden.

### 1.2.3 Bohrdichte

*Status: Diskussionspunkte*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt, diverse Literatur (vgl. Zwischenbericht)*

Die Anzahl benötigter Bohrungen ist abhängig vom Kartenmasstab. Sie leitet sich aus der kleinsten, darstellbaren Fläche ab.

Für die einzelnen Bodenpolygone ist die Vorgabe, dass sie an mindestens zwei Stellen untersucht werden müssen.

### 1.2.4 Anwendungsbereiche

Die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte einer Bodenkartierung schliessen nicht explizit bestimmte Gebiete ein oder aus, allerdings werden aktuell Kartierprojekte vor allem im Wald und im Landwirtschaftsgebiet des Mittellandes und der flacheren Lagen der Voralpen und des Juras durchgeführt. Die Kartieranleitung beruht auf den

Erfahrungen in diesen Gebieten. In steilen Lagen und in den Alpen ist die Methodik wenig erprobt. Die Anleitung sollte grundsätzlich auch auf Baustellen und anthropogenen Böden anwendbar sein.

### 1.3 Aufbau des Rohgerüsts zur Kartieranleitung

Das vorliegende Dokument orientiert sich am Ablauf eines in den letzten Jahren üblichen Kartierprojektes. Es gliedert sich in einen allgemeinen, administrativen Teil der Vorbereitungsphase und die Phasen der eigentlichen Kartierarbeiten Konzept-, Profil-, Detailkartierungsphase. Die letzten Kapitel betreffen die Datenaufbereitung und Abschlussarbeiten. Der schematische Ablauf ist in Abbildung 1 dargestellt.

Sind mehrere Kartierteams und –büros beteiligt oder geht das Kartierprojekt über mehrere Jahre, empfiehlt sich eine externe, unabhängige, fachliche Qualitätssicherung beizuziehen. Die Qualitätssicherung ist jeweils als Unterkapitel in den Projektphasen ausgeführt.

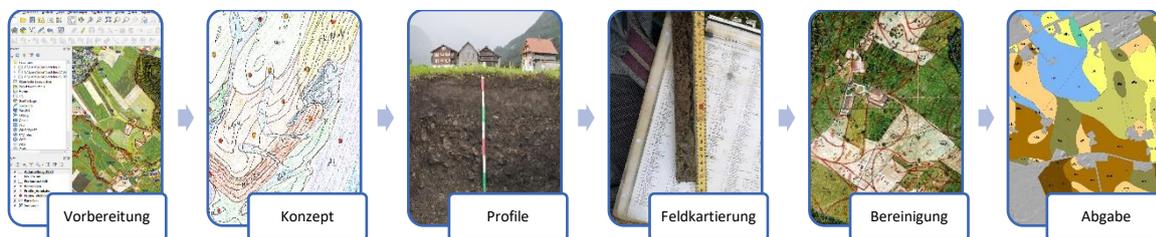


Abbildung 1 Die Phasen eines Kartierprojekts, auf die in diesem Bericht eingegangen werden

## 2 Vorbereitungsphase

### 2.1 Grundlegende Überlegungen

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Diskussion aus dem laufenden Projekt, Eigene Erfahrungen*

Bevor mit der Kartierung begonnen werden kann, müssen die grundlegenden Fragen geklärt werden. Folgende Punkte sind dabei zu klären (nicht abschliessend):

- Ziel der Kartierung: Bedürfnisabklärung möglicher Anwendungsbereiche
- Masstab: Welche Genauigkeit ist erforderlich, welches ist die notwendige Aufnahmedichte
- genaues Vorgehen: Kann das Standardvorgehen angewendet werden, sind aufgrund der Anforderungen Anpassungen im Vorgehen nötig
- zu erhebende Parameter: Reichen die Standardparameter für die spezifischen Fragestellungen oder sind weitere Parameter nötig
- Budget: Können die Anforderungen mit dem vorhandenen Budget abgedeckt werden
- Zeithorizont: Grober Zeitplan unter Berücksichtigung der Kartierperiode und Kapazitäten der beteiligten Schlüsselpersonen

## 2.2 Projektorganisation

### 2.2.1 Beteiligte

*Status: Vorschlag*

*Quellen: PHB SO, PHB LU, Eigene Erfahrungen*

In der Regel sind bei einer Bodenkartierung diverse Personen involviert. Eine Übersicht gibt Tabelle 1.

*Tabelle 1: An einem Karierprojekt massgeblich beteiligte Stellen.*

<b>Aufgabe</b>	<b>Beteiligte</b>
Auftraggeber	Kantone Umweltämter Raumplanungsämter Manchmal auch Ingenieurbüros, Bauherren
Auftragnehmer	Ingenieurbüros
Bodenuntersuchungen	Labor Manchmal auch Fachhochschulen und Forschungsanstalten
Qualitätssicherung	Ingenieurbüros Zukünftig allenfalls das KOBO
Projektunterstützung, technische Projektleitung	Ingenieurbüros Zukünftig allenfalls das KOBO
Weitere Betroffene	Landbesitzer, Pächter, Bewirtschafter

### 2.2.2 Perimeter

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Resultate aus den Diskussionen im laufenden Auftrag*

Zunächst muss festgelegt werden, wie gross die zu kartierende Fläche, der Perimeter, sein soll. Der Perimeter kann bei Bedarf in kleinere Einheiten, sog. Lose, unterteilt und entweder als Ganzes (z.B. LU, ZH) oder in Losen (z.B. SO) ausgeschrieben werden. Pro Projekt werden Perimeter von mehreren Hundert bis mehreren Tausend Hektar ausgeschrieben. Die Losgrösse lag in der Vergangenheit oft im Bereich von 250-400ha. Eine solche Fläche kann ohne grossen Koordinationsaufwand (Absprache, Grenzabgleich, Logistik etc.) von wenigen Kartierpersonen innerhalb einer Saison im Massstab 1:5000 kartiert werden. Kartierlose, welche grösser sind als 500ha, erfordern deutlich mehr Koordinationsaufwand (Termingestaltung, Logistik, Grenzabgleiche) von den Kartierbüros und den einzelnen Kartierenden. Bei kleinen Perimetern fallen unter Umständen flächengrößenunabhängige Arbeitsschritte (Grundlagenbeschaffung, Sitzungen, Verfassen eines Berichts) finanziell stärker ins Gewicht.

### 2.2.3 Zeitplanung

*Status: Diskussionspunkte*

*Quellen: Eigene Erfahrungen*

Die Planung einzelner Arbeitsschritte hängt entscheidend von der Vegetation im Kartiergebiet ab.

### **Kartierung im Grasland**

Die Profile sollten nach dem Schnitttermin für Heu von ökologischen Ausgleichsflächen angelegt werden (frühestens Mitte Juni), ab dann sind meist alle Flächen mindestens einmal gemäht worden. Übersichtsbegehungen sollten wenn möglich nicht unmittelbar vor dem ersten Schnitt erfolgen. Bei der Kartierung muss allenfalls parzellenweise vorgegangen werden. Für die Kartierung eignet sich besonders die Zeit vor und nach der Hauptvegetationsperiode.

### **Kartierung im Ackerland**

Für die Profilphase eignet sich das Fenster zwischen Ernte und Wiederansaat im Sommer, wobei dieses je nach Folgekultur kurz sein kann (z.B. bei Winterraps). Die Kartierphase sollte am Rand der Hauptvegetationszeit erfolgen. Bei hochwachsenden Kulturen sollte die Kartierung kurz nach dem Austreiben oder nach der Ernte erfolgen (z.B. bei Mais im Frühling resp. im Herbst), da sonst die Geländeübersicht fehlt.

### **Kartierung im Wald**

Die Profile sollten nicht im Spätsommer geöffnet werden, da die Waldböden dann oft bis in die Tiefe ausgetrocknet sind. Die Profile müssen so angelegt werden, dass Wurzeln möglichst wenig verletzt werden und die Gruben möglichst lange offen gelassen werden können ohne die Waldbewirtschaftung zu stören, also nicht in geplanten Holzschlägen oder auf Rückegassen. Die Kartierung erfolgt idealerweise im Frühjahr, wenn pflanzensoziologische Zeiger (Frühblüher) am besten sichtbar sind, aber die Bäume noch nicht voll ausgetrieben haben.

### **Kartierung in höheren Lagen**

Wenn Teile eines Kartiergebiets in höheren Lagen liegen, sollten Kartierarbeiten im Herbst dort beginnen und talwärts fortgesetzt werden. So wird vermieden, dass ein früher Schneefall die Kartierarbeiten beeinträchtigt.

## 2.2.4 Kommunikation

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Diverse Anleitungen*

Die Kommunikation ist Sache der Auftraggeber (oder ist explizit Bestandteil der Ausschreibung). Die erste Information erfolgt zum Projektstart, bevor Übersichtsbegehungen und dergleichen stattfinden. Informiert werden mindestens private GrundeigentümerInnen und BewirtschafterInnen der betroffenen Flächen im Kartiergebiet. Darüber hinaus sind Informationen an AnwohnerInnen oder eine breitere Öffentlichkeit sinnvoll. Die Information erfolgt in der Regel schriftlich, allein schon wegen der meist grossen Zahl an betroffenen Personen. Die Bewilligung von Standorten für Bodenprofilgruben erfolgt vorzugsweise mündlich, idealerweise direkt vor Ort oder mit einem zugestellten Plan. Für die Präsentation von (Zwischen-) Resultaten können Informationsveranstaltungen oder Begehungen sinnvoll sein. Gute Kommunikation fördert das Verständnis für den Kartierzweck und erleichtert Feldarbeiten, insbesondere das Anlegen von Profilgruben. Sie sollte daher keinesfalls vernachlässigt werden.

## 2.2.5 Rechtliches

*Status: Stichworte*

*Quellen: Eigene Erfahrungen*

Bisherige Anleitungen sind auf diesen Aspekt nicht eingegangen, allerdings sollte klar sein, dass sich Kartierprojekte im Rahmen des geltenden Rechts zu bewegen haben. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- OR für Verträge
- Ausschreibungen: öffentliches Beschaffungswesen
- Umweltrecht für Kartierarbeiten (Betreten von Privatgrund für Datenerhebung ist vom Grundeigentümer zu erlauben)
- Profile: wie sieht es aus bezüglich Sicherung der Gruben, Anlegen gegen den Willen des Grundbesitzers etc. aus? Bauarbeitenverordnung
- Haftung: Wer haftet im Fall von Schäden (z.B. wenn jemand ins Profil stürzt) oder wenn eine Leitung zerstört wird?
- Missachten des Fahrverbots: Auftraggeber organisiert Bewilligung

## 2.3 Ausschreibung

*Status: Stichworte*

*Quellen: Eigene Erfahrungen*

Alle Bestandteile eines Kartierprojekts werden, wenn sie im Auftrag der öffentlichen Hand durchgeführt werden, nach den jeweiligen Submissionsvorgaben ausgeschrieben.

Weitere Angaben was in der Ausschreibung beachtet werden muss, sind noch zu formulieren. Dieses Kapitel ist vorzugsweise von Kantonsvertretern zu schreiben.

## 2.4 Grundlagendaten

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Diverse Anleitungen, Bodenbildungsfaktoren nach Hans Jenny (Jenny, 1941)*

Die für das Verständnis der Bodenbildung relevanten Grundlagendaten werden zusammengetragen. Die nachfolgende Tabelle 2 listet eine Auswahl von Daten auf. Fettgedruckt sind dabei die Datensätze, die mindestens verwendet werden sollten:

*Tabelle 2 Grundlagendaten für die Bodenkartierung*

<b>Bodenbildungsfaktor</b>	<b>Daten</b>
Ausgangsmaterial	<b>Geologische Karten</b> , Geotechnische Karten, Rohstoffkarten, Hydrogeologische Karten
Hydrologie	<b>Gewässerschutzzonen</b> , Wasserfassungen, Grundwasserkarten
Klima	<b>Klimaeignungskarte</b> , Temperaturreihe, Niederschlagsmengen
Relief	<b>Digitales Geländemodell, Hangneigungskarten, Landeskarte mit Höhenlinien</b> , Reliefschattierung, Exposition, Geomorphologische Karten, OL-Karten

Mensch und Zeit	<b>Siegfriedkarte (v.a. 1880)</b> , alte Landeskarten, <b>Werkleuchtungspläne</b> , <b>archäologische Fundstellen</b> , Abbaustellen/Gruben, Terrainveränderungen, <b>Kataster der belasteten Standorte</b> , <b>Drainagepläne</b> , Eigentumsverhältnisse, amtliche Vermessung
Vegetation	<b>Vegetationsgesellschaften (nur Wald)</b> , Naturschutzflächen
Verschiedene	<b>Luftbilder/Orthofotos</b> (verschiedener Jahre), Satellitenbilder, Bodeneignungskarte, Bodenkarten benachbarter Gebiete, alte Bodenkarten

Die fettgedruckten Grundlagen sind nicht nur vor der Feldkartierung, sondern insbesondere auch vor dem Öffnen von Profilgruben zu berücksichtigen.

Die Geologische Karte liegt meist im Massstab 1:25'000 vor. Sie soll in der Konzeptphase für die Bodenbildungsprozesse adaptiert werden.

## 2.5 Startsitzung

*Status: Stichworte*

*Quellen: Diverse Anleitungen, eigene Erfahrung*

Ob und in welcher Art eine Startsitzung durchgeführt wird, liegt im Ermessen des Auftraggebers/der Auftraggeberin. Je mehr Beteiligte in einem Kartierprojekt, desto sinnvoller ist eine gemeinsame Sitzung zur Koordination der Arbeitsabläufe zu Projektbeginn.

## 3 Konzeptphase

### 3.1 Zweck der Konzeptphase

*Status: Vorschlag*

*Quellen: FAL24 +*

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

- der Übersicht über geographische und pedologische Verhältnisse im Perimeter
- dem Verständnis, wie sich das Zusammenspiel der Bodenbildungsfaktoren im Perimeter in lokalen Bodenformen äussert
- der Einarbeitung des Kartierteams für die nachfolgende Flächenkartierung
- der Wahl von Profilstandorten (und ev. dem Erstellen eines Bodeninventars)
- der Vorgliederung des Gebiets aufgrund der Grundlagendaten (z.B. nach Hangneigung)
- der Weitergabe von speziellen Erkenntnissen aus der Rekognoszierungsphase an die Kartierteams (z.B. temporäre Seenbildung, anthropogene Einflüsse, Informationen aus Gesprächen mit Bewirtschaftern ...)

Die folgende Abbildung 2 fasst die Arbeitsschritte in der Konzeptphase zusammen.

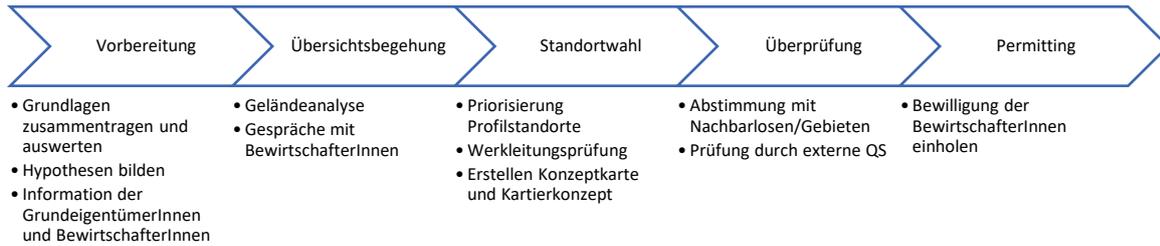


Abbildung 2 Schematischer Ablauf der Konzeptphase

## 3.2 Studium Grundlagendaten

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Diverse Kartieranleitungen*

Zunächst werden die Grundlagendaten studiert. Die Aufbereitung der Daten erfolgt nach Zweck der Kartierung, beispielsweise könnten bereits vorgängig aufgrund der Hangneigung Flächen mit Hangneigung über 25% aus der Bodenkartierung für die Ausscheidung der FFF ausgeschlossen werden.

Vor der Feldarbeit werden Grundlagendaten zu den Bodenbildungsfaktoren in einem Gebiet studiert und verarbeitet. Die Grundlagendaten müssen über den Projektperimeter hinaus betrachtet werden, da gewisse Prozesse der Bodenbildung von Gebieten ausserhalb des Perimeters massgebend beeinflusst werden. Eine Auflistung der relevanten Daten findet sich im Kapitel 2.4. Aus den Grundlagendaten können auch abgeleitete Produkte zur Hypothesenbildung/Herleitung von Zusatzinfos hilfreich sein. Dazu eignen sich beispielsweise folgende GIS-gestützten Auswertungen:

- Geomorphologie: mithilfe geologischer Karte und DTM
- Anthropogene Eingriffe: mithilfe Schummerung (aus DTM), Luftbilder (verschiedene Jahre), Höhenlinien, KBS, alte Karten
- Hydrologie: DTM, Farbunterschiede Luftbild (ev. verschiedene Jahre vergleichen, Infrarotbilder), Siegfriedkarte (eruieren alter Flussläufe und ehem. Mooregebiete)
- Erosion: Schummerung (aus DTM), Höhenlinien/DTM, Geologie

## 3.3 Hypothesenbildung

*Status: Diskussionspunkte*

*Quellen: Eigene Erfahrungen*

Aufgrund der vorhandenen Daten werden nun Hypothesen gebildet, welche Bodenformen im Gebiet wo zu erwarten sind. Dazu wird auch das Relief analysiert. Die Hypothesenbildung geschieht grossräumig: Es werden grössere Landschaftsformen voneinander abgetrennt, das Kleinrelief wird dabei noch nicht beachtet. Es werden in dieser Phase oftmals Räume ausgeschieden, welche sich für die Überprüfung der Hypothesen aufgrund der Eigenschaften und der Zugänglichkeiten, sowie der vorhandenen Vegetation eignen.

## 3.4 Übersichtsbegehung

*Status: Diskussionspunkte*

*Quellen: Div. Kartieranleitungen*

Bei der anschliessenden Übersichtsbegehung werden diese Hypothesen gezielt mit Rekognoszierungsbohrungen getestet. So wird in Erfahrung gebracht, wie sich bestimmte Kombinationen von Bodenbildungsfaktoren im Erscheinungsbild des Bodens vor Ort äussern. Ausserdem dient die Übersichtsbegehung dazu, die Reliefanalyse zu überprüfen und so das Gelände bereits in Landschaftselemente zu gliedern. Es ist wichtig auch neue Bodenformen, die nicht erwartet wurden, zu erkennen und ins Konzept aufzunehmen.

### 3.5 Kartierkonzept

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Div. Kartieranleitungen, Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Die Erkenntnisse des Grundlagenstudiums, der Übersichtsbegehung und der Reliefanalyse werden zum eigentlichen Kartierkonzept zusammengefügt. Das Kartierkonzept ist eine in schriftlicher oder rein gedanklicher Form gehaltene Hypothesensammlung zu Bodenformen und Pedogenese im fraglichen Gebiet. Das Kartierkonzept stellt vermutlich die wichtigste Grundlage für die Feldkartierung dar.

Je nach Projekt kann es hilfreich sein, die gewonnenen Erkenntnisse in einem schriftlichen Kartierkonzept festzuhalten. Insbesondere bei grösseren Kartierteams, zeitlich abgesetzten Konzeptphasen oder wenn bei der Detailkartierung und der Konzeptphase unterschiedliche Personen beteiligt sind, bietet sich die schriftliche Form des Kartierkonzeptes an, um den Wissenstransfer sicherzustellen. Folgende Punkte können darin behandelt werden:

- Massgebliche Grundlagen der Pedogenese (Ausgangsmaterial, Relief, Klima, Vegetation, Dauer der Bodenbildung, Hydrologie)
- Massgebliche anthropogene Einflüsse
- Bodenspektrum
- Spezielle Ausprägungen der Böden
- Spezielle Grundlagen
- ...

### 3.6 Die Konzeptkarte

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Resultat der Diskussionen im laufenden Auftrag*

Die Konzeptkarte ist ein kartographischer Ausdruck des Kartierkonzepts, in der zudem die Rekognoszierungsbohrungen oder priorisierte Standorte für Profilgruben dargestellt werden. Normalerweise stellt die Konzeptkarte das Kartierkonzept nur in stark vereinfachter Form dar, weil aus Gründen der Lesbarkeit nicht alle Aspekte darstellbar sind. Die Auswahl an Informationen, die auf der Konzeptkarte dargestellt werden, ist projektabhängig. Demzufolge lässt sich keine einheitliche Darstellungsform für Konzeptkarten festlegen. Zwei Beispiele werden in der nachfolgenden Abbildung 3 gezeigt. Die Konzeptkarte dient sowohl teamintern als auch gegenüber der QS-Person als Diskussionsgrundlage für das Kartierkonzept und zur Plausibilitätsprüfung von Referenzprofilstandorten. Zudem können gewisse, gesicherte Informationen aus der Konzeptkarte (Bohrstandorte,

Ausdehnung von anthropogenen Flächen, bekannte Nassstellen etc.) auf die Feldkarte der Detailkartierung übertragen werden.

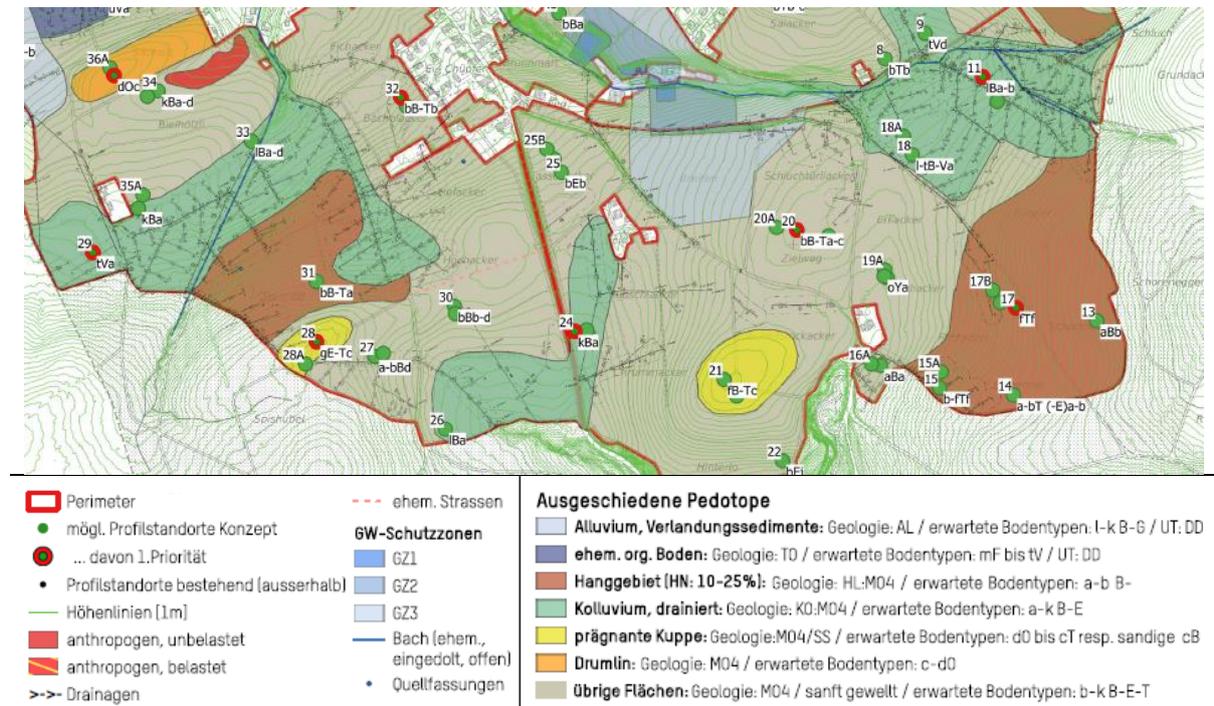
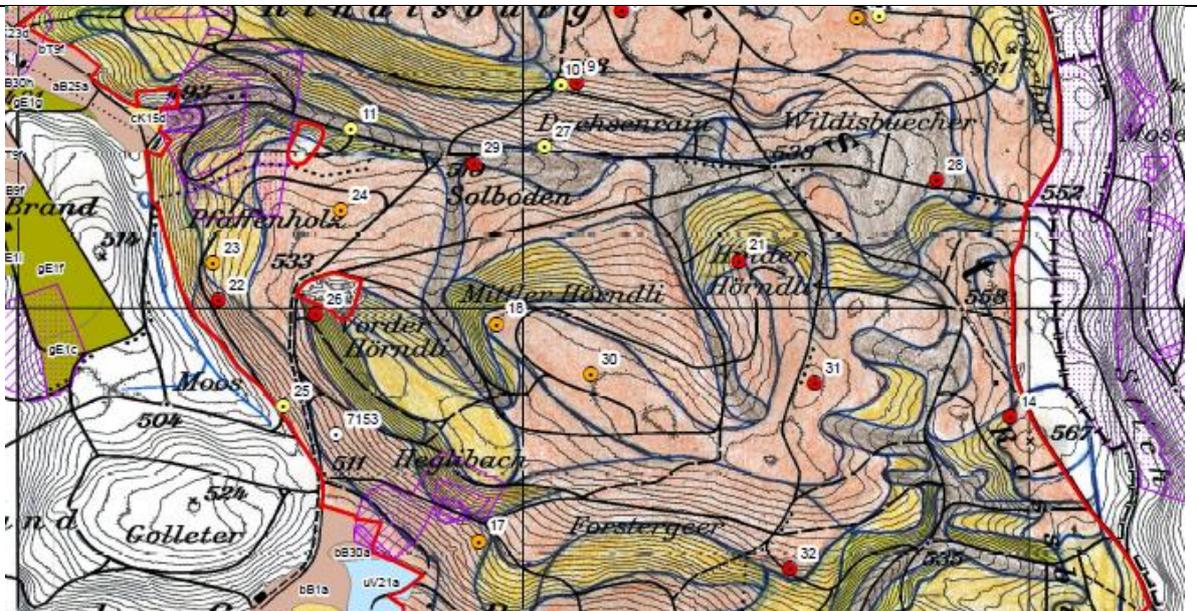


Abbildung 3 Beispiele von Konzeptkarten. Oben: Konzeptkarte und Legende für Landwirtschaftsfläche im Kanton Solothurn. Unten: Konzeptkarte für Wald im Kanton Zürich.



### 3.7 Standortwahl von Basisprofilen

Status: Vorschlag

Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt, div. Kartieranleitungen

Die Standortwahl der Basisprofile erfolgt meist über die Stratifizierung des Untersuchungsgebietes nach pedogenetischen Merkmalen. In den Straten werden dann mögliche

Standorte für Bodenprofile gesucht. Dabei sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

- Flächenrepräsentativität: Die Profile sollen repräsentativ für einen möglichst grossen Teil der zu kartierenden Fläche sein
- Abbildung des Spektrums: Die Profile sollen das gesamte im Gebiet vorkommende Bodenspektrum abbilden. Daher werden auch gezielt Profile an Extremstandorten ausgewählt, die die Ränder des Spektrums markieren.

Die Auswahl von Basisprofilstandorten ist somit stark von der Idee des Bodeninventars geprägt. Das Bodeninventar ist eine Sammlung aller in einem Kartiergebiet vorkommenden Bodeneinheiten, das heisst es beschreibt das ganze Spektrum an Bodenformen in einem Gebiet. Nach FAL24 war das Bodeninventar die Grundlage für die Kartenlegende. In neueren Projekten wird mit einer offenen Legende gearbeitet (d.h. jedes Polygon erhält einen individuellen Parameterdatensatz, im Prinzip gibt es so viele Legendeneinträge wie Polygone). Es wird in diesen Fällen kein schriftliches Bodeninventar mehr verfasst. Das Prinzip ist aber immer noch fester Bestandteil in der Konzept- und Kartierphase indem die Bohrungen in Anlehnung an die Basisprofile klassiert werden.

Weiter müssen bei der Standortwahl für die Basisprofile folgende Punkte beachtet werden:

- Es dürfen keine Werkleitungen vorhanden sein.
- Gewässerschutzzonen und archäologische Fundstellen sollen wenn möglich vermieden werden. Allenfalls sind Spezialbewilligungen nötig.
- Zugänglichkeit: Der Ort muss für den Bagger (und sein Transportfahrzeug) erreichbar sein.
- Vermeiden von Flurschäden und Wurzelschäden: Um möglichst wenig Schaden an Boden und Vegetation anzurichten, werden Standorte in der Nähe von Flurwegen, Rucke Gassen gesucht, wenn möglich werden Schlagränder bevorzugt
- Ungestörte Flächen: anthropogen gestörte Flächen sind zu meiden, dazu gehören zum Beispiel Strassenränder, die Anhäupter von Ackerparzellen oder Rückegassen im Wald
- Bewirtschaftung der Fläche: Je nach Stand der Kulturen kann keine Baggerprofilgrube angelegt werden, zum Beispiel im Jungwuchs im Wald, in Christbaumkulturen, in Kartoffeläckern o.ä.

### 3.8 Werkleitungsprüfung

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Diverse Kartieranleitungen, jedoch ohne Auflistung der Werkleitungsarten*

Sollen nach der Konzeptphase Referenzprofile (Profilgruben oder maschinelle Bohrkerne) aufgenommen werden, ist eine Abklärung zum Verlauf von Werkleitungen zwingend vorzunehmen. Die Werkleitungsprüfung wird in der Regel durch die Auftraggeberin/den Auftraggeber oder die Projektunterstützung durchgeführt. Zu prüfen sind die Verläufe von folgenden Leitungsarten:

- Telekommunikationsleitungen
- (Ab-)Wasserleitungen
- Stromleitungen
- Leitungen der Armee

- Drainagen
- Privaten Leitungen aller Art, v.a. private Wasserleitungen, Gülleleitungen, Drainagen
- ...

Gerade bei privaten Leitungen ist es wichtig, bereits während der Übersichtsbegehung, spätestens beim Permitting, die BewirtschafterInnen und GrundeigentümerInnen danach zu befragen. Es liegen nicht überall Pläne dazu vor. Allgemein kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass Leitungspläne digital vorhanden sind.

### 3.9 Qualitätssicherung (QS)

*Status: Vorschlag*

*Quellen: Diverse Kartieranleitungen*

Die externe QS prüft die Konzeptkarte und die Vorschläge für Standorte der Basisprofile.

- Prüfung der Konzeptkarte durch QS-Experten auf Plausibilität
- Der QS-Experte gibt eine Rückmeldung zu den Leitprofil-Vorschlägen hinsichtlich:
  - o Verteilung über den Losperimeter
  - o Abdeckung der vorhandenen Naturräume, Ausgangsmaterialien, zu erwartenden Bodentypen
  - o Koordination benachbarter Lose inkl. losübergreifender gegenseitiger Abdeckung der zu erwartenden Bodentypen
- Diskussion Abgleich der Konzeptkarte zwischen den Kartierlosen

## 4 Profilphase

Ansprache: siehe KLABS resp. Baustein A, Aspekt png mit Baustein A abgleichen!

### 4.1 Definition und Zweck

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Als «Basisprofile» verstanden werden Profilgruben oder Aufschlüsse (ersatzweise Bohrungen), die durch alle Horizonte wenn möglich bis zum Ausgangsmaterial laufen. Sie werden detailliert untersucht und dokumentiert und stellen die tragenden, inhaltlichen Pfeiler der Bodenkarte dar. Sie werden vor der Feldkartierung angelegt und dienen während dieser als wichtigste Referenz für die Ansprache und Beurteilung von Bodeneigenschaften.

Normalerweise wird eine lotrechte Wand beschrieben. Achtung: bei der png gehen wir davon aus, dass diese senkrecht zur Oberfläche bestimmt wird. In steilen Lagen (z.b. Handprofile) werden so Horizontmächtigkeiten und in der Folge die png überschätzt. Aus physikalischen Gründen ist eine Profilwand senkrecht zur Oberfläche in steilem Gelände gar nicht möglich.

### 4.2 Anlegen von Profilgruben

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diverse Kartieranleitungen*

Sollen Profilgruben ausgehoben werden, so sind alle Fragen zur Öffnung und Schliessung vorab mit allen Beteiligten zu klären. Auf verschiedene Aspekte wurde bereits im vorangegangenen Kapitel eingegangen. Die Beschreibung einer Profilgrube ist in der Anleitung zur Bodenklassifikation nachzulesen.

#### 4.2.1 Profilgruben öffnen

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diverse Kartieranleitungen*

Ober- und Unterboden werden separat links und rechts der Grube gelagert, um diese schichtgerecht wieder einfüllen zu können. Der Aushub wird durch ein Mitglied des Kartierteams begleitet. Um Flurschäden zu vermeiden sind die Arbeiten nur bei genügend abgetrocknetem Boden auszuführen. Bleiben die Gruben länger als einen Tag geöffnet, werden sie mit Absperrband markiert. Es empfiehlt sich, eine Informationstafel für die Bevölkerung anzubringen. Die nachfolgende Abbildung stellt das Profil schematisch dar.

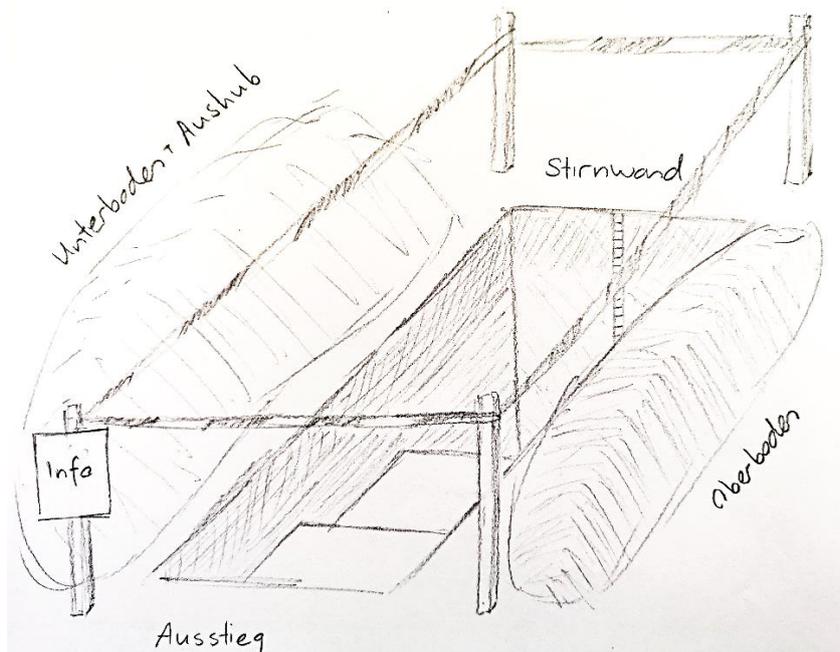


Abbildung 4 Profilgrube mit Absperrung, Bodendepots und Infotafel. Abbildung nach FAL24, Abb. 2.1b

#### 4.2.2 Profilgruben schliessen

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diverse Kartieranleitungen*

(Drainage-)Leitungen, die beim Öffnen beschädigt wurden, werden repariert. Das Bodenmaterial wird danach schichtgerecht eingefüllt. Bei skelettreichen Ober- und Unterböden 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. Je nach Bewirtschaftung muss die betroffene Stelle begrünt werden, meist wird eine Saatmischung für Dauergrünland verwendet.

## 4.3 Eichtag an Bodenprofilen

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Am Eichtag werden ausgewählte Profile mit dem Zweck besichtigt, das methodische Vorgehen der beteiligten KartiererInnen innerhalb eines Kartierprojekts untereinander abzustimmen. Dies geschieht, bevor mit der Feldkartierung begonnen wird. Nebst KartiererInnen nehmen daran die QS-ExpertInnen, AuftraggeberInnen und allenfalls weitere Beteiligte oder Interessierte teil.

## 4.4 Qualitätssicherung der Bodenprofilansprache

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diverse Kartieranleitungen*

Die für die Qualitätssicherung zuständige Person prüft die Profilsprache der Kartierenden vor Ort. Hauptkriterium ist eine einheitliche Beurteilung gleicher Böden über verschiedene Lose und Etappen. Nach der Rückmeldung wird die Kartierfachperson gewisse Profile individuell oder im Team nochmals prüfen und allenfalls anpassen, oder es wird eine gemeinsame Begehung mit der QS-Fachperson durchgeführt.

# 5 Feldkartierung

## 5.1 Vorbereitung, Felddossier

*Status: Stichworte*

*Quelle: Eigene Erfahrungen*

Insbesondere bei grösseren Kartierungen mit mehreren beteiligten Personen ist der Informationsfluss von der Konzept- und der Profilphase in die Kartierphase sehr wichtig. Eine mündliche Übergabe der gewonnenen Erkenntnisse ist die wichtigste Form der Informationsvermittlung. Zusätzlich bietet sich an, für sämtliche beteiligten Kartierpersonen die wichtigsten Grundlagen und Erkenntnisse zusammenzustellen. Insbesondere folgende Informationen sollen stets präsent sein:

- Konzeptkarte und Kartierkonzept
- Wichtigste Grundlagedaten
- Neigungskarten
- Bekannte, anthropogene Einflüsse
- Informationen zu früheren Bodenaufnahmen
- Konzeptbohrungen
- Profildaten
- ...

## 5.2 Hilfsmittel der Kartierung

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Während der Feldkartierung werden folgende Hilfsmittel verwendet:

### 5.2.1 Werkzeug

Mindestens die folgenden Hilfsmittel sollten verwendet werden:

- Bohrstock: Stichel, Flügelbohrer, Stechbohrer, Pürkhauer (meist bei hohem Skelettgehalt oder Trockenheit)
- Salzsäure 10% für Test auf lösliche Karbonate
- pH - Schnelltest (Hellige)
- Inklinometer zur Messung der charakteristischen Hangneigung vor Ort (diese kann von Hangneigungsplänen abweichen)

### 5.2.2 Feldplan

Die Feldpläne sollten mindestens die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- Massstab: Meist wird ein Aufnahmemassstab gewählt, der grösser als der Massstab der fertigen Bodenkarte ist
- Dauerhaftigkeit: werden gedruckte Feldpläne verwendet, sollten diese mit wetterbeständiger Farbe und auf genug strapazierfähigem Papier gedruckt werden. Geschrieben wird ebenfalls mit wasserfestem, sonnen- und hitzebeständigem Schreibzeug.
- Mindestgrösse: gedruckte Feldpläne sollten der Übersichtlichkeit halber genügend grosse Ausschnitte des Perimeters zeigen. Sind mehrere Pläne nötig, so muss auf genügend grosse Überlappung geachtet werden.
- Hintergrund: Wo möglich verwendet man als Hintergrund Orthofotos. Wo die Vegetation den Boden komplett überdeckt sind die Pläne der amtlichen Vermessung zu verwenden (z.B. im Wald, ev. Dauerkulturen)
- Zusatzinformation: auf gedruckten Plänen sollten der Lesbarkeit halber nur die wichtigsten Informationen aufgedruckt werden, je nach Fragestellung können dies Werkleitungen, Wasserfassungen, Belastungskataster, Waldvegetationskarten und dergleichen sein
- Verortung: die gedruckten Feldpläne sollen so mit Verortungsmerkmalen ausgestattet sein, dass auch Ausschnitte gescannt und problemlos verortet werden können (z.B. Passpunkte oder Gitternetz aufdrucken)

### 5.2.3 Aufnahmeprotokoll

Die Anzahl zu erfassender Parameter wird bereits zu Beginn eines Kartierprojekts festgelegt. Sollen die erhobenen Bodendaten in eine Datenbank aufgenommen werden (z.B. LU, SO, ZH), so ist bereits bei der Erfassung der Daten darauf Rücksicht zu nehmen. Die Erfassung im Feld erfolgt meist auf Protokollen, die von den Kartierteams selber erstellt werden, sich aber klar an den vorgegebenen Formaten für die Datenabgabe orientieren. Protokolle auf Papier werden nach Wunsch zusammen mit den Feldplänen im Original an die AuftraggeberInnen abgegeben. Protokolle werden mindestens dann verwendet, wenn Standardbohrungen aufgenommen werden.

### 5.2.4 Feldcomputer

Mittels Feldcomputern kann die Aufnahme von Punkt- und Flächeninformationen direkt digital eingegeben werden. Die Erfassung über Aufnahmeprotokolle in Papierform mit anschliessendem Abtippen entfällt so. Auch hier ist eine zeitnahe Überprüfung der Daten

im Büro notwendig. Es ist zu hoffen, dass bald auch Flächendaten direkt im Feld digital erhoben werden können, womit auch die Feldpläne entfallen.

## 5.3 Bohrungen

### 5.3.1 Standortauswahl

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Div. Kartieranleitungen, FAL24*

Die Standortauswahl der vorgenommenen Bohrungen ist entscheidend für die Repräsentativität und den Inhalt der Bodeneinheit. Kann mittels Geländegliederung bereits eine Hypothese zur Bodenausprägung erfolgen, sind die Bohrungen an repräsentativen Standorten vorzunehmen, im Zentrum des zu charakterisierenden Landschaftselements. Es ist ein genügender Abstand zu störenden Elementen wie Strassen, Steilböschungen, Fahrspuren usw. zu wahren. Bohrungen dienen der Polygonabgrenzung. Die Standortwahl von Bohrungen hängt daher davon ab, welche Vorgehensweise bei der Polygonabgrenzung gewählt wird. Diese wird auch im Kapitel 5.4.2 erläutert.

### 5.3.2 Erfassung und Dokumentation

*Status: Diskussionspunkte*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Die Dokumentation der Bohrungen hängt davon ab, ob Standardbohrungen vorgesehen sind oder lediglich Hilfsbohrungen aufgenommen werden. Je nachdem müssen die Bohrungen mit allen vorgegebenen Parametern erfasst werden oder nur mit einem vereinfachten Datensatz. Die Vorgehensweise bei der Erfassung und Dokumentation ist momentan noch zu bestimmen.

## 5.4 Abgrenzung von Polygonen

### 5.4.1 Abgrenzungskriterien

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Div. Kartieranleitungen*

In einer Bodenkarte werden Flächen mit gleichen Bodeneigenschaften gegeneinander abgegrenzt. Die FAL24 hat ursprünglich zwei Kriterien für die Abgrenzung von Polygonen vorgesehen und zwar in der folgenden Reihenfolge:

- Teilflächen werden abgegrenzt, wenn sich die Geländeform ändert
- Teilflächen werden abgegrenzt, wenn sich eine Bodeneigenschaft, die sich im Bohrstock bestimmen lässt, massgeblich ändert

Da Bodenformen fließend ineinander übergehen, werden Grenzen der Bodenpolygone in der Übergangszone einer klassifikatorischen Grenze gesetzt, eine kontinuierliche Änderung wird also diskretisiert (siehe Abbildung 5). Selten kann eine scharfe Grenze beobachtet werden, z.B. bei anthropogenen Böden oder deutlichen Geländekanten.

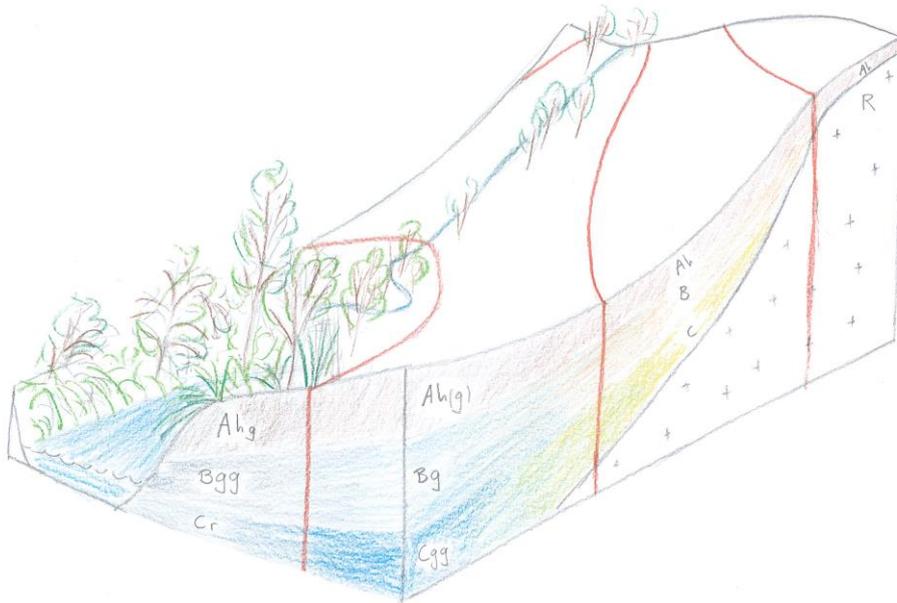


Abbildung 5 Im Gelände variieren Böden kontinuierlich, klassifikatorische Bodentypen wechseln meist fließend. Polygongrenzen werden bei der Kartierung in die Übergangsbereiche gesetzt. Die Polygongrenzen sind in der Abbildung als rote Linien an der Bodenoberfläche und in die Tiefe eingezeichnet.

#### Abbildung: Grenzen im Übergangsbereich

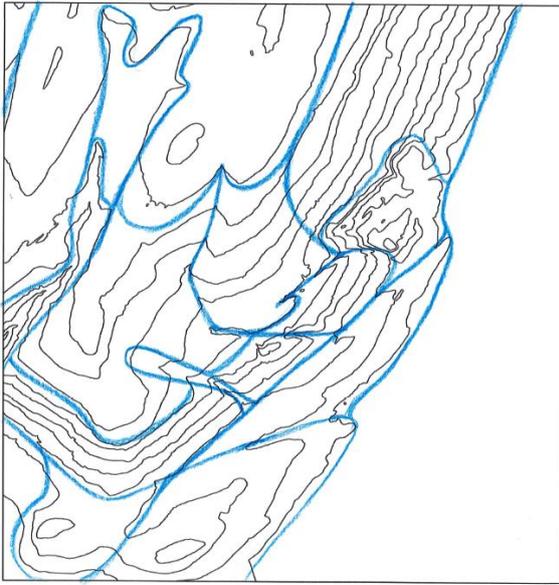
In den Handbüchern des Kantons SO und LU wird das zweite Kriterium etwas verschärft. Dort heisst es, dass Polygone abgegrenzt werden sollen, wenn sich ein Parameter um eine Klasse verändert. In der Praxis ist dies oft nicht umsetzbar. Je mehr Bodenparameter erhoben werden, umso wichtiger wird eine Priorisierung der Parameter, nach welchen Bodenflächen voneinander abgegrenzt werden sollen.

#### 5.4.2 Vorgehensvarianten zur Polygonabgrenzung im Gelände

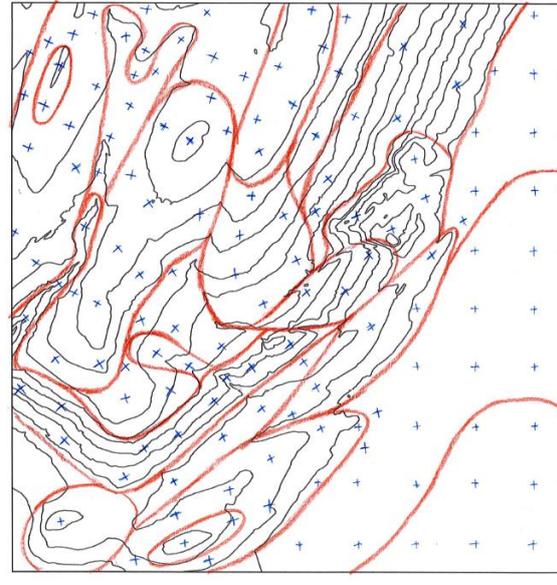
*Status: Vorschlag*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Das Vorgehen zur Abgrenzung einzelner Polygone erfolgt zweistufig (siehe Abbildung 6) und zwar gemäss den beiden vorgängig genannten Abgrenzungskriterien: Zunächst werden Geländeformen identifiziert. Die Grobgliederung des Geländes erfolgt bereits bei der Geländebegehung im Rahmen der Rekognoszierungsphase und/oder vorgängig im Büro aufgrund der Höhenlinien und anderer Fernerkundungsgrundlagen wie z.B. Schummierung, DTM und Luftbild. Die detaillierte Geländegliederung erfolgt später im Feld während der Feldkartierung. Es handelt sich dabei um eine Hypothese: Die effektiven Polygongrenzen kommen nicht zwangsläufig auf den Grenzen der Geländegliederung zu liegen, sondern werden aufgrund der Bohrungen gezogen.



### Schritt 1: Geländegliederung



### Schritt 2: Bodenpolygonabgrenzung

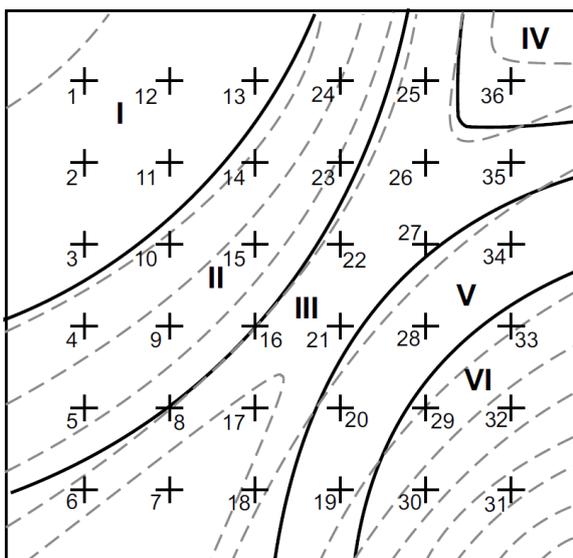
Abbildung 6 Zweistufiges Vorgehen bei der Feldkartierung: zunächst wird das Gebiet aufgrund des Geländes vorgliedert, dann werden mittels Bohrungen Polygone gegeneinander abgegrenzt.

Im zweiten Schritt, bei der Bodenpolygonabgrenzung, gibt es hauptsächlich vier Vorgehensweisen (nach Blume et al., 2010):

- Punktrasterkartierung
- Grenzlinienkartierung
- Catenenkartierung
- Geländekartierung

Nachfolgend werden die Methoden nach Blume et al. (2010) vorgestellt. In der Praxis kommt standardmässig immer die Geländekartierung zur Anwendung. Diese wird dann je nach Gelände oder Bodenverhältnissen mit den anderen Vorgehensweisen kombiniert.

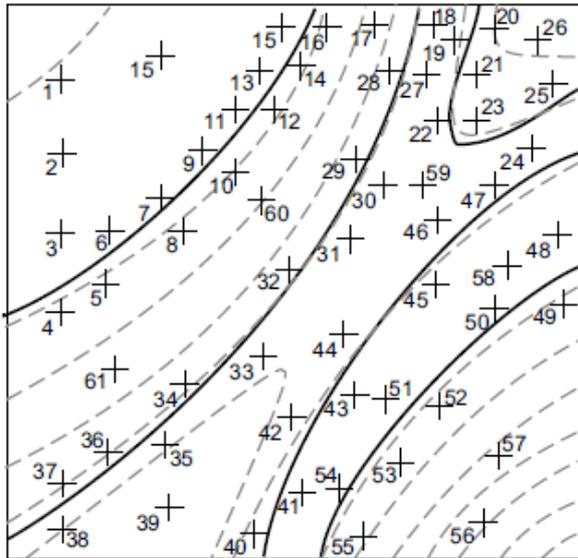
Tabelle 3 Vorgehensweisen bei der Kartierung mit Vor- und Nachteilen gemäss H.P. Blume et al. (2010). Eigene Ergänzungen sind kursiv gedruckt.



### Punktrasterkartierung

Bohrungen werden nach vorgängig definiertem Raster aufgenommen.

- + sehr einfach
- + für Anfänger geeignet oder wenn noch wenig Information über die Böden im Gebiet vorliegen
- 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



### Grenzlinienkartierung

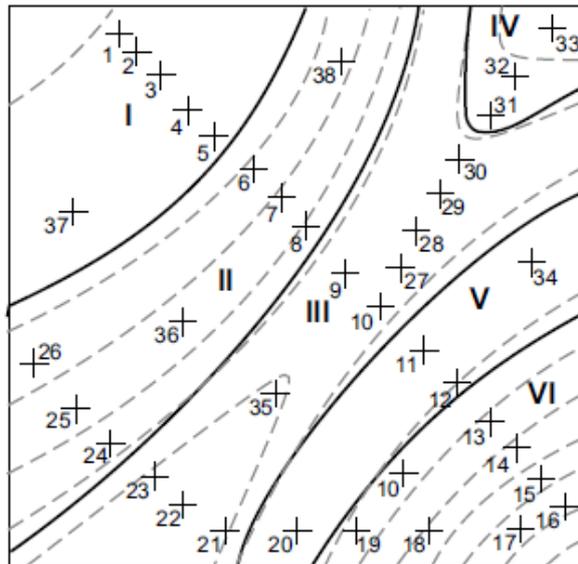
Bohrungen werden bewusst beidseitig von Bodengrenzen gesetzt, um diese klar zu Verorten

+ gut geeignet in Gebieten, wo abrupter Übergang zwischen Bodenformen vorliegen

- hoher Aufwand, mehr Bohrungen als üblich (weil nebst Grenzen das Polygoninnere ebenfalls erbohrt werden muss)

- Einschlüsse im Polygoninnern können übersehen werden

- Orientierung schwierig



### Catenenkartierung

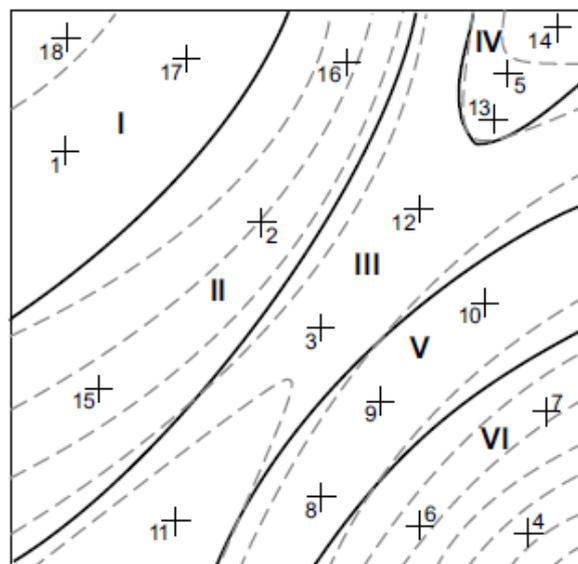
Bohrungen werden auf Schnitten platziert, die möglichst durch alle geomorphologischen und geologischen Einheiten gehen. Sind Gesetzmässigkeiten der Bodenbildung erkannt, können Flächen skizziert und dann gezielt erbohrt werden. Setzt gute Gebietskenntnisse voraus.

+ wenig Bohrungen nötig

+ einfache Orientierung

- in unbekanntem Gebiet nicht sinnvoll

- kleine Einschlüsse zwischen Transekten werden ev. übersehen



### Geländekartierung

Bei Blume et al. (2010) «fernerkundungsgestützte Punktkartierung» genannt.

Aufgrund von Luft-, Satellitenbildern und den Reliefformen werden vermutete, einheitliche Flächen skizziert und dann gezielt erbohrt. Die Grenzen müssen mit Bohrungen überprüft werden.

+ weniger Bohrungen nötig

+ teilweise lassen sich auch Kleinstflächen im Luftbild erkennen

- 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

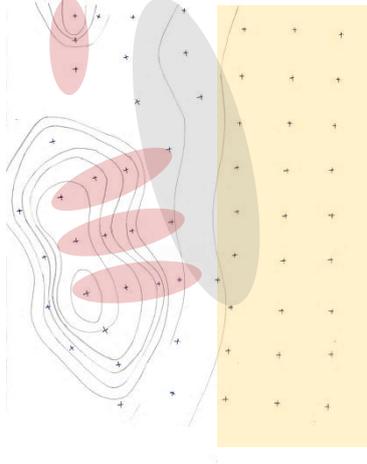
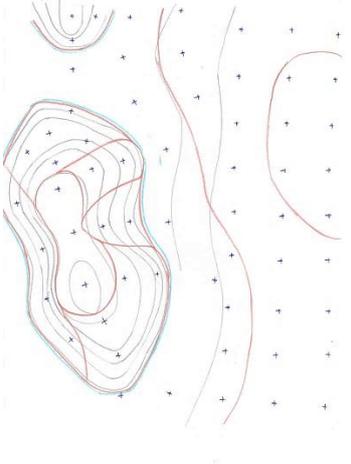
Die folgende Tabelle 4 gibt Anhaltspunkte, wann welche Vorgehensweisen gewählt wird:

Tabelle 4 Entscheidungshilfe zur Auswahl von Vorgehensweisen bei der Polygonabgrenzung

	<b>Bodenkartierung mit ausgeprägtem Relief</b>	<b>Bodenkartierung im homogenen Gelände oder in Auffüllungen</b>
Schritt 1	Geländegliederung ist möglich, d.h. Geländeformen lassen sich im gewählten Kartenmassstab darstellen	Geländegliederung ist nicht möglich oder zu wenig aussagekräftig, z.B. gleichmässiger Hang, Alluvialebene, Plateau, künstliche Auffüllungen etc.
Schritt 2	Catenenkartierung, Grenzlinienkartierung oder fernerkundungsgestützte Punktkartierung wird durchgeführt	Auf gleichmässigen Oberflächen: Punktrasterkartierung wird durchgeführt. Wenn das Gelände für den Kartenmassstab zu kleinräumig variiert, wird eine Geländekartierung durchgeführt und anschliessend ein Komplex gebildet.

Schliesslich wird anhand des nachfolgenden Beispiels auf stark vereinfachte Art das Kartierverfahren beschrieben:

Tabelle 5 Beispiel Kartierablauf mit einer Kombination verschiedener Vorgehensweisen.

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

### 5.4.3 Verortung im Gelände

Status: Stichworte

Quelle: eigene Erfahrungen

Orientierung ohne GNSS:

- Meistens erfolgt die Verortung im Gelände auf einem Luftbild oder einer topographischen Karte. Dieses gibt Hinweise über klar verortbare Punkte im Gelände (z.B. Bäume, Schlagränder, Gebäude, usw.)
- Über die Höhenlinien kann der genaue Standort abgeschätzt werden (z.B. höchste Lage auf Kuppe, Geländekanten, usw.)
- Im flachen Gelände wird der Anfangspunkt eingemessen (oftmals mit Schritt-mass). Dann wird ein auf dem Plan verortbarer Punkt angepeilt und mittels Schritt-mass das Bohrraster abgescritten. Das Schritt-mass muss geeicht werden.
- Dieses Vorgehen eignet sich insbesondere bei deutlichem Relief, für Grenzlinien-kartierung und Catenenkartierung.

Orientierung mittels GNSS:

- Die Genauigkeit ist geräteabhängig
- Die Bohrpunkte können mittels GNSS in der Regel auch mit einfachen Geräten (z.B. Smartphone) mit genügender Genauigkeit eingemessen werden (je nach erforderlichem Kartenmassstab)
- Bei ungenügender Satellitenabdeckung (insbesondere im Wald, im Gebirge) ist die Genauigkeit des GNSS Empfängers allerdings zu wenig genau.
- Bei Grenzlinienkartierungen kann es vorkommen, dass die Ungenauigkeit der Messung dazu führt, dass die Bohrung im benachbarten Polygon zu liegen kommt.
- Werden Profile in kritischer Distanz zu Werkleitungen angelegt, reicht GPNSS zur Orientierung nicht aus. Die Leitungen müssen eingemessen werden

## 5.5 Herleitung des Flächendatensatzes

*Status: Diskussionspunkte*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Für die Herleitung eines Flächendatensatzes gibt es grundsätzlich zwei mögliche Vorgehensweisen. Entweder wird an einem einzelnen Punkt eine detaillierte Bodenbeschreibung vorgenommen und die Information wird für die zugewiesene Fläche übernommen. Oder es wird aus diversen Punktaufnahmen eine charakteristische Bodenbeschreibung für die Fläche abgeleitet. Beide Vorgehensweisen können parallel angewendet werden.

### 5.5.1 Repräsentative Punktaufnahme

Der Datensatz einer für die gesamte Teilfläche repräsentative Punktaufnahme (Bohrung, Profilgrube etc.) wird als Grundlage für den Flächendatensatz verwendet. Zusätzlich zur Flächeninformation liegt bei diesem Vorgehen auch eine Punktinformation vor. Wird der Punktdatensatz georeferenziert, ist dieses Vorgehen eher kontrollierbar. Die Heterogenität einer Fläche wird bei diesem Vorgehen allenfalls wenig berücksichtigt.

### 5.5.2 Synthese verschiedener Einzelbeobachtungen

Der Flächendatensatz wird aus mehreren Bohrungen (Hilfs- oder Standardbohrungen) abgeleitet. Die Generalisierung liegt dabei zu einem guten Teil im Ermessen der bodenkundlichen Fachperson. Regeln zur Generalisierung orientieren sich meist an den jeweiligen Definitionen der aufzunehmenden Parameter. Dieses Vorgehen erlaubt die charakteristischen Parameter für die Fläche abzuleiten und den Boden im Wesentlichen zu beschreiben. Dabei wird die natürliche Variabilität der Bodeneigenschaften im

Kartierungsprozess erarbeitet und generalisiert wiedergegeben. Der Generalisierungsschritt ist dabei nicht mehr nachvollziehbar und es entstehen wenige oder keine Bodeninformationen zu einzelnen Punkten.

## 5.6 Bereinigung der Feldaufnahmen

*Status: Vorschlag*

*Quelle: Div. Kartieranleitungen*

Zeitnah nach der Feldarbeit müssen die Feldaufnahmen bereinigt werden. Dabei werden die Bohrlisten und die Feldkarte überprüft auf Vollständigkeit und Plausibilität. Die gesicherten (rot gezeichneten) Bodengrenzen werden nochmals geprüft und allenfalls korrigiert. Spätestens in dieser Phase muss auch der definitive Abgleich mit Kartierenden anderer Gebiete/Perimeter oder zu bestehenden Bodenkarten erfolgen.

## 5.7 Qualitätssicherung der Flächenkartierung

*Status: Diskussionspunkte*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

In grösseren Kartierprojekten mit projektbegleitender Qualitätssicherung ist es Standard, dass jede Kartiererin/jeder Kartierer von der QS-Fachperson während der Kartierarbeit einige Stunden im Feld begleitet wird. Bei wenig erfahrenen Kartierfachleuten wird dabei beurteilt, ob sie die von der Auftraggeberschaft und dem Projekt geforderten gebietsspezifischen Vorkenntnisse mitbringen, und eine dem Gebiet und dem Projekt angepasste Arbeitstechnik anwenden. Bei routinierten Kartierenden mit grossen Gebiets- und Projektkenntnissen wird die Begleitung dazu genutzt, um spezifische Fragen zu klären, die sich im Laufe der Flächenkartierung ergeben haben.

Neben der individuellen Kartierbegleitung kann es auch zielführend sein – analog eines Profil-Eichtages – einen Kartier-Eichtag mit allen am Projekt Beteiligten zu organisieren. Ein solcher Eichtag wird vorzugsweise so terminiert, dass die Kartierenden etwa einen Drittel ihrer Fläche kartiert haben. An diesem Tag können allgemeine Fragestellungen zur Kartierung (Abgrenzungskriterien, Massstäblichkeit, etc.) oder konkrete Fragen aufgrund der bisherigen Kartiererfahrung erörtert und verbindlich geklärt werden.

# 6 Datenaufbereitung und -kontrolle

*Status: Stichworte*

*Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte*

## 6.1 Datenaufbereitung

Eingabe der Daten von Feldplan und Protokollen in Datenbanken und GIS gemäss Vorgaben der Auftraggeber.

## 6.2 Kontrolle während der Kartierung

### 6.2.1 Eigenkontrolle

*Status: Stichworte*

*Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte, eigene Erfahrungen*

Die laufende Kontrolle und Bereinigung der Datensätze durch die Kartierenden sind zentral, dadurch:

- Können Fehler und offene Fragen früh erkannt und im Feld geklärt werden
- Kann methodisches «Auseinanderdriften» unter den Kartierenden vermieden werden
- Reduziert sich der Kontrollaufwand am Schluss

Erfahrungsgemäss sollten Feldpläne täglich bereinigt werden, d.h. wo möglich werden Polygongrenzen definitiv gezogen und Inhalte mit Kurzcodes vermerkt usw. (vgl. Kapitel 5.6). Die regelmässige Bereinigung hilft auch, tagesformbedingte Fehler auszumerzen.

### 6.3 Schlusskontrolle

*Status: Stichworte*

*Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte*

Bevor Daten an die externe QS oder die AuftraggeberIn abgegeben werden, erfolgt eine interne Prüfung aller Daten:

- Punkt- und Flächendaten werden systematisch auf klassifikatorische und methodische Fehler geprüft
- Flächendaten werden mittels thematischer Karten auf inhaltliche Konsistenz und Plausibilität geprüft
- Geometriedaten werden auf Vollständigkeit geprüft

In grösseren Projekten erfolgt die Datenkontrolle anhand von Checklisten und wird mittels unterschriebenen Formulars von den KartiererInnen bestätigt. Falls eine Vorgabe des zu erhebenden Datensatzes festgelegt wird, sollten Checklisten in der Kartieranleitung integriert werden.

### 6.4 Externe Qualitätssicherung der Endprodukte

*Status: Stichworte*

*Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte*

Prüfung der Polygonformen: (SO, S. 61)

- Plausibilität der Polygongrenzen
- Werden Polygongrenzen jenseits der Perimetergrenze logisch fortgesetzt?
- Polygone an Losgrenzen koordiniert?
- Ist die Auflösung der benachbarten Perimeter vergleichbar?
- Plausibilität der Polygonformen
- Entsprechen die Geländeformen der Topographie?

Prüfung der Polygondaten: (SO, S. 61)

- Plausibilität der Abfolge von Bodenformen
- Plausibilität der Ausscheidung von Geländeformen, unregelmässige Geländeformen (Vergleich mit Topographie)
- Plausibilität der interpretierten Grösse: Durchschnitt, Median, grösstes, kleinstes Polygon

- Wasserhaushaltsgruppen: Überlegung zu naturräumlichen Unterschieden, Gemeinsamkeiten
- Plausibilität der einzelnen Parameter gemäss Checkliste

Prüfung von themenbezogenen Auswertungen

Zur Prüfung der Konsistenz von Polygoninhalten über ein grösseres Gebiet, resp. über mehrere Kartieretappen hinweg eignet sich die Verwendung von Themenkarten. Für diese werden vorgängig aus den Flächendaten verschiedene Auswertungen erstellt und im GIS entsprechende Themenkarten erstellt. Beispiele:

- Wasserhaushalt
- Bodentyp
- Skelett Oberboden
- pH-Unterboden, etc.

## 7 Schlussbericht und Datenabgabe

*Status: Stichworte*

*Quelle: Praxis laufender Kartierprojekte*

Der Entstehungsprozess, der Bodenzustand während den verschiedenen Projektphasen und spezifische Problemstellungen sollen in einem Bericht festgehalten werden. Dies erleichtert die Interpretation und die Verwendung der Bodenkarte zu einem späteren Zeitpunkt. Ein Vorschlag des Inhaltsverzeichnisses soll in der Kartieranleitung angefügt werden (vgl. PHB LU)

## 8 Kartierung anthropogener Böden

*Status: Diskussionspunkte*

*Quelle: Diskussionen aus dem laufenden Projekt*

Der Umgang mit anthropogenen Böden, v.a. auch grossflächigen Rekultivierungen, ist in den ursprünglichen Anleitungen (FAL, Anleitung Waldbodenkartierung) gar nicht behandelt und in neueren, kantonalen Werken oft nur punktuell und auf spezifische Fragestellungen beschränkt. Da die Bedeutung der anthropogenen Böden stetig zunimmt, sollen Handlungsanweisungen zur flächenhaften Kartierung in die neue Kartieranleitung aufgenommen werden.

Etliche Fragen, die sich bei der Kartierung von anthropogenen Böden stellen, müssen vorgängig in einer Expertenrunde geklärt werden (siehe Zwischenbericht....). Dennoch können aus der Erfahrung von vergangenen Kartierprojekten einzelne Arbeitsschritte inkl. der spezifischen Vorgehensweisen gemäss folgender Aufstellung als verbindlich erklärt werden:

1. Schritt: Entscheid, ab welchem Alter eine bestimmte Rekultivierung sinnvoll beurteilt und kartiert werden kann. Hier werden ev. Informationen von Schritt 2 benötigt.
2. Schritt: Einholen und Auswerten von Dokumenten zur Standortgeschichte und Machart der Auffüllung (Schlussbericht BBB etc.)
3. Schritt: Diskussion, ob und wie viele Profile benötigt werden

4. Schritt: Festlegen von ev. spezifischen Fragestellungen und Untersuchungsparametern (Lagerungsdichte, Wasserhaushalt, etc...)

5. Schritt: Bedarf ausloten, ob zur Beurteilung der relevanten bodenkundlichen Merkmale zusätzliches Instrumentarium notwendig ist (z. B. Penetrometer, Piezometer)

6. Schritt: Abgrenzungen von Polygonen erfolgen kombiniert: Einerseits durch Bohrungen (Profile) und andererseits aufgrund von bestehenden Unterlagen über die Geschichte und den Aufbau der Auffüllung.

6a: Bohrungen werden vorzugsweise in einem Raster vorgenommen. Dabei sollen auch oberflächlich sichtbare Merkmale wie Setzungen oder Nassstellen berücksichtigt werden. Aufgrund der oft grossen Heterogenität von Auffüllungen und wegen meist ungenügender Informationen zu Schütttechnik und Material empfiehlt sich ein feineres Raster als bei der Kartierung von natürlich gewachsenen Böden.

6b: Unabhängig vom Auftrag empfiehlt es sich, in Rekultivierungen die Tiefe und die Beschaffenheit der Rohplanie in jeder Bohrung aufzunehmen. Das kann ein wichtiges Abgrenzungskriterium zwischen Bodeneinheiten sein.

6c: Wichtig ist das Erkennen von verdichteten Schichten im aufgefüllten Boden. Deshalb sollten die Bohrungen nicht bei stark ausgetrockneten Bodenverhältnissen durchgeführt werden.

6d: Polygonformen: Polygone innerhalb von grösseren Auffüllungen haben i. d. R. andere Formen als solche in natürlich gewachsenen Böden. Oft weisen ihre Formen geometrische Muster auf, dies in Abhängigkeit von ihrem -meist zeitlich gestaffelten – Aufbau, der Materialbeschaffenheit und den Witterungsverhältnissen während der Rekultivierung.

Oft bilden sich gewisse Bodeneigenschaften erst nach mehreren Folgenutzungsjahren aus. Gemeint sind insbesondere Zonen mit Staunässe an Orten, wo die Wasserdurchlässigkeit gehemmt ist und/oder aufgrund des Reliefs oder unregelmässigen Senkungen Niederschlagswasser zusammenläuft. Solche Zonen bilden sich oft unabhängig vom Rekultivierungsablauf und die entsprechenden Polygone weisen nicht zwingend die für Auffüllungen typischen geometrischen Formen auf.

7. Schritt: Falls beim Kartieren unerwartetes Fremdmaterial (Abfall, Schlacke etc.) in einer Auffüllung auftaucht, müssen umgehend die Auftraggeberschaft und die zuständigen kantonale Stellen informiert werden. Gemeinsam ist das weitere Vorgehen abzusprechen.

8. Schritt: in einem ev. Schlussbericht ist das gewählte Vorgehen bei der Kartierung von anthropogen geschütteten Böden (verwendete Unterlagen, Bohrraster, aufgetauchtes Fremdmaterial etc.) zu dokumentieren.

## Quellen

- AU FaBo ZH. (2015). *Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden. Submission der Kartierlose 2015* (Version 11). Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich.
- Blume, H. P., Stahr, K., & Leinweber, P. (2010). *Bodenkartierung*. In *Bodenkundliches Praktikum* (Erstausgab). Spektrum Akademischer Verlag.
- BoKa GL. (2010). *Bodenkartierung Kanton Glarus 2006-2010* (C. Lüscher (ed.)). Arcoplan.
- Carto. Sols VD. (2019). *Cartographie des sols du cantone de Vaud*. Division géologie sols et déchets.
- FAL24. (1997). *Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden* (J. Brunner, F. Jäggli, J. Nievergelt, & K. Peyer (eds.); Schriftenr). Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau.
- HB Eignungsk. SG. (2015). *Handbuch Umwandlung der Eignungskarten in Bodenkarten Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen (BISG)* (D. Marugg (ed.); Version 3). Amt für Umwelt und Energie des Kantons St.Gallen.
- HB Wald. (1996). *Handbuch Waldbodenkartierung* (A. Ruef & K. Peyer (eds.)). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- IH FaBo ZH. (2017). *Bodenkundliche Bewertung von anthropogenen Böden. Interpretationshilfe* (Version 19). Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich.
- Jenny, H. (1941). *Factors of Soil Formation* (Reprint 20). Dover Publications Inc.
- Klass. FFF VS. (2016). *Methodologische Anleitung: Klassifikation der Böden in Fruchtfolgeflächen (FFF)* (Büro Nivalp SA (ed.)). Dienststelle für Raumentwicklung Kanton Wallis.
- PHB LU. (2013). *Projekthandbuch Bodenkartierung Kanton Luzern* (B. Suter & T. Gasche (eds.); 4. Ausgabe). Dienststelle Umwelt und Energie Kanton Luzern.
- PHB SO. (2017). *Projekthandbuch Bodenkartierung Kanton Solothurn* (C. Lüscher, M. Zürcher, T. Gasche, G. von Rohr, C. Hauert, & A. Plotzki (eds.); 6. überarb). Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- SB Eignungsk. SG. (2018). *Bodeninformationssystem des Kantons St.Gallen (BISG) Umwandlung von Eignungskarten in Bodenkarten Schlussbericht Etappe 5* (C. Eggert & M. Zürcher (eds.)). myx GmbH, BABU GmbH, Gasche-Bodengutachten GmbH, Boden und Biotope Esther Bräm.
- TM FaBo ZH. (2018). *Technische Merkblätter für die Bodenkartierung: Bodenkundliche Kartierung der Wälder mit sauren Böden* (M. Zürcher & U. Gasser (eds.); Version 3.). Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich.
- VAFFF AG. (2020). *Verzeichnis Aufwertung Fruchtfolgeflächen*. [https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt\\_natur\\_landschaft/umwelt\\_1/boden/vafff/verzeichnis\\_aufwertung\\_fruchtfolgeflaechen.jsp](https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/umwelt_1/boden/vafff/verzeichnis_aufwertung_fruchtfolgeflaechen.jsp)
- VH FFF VD. (2019). *Aide a l'exécution methodology pedologique pour l'identification des nouvelles surfaces d'assolement*. Département du territoire et de l'environnement.

# Anhang 2



# Kurzpflichtenhefte zu den Arbeitspaketen des Bausteins B

Revision KLABS/KA, Leitfaden rKA

**Daniela Marugg**

Version 1.2 vom 2.12.2020

**Berner Fachhochschule**

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Abteilung Agronomie, Revision KLABS/KA

# Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
2. Übersicht über die Arbeitspakete	3
3. Bearbeitung der Arbeitspakete	4
4. Arbeitspaket 10: Phase 1, Baustein B	5
5. Arbeitspaket 11: Erarbeitung Basismodul, Waldmodul und Anforderungen FFF	5
5.1 Arbeitspaket 11.1: Basismodul	5
5.2 Arbeitspaket 11.2: Datensätze	8
5.3 Arbeitspaket 11.3: Feldkartierung	11
5.4 Arbeitspaket 11.4: Waldmodul	14
5.5 Arbeitspaket 11.5: Anforderungen FFF	15
6. Arbeitspaket 12: Neuerungen	16
7. Arbeitspaket 13: Synthese	17
8. Arbeitspaket 14: Erarbeitung Zusatzmodule	17
8.1 Arbeitspaket 14.1: Bedarf und Priorisierung von Zusatzmodulen	17
8.2 Weitere Arbeitspakete für mögliche Zusatzmodule	17
8.2.1 Modul für grossräumige Kartierungen	17
8.2.2 Modul für Baustellen	18
8.2.3 Modul für anthropogen stark geprägte Böden	19
8.2.4 Modul für Gebirge	20
9. Arbeitspaket 15: Redaktion Baustein B	20
Abbildungsverzeichnis	21
Tabellenverzeichnis	21
Literaturverzeichnis	21

# 1. Einführung

In den nachfolgenden Kapiteln werden Arbeitspakete der Revision der Klassifikation und Kartieranleitung der Böden der Schweiz (Rev. KLABS / KA) in Kurzpflichtenheften beschrieben. Die Arbeitspakete beziehen sich ausschliesslich auf den Baustein B der Revision, das heisst auf die Revision der Kartieranleitung der Böden der Schweiz. Die Nummerierung der Arbeitspakete beginnt bei 10, weil sie von den Arbeitspaketen des Bausteins A fortgeführt wird. Arbeitspaket 1 bis 9 beziehen sich ausschliesslich auf den Baustein A, das heisst auf die Revision der Bodenansprache am Punkt und auf die Klassifikation der Böden der Schweiz und sind nicht Bestandteil des vorliegenden Dokumentes, sondern im Leitfaden rKLABS (Schmidhauser und Presler 2020) beschrieben. Weitere Informationen über das Revisionsprojekt sind der Webseite ([www.boden-methoden.ch](http://www.boden-methoden.ch)), dem Umsetzungskonzept (Marugg und Schmidhauser 2019) zu entnehmen.

Das vorliegende Dokument ist als Anhang 2 Bestandteil des Leitfadens revidierte Kartieranleitung der Böden der Schweiz.

## 2. Übersicht über die Arbeitspakete

		<b>Zeitspanne</b>
<b>AP10: Phase 1, Baustein B</b>		
AP10.1 Stand der Technik Bodenkartierung	Abgeschlossen	2019-2020
AP10.2 Erarbeitung Leitfaden Kartieranleitung	Abgeschlossen	2019-2020
<b>AP11 Erarbeitung Basismodul, Waldmodul und Anforderungen FFF</b>		
AP11.1 Basismodul		2021-2022
AP11.2 Datensätze		
AP11.2a Benötigte Inhalte - Parameterliste - Datenerhebung		2020-2022
AP11.2b Schicht- oder horizontweise Erfassung von Bodeninformation		1. Hälfte 2021
AP11.2c Definition von Schichten		2. Hälfte 2021
AP11.3 Feldkartierung		
AP11.3a Aufnahme von Bohrungen und Ableitung der Daten für ein Polygon		2021
AP11.3b räumliche Variabilität		2021
AP11.3c Polygonabgrenzung		2022
AP11.4 Waldmodul		Mitte 2021 bis 2022
AP11.5 Anforderungen FFF		Mitte 2021 bis 2022
<b>AP12 Neuerungen</b>		2021-2022
<b>AP13 Synthese</b>		2024
<b>AP14 Erarbeitung Zusatzmodule</b>		

AP14.1 Bedarf und Priorisierung von Zusatzmodulen		So rasch wie möglich
AP14.2 bis 14.XY <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul für grossflächige Kartierungen</li> <li>• Modul für Baustellen</li> <li>• Modul für Gebiete mit anthropogen stark geprägten Böden.</li> <li>• Modul für Gebirge</li> </ul>		offen
<b>AP15 Redaktion Baustein B</b>		Ende 2024

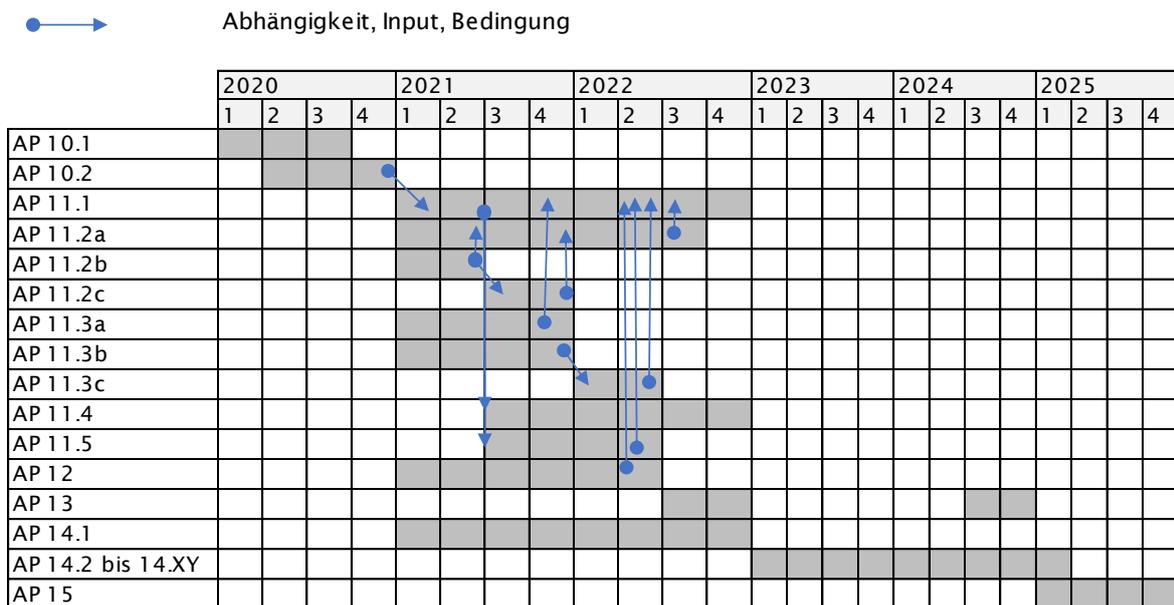


Abbildung 1 : Zeitliche Einstufung und Abhängigkeit der Arbeitspakete des Bausteins B

### 3. Bearbeitung der Arbeitspakete

Für die Bearbeitung von Arbeitspaketen sind verschiedene Varianten vorgesehen (Vermerk jeweils unterhalb des Titels des Arbeitspaketes):

- **Bearbeitung durch externe Auftragnehmer mit Expertenkonsultation**

Diese Arbeitspakete werden durch externe<sup>1</sup> Auftragnehmer bearbeitet. Potenzielle Auftragnehmer werden von der Projektleitung aufgrund ihrer Fachkenntnisse für Offerten angefragt. Die Bearbeitung wird eng von der Projektleitung betreut und begleitet. Die Resultate (ggf. bereits Zwischenresultate) werden bei Bedarf ausgewählten und themenspezifischen Experten zur Stellungnahme vorgesetzt. Die definitiven Resultate werden ins Genehmigungsverfahren (Fachausschuss, Projektausschuss) geschickt.

- **Bearbeitung in Workshop**

Die Arbeitspakete werden in «Expertenworkshops» oder «Expertenrunden» bearbeitet, wo Experten aus den verschiedenen Bereichen Forschung, Kantonsverwaltungen, Ingenieurbüros, usw. teilnehmen. Die PL organisiert und leitet die Workshops, ggf. mit Unterstützung des KOBOs oder externen Auftragnehmern. Im Rahmen eines Workshops werden gezielte

<sup>1</sup> unter «extern» werden auch Forschungsgruppen an der BFH-HAFL verstanden (alle Auftragnehmer ausserhalb KOBO und Projektleitung)

Fragestellungen bearbeitet und nach Lösungen gesucht. Ggf. ergeben sich aus dem Workshop weitere Fragestellungen, die von den Beteiligten oder ggf. anderen Experten bearbeitet werden müssen. Weiter steht die Option für Online-Umfragen bei Fachpersonen offen, um gewisse Inhalte oder Meinungen vorbereitend oder nachbereitend zu erfassen.

– **Bearbeitung durch Projektleitung und KOBO mit Expertenkonsultation**

Die Arbeitspakete werden von der Projektleitung zusammen mit dem KOBO erarbeitet und anschliessend einer Expertenkonsultation unterzogen

### **Anforderungen an die Bearbeitung**

Die erforderlichen Qualifikationen für die Bearbeitung werden nicht für jedes Arbeitspaket separat aufgeführt. Es liegt im Kompetenzbereich der Projektleitung, qualifizierte BearbeiterInnen oder Bearbeiterteams für die Revision anzufragen.

### **Koordination durch Projektleitung**

Die Projektleitung übernimmt die Koordination, Steuerung und Harmonisierung der Arbeitspakete. Sie entscheidet über die Integration der Ergebnisse aus einzelnen Arbeitspaketen in die Revision und in die weiteren Arbeitsschritte und wird dabei bei Bedarf von weiteren Experten unterstützt.

## **4. Arbeitspaket 10: Phase 1, Baustein B**

Wird hier nicht mehr näher erläutert, weil abgeschlossen.

## **5. Arbeitspaket 11: Erarbeitung Basismodul, Waldmodul und Anforderungen FFF**

### **5.1 Arbeitspaket 11.1: Basismodul**

*Bearbeitung durch externe Auftragnehmer mit Expertenkonsultation*

In diesem Arbeitspaket wird das Basismodul der rKA erarbeitet und formuliert. Die entstandenen Produkte aus dem Arbeitspaket 10.1 (Stand der Technik Bodenkartierung) werden integriert respektive weiterentwickelt. Insbesondere müssen klare Texte inkl. entsprechende Quellennachweise erstellt werden. Die Arbeit wird sich über vier Phasen und über längere Zeit (bis 2022) verteilen, da zwischendurch Resultate aus anderen Arbeitspaketen abgewartet werden müssen. Nach der ersten Phase (Erarbeitung Basismodul) gibt es eine zweite Phase des Austausches und der Koordination, bevor in einer dritten Phase alle Inputs in das Basismodul integriert werden müssen. Nach einer breiten Konsultation folgt die Schlussbereinigung in der vierten Phase. Als Schussresultat liegt das Kernstück der Revision – das fertige und genehmigte Basismodul - vor. Das Basismodul wird möglichst früh in die französische Übersetzung gegeben, damit anschliessend die Konsultation der französischen Version durchgeführt werden kann. Es ist jedoch noch unklar, wann dies zeitlich realisierbar ist.

Durch die zentrale Stellung dieses Arbeitspaketes wird erwartet, dass der Auftragnehmer die Arbeiten **stetig und eng mit der Projektleitung koordiniert**. Er wird von der Projektleitung über die Ergebnisse aus anderen Arbeitspaketen auf dem Laufenden gehalten. Das Mandat soll ausserdem die **allgemeine Unterstützung der Projektleitung im Bereich Kartieranleitung** beinhalten.

Der Ablauf lässt sich gemäss Tabelle 1 skizzieren. Der Zeithorizont ist abhängig von den anderen Arbeitspaketen, jedoch wird die Fertigstellung im Oktober 2022 angestrebt (und die Genehmigung durch den Projektauftraggeber im Dezember 2022).

Arbeitsschritt	Phase	vorläufiger Zeithorizont
<p><b>1. Rohgerüst ausbauen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prüfen aller Arbeitsschritte des Kartierablaufs (vgl. auch Punkt 2 in Kapitel 2.7 des Leitfadens rKA)</li> <li>– Formulierung der Texte zu jedem Arbeitsschritt, sofern bereits bekannt. Quellen hinzuziehen (aus AP 10.1 aber auch integrieren allfälliger ausländischer Literatur zur Ergänzung)</li> <li>– Es können Inputs zur Literatur von der PL gemacht werden.</li> <li>– Formulierungsvorschläge werden bei Beginn der Arbeiten mit der PL abgesprochen, damit die Formulierungen von Anfang an der Idee der PL entsprechen.</li> </ul>	Phase 1: Erstellen Basismodul	<p>(Vergabe AP 11.1 im Januar 2021)</p> <p>Februar bis Juni 2021, <b>Abschluss so früh wie möglich</b></p>
<p>2. Entwurf Basismodul für AP 11.4 Waldmodul und AP 11.5 Anforderungen FFF zur Verfügung stellen</p>	Ende Phase 1	Sommer 2021
<p>3. Teilnahme an Besprechungen und Anlässen zu AP 11.2 (Datensätze)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Austausch mit der PL bezüglich AP 11.2a (Benötigte Inhalte – Parameterliste – Datenerhebung; 2-3 Besprechungen)</li> <li>– Teilnahme am Workshop AP 11.2b (Schicht- oder horizontweise Erfassung von Bodeninformation; 5 Stunden)</li> <li>– Absprachen mit der PL bezüglich AP 11.2c (Definition von Schichten, 2 Besprechungen)</li> </ul>	Phase 2: Austausch und Koordination	Zweites und Drittes Quartal 2021
<p>4. Koordination mit AP 11.3 (Feldkartierung)</p> <p>Der Auftragnehmer sucht zusammen mit der Projektleitung und dem Auftragnehmer des AP 11.3 den Austausch (1 bis 2 Besprechungen) damit Inhalt, Aufwand und Zeitpunkt für die spätere Bearbeitung (Schritt 5 und 9) abgeschätzt werden können.</p>	Phase 2	Zweites und Drittes Quartal 2021
<p><i>Lieferung der Resultate (ev. auch vorläufige Resultate) aus AP 11.2 an Auftragnehmer</i></p>		<p><i>Zweites Quartal 2021</i></p>
<p>5. Integration erste / vorläufige / voraussichtliche Resultate aus AP11.2 (Datensätze), AP11.3 (Feldkartierung) AP 11.4 (Waldmodul) und AP 11.5 Anforderungen FFF</p> <p>Auf Grund der Schritte 3 und 4 und Rücksprachen mit der Projektleitung wird entschieden, inwiefern dieser Arbeitsschritt Sinn macht. Allenfalls wird er weggelassen.</p>	Phase 2	<p>WENN SINNVOLL</p> <p>Bearbeitung zweite Phase</p> <p>Oktober 2021 bis Januar 2022</p>

Arbeitsschritt	Phase	vorläufiger Zeithorizont
6. Koordination mit AP 11.4 (Waldmodul) Der Auftragnehmer sucht zusammen mit der Projektleitung und mit dem Auftragnehmer des AP 11.4 den Austausch (1 bis 2 Besprechungen) damit allfällige Doppelspurigkeit oder Probleme aufgedeckt und behoben werden können.	Phase 2:	Januar 2022
7. Koordination mit AP 11.5 (Anforderungen FFF) Der Auftragnehmer sucht zusammen mit der Projektleitung und mit dem Auftragnehmer des AP 11.5 den Austausch (1 bis 2 Besprechungen) damit allfällige Probleme aufgedeckt und im Basismodul behoben werden können.	Phase 2:	Januar 2022
<i>Lieferung der Resultate aus AP 12 (Neuerungen) an Auftragnehmer</i>		<i>Erstes Quartal 2022</i>
8. Finalisierung Basismodul a) Ein bis zwei Besprechungen mit Projektleitung (Koordinationssitzungen) b) Definitive Integration der Resultate aus – AP 11.2 (Datensätze) – AP 11.3 (Feldkartierung) – AP 11.5 (Anforderungen FFF) – AP 12 (Neuerungen)	Phase 3: Integration aller Inputs	März bis August 2022, <b>so früh wie möglich</b>
<i>Expertenkonsultation Basismodul inkl. Konsultation Fachausschuss</i>		<i>September 2022</i>
<i>Übersetzung auf Französisch, französische Konsultation</i>		<i>Noch offen</i>
9. Voraussichtlich zwei bis drei Präsentationen des Basismoduls vor Experten und Fachausschuss, inkl. Diskussion	Phase 3	September 2022
10. Anpassungen auf Grund Konsultationen	Phase 4: Schlussbereinigung	Oktober 2020
<i>Genehmigung Basismodul durch Projektauftraggeber</i>	<i>Abschluss</i>	<i>Viertes Quartal 2022</i>

Tabelle 1 : Arbeitsablauf AP11.1 Basismodul

in kursiver Schrift sind Arbeitsschritte erwähnt, welche den Auftragnehmer betreffen, bei welchen er aber nicht an der Ausführung beteiligt ist.

## 5.2 Arbeitspaket 11.2: Datensätze

Die Definition der erforderlichen Datensätze bei einer Flächenkartierung erfolgt in drei miteinander verwobenen Teilarbeitspaketen (AP11.2a bis AP11.2c) und ist abhängig von Arbeiten im Baustein A.

Die Datensätze (Flächendatensatz, Datensatz der Bohrungen, allenfalls Spezifikationen für Geometrie) werden in einem zweijährigen Prozess konkretisiert. Erste Vorschläge sind noch 2020 zu erwarten, respektive sind bereits im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b) enthalten. Die Vorschläge sollen anhand Expertenkonsultationen bei laufenden Projekten diskutiert und allenfalls angewendet werden (2021). Bis 2022 sollen die Vorschläge gereift sein.

Es geht einerseits darum zu klären, welche Parameter bei einer Bodenkartierung nach Basismodul der rKA aufgenommen werden sollen, aber auch, ob diese Parameter in einer schichtweisen oder horizontweisen Erfassung aufgenommen werden sollen. Wenn eine schichtweise Erfassung (entspricht momentanem Standard) gewählt wird, müssen die Schichten besser definiert werden. Wenn eine andere Erfassung gewählt wird, muss die Kompatibilität mit den bisherigen Datensätzen diskutiert werden.

Es ist ausserdem genauer zu regeln, wie der Datensatz von Bohrungen zu Stande kommt und wie aus diesem der Datensatz für Polygone abgeleitet wird. Im Zuge dieser Arbeit, wird präzisiert, was mit dem Flächendatensatz (auch Polygondatensatz genannt) und was mit dem Bohrungsdatensatz genau gemeint ist.

### AP 11.2a: Benötigte Inhalte – Parameterliste - Datenerhebung

*Bearbeitung durch Projektleitung und KOBO mit Expertenkonsultation*

Unabhängig von der «Architektur» des Datenmodells muss geklärt werden, welche Inhalte bei der Bodenkartierung grundsätzlich aufgenommen werden sollen, respektive ob im Vergleich mit aktuellen Bodenkartierungen zukünftig weitere Parameter aufgenommen werden sollen.

Die im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b, Kapitel 2.3.3, Seite 11f) vorgeschlagene Parameterliste für Flächendaten muss mit Vorschlägen von Parameterlisten für den Profildatensatz abgeglichen werden. Bei jedem Parameter müssen folgende Punkte geklärt werden:

- Eignung zur Erfassung in Bohrungen (ev. inkl. Vergleich zur Erfassung in Profilen)
- Eignung zur Ableitung in die Fläche, Beschreibung der Handhabung
- Art des Parameters (numerisch, klassiert)
- Priorität des Parameters
- Klassierte Parameter: wie ist / soll der Parameter klassiert sein? Allenfalls Diskussion der Massstabsabhängigkeit der Klassierung
- Aufnahme bisher bewährt oder nicht?
- Respektive bei keiner bisherigen Aufnahme des Parameters: Grund für Neuaufnahme des Parameters
- ....

Ein spezieller Punkt betrifft die Abklärung, bezüglich der bestehenden Untertypen «DD = drainiert, PB = terrassiert, HT = tiefgepflügt, welche im Moment bei der Punktaufnahme aufgenommen werden, sich jedoch eigentlich vor allem auf die Fläche beziehen. Ergänzend gibt es weitere Situationen, die bisher bei der Profilaufnahme vermerkt wurden (Beispiel Felsaufstösse), jedoch als Flächeninformation relevant sind. Solche Beispiele müssen bei Kartierpersonen beispielhaft gesammelt werden.

Anschliessend müssen sie in die oben beschriebenen Überlegungen mit einbezogen werden. Für diese Situationen soll es klar ersichtlich werden, inwiefern sie bei der Bohrungsaufnahme und bei der Ableitung für den Flächendatensatz dokumentiert werden. Eine Loslösung von der bisherigen Integration in die Untertypen bei der Profilaufnahme bietet sich im Zuge der Bearbeitung des AP 11.2a an.

Des Weiteren ist es unerlässlich die Klärung mindestens der folgenden Begriffe vorzunehmen:

- Profildatensatz (Klassifikationsdatensatz) zusammen mit AP 7.5 des Bausteins A
- Bohrungsdatensatz
- Flächendatensatz
- Polygoneometrie

Es sollte die Gelegenheit ergriffen werden, um die aus der (Geo-)Informatik entlehnten Ausdrücke «Parameter», «Datensatz» und «Polygon» durch eine spezifische, aussagekräftige und konsistente Fachterminologie zu ersetzen. Dadurch wird eine allgemeine Klärung der Begriffe und eine Fokussierung auf die fachlich-inhaltlichen Fragestellungen bezweckt.

Die Abklärungen laufen primär parallel zu AP7.5 des Bausteins A und werden durch die Projektleitung unter Einbezug des KOBO vorgenommen, mit NABODAT und weiteren Experten abgestimmt und bis 2022 fertiggestellt.

## **AP 11.2b: Schicht- oder horizontweise Erfassung von Bodeninformation**

### *Bearbeitung in Workshop*

Die Ablösung des Zweischichtmodells von einem Horizontmodell wird von verschiedenen Experten gefordert. Die praktische Bedeutung dieser Ablösung muss jedoch diskutiert werden, um die Vor- und Nachteile abzuwägen und einen breit abgestützten Entscheid zu erlangen, welcher in das Basismodul der rKA einfließen wird.

Vorarbeiten zum Thema sind im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b, S. 19ff) festgehalten und sollen als Grundlage für mindestens eine Expertenrunde dienen. Darin sind auch Varianten aufgezeigt, welche einen Mittelweg zwischen einem reinen Schichtmodell oder einem reinen Horizontmodell beschreiben.

Des Weiteren muss gesammelt werden, wie ausländische Kartierungen mit dieser Thematik umgehen. Allenfalls lassen sich gute Inputs ableiten. Bisher sind folgende Elemente der Diskussion erkannt:

- Regeln zur Generalisierung von Horizonten zu Schichten, allenfalls Standardtiefen von Schichten
- Unterschiedliche Handhabung bei Bohrungen (eher horizontbezogen) und Flächendaten (eher schichtbezogen)
- Beispiel Waldkartierung Kanton Zürich (Aufnahme von drei Schichten mit Möglichkeit der Ergänzung um weitere drei Schichten) – Praktikabilität für Auftraggeber und Auftragnehmer
- zukünftige Verwendung und Aggregation von Daten müssen mitbetrachtet werden (in Verbindung mit AP 11.2a)
- Kostenüberlegungen (Aufwand für die Datenerhebung vs. Ertrag der Bodeninformationen)
- Umgang mit Variabilität

Die Planung (u.a. Konsultation von internationalen Grundlagen) und Durchführung eines entsprechenden Workshops werden auf das erste Halbjahr 2021 angesetzt und von einem externen Auftragnehmer ausgeführt. Wenn im Workshop noch keine abschliessende Entscheidung gefällt werden kann, müssten allenfalls weitere Arbeiten folgen oder eine weitere Expertenrunde geplant werden. Resultate fließen einerseits in das AP11.2a und AP11.2c ein und andererseits indirekt in das AP11.1. Der Ablauf kann folgendermassen zusammengefasst werden:

1. Grundlagensichtung (Bsp. bestehendes Flächendatenmodell der NABODAT), Konsultation ausländischer Grundlagen, Synthese und Präzisierung der Fragestellungen
2. Vorbereitung Expertenrunde / Workshop inkl. ein bis zwei Besprechungen mit der Projektleitung

3. Organisation, Durchführung, Leitung und Dokumentation Workshop
4. Synthese Workshop und Berichterstattung, inkl. Inputs zu Glossar

### AP 11.2c Definition von Schichten

*Bearbeitung bei Beginn durch Projektleitung, anschliessende Bearbeitung noch offen*

Fast alle in der Schweiz angewendeten Kartieranleitungen sehen für die Flächendaten eine Vereinfachung des Bodenaufbaus mittels zwei Schichten vor. Bisher wurde deshalb der Oberboden vom Unterboden differenziert. Das Verständnis der Schichten wich jedoch in den unterschiedlichen Bodenkartieranleitungen voneinander ab und ist sogar stellenweise widersprüchlich. Wenn weiterhin das Schichtmodell oder Varianten davon Verwendung finden werden (was abhängig vom Resultat in AP11.2b ist), dann ist es unerlässlich die Definition der Schichten (primär des Oberbodens und des Unterbodens aber wahrscheinlich auch des Untergrundes) präziser zu gestalten. Ein Vorschlag besteht auch darin, nicht mehr von Schichten, sondern von **Bodenbereichen** zu sprechen.

Im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b, S. 15ff) und im Methodenvergleich (Wernli et al. 2020a, Zusatztable) gibt es bereits eine Zusammenstellung der aktuellen Definitionen, aus den verschiedenen Bodenkartiermethoden. Es wird auch erklärt, dass eine Oberbodendefinition teilweise an die klassifikatorischen Bodenhorizonte geknüpft wird.

Vorerst soll die Projektleitung eine Definition des Oberbodens, Unterbodens und des Untergrundes vorschlagen und diese für die Expertenrunde des AP 11.2.b zur Verfügung stellen. Dort kann allenfalls bereits ein Konsens gefunden werden. Wenn bekannt ist, dass die Schichtdefinitionen tatsächlich weiterhin benötigt werden und gemäss Vorschlag der Projektleitung akzeptiert werden, kann die Definition in das Basismodul integriert und im Rahmen der Konsultation des Basismoduls besiegelt werden. Wenn kein Konsens erzielt wird, muss die Erarbeitung der Definitionen mit externen Auftragnehmern aufgenommen werden. Diese Arbeitsschritte können noch nicht weiter abgeschätzt werden. Wenn der Ablauf mit Variante A eingeschlagen werden kann, wird versucht das Arbeitspaket bis Ende 2021 abzuschliessen.

Der Ablauf mit den entsprechenden Varianten kann folgendermassen zusammengefasst werden:

1. Entwurf Definitionen Oberboden, Unterboden, Untergrund durch Projektleitung
2. Einbringen Entwürfe in AP11.2b

Weitere Arbeitsschritte sind in Tabelle 2 beschrieben.

	Variante A	Variante B	Variante C
<b>Arbeitsschritt</b>	A3 Bei Akzeptanz der Entwürfe und Weiterbestehen des Schichtmodells -> Ausarbeiten der Definition durch Projektleitung oder externer Auftragnehmer	B3 Bei Nicht-Akzeptanz der Entwürfe und Weiterbestehen des Schichtmodells -> Ausarbeiten von Definitionen durch einen externen Auftragnehmer	C3 Bei Verwerfen des Schichtmodells -> Ausarbeiten von Definitionen wird nicht benötigt, AP wird abgebrochen, respektive neu definiert.
	A4 Integration der Definitionen ins Glossar	B4 Vorkonsultation bei Experten (Teilnehmer der Expertenrunde des AP11.2b)	-> Es muss geklärt werden, nach welchen Kriterien die Bodeninformationen in einem Horizontmodell hergeleitet werden können.
	A5 Breite Konsultation zusammen mit Basismodul	B5 Allfällige Überarbeitung	
		B6 Breite Konsultation	

Tabelle 2 : Vorgehensvarianten AP 11.2c

### 5.3 Arbeitspaket 11.3: Feldkartierung

#### *Bearbeitung durch externe Auftragnehmer mit Expertenkonsultation*

Grundsätzlich sollen in diesem Arbeitspaket Fragen zum Vorgehen bei der Feldkartierung bearbeitet werden. Dabei können drei Arbeitsfelder bereits genauer beschrieben werden (AP 11.3a bis 11.3c). Das gesamte Arbeitspaket mit den unten beschriebenen Arbeitsfeldern sollen durch einen externen Auftragnehmer bearbeitet werden. Voraussichtlich werden weitere Fragen in den Diskussionen noch auftauchen. Diese sollen und können im AP 11.3 behandelt werden.

#### **AP 11.3a Aufnahme von Bohrungen und Ableitung der Daten für ein Polygon**

Im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b, S. 23ff) werden Vorschläge gemacht, welche Arten von Bohrungen welchem Zweck beim Kartierablauf dienen und die Bohrungen werden genauer umschrieben. Unklar ist, mit welcher Genauigkeit Bohrungen verortet werden sollen und bis zu welcher Tiefe die Bohrungen reichen sollen. Sowohl die Verortung als auch die Bohrungstiefe ist abhängig vom Gelände und auch vom Anspruch der Auftraggeber.

Im Rohgerüst (Wernli et al. 2020c, S. 24f) sind zwei Optionen, wie die Flächeninformationen aus den Bohrungsinformationen abgeleitet werden, beschrieben:

- Repräsentative Punktaufnahme
- Synthese verschiedener Einzelbeobachtungen

Die Optionen müssen kurz und prägnant ausgearbeitet werden. Falls der Bedarf einer / mehreren weiteren Optionen erkannt wird, muss die Ausarbeitung mit der Projektleitung abgesprochen werden.

Es soll beispielhaft vorgeschlagen werden, in welchen Fällen welche Option angewendet werden soll. Dabei können fachliche Argumente oder auch organisatorische Argumente aufgeführt werden:

Die repräsentative Punktaufnahme generiert georeferenzierte Punktdaten in einer bestimmten Genauigkeit. Die aufgenommenen Informationen müssen in einer entsprechenden Datenbanklösung abgelegt werden können. Eine Datenbanklösung muss also bereits vorhanden sein. Solche repräsentative Punktaufnahmen enthalten im Vergleich zur Option «Synthese verschiedener Einzelbeobachtungen» einen Mehrwert für die Nachvollziehung des Kartierprozesses und für die Datenauswertbarkeit. Der Aufwand für diese Erhebung kann jedoch einen erheblichen Einfluss auf offerierte Leistungen für Kartierprojekte haben. Folglich muss sich ein Auftraggeber diesen Optionen und den impliziten Folgen bewusstwerden, um entscheiden zu können, welche Optionen er vorgeben und finanzieren kann. Die Wahl der Option kann auch der Kartierfachperson überlassen werden.

Im Arbeitspaket 11.3a soll zudem festgelegt werden, wie die Dokumentation der Herleitung des Flächendatensatzes erfolgen soll. Das Ziel ist, dass die von der Kartierfachperson gewählte Option im Kartierprozess ohne grossen Aufwand angegeben und kurz dokumentiert werden kann. Der Auftragnehmer entwickelt dafür eine Idee, welche er mit der Projektleitung abspricht. Die Implementierung in ein Datenbanksystem erfolgt nicht in diesem Arbeitspaket.

Die Resultate des Arbeitspaketes fliessen direkt in das Basismodul und (wenn notwendig) in das Waldmodul der rKA ein. Es sollen zudem die Glossareinträge zu den Bohrungen vorbereitet werden. Zeitlich soll das AP11.2d im Jahr 2021 realisiert werden. Spätestens Ende 2021 soll die Integration ins Basismodul (AP 11.1) möglich werden.

Der Ablauf kann folgendermassen zusammengefasst werden:

1. Grundlagensichtung
2. Ausarbeitung Vorschläge zu Verortung, Bohrungstiefe
3. Ausarbeiten der zwei im Rohgerüst vorgeschlagenen Optionen, allenfalls weitere Option (-en) ausarbeiten
4. Festlegen von Dokumentationsstandard (Vorschlag)
5. Koordination und Integration mit Basismodul (AP11.1)

## **Arbeitspaket 11.3b: räumliche Variabilität**

Die Thematik der räumlichen Variabilität muss fundiert und breiter abgestützt werden. Die Hauptfragen sind:

### **Soll und kann räumliche Variabilität innerhalb von Polygonen zum Ausdruck gebracht werden? Wenn Ja, wie?**

Methoden des Auslands sind dahingehend zu prüfen, ob sie in diesem Bereich für die Kartiermethodik in der Schweiz wichtige Inputs liefern können. (Bsp. Legros 1996; Baize und Jabiol 2011; KA5 2005; Blume et al. 2011) Es soll Klarheit geschaffen werden, inwiefern die Kartierenden mit der räumlichen Variabilität umgehen sollen. Sowohl in älteren Kartieranleitungen (vgl. Methodenvergleich (Wernli et al. 2020a)), wie auch im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b) werden die Ansätze dazu aufgegriffen, welche in der aktuellen Praxis angewendet werden, und konkret folgende Fragestellungen abgeleitet:

### **Fremdanteil in einem Polygon**

10-20% Fremdanteil in einem Polygon sind erlaubt. Sind es mehr, müssen entweder weitere Polygone ausgeschieden werden oder eine Komplexbildung in Betracht gezogen werden.

Was ist ein Fremdanteil und ab welchem Fremdanteil bei welchen Bodeneigenschaften wird ein Komplex gebildet?

- Auf welche Bodeneigenschaften bezieht sich der Fremdanteil? Auf alle oder nur auf einzelne?
- Wie gross muss die Abweichung bei einer Bodeneigenschaft sein, damit der Boden als «Fremdanteil» angesehen wird und was sind nur leichte Abweichungen? Ist zum Beispiel ein um eine Klasse höherer pH im Oberboden bereits ein Fremdanteil?
- Wie dokumentiert man den Fremdanteil? (heute nicht geregelt, oft via Bemerkungsfeld)
- Soll der Fremdanteil in einer Zahl angegeben werden beispielsweise in Bezug auf einzelne Bodeneigenschaften oder in Abhängigkeit des Massstabes?
- Wie schätzt man den Fremdanteil? Ist es eine Schätzung durch Ableitung aus den Bohrungen innerhalb des Polygons?

### **Komplexbildung**

Komplexe werden in aktuellen Kartierungen zurückhaltend ausgeschieden, weil dies von den Auftraggebern so verlangt ist.

- Warum sollen Komplexe zurückhaltend eingesetzt werden? Was ist der Grund für die Vorgabe? Was bedeutet «zurückhaltend anwenden»?
- Ist die Komplexbildung nur dann relevant, wenn die Qualitätsanforderungen im Verhältnis zur Variabilität und Kartierungsmassstab «zu streng» sind? Müssten dann Qualitätsanforderungen angepasst werden?
- Wenn ein Komplex gebildet wird, dann muss angegeben werden, zu welchen Anteilen die Böden im Polygon vorkommen. Sind die Dokumentation (inkl. Eingabe in NABODAT) und die Auswertungsmöglichkeiten dieser Daten) momentan hilfreich und zielführend? Oder sind sie es nicht und sollen deshalb zurückhaltend angewendet werden?
- Wie geht die Kartierfachperson der Komplexbildung «aus dem Weg», wenn die Komplexbildung zurückhaltend eingesetzt werden soll?
- Wann ist es ok und wann nicht, einen Komplex zu bilden?
- Wie unterscheidet sich ein heterogenes Polygon von einem Komplex?

## Erweiterung der Datensätze bezüglich Angaben zu räumlicher Variabilität im Polygon

Es ist denkbar, dass die räumliche Variabilität anders gehandhabt wird als bisher mit Fremdanteil und Komplexbildung. Ideen und Fragen zu alternativen Möglichkeiten werden im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b) formuliert und hier wiedergegeben.

- Wie lässt sich die räumliche Variabilität des Bodens darstellen oder quantifizieren?
- Soll ein zusätzlicher (qualitativer) Parameter für die räumliche Variabilität im Polygon eingeführt werden? Denkbar wäre als BEISPIEL ein zusammengesetzter Parameter aus 3 Klassen: 1= homogene Bodeneigenschaften, 3 = heterogene Bodeneigenschaften (ev. 2 =eine Klasse dazwischen) in Kombination mit der Angabe zum Parameter.

*Beispiel zum Vorschlag: «3S» bedeutet heterogene Bodeneigenschaften bezüglich Skelettgehalt.*

- Nach welchen Regeln würde dieser Parameter vergeben?
- Wie viele Bohrungen pro Polygon wären dann nötig? Kann und soll dies überhaupt generell vorgegeben werden?
- Ist eine quantitative Angabe möglich oder wäre es eine rein qualitative Einschätzung?
- Benötigt es sogar eine Angabe zur räumlichen Variabilität für jeden einzelne Bodeneigenschaft? Wäre dabei eine Hierarchie nötig?
- Müssen die Anforderungen an räumliche Variabilität massstabsabhängig sein? (z.B. gröbere Klassen für kleinmassstäbliche Kartierungen)
- Sollen zusätzlich zu den Flächen auch Linien- oder Punktelemente eingeführt werden (z.B: Böschungen, Aufstösse von Muttergestein, Erosionsrinnen...)?
- Für was würden diese Angaben verwendet werden können? (Wie) könnten sie ausgewertet werden? Was ist ihr Nutzen und ihr Mehrwert? Was sind die Kosten dafür?
- Könnte die Karte einen Bodenvariabilitätsabhängigen Massstab besitzen, so dass in grossflächig, gleichen Bodeneigenschaften der Massstab erhöht wird und in kleinräumig variierenden Bodeneigenschaften detaillierter gearbeitet wird?

### Schärfe der Grenzziehung:

Polygongrenzen sind meist keine scharfen Grenzen. Es gibt dazu keine Ausführungen in den aktuellen Bodenkartierungsanleitungen, jedoch manchmal fachliche Diskussionen dazu.

- Ab welcher Unsicherheit hat eine Grenze keinen Sinn mehr?
- Soll eine Angabe zur Genauigkeit der Bodengrenzen gemacht werden? (Angabe, ob es sich um eindeutige Bodengrenzen handelt, oder ob mit einem Übergangsbereich gerechnet werden muss)
- Ist das überhaupt umsetzbar? Es ist wahrscheinlich, dass auf der einen Seite des Polygons die Bodeneigenschaften abrupt ändern, auf der anderen Seite aber ein breiter Übergang zur nächsten Bodeneinheit vorliegt.
- (Wie) könnte diese Angabe ausgewertet werden? Was ist der Nutzen und der Mehrwert dieser Angabe?

Zeitlich soll das AP11.3b im Jahr 2021 realisiert werden. Spätestens Ende 2021 sollen die Resultate für das Arbeitspaket AP11.3c bereitstehen.

Der Ablauf zur Klärung der obenstehenden Fragen kann folgendermassen zusammengefasst werden:

1. Literaturstudie zur Klärung der aufgelisteten Fragen
2. Parallel sollen Kartierfachpersonen hinzugezogen werden (z.B. Befragung), um Ansätze zum konkreten Umgang mit der Thematik im Feld zu diskutieren und zu sammeln.

3. Berichtverfassung
4. Expertenkonsultation des Berichts
5. Verwendung als Input für AP11.3c Polygonabgrenzung

### **Arbeitspaket 11.3c: Polygonabgrenzung**

In diesem Arbeitspaket wird die Abgrenzung der Polygone genauer beleuchtet. In einem ersten Schritt werden Abgrenzungskriterien und Vorgehensoptionen für die Unterscheidung von Polygonen auf Basis des Rohgerüsts (Wernli et al. 2020c, S. 19ff) erarbeitet. Die dort beschriebenen Vorschläge, müssen zu ausformulierten Optionen ausgearbeitet werden, welche aufzeigen, wie und warum Polygone voneinander abgegrenzt werden und welche Kriterien dafür herangezogen werden. Es sollen Beispiele gemacht werden, in welchen Fällen welche Option angewendet werden kann. Die Anzahl an Beispielen muss mit der Projektleitung abgemacht werden.

Des Weiteren muss diskutiert werden, ob und inwiefern die Dokumentation der Polygonabgrenzung erfolgen soll. Eine Dokumentation ähnlich wie bei AP 11.3a wird bisher nicht vorgeschlagen. Der Mehrwert einer detaillierten Dokumentation müsste zuerst noch dargelegt werden. Die Projektleitung geht momentan davon aus, dass der Bedarf dieser Dokumentation den Aufwand nicht rechtfertigen würde. Diese Überlegung soll jedoch durch den Auftragnehmer überprüft werden. Falls er nicht zum gleichen Schluss kommt, muss eine detaillierte Absprache mit der Projektleitung erfolgen.

Wichtig im ganzen AP 11.3c ist die Berücksichtigung der Schlussfolgerungen aus AP11.3b (räumliche Variabilität).

Als Resultat dieses Arbeitspaketes sind die konkreten Textvorschläge für das AP11.1 zu erstellen, damit sie zur Integration ins Basismodul im zweiten Quartal 2022 zur Verfügung stehen.

### **5.4 Arbeitspaket 11.4: Waldmodul**

#### *Bearbeitung durch externe Auftragnehmer mit Expertenkonsultation*

Im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b, S. 30ff) ist bereits aufgearbeitet, inwiefern sich die Bodenkartierung in Waldflächen von Flächen ausserhalb des Waldes differenzieren. Sobald eine erste Version des Basismoduls der rKA vorliegt (Sommer 2021) kann das Waldmodul auf dieser Grundlage erarbeitet werden. Das Vorgehen gemäss Tabelle 3 ist geplant.

Das Waldmodul wird möglichst früh in die französische Übersetzung gegeben, damit anschliessend die Konsultation der französischen Version durchgeführt werden kann. Es ist jedoch noch unklar, wann dies zeitlich realisierbar ist.

Arbeitsschritt	vorläufiger Zeithorizont
1. Herausarbeiten der Arbeitsschritte, welche im Wald ein anderes Vorgehen als im Entwurf des Basismodul der rKA bedingen. Formulierung dieser Arbeitsschritte. Begründung der Differenzen. Der Umgang mit der räumlichen Variabilität (insb. Humusaufgaben) wird waldspezifisch erarbeitet.  (Auf Arbeitsschritte, welche nicht vom Vorgehen im Basismodul der rKA abweichen, wird nicht weiter eingegangen)	Sommer 2021 bis Ende 2021
2. Inputs zum AP11.2a liefern: Überprüfung des zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Vorschlag zum Datensatz im Hinblick auf die Waldkartierung. Zusätzliche Parameter identifizieren, beschreiben nach den gleichen Kriterien wie in AP 11.2a.	Winter 2021 / 2022
3. Absprache mit der Projektleitung zur Abgabe der Resultate (Abgleich mit dem Basismodul)	Frühling 2022
<i>Expertenkonsultation Waldmodul inkl. Konsultation Fachausschuss</i>	<i>Drittes Quartal 2022</i>
<i>Übersetzung auf Französisch, französische Konsultation</i>	<i>Noch offen</i>
<i>Genehmigung Waldmodul durch Projektauftraggeber</i>	<i>Viertes Quartal 2022</i>

Tabelle 3 : Arbeitsablauf AP11.4 Waldmodul  
in *kursiver Schrift* sind Arbeitsschritte erwähnt, welche den Auftragnehmer betreffen, bei welchen er aber nicht an der Ausführung beteiligt ist.

## 5.5 Arbeitspaket 11.5: Anforderungen FFF

### *Bearbeitung durch externe Auftragnehmer mit Expertenkonsultation*

Es wird im Moment davon ausgegangen, dass das Basismodul der rKA die Bedürfnisse der FFF-Ausscheidung oder der FFF-Kompensation abdecken werden. Dies muss jedoch überprüft werden. Die Überprüfung kann gestartet werden, wenn die erste Version des Basismoduls vorliegt.

Arbeitsschritt	vorläufiger Zeithorizont
1. Prüfen der Arbeitsschritte allfällige Vorbehalte oder Abweichungen in Bezug auf die FFF-Kartierung herausarbeiten.	Sommer 2021 bis Ende 2021
2. Inputs zum AP11.2a liefern: Überprüfung des zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Vorschlag zum Datensatz im Hinblick auf die FFF-Kartierung. Zusätzliche Parameter identifizieren, beschreiben nach den gleichen Kriterien wie in AP 11.2a.	Winter 2021 / 2022
3. Absprache mit der Projektleitung zur Abgabe der Resultate (Abgleich mit dem Basismodul)	Frühling 2022

Tabelle 4 : Arbeitsablauf AP11.5 Anforderungen FFF

## 6. Arbeitspaket 12: Neuerungen

*Bearbeitung durch Projektleitung und KOBO mit Expertenkonsultation*

Neuerungen der Gruppe 1 «Methoden und Techniken, die einzelne Arbeitsschritte unterstützen» müssen diskutiert werden und überprüft werden, ob sie in das Basismodul integriert werden können. Dafür benötigt es ein angemessenes «Prüfverfahren / Entscheidungsverfahren». Um diesen Prozess anzugehen sind folgende Arbeitsschritte nötig.

Arbeitsschritt	vorläufiger Zeithorizont
<p>1. Vorschlag für ein «Prüfverfahren / Entscheidungsverfahren» um Neuerungen in die rKA integrieren zu können oder nicht. Fragen, die in diesem Zusammenhang Bestandteil des Prüfverfahrens sein könnten, sind hier beispielhaft aufgelistet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Welche Neuerungen bieten einen Mehrwert für die Erhebung von Bodeninformationen – oder für Auswertungen?</li> <li>– Steht der Mehrwert in einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis? (Effizienzsteigerung)</li> <li>– Welche Erfahrungen aus konkreten Projekten oder Forschungsarbeiten belegen diesen Mehrwert für die Ausgestaltung der methodischen Vorgaben? (Praxistauglichkeit)</li> <li>– Sind die Neuerungen bereits ausführlich methodisch beschrieben?</li> <li>– Sind die Neuerungen erfolgreich angewendet und breit akzeptiert? An was kann eine erfolgreiche Anwendung und eine breite Akzeptanz gemessen werden?</li> </ul>	Sofort bis Sommer 2021
<p>2. Diskussion und Prüfung folgender Neuerungen, welche allenfalls per 2022 ins Basismodul integriert werden sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Visualisierungen von Grundlagendaten: Beispielsweise die Berechnung von Geländeformen auf Basis von digitalen Höhenmodellen in der Konzeptphase</li> <li>– Vorschläge für Beprobungsstandorte: Mögliche Standorte für die Aufnahme von Basisprofilen und Bohrungen werden in der Konzeptphase mittels statistisch optimierten Stichprobenplan vorgeschlagen.</li> <li>– Vereinfachung oder Verbesserung der Qualitätssicherung dank entsprechend visualisierten Karten (Themenkarten zur Kontrolle) und dank automatisierten Qualitätsprüfungen</li> <li>– Einsatz von Tablets zur Aufnahme von Punktdaten, aber auch Flächendaten und Polygonen</li> <li>– Integration von spektroskopischen Näherungsmessverfahren für Feld und Labor (Nahinfrarot (NIR), Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA oder englisch XRF), Gammaskopie, ...)</li> <li>– Entwicklung und Anwendung von regional kalibrierten Pedotransferfunktionen für eine breitere Datenbasis</li> </ul>	Sommer 2021 bis Ende 2021
<p>3. Neuerungen, welche in die rKA integriert werden, werden als Arbeitsschritt formuliert und dem AP 11.1 zur Verfügung gestellt. Die Formulierung muss in Absprache mit dem AP11.1 geschehen.</p>	Erstes Quartal 2022
<p>4. Diskussion und Prüfung weiterer Neuerungen, welche allenfalls per 2024 oder später ins Basismodul integriert werden sollen (Formulierung Handlungsbedarf)</p>	Nach 2022

Tabelle 5 : Arbeitsablauf AP12 Neuerungen

## 7. Arbeitspaket 13: Synthese

*Bearbeitung durch Projektleitung mit Unterstützung durch externe Auftragnehmer*

Die Synthese findet zweimal statt, wobei die Arbeitsschritte die gleichen sein werden. Ende 2022 werden in der ersten Synthese das Basismodul und das Waldmodul als PDF auf der Webseite des Revisionsprojektes zugänglich gemacht. Dies abgestimmt mit der Aufschaltung von Dokumenten aus dem Baustein A. Zwischen 2023 und 2024 laufen weitere Arbeiten der Revision (AP14) und Ende 2024 ist die zweite Synthese aus den AP 11 bis AP14 geplant. Die Synthesen beinhalten voraussichtlich folgende Arbeitsschritte und beziehen sich auf inhaltliche Arbeiten:

- Überprüfung Konsistenz der Resultate und Dokumente aus AP 11 bis AP 14
- Zusammenführen der verwendeten Literatur, bei Bedarf Durchführung von ergänzenden Literaturrecherchen oder Informationsbeschaffungen
- Zusammenführen aller Dokumente zu einem Dokument (Version 0 der rKA)
- Wenn in der zweiten Synthese bereits neue Erkenntnisse zur Verbesserung des Basismoduls erkannt werden, werden diese implementiert
- Es werden Ausformulierungen noch fehlender Kapitel oder Textbausteinen vorgenommen
- Beschreibung des noch offenen Handlungsbedarf in einem separaten Dokument
- Sammeln von Begriffen für Glossar; klären der Begriffe, sofern noch unklar

## 8. Arbeitspaket 14: Erarbeitung Zusatzmodule

### 8.1 Arbeitspaket 14.1: Bedarf und Priorisierung von Zusatzmodulen

*Bearbeitung durch Projektleitung und KOBO mit Expertenkonsultation*

In einem breit abgestützten Prozess soll die Priorisierung der vier möglichen Zusatzmodule (vgl. Kapitel 8.2.1 bis 8.2.4) vorgenommen werden. Die Projektleitung bereitet in einem ersten Schritt die vier Zusatzmodule und die dazugehörigen Kurzpflichtenhefte so auf, dass eine erste Priorisierung vorgenommen werden kann. Argumente für oder gegen eine hohe oder tiefe Priorisierung werden pro Zusatzmodul gesammelt. In diesen Prozess sind sowohl KOBO als auch BAFU und QRM involviert. Die aufbereiteten Informationen werden so verarbeitet, dass eine Onlineumfrage zur vorgeschlagenen Priorisierung möglich wird. Die Onlineumfrage wird an alle FA, PAS und an ausgewählte Cercle Sol Mitglieder (in Absprache mit dem Cercle Sol Vertreter im PAS) versendet.

Nach der Umfrage werden die Ergebnisse ausgewertet und auf Grund dieser Ergebnisse die endgültige Priorisierung von der Projektleitung, KOBO, BAFU und QRM festgelegt. Ein Schlussbericht dokumentiert den Entscheidungsprozess.

Das Arbeitspaket 14.1 wird so rasch wie möglich begonnen und abgeschlossen, damit die Bearbeitung der weiteren Arbeitspakete nicht unnötig verzögert wird.

### 8.2 Weitere Arbeitspakete für mögliche Zusatzmodule

Sobald klar ist welche Zusatzmodule in welcher Reihenfolge respektive mit welcher Priorität erarbeitet werden sollen, werden die Kurzpflichtenhefte der Arbeitspakete für die Erarbeitung der Zusatzmodule gemäss Kapitel 8.2.1 bis 8.2.4 präzisiert.

#### 8.2.1 Modul für grossräumige Kartierungen

Auch wenn bisherige Kartierprojekte sich auf einige hundert Hektaren beschränken und so in der Schweiz bisher jährlich etwa 2'400ha Böden kartiert wurden (Rehbein et al. 2019, S. 20), ist es denkbar, dass die Kartiermethode, wie sie in der rKA im Basismodul beschrieben sein wird, auch auf grössere allenfalls kantonsübergreifenden Kartierprojekte von mehreren tausend Hektaren pro Jahr

übertragbar ist. In einem Arbeitspaket soll ein Modul für grossräumige Projekte zumindest geprüft, wenn möglich sogar erarbeitet werden.

- Welche Aspekte müssten in grossräumigen Kartierungen besonders beachtet werden?
- Wie ist das Basismodul der rKA zu ergänzen, um grosse Kartierprojekte nach (noch zu bestimmenden) kantonsübergreifenden Bodenregionen zu realisieren?
- Mit welchen organisatorischen Anpassungen ist zu rechnen?
- Welche finanziellen Auswirkungen hat die grossräumige Anwendung im Vergleich mit kleinräumigen Anwendungen des rKA Basismoduls?

Das Arbeitspaket differenziert sich von den Überlegungen im «Konzept schweizweite Bodenkartierung» in dem Sinn, dass es an der klassischen Kartiermethode mit Polygonabgrenzung im Feld festhält und nicht die iterative Kartiermethodik ohne Polygonabgrenzung im Feld mit einbezieht (vgl. Leitfaden rKA, Kapitel 2.7, Punkt 6). Das Arbeitspaket versteht sich als Ergänzung zu den Bestrebungen für das «Konzept schweizweite Bodenkartierung» nicht als Konkurrenz. Das Ziel des Moduls für grossräumige Kartierungen ist es, die Überlegungen der rKA mit den Überlegungen im «Konzept schweizweite Bodenkartierung» zu verknüpfen. Um dieses Arbeitspaket zu starten, müssen sowohl das Basismodul der rKA als auch das Konzept für eine schweizweite Bodenkartierung bereits vorliegen. Das genaue Vorgehen muss zu gegebener Zeit noch festgelegt werden.

### 8.2.2 Modul für Baustellen

Zur Aufnahme des Ausgangszustandes von Bauperimetern gibt es bisher keine breit abgestützten Methodendokumentationen. Wahrscheinlich gibt es zahlreiche Umweltberichte oder Berichte der bodenkundlichen Baubegleiter, wo auch die Bodenkartierarbeit vor oder nach einer Bautätigkeit dokumentiert sind und viele Fachpersonen (bodenkundliche Baubegleiter) besitzen Erfahrung mit der Kartierung von Böden für Baustellenprojekte. Dem besonderen Zweck und den spezifischen Zielen einer solchen Kartierung muss Rechnung getragen werden (Formulierung eines Abschnittes / Kapitel im zukünftigen Modul anstreben). Der Arbeitsablauf bei der Bodenkartierung des Ausgangszustandes von Bauperimetern muss in einem ersten Schritt grob zusammengestellt werden und anschliessend mit dem Basismodul verglichen werden. Diejenigen Arbeitsschritte, die vom Basismodul abweichen, werden bezeichnet und entsprechend ausformuliert. Es muss geprüft werden, ob es Spezifikationen für den Datensatz benötigt. Folgende mögliche Fragestellungen, sollten beantwortet werden:

- Wie detailliert müssen die Aufnahmen auf einer Baustelle sein? Benötigt es je nach Baustellengrösse und Baustellenart unterschiedliche Bohrdichten? Inwiefern wird die Abgrenzung zum Untergrund gehandhabt? Sie ist ein zentraler Aspekt bei der Beurteilung, denn die Auswirkung auf die Materialbilanz einer Baustelle kann dabei sehr gross sein.
- Welche Bodeninformationen bezüglich Bodenverwertung benötigt es?
- Zu welchem Planungszeitpunkt des Bauprojektes muss eine Bodenkartierung ausgeführt werden? (Planungsphase, Ausführungsphase)
- Wie wird der Ausgang- und Endzustand einer Fläche miteinander verglichen? Mittels klassischer Bodenkartierung oder sind angepasste Methoden denkbar? Beispielsweise mittels einer nahe gelegenen Referenzfläche? Können beispielsweise Spatenproben die Methoden ergänzen?

Die Bearbeitung des Arbeitspaketes beginnt nach 2022.

Der Arbeitsablauf kann folgendermassen zusammengefasst werden:

1. Sammlung von einigen exemplarischen Umweltberichten (Berichten der bodenkundlichen Baubegleiter), wo die Kartierung der Böden genauer beschrieben ist (falls vorhanden und zugänglich, Anfrage bei Kantonen nötig)
2. Befragung von Kartierfachpersonen oder allenfalls bodenkundlichen Baubegleiter zum Arbeitsablauf der Bodenkartierung auf Baustellen
3. Arbeitsablauf grob beschreiben

4. Vergleich des Arbeitsablaufs mit Basismodul
5. Bezeichnung der Arbeitsschritte, die vom Basismodul abweichen
6. ev. Test
7. Ausformulierung dieser Arbeitsschritte und Erarbeitung des Moduls, inkl. Prüfung Datensatzspezifikationen
8. Konsultation bei Experten
9. Integration in rKA

### 8.2.3 Modul für anthropogen stark geprägte Böden

Die klassischen pedogenetischen Faktoren haben in anthropogen geprägten Gebieten weniger Einfluss, aber man muss gleichwohl versuchen, sie bei der Bodenkartierung zu erkennen. Über die Bodenkartierung von grossflächigen Rekultivierungen oder von durch anthropogene Eingriffe stark veränderte Böden sind keine breit abgestützten Methodendokumentationen vorhanden. Es ist auch noch offen, was genau unter «anthropogen stark geprägten Böden» gemeint ist. Es gibt wenige punktuelle und auf spezifische Fragestellungen bezogene Werke der Kantone Solothurn, Waadt und Zürich. Im Zwischenbericht (Wernli et al. 2020b, S. 33ff) sind Fragestellungen zu diesem Modul bereits erarbeitet worden. Im Rohgerüst (Wernli et al. 2020c, S. 25) gibt es einen konkreten Vorschlag zum Ablauf bei der Kartierung dieser Flächen. Die Ansätze oder Ideen zum Kartierablauf werden weiterbearbeitet und ausländische Grundlagen konsultiert, um anschliessend als Grundlage in eine Expertenrunde einzufließen. An der Expertenrunde sollen die Ansätze diskutiert werden, um ein gemeinsames Verständnis für die Kartierung von anthropogen stark geprägten Böden zu entwickeln. Allenfalls benötigt es anschliessend eine Testphase um gewisse Ideen bei Gebieten, die neu kartiert werden und / oder bei Gebieten, die bereits kartiert wurden anzuwenden und zu überprüfen. Im Weiteren muss anschliessend das Modul ausgearbeitet und einer Expertenkonsultation unterzogen werden. Die Bearbeitung beginnt nach 2022 und muss grundsätzlich auch die Erkenntnisse aus dem Baustein A zu anthropogenen und technogenen Böden berücksichtigen (AP 7.1).

Die Ansprache, Beschreibung und Klassifikation von anthropogenen und technogenen Böden am Punkt wird bis 2022 / 2023 weiter geklärt sein und der Bearbeitung des vorliegenden Arbeitspaketes 12.2 wichtige Inputs liefern können. Erst dann kann das Zusatzmodul erarbeitet werden.

Das mögliche Vorgehen lässt sich folgendermassen zusammenfassen.

1. Klärung der Fragen gemäss Rohgerüst, Zwischenbericht und der zu Grunde liegenden Vergleichstabelle «Auffüllungen\_Kriterienliste» aus dem Methodenvergleich (Wernli et al. 2020a) soweit wie möglich
2. Klärung des Begriffs «anthropogen stark geprägte Böden»: Gehören Rekultivierungen, FFF-Aufwertungen, gesackte / überschüttete Moorböden, drainierte organische Böden und weitere Böden dazu?
3. Konsultation allfälliger ausländischer Dokumente
4. Weiter Ausarbeiten des vorgeschlagenen Ansatzes aus dem Rohgerüst und allenfalls weiteren Ansätzen zum Vorgehen bei der Kartierung von anthropogen stark geprägten Böden (inkl. dem Massstab)
5. Vorbereiten Expertenrunde
6. Diskussion Vorgehen (ev. mehrere Ansätze) an einer Expertenrunde
7. Zwischenbericht
8. Tests bei einigen Kartierungen

9. Ausformulierung der Arbeitsschritte und Erarbeitung des Moduls, inkl. Prüfung von Datensatzspezifikationen
10. Konsultation bei Experten
11. Integration in rKA

#### 8.2.4 Modul für Gebirge

Es gibt noch fast keine Erfahrungen für Bodenkartierungen in schweizerischen Gebirgsregionen. Jedoch einen erheblichen Bedarf an genaueren Bodeninformationen in diesen Gebieten. Egli et al. (2005) hat eine Bodenmodellierung im hochalpinen Raum realisiert. Im Pilotprogramm zur Anpassung an den Klimawandel wurde 2019 ein Projekt «D.02 Flächendeckende Bodendaten im Gebirge» gestartet (Zürcher 2020). Ausgehend von den Erkenntnissen aus diesem Projekt ist ein Modul für Gebirge in der rKA zu überprüfen. Grundsätzlich muss das Basismodul der rKA mit den aus dem Pilotprogramm vorliegenden Resultaten verglichen und mit weiteren bestehenden Erfahrungen (Bsp. Erfahrungen Kartierungen im Jura, Kt. Solothurn) und Literatur ergänzt werden. Mögliche Diskussionspunkte werden hier wiedergegeben:

- Kleinräumig sehr stark ändernde Variabilität der Böden
- Abhängigkeiten vom Relief und des Ausgangsmaterials (Geologie)
- Praktische Bedeutung für Kartierarbeit (Begehrbarkeit, Kartiersaison, usw.)

Es möglich, dass die Erarbeitung eines Moduls für Gebirge noch die Durchführung von weiteren Pilotprojekten in anderen Gebirgsregionen der Schweiz abwarten müsste.

Im Weiteren müsste das Vorgehen zu Erarbeitung eines solchen Moduls für Gebirge noch weiter ausgearbeitet werden.

## 9. Arbeitspaket 15: Redaktion Baustein B

### *Bearbeitung durch externe Auftragnehmer*

Das Jahr 2025 ist reserviert für die Redaktion, Übersetzung und Layouten des neuen Werkes «Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz». Anfang 2025 wird jeweils die Redaktion der Bausteine A und B einzeln vorgenommen.

Die Redaktion des Bausteins B beinhaltet die formale Schlussbereinigung des Dokuments «Version 0 rKA»:

- Formale Bereinigung der Version 0 rKA
- Korrektur von Fehlern
- Bereinigung des Glossars

Die weiteren Arbeitspakete des Revisionsprojektes beziehen sich nicht nur auf Baustein B und werden hier aus Gründen der Vollständigkeit wiedergegeben. Anschliessend an das AP 15 wird die Version 0 der rKA mit der Version 0 der rLABS zur Version 1 des neuen Werkes «Beschreibung, Klassifikation und Kartierung der Böden der Schweiz» zusammengeführt (Arbeitspaket 16: Gesamtedaktion). Danach folgt das Arbeitspaket 17 mit der Übersetzung und das Arbeitspaket 18 mit dem Layouten und Veröffentlichen des Werkes. Die Veröffentlichung des Werkes wird durch das BAFU vorgenommen.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Zeitliche Einstufung und Abhängigkeit der Arbeitspakete des Bausteins B	4
---	---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Arbeitsablauf AP11.1 Basismodul in <i>kursiver Schrift</i> sind Arbeitsschritte erwähnt, welche den Auftragnehmer betreffen, bei welchen er aber nicht an der Ausführung beteiligt ist.	7
Tabelle 2 : Vorgehensvarianten AP 11.2c	10
Tabelle 3 : Arbeitsablauf AP11.4 Waldmodul in <i>kursiver Schrift</i> sind Arbeitsschritte erwähnt, welche den Auftragnehmer betreffen, bei welchen er aber nicht an der Ausführung beteiligt ist.	15
Tabelle 4 : Arbeitsablauf AP11.5 Anforderungen FFF	15
Tabelle 5 : Arbeitsablauf AP12 Neuerungen	16

## Literaturverzeichnis

- Baize, Denis; Jabiol, Bernard (2011): Guide pour la description des sols. [Nouv. éd.]. Versailles: Éd. Quae (Savoir-faire).
- Blume, Hans-Peter; Stahr, Karl; Leinweber, Peter (2011): Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler. 3., neubearbeitete Auflage: Spektrum.
- Egli, M.; Margreth, M.; Vökt, U.; Keller, F. (2005): Bodenmodellierung mit GIS im hochalpinen Raum. In: *Geomatik Schweiz* 8, S. 458–462.
- KA5 (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Staatliche Geologische Dienste der Bundesrepublik Deutschland.
- Legros, Jean-Paul (1996): Cartographies des sols. De l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes (Collection gérer l'environnement, 10).
- Marugg, Daniela; Schmidhauser, Anina Sarah (2019): Umsetzungskonzept zum Hauptprojekt der Revision der Bodenklassifikation und der Bodenkartieranleitung der Schweiz. Erster Zwischenbericht zu Händen von Projektausschuss und Projektauftraggeber (BAFU). Zollikofen. Online verfügbar unter <https://web.bodenmethoden.bfh.science/docs/grundlagen/20190731DEFUmsetzungskonzept.pdf>.
- Rehbein, Kirsten; Sprecher, Christian; Keller, Armin (2019): Übersicht Stand Bodenkartierung in der Schweiz. Ergänzung des Bodenkartierungskataloges Schweiz um Bodeninformationen aus Meliorationsprojekten. Agroscope, Servicestelle NABODAT.
- Schmidhauser, Anina Sarah; Presler, Jiri (2020): Leitfaden revidierte Klassifikation der Böden der Schweiz. Version 3.1. BFH-HAFL.
- Wernli, Michael; Siegrist, Julia; Baumgartner, Karin; Gasche, Thomas (2020a): Methodenvergleich Auftrag Stand der Technik Bodenkartierungen. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 1, vers. Exceltabellen.

- Wernli, Michael; Siegrist, Julia; Baumgartner, Karin; Gasche, Thomas (2020b): Zwischenbericht Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 2.
- Wernli, Michael; Siegrist, Julia; Baumgartner, Karin; Gasche, Thomas (2020c): Rohgerüst Auftrag Stand der Technik Bodenkartierung,. AP10, Rev. KLABS / KA. Produkt 3.
- Zürcher, Martin (2020): Pilotprogramm zur Anpassung an den Klimawandel: Projekt D.02  
Flächendeckende Bodendaten im Gebirge. Hg. v. BAFU. Online verfügbar unter  
<https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/massnahmen/pak/projektphase2/pilotprojekte-zur-anpassung-an-den-klimawandel--cluster--klima/d-02-flaechendeckende-bodendaten-im-gebirge.html>.