

Schlussbericht

Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Boden, CH-3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftragnehmer: BHP – Brugger und Partner AG (BHP), Zürich

Autoren: Marco Carizzoni (BABU GmbH)
Guido Cavelti (BHP)
Tobias Hurst (BHP)
Martin Zürrer (myx GmbH)

Experten: für Bodenkartierung:
Thomas Gasche (Gasche-Bodengutachten GmbH)
Michael Margreth (Soilcom GmbH)

Begleitgruppe: Hugo Aschwanden (BAFU, Abteilung Wasser)
Stéphane Burgos (Vorstand Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz)
Christine Hauert (Amt für Umwelt Kanton Solothurn, Abteilung Boden)
Harry Ilg (Amt für Umweltschutz Kanton Uri, Abteilung Immissionsschutz)
Armin Keller (Agroscope, Nationale Bodenbeobachtung Schweiz)
Petra Schmocker-Fackel (BAFU, Abteilung Hydrologie)
Ruedi Stähli (BAFU, Sektion Boden)
Samuel Vogel (Bundesamt für Landwirtschaft)
Fabio Wegmann (BAFU, Sektion Boden)

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Freigabe BAFU: Mai 2017

Inhalt

Zusammenfassung	I
1 Einleitung	1
2 Zum Projekt	2
2.1 Projektziele.....	2
2.2 Projektorganisation.....	2
2.3 Vorgehen.....	3
3 Ausgangslage: Ist-Analyse.....	4
3.1 Bedrohungen des Bodens	5
3.2 Vorhandene Bodendaten	5
3.3 Experteninterviews zur Ausgangslage.....	9
3.4 Bedarf.....	9
3.5 Digitale Bodenkartierung	11
3.6 Unterschiedliche Bodenfunktionen	11
4 Soll-Bestimmungen	14
4.1 Ziele des Bodeninformationssystems.....	14
4.2 Nutzergruppen und -bedürfnisse	16
4.3 Genauigkeit	20
4.4 Spezifische Inputdaten	20
4.5 Datenharmonisierung.....	22
4.6 Verifikation alter Bodendaten	22
4.7 Datenmodell	23
4.8 Datenstruktur	23
4.9 Datenverfügbarkeit.....	24
5 Konzept Bodeninformationssystem	25
5.1 Konzeptioneller Vorschlag für ein umfassendes Bodeninformationssystem	25
5.2 Integration der bestehenden Bodendaten	28
5.3 Systemgrenze: Wasserhaushalts-BIS vs. umfassendes BIS	29
5.4 Erfassung neuer Bodendaten.....	30
5.5 Erhebung von Bodenflächendaten.....	33
5.6 Etappierung	33
5.7 Projekthandbuch	38
5.8 Pilotprojekte	38
6 Trägerschaft eines Bodeninformationssystems	42
6.1 Organisationsmodell	42
6.2 Überlegungen zum Mittelbedarf von flächendeckenden Bodeninformationen.....	44

6.3	Sensitivität	45
6.4	Finanzierung	47
7	Konzeptionelle Vorphase - Handlungsempfehlungen.....	48
7.1	Einbettung des BIS	48
7.2	Vertiefung mit Stakeholder-Dialog	48
7.3	Skizze eines Pilotprojektes Gebirge	49
8	Literaturverzeichnis	52
Anhang	54
	Anhang 1: Interviewleitfaden Experteninterviews	54
	Anhang 2: Auswertung Experteninterviews.....	57
	Anhang 3: Bedürfnisabklärung Bodeninformation: Wichtigste Ergebnisse	60
	Anhang 4: Teilnehmende und Agenda Experten-Workshop	66
	Anhang 5: Begleitgruppe Projekt KOBİ.....	68
	Anhang 6: Detailliste Parameter (Wasserhaushalt und umfassend).....	69

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Projektorganisation	2
Abb. 2:	Varianten für ein BIS und Konzeptvorschlag (blaue Pfeile)	25
Abb. 3:	Umfang der Wald- und Landwirtschaftsfläche pro Produktionszone.....	34
Abb. 4:	Etappierung nach Gebieten	35
Abb. 5:	Möglicher Aufbau der Organisation Bodeninformationssystem.....	42

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Vorhandene Bodendaten - Vorinvestitionen und Vergleich von Produkten in Bezug auf Kosten, Adressaten, Priorisierungen, Nutzen und Methoden	7
Tab. 2:	Konzeptionelle Übersicht: Nutzer, Ansprüche und Nutzen.....	18
Tab. 3:	konzeptioneller Aufbau eines BIS in drei Phasen	27
Tab. 4:	Neu oder detaillierter aufzunehmende Bodenparameter	31
Tab. 5:	Prioritäten für die gebietsweise Etappierung	36
Tab. 6:	Vor- und Nachteile der verschiedenen Organisationsvarianten	43
Tab. 7:	Vergleich der Grundannahmen für flächendeckende Bodeninformationen	46
Tab. 8:	Vorschlag zur Durchführung des Pilotprojekts Gebirge	50
Tab. 9:	Wichtigste generelle Aussagen zur Bedürfnisabklärung	61

Wo in diesem Bericht für Personen die männliche oder weibliche Form verwendet wird, ist sinngemäss jeweils auch die andere Form gemeint.

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren zeichnet sich unter gesamtschweizerischen Boden-Nutzern in einem breiten Anwender-Spektrum ein Bedarf für flächendeckend einheitliche Bodeninformation ab. In Fachkreisen besteht ein Konsens darüber, dass die existierenden Grundlagen und Instrumente den Herausforderungen und Ansprüchen zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource Boden nicht genügen. Dieser Bericht stellt einen Fachinput zu einem Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem (KOBİ) dar. Er beinhaltet eine Auslegeordnung zentraler Fragestellungen sowie konzeptionelle und organisatorische Vorschläge.

Ziel dieses Projekts war es, ein Konzept für die Schaffung eines flächendeckenden Bodeninformationssystems (KOBİ) für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt zu erstellen und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie dieses zu einem umfassenden Bodeninformationssystem (BIS) ausgebaut werden kann. Die Entwicklung des Konzepts erfolgte unter Mitwirkung verschiedenster Experten, die mittels einer Umfrage und im Rahmen von Workshops konsultiert wurden. Für ergänzende, spezifische Fragestellungen wurden die Experten gezielt hinzugezogen. Deren Fachkompetenzen waren für die Ausgestaltung und die Plausibilisierung des Konzepts von grosser Bedeutung.

Das Konzept wurde auf Basis eines detaillierten Soll-Ist-Vergleichs entwickelt. Die Ist-Analyse greift die aktuellen Bedrohungen des Bodens, die vorhandenen Bodendaten, den Bedarf sowie die Entwicklungen in der digitalen Bodenkartierung auf. Die Soll-Bestimmungen richten sich an den Nutzerbedürfnissen aus, die einerseits vom Autorenteam und andererseits von der Beratungsgemeinschaft AMBIO GmbH detailliert erhoben wurden. Die Erkenntnisse beider Teams sind in diesen Bericht eingeflossen. Daraus abgeleitet ergaben sich die technischen Bestimmungen wie der zu verwendende Massstab (1:5'000), die spezifischen Inputdaten sowie das Vorgehen zur Erhebung neuer und die Integration bereits bestehender Bodendaten.

Es wird vorgeschlagen, sämtliche in der Schweiz bestehenden Bodendaten zu harmonisieren, zu verifizieren und in das BIS zu integrieren. Damit werden die bisherigen Investitionen in Bodendaten, die ungefähr das halbe Mittelland abdecken, gesichert. Des Weiteren soll von Beginn an ein umfassendes Bodeninformationssystem angestrebt werden. Der Zusatzaufwand für ein umfassendes BIS ist im Vergleich zu einem Wasserhaushalts-BIS marginal.

Das Autorenteam schlägt ein pragmatisches, das heisst realisier- und finanzierbares Konzept vor. Dessen Umsetzung soll schrittweise erfolgen. Ausserdem muss das Konzept der bodenkundlichen Gemeinschaft eine Entwicklungsmöglichkeit bieten, damit die anstehenden Aufgaben überhaupt bewältigt werden können. Anstrengungen in den Aufbau der erforderlichen Kapazitäten und Kompetenzen sind unerlässlich. Bezüglich der etappierten Umsetzung wurden verschiedene Vorgehensweisen geprüft. Eine gebietsweise Etappierung wird favorisiert. Sie bringt in absehbarer Zeit für das bearbeitete Gebiet zuverlässige Bodendaten hervor, die den bewährten und von den Nutzern gewünschten Standards entsprechen. Die vorgeschlagene räumliche Etappierung der Umsetzung orientiert sich an den Gebieten mit starkem Siedlungsdruck oder hohem Trockenheitsrisiko sowie an den landwirtschaftlichen Produktionszonen (Talzone, Hügelzone, Bergzone I-IV, Sömmerungsgebiet). Erste Priorität haben einerseits jene Gebiete, in denen die fruchtbarsten und die für eine vielseitige Nutzung am besten geeigneten Böden liegen, deren Schutz und Erhaltung aber auf gegenteilige Inte-

ressen von Wirtschaft und Politik stossen, und andererseits Gebiete mit hohem Trockenheitsrisiko.

Das Erarbeiten des BIS ist prozessorientiert und langfristig als eigentliches Generationenprojekt angelegt. Dennoch soll es auch kurzfristig bereits greifbare Resultate generieren, um Glaubwürdigkeit und öffentliche Sichtbarkeit herzustellen sowie einen Impuls für die bodenkundliche Gemeinschaft zu setzen. Ein Projekt mit diesen Ausmassen bietet die Chance, die bestehenden Methoden zur Bodenkartierung weiter zu verbessern und zu standardisieren. Zur Sicherung einer effizienten und zielgerichteten Abwicklung werden verschiedene Pilotprojekte erforderlich sein. Der konzeptionelle Aufbau des Bodeninformationssystems soll in zwei Hauptphasen erfolgen, zu denen eine konzeptionelle Phase vorgeschaltet wird. Diese dient einerseits dazu, drängende offene methodische und inhaltliche Fragen insbesondere für die Datenerhebung im Gebirge zu beantworten und andererseits die Bedürfnisse und Prioritäten der Nutzer- und Anspruchsgruppen zu präzisieren, um darauf auch Kosten- und Finanzierungsfragen eingrenzen zu können.

Phase	Beschreibung der Phase	Schwerpunkt: Pilotprojekte	Zeitbedarf (Jahre)
konzeptionelle Vorphase	Klärung dringlicher Fragen (Methoden, Inhalt, Nutzerbedürfnisse, Prioritäten, Kosten, vgl. Kap. 7), Vertiefung des Dialogs mit Anspruchsgruppen Erstellung eines Projekthandbuchs (vgl. Kap. 5.7); Definition Perimeter, methodische Grundlage Definition Parameter	Pilotprojekt 1 Gebirge: Überprüfung Erhebungsmethodik in grösseren, gebirgigen Perimetern, Erkenntnisgewinne über das Gebirge hinaus (vgl. Kap. 5.8.1 und 7.3) Grundlage für eine präzisere Kostenprognose Pilotprojekt 2 Datensatz: Überprüfung Parameter (vgl. Kap. 5.8.2) Pilotprojekt 3 Analytik: neue Methoden (vgl. Kap. 5.8.3)	ca. 3
1	Bearbeitung Prioritätsgebiet E1 (Gebiete mit starkem Siedlungsdruck oder Trockenheitsrisiken), Stossrichtungen zur Kompetenz- und Kapazitätsbildung, vgl. Kap. 5.6.1 Datenintegration und Harmonisierung, vgl. Kap. 5.2	Pilotprojekt 4 Verifikation bestehende Bodendaten (vgl. Kap. 5.8.4)	ca. 3-5 ca. 1
2	Bearbeitung der Prioritätsgebiete E2 bis E4, vgl. Kap. 5.6.1 Landwirtschafts- und Waldflächen in der <ul style="list-style-type: none"> ▪ Restlichen Talzone (E2) ▪ Restlichen Hügelzone und in den Bergzonen I-IV (E3) ▪ sowie im Sömmerungsgebiet (E4) 		ca. 10-20

Die Phase 1 widmet sich der Erhebung der Bodendaten in den Gebieten mit starkem Siedlungsdruck oder grossem Trockenheitsrisiko sowie der Integration der bestehenden Bodendaten in das BIS (ca. drei bis fünf Jahre). Die Auslösung der Phase 1 ist nicht auf den Abschluss des Pilotprojektes 1 (Gebirge) angewiesen, da die Erfassungsmethoden für die Böden in der Talzone weitestgehend bekannt sind. Hingegen sollen die Parameter (Pilotprojekt 2), die Analytik (Pilotprojekt 3) und der Bedarf für Messungen vorgängig einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

Die Erfassung der Bodendaten in den restlichen Gebieten in Phase 2 dürfte unter den heutigen Annahmen, dass die Kapazitäten vervielfacht werden, 10 bis 20 Jahre in Anspruch nehmen. Für das Gesamtvorhaben ist also insgesamt mit einem Erstellungszeitraum von ca. 30 Jahren zu rechnen.

Die Kosten für dieses Unterfangen können mit den aktuell verfügbaren Daten nicht verlässlich geschätzt werden. Skaleneffekte oder die technologische Entwicklung sind mit Effizienzsteigerungen verbunden, die heute kaum abgeschätzt werden können, aber für eine Kostenabschätzung mitberücksichtigt werden müssten.

1 Einleitung

Seit einigen Jahren zeichnet sich unter gesamtschweizerischen Akteuren im Bodenschutz ein Bedarf für flächendeckend einheitliche Bodeninformationen ab. Neben den natürlich und zivilisatorisch bedingten Veränderungen des Bodens sind, ausgelöst durch den Klimawandel, weitere Bodenveränderungen zu erwarten. Um die konkreten Risiken im Laufe der Zeit abzuschätzen und die Nutzung und den Schutz des Bodens den Ansprüchen der Gesellschaft anzupassen, sind Kenntnisse der Bodeneigenschaften unerlässlich. Die existierenden Instrumente und Grundlagen vermögen den bodenkundlichen Herausforderungen und Ansprüchen nicht zu genügen.

Die Situation im Bereich Bodeninformationen bewegt auch die Politik und hat zu parlamentarischen Vorstössen geführt. Mit einem Postulat (10.3533) verlangte Nationalrat Hansjörg Walter 2010 einen Bericht zu einer „nachhaltigen Wasserstrategie aus Sicht der verschiedenen Nutzergruppen“. Dieser Bericht wurde vom Bundesrat im Oktober 2012 verabschiedet. Er stellt unter anderem fest, dass die Schweiz über keine flächendeckenden Bodeninformationen verfügt. Der Bundesrat hat in der Folge das UVEK mit Beschluss vom 14.11.2012 beauftragt, ein Konzept für die Realisierung eines Bodeninformationssystems samt Finanzierungsmöglichkeiten zu erstellen.

Der hier vorliegende Bericht stellt einen Fachinput zu einem Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem (KOBİ) dar. Er beinhaltet eine Auslegeordnung zentraler Fragestellungen sowie konzeptionelle und organisatorische Vorschläge. Das BAFU hat ergänzend zwei weitere Projekte in Auftrag gegeben: das Projekt „Bedürfnisabklärungen Bodeninformationen“ (AMBIO GmbH 2017) sowie das Projekt „Evaluation Bodenfeuchtemessnetze“ (Meteotest 2016).

Auf Basis des vorliegenden Berichts wird eine konzeptionelle Vertiefungsarbeit folgen. Die Beantwortung des obgenannten Postulats wird schliesslich im Rahmen der Arbeiten zur Klimaanpassungsstrategie erfolgen.

Fast parallel haben National- und Ständerat eine Motion (12.4230) von Nationalrat Stefan Müller-Altermatt gutgeheissen, welche die Schaffung eines Bodenkompetenzzentrums vorschlägt. Dieses soll sowohl quantitative als auch qualitative Bodeninformationen verwalten und zudem Standards zur Datenerhebung und zur Interpretation verbindlich festsetzen und aktualisieren. Die konzeptionellen Arbeiten für diese organisatorische Aufgabe wurden seitens BAFU aufgenommen. Es stellen sich dabei ähnliche Fragestellungen wie für das KOBİ. Die Arbeiten werden deshalb koordiniert.

Das Wissen über die Schweizer Böden ist heute auf viele institutionelle Akteure und Experten verteilt. Für die Schaffung eines umfassenden Bodeninformationssystems (BIS) stellt dies eine grosse Herausforderung dar: das vorhandene Know-how muss gebündelt werden. Das BAFU hat deshalb ein Vorgehen gewählt, welches die Fachkräfte bereits frühzeitig einbindet.

2 Zum Projekt

2.1 Projektziele

Ziel des Projektes war es, ein Konzept für die Schaffung eines flächendeckenden Bodeninformationssystems¹ (KOBIS) für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt zu erstellen und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie dieses zu einem umfassenden Bodeninformationssystem (BIS) ausgebaut werden kann. Im vorliegenden Konzept wird dargestellt, welche Angaben für die Erstellung eines solchen Systems nötig sind und wie sie erhoben werden können. Angestrebt wird ein flächendeckendes Bodeninformationssystem, das landwirtschaftlich genutzte Böden, aber auch nicht bewirtschaftete Böden und Waldböden umfasst.

Das Konzept beschreibt das Vorgehen für die Realisierung eines flächendeckenden BIS und liefert Entscheidungsgrundlagen für den Bundesrat, wie er die begrenzten finanziellen Ressourcen einsetzen kann. Erforderlich sind insbesondere Vorschläge:

- a) zu Grundlagendaten und Erhebung,
- b) für eine Priorisierung zur schrittweisen Erarbeitung eines flächendeckenden BIS,
- c) zur Umsetzung des Konzepts,
- d) zur Erweiterung zu einem umfassenden Bodeninformationssystem sowie
- e) zu Finanzierungsmöglichkeiten.

2.2 Projektorganisation

Das Projekt wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Sektion Boden erarbeitet. Ausgeführt wurde es durch ein Kernteam, welches durch Guido Cavelti / Tobias Hurst (BHP – Brugger und Partner AG) geleitet wurde. Die fachlichen Arbeiten lagen weitestgehend bei Martin Zürner (myx GmbH) und Marco Carizzoni (BABU GmbH).

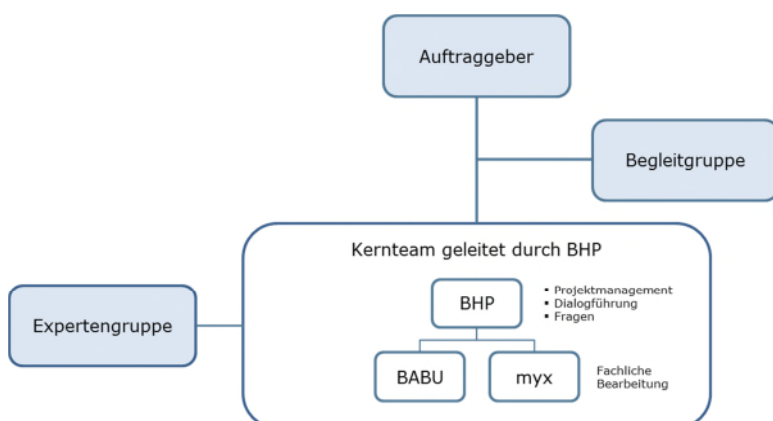


Abb. 1: Projektorganisation

Quelle: Projektteam KOBIS

¹ Ein Bodeninformationssystem zum Thema Wasserhaushalt ist ein Geoinformationssystem, das genau verortete bodenkundliche Daten und Daten des Bodenwasserhaushalts enthält.

2.3 Vorgehen

In der Schweiz ist umfangreiches Know-how in verschiedensten Bereichen, die für ein Bodeninformationssystem wesentlich sind, vorhanden. Dieses ist aber auf eine grosse Anzahl Spezialisten-(Teams) in Forschungsanstalten, Verwaltungen der Kantone und des Bundes, auf Hochschulinstitute und privatwirtschaftliche Unternehmungen verteilt. Schwergewichte im Bereich der Bodeninformation sind auf Bundesebene einerseits die Servicestelle NABO-DAT, welche die Bodendaten von Bund und Kantonen zusammenführt, sowie die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), die über eine grosse Datenbank von Waldbodenprofilen verfügt. Daneben verfügen einzelne Kantone ebenfalls über umfangreiche Bodendaten aus den in den vergangenen Jahrzehnten durchgeführten Kartierungen sowie durch die Errichtung von Bodenfeuchtemessnetzen.

Die Erarbeitung eines solchen Konzeptes erfordert daher den Einbezug von sehr vielschichtigem Fach- und Erfahrungswissen, womit die neusten Erkenntnisse aus Forschung und Methodenentwicklung einfließen können. Für spezifische Fragestellungen wurden Experten hinzugezogen. Deren Fachkompetenzen waren für die Ausgestaltung bzw. die Plausibilisierung des Konzeptes von grosser Bedeutung.

Konkret wurden in einem ersten Schritt ausgewählte Experten (vgl. Anhang 2) zum Gebrauch von Daten mit Ortsbezug sowie zu den tatsächlich verwendeten Datensätzen befragt. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden in einem zweiten Schritt in einem Experten-Workshop diskutiert (vgl. Anhang 4). Dieser Workshop diente einerseits dazu, das Projekt allen Experten näher zu bringen und die Zwischenergebnisse aus den Experteninterviews kritisch zu reflektieren. In einem weiteren Schritt wurden mit den Experten wichtigste Fragen hinsichtlich der Zielvorstellungen und der Systemgrenzen eines schweizweiten Bodeninformationssystems besprochen. Am Rande wurde auch auf die zu favorisierenden Methoden zur Erhebung der Bodendaten eingegangen.

Basierend auf den Ergebnissen der Befragung und der Workshop-Diskussion wurde ein erster Zwischenbericht zuhanden der Begleitgruppe entworfen. Die erste Begleitgruppensitzung fand am 4. November 2015 statt.

Auf Basis dieser konsolidierten Ausgangslage und unter Mitwirkung von weiteren Experten aus Hydrologie, Geologie, Agronomie, Klimawissenschaften und Fernerkundung (vgl. Anhang 4) sowie in Absprache mit den parallel laufenden Projekten „Bedürfnisabklärung Bodeninformation“ und „Evaluation Bodenfeuchtemessnetze“ wurde ein Schlussberichtsentwurf erstellt. Dieser wurde in einer zweiten Begleitgruppensitzung vom 6. Juni 2016 besprochen. Aufgrund der Diskussionsergebnisse wurde der Bericht überarbeitet und ergänzt.

3 Ausgangslage: Ist-Analyse

Der Natur- und Kulturraum der Schweiz setzt sich – bodenkundlich gesehen – aus einem Mosaik von Bodentypen mit unterschiedlichen Eigenschaften zusammen. Gründe dafür sind unterschiedliche Ausgangsmaterialien zur Bodenbildung, die weitverbreitete und teilweise kleinräumige Heterogenität des Reliefs in unterschiedlichen Höhenlagen sowie der Einfluss menschlicher Tätigkeiten seit Beginn der Besiedlung. Die kleinräumige Abfolge unterschiedlicher Bodeneigenschaften, häufig im Parzellenbereich, führt dazu, dass beispielsweise der Wasserhaushalt grösserer Gebiete nicht mit einfachen Annahmen oder groben Angaben zur Bodenbeschaffenheit erfasst oder abgeschätzt werden kann. Aktuell fehlen für grosse Teile der Schweiz ausreichend detaillierte Bodeninformationen, um solche (und andere) Fragen in der nötigen Genauigkeit beantworten zu können.

Die Sicherung und der Schutz des Bodens als Lebensgrundlage bedingen, dass neben der Minimierung des Flächenverbrauchs auch die unterschiedlichen Leistungen der Böden bei Planungen adäquat berücksichtigt werden. Durch das Aufzeigen von Funktionen, Gefährdungen und Potentialen der Böden werden wichtige Planungsinstrumente geschaffen, um die bodenökologischen Gegebenheiten, vor allem in grossräumigen Planungen, besser berücksichtigen zu können. Als positiver Nebeneffekt lässt sich dadurch auch die Relevanz des Themas „Boden“ einer breiten Öffentlichkeit besser vermitteln.

Die Erhebung von Bodendaten wird von Grundeigentümern zuweilen als unnötig angesehen, weil der Boden ihr Privateigentum ist und sie in eigener Verantwortung und im eigenen Interesse alles tun, um intakte Böden zu erhalten. Dieser sorgsame Umgang mit dem Boden ist loblich. Trotzdem sind Bodendaten nötig und wichtig, weil diese zum einen den Bewirtschaftern dienen können, ihre Aktivitäten, die sich stets weiter entwickeln, gezielt nach Nachhaltigkeitsprinzipien zu optimieren. Zum anderen gehen z.B. bei einer Handänderung wichtige Erfahrungs-Bodeninformationen verloren. Bodendaten dienen also auch den Eigentümern und Bewirtschaftern – wenn nicht denen von heute, dann denen von morgen.

An Bodendaten besteht ein erhebliches öffentliches Interesse: Der Boden ist eine unserer natürlichen Lebensgrundlagen (Art.1 USG); er ist ein öffentliches Gut wie Wasser und Luft. Der Boden ist ein offenes System und gleichsam die feine Haut der Erde. Er ist mitverantwortlich für die Qualität unserer Gewässer und unserer Luft. Deshalb ist die Qualität des Bodens und ihre Erhaltung oder Verbesserung von öffentlichem Interesse, sei er nun im Besitz der Allgemeinheit oder in Privatbesitz. Die Öffentlichkeit hat somit das Recht – wenn nicht gar die Pflicht – die Beschaffenheit des Bodens zu kennen. Die Grundeigentümer und Bewirtschafter stehen gemeinsam mit der öffentlichen Hand in der Pflicht, die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten. Dazu braucht es Bodendaten.

Der Klimawandel und unsere Volkswirtschaft verlangen, wie dies im Postulat Walter zum Ausdruck kommt, einen sorgsamen Umgang mit der Ressource Wasser – nicht zuletzt durch die Landwirtschaft – und damit eine Interessenabwägung zwischen Schutz- und Nutzungsinteressen. Bodendaten ermöglichen eine faire und angemessene Interessenabwägung, indem sie zum Beispiel aufzeigen, welche Flächen effizient bewässert werden können oder auf welchen Flächen eine Bewässerung unnötig oder unverhältnismässig ist.

3.1 Bedrohungen des Bodens

Die Schweiz gehört weltweit zu den Gebieten mit den fruchtbarsten Böden überhaupt. Unsere Böden besitzen somit einen besonderen Wert, auch im globalen Vergleich. Da sich Böden, die in mehreren tausend Jahren entstanden sind und Lebensräume bilden, nicht einfach von Menschenhand herstellen lassen, ist es wichtig, sie vorsorglich vor nachteiligen Veränderungen zu schützen. Die Liste von bekannten nachteiligen Veränderungen ist lang:

- Bodenverlust durch Überbauung, Zersiedelung, Schutz vor Naturgefahren etc.,
- Bodenverlust durch Erosion,
- Bodenverlust durch Rutschungen und Murgänge,
- Bodenverlust durch Degradation der organischen Substanz und/oder des Bodengefüges,
- Bodenverdichtung,
- Anreicherung von Schadstoffen aller Art und Herkunft,
- Bodenversauerung,
- Bodenversalzung (in der Schweiz derzeit nur sehr lokal).

Es wird erwartet, dass der Klimawandel neben den oben genannten natürlichen und zivilisatorisch bedingten Veränderungen des Bodens weitere Bodenveränderungen auslöst (z.B. starke Zunahme des Erosionsrisikos) oder bestehende verstärkt. Um die konkreten Risiken im Laufe der Zeit abzuschätzen und die Nutzung und den Schutz des Bodens den Ansprüchen der Gesellschaft anzupassen, sind (flächendeckende) Kenntnisse der Bodeneigenschaften unerlässlich.

Das Schweizer Mittelland mit seinen fruchtbaren Böden ist dicht besiedelt und der Flächenbedarf für Siedlungen und Infrastrukturbauten ist gross. Solche Gebiete mit hohem Siedlungsdruck, in denen die fruchtbarsten und die für eine vielseitige Nutzung am besten geeigneten Böden liegen, deren Schutz und Erhaltung aber auf gegenteilige Interessen von Wirtschaft und Politik stösst, sollen eine besondere Beachtung erfahren.

3.2 Vorhandene Bodendaten

Auf Bundesebene existiert die Bodeneignungskarte 1:200'000 aus dem Jahre 1975 (BEK200) – und einige Kartenblätter im Massstab 1:25'000. Einen Überblick zu den vorhandenen Bodendaten für landwirtschaftlich genutzte Böden geben Grob et al. (2015) und BGS (2014). Siehe dazu die nachfolgende Tab. 1. Für Flächendaten ist bei der Servicestelle NA-BODAT ein nationaler Metadatenkatalog in Vorbereitung. Für Waldstandorte verfügt die WSL über eine eigene Datenbank mit über 1000 Bodenprofilen im Wald. Da der Boden ein vielfältiges Forschungsobjekt ist, verfügen Hochschulen und Fachhochschulen ebenfalls über verschiedene Bodeninformationen. Die meisten Bodendaten befinden sich aber im Besitz der Kantone. Eine Handvoll Kantone liess in den letzten Jahrzehnten ihre Böden kartieren, vor allem im Kulturland (siehe Bodenkartierung Schweiz 2014).

Die Erhebung von Bodendaten (Punktinformationen und Flächendaten) ist kostenaufwändig. Deshalb ist es geboten, die bestehenden Bodeninformationen bestmöglich für ein gesamtschweizerisches Bodeninformationssystem zu nutzen. Wer sich mit der Entwicklung eines

Bodeninformationssystemen befasst, kommt deshalb nicht darum herum, sich mit den bereits bestehenden Bodeninformationssystemen zu befassen. So verfügen Bund, Kantone und evtl. Forschungsinstitutionen über verschiedene Informationssysteme mit jeweils eigenen Stärken und Schwächen. Es gilt, mitunter die sehr unterschiedlich gearteten Daten von Punkten, Flächen, Schätzungen und Analysen mit ihrer dritten Dimension (Tiefe) so zu erfassen und zu verwalten, dass sie für die Anwender einfach verfügbar und verständlich sind. In dieser Hinsicht wurde bereits einiges erreicht. Diejenigen Kantone, welche seit den 90er Jahren die kantonale BODAT Datenbank benutzen, haben mittlerweile auf NABODAT migriert. In den kommenden Jahren werden dem NABODAT-Verbund voraussichtlich weitere Kantone beitreten und ihre kantonalen Bodendaten mit dem web-basierten Bodeninformationssystem NABODAT verwalten.

Die vorhandenen Bodendaten – insbesondere flächenbezogene – konzentrieren sich auf einzelne Kantone im Schweizer Mittelland oder auf Talsohlen von Gebirgskantonen. Diese Tatsache ist historisch bedingt, da die Bodenkartierung bis vor kurzem einen ausschliesslich agrarpedologischen Fokus hatte und sich grossmehrerheitlich für intensiv und vielseitig bewirtschaftbare Böden interessierte. Die heute üblichen Methoden zur Erfassung von flächenbezogenen Bodeneigenschaften („Bodenkartierung“) sind vorwiegend im Mittelland entwickelt und verfeinert worden. Ihre Anwendbarkeit für Bergregionen ist unsicher und muss auf diese Böden angepasst werden.

Tab. 1: Vorhandene Bodendaten - Vorinvestitionen und Vergleich von Produkten in Bezug auf Kosten, Adressaten, Priorisierungen, Nutzen und Methoden

Quelle: AMBIO GmbH 2007, Tab. 12

Produkte, Auftraggeber	Vorinvestitionen Kosten [SFr]	Zeithorizont (zur Realisierung der Produkte)	Adressat(en)	Priorisierung	(Daten-)Potenzial / Nutzen	Methode
Landw. Eignungskarte 1:200'000	Nicht bekannt	abgeschlossen	Landwirtschaft			Vorläufer der BEK200 von 1975
BEK 200 Bodeneignungskarte M 1:200'000 in 4 Blättern	3 – 4 Mio *2	liegt seit 1980 vor	Übergeordnete Raumplanung	Landesebene, Überblick	Bietet / bot nur groben flächendeckenden Bodendaten-Überblick	Ist stark auf Geologie, Klima, Höhenlage, Exposition ausgerichtet (nutzungsorientiert) und ist keine eigentliche Bodenkarte
FAL-Karten 1:25'000	20 Mio *2	13 Blätter liegen vor	Kant. Raumplanung Landw. Beratung	Nach Einstellung des Bodenkartierdienstes FAL nicht weitergeführt	historische Bodendaten/Flächendaten vermehrt nutzen. wichtige Vorinvestitionen in zweistelliger Mio-Höhe.	Anwendungs- und nutzerorientiert (für Übersichtskarten)
FAL-Karten *1 1:1'000 bis 1:10'000	30 Mio *2	liegen vor (ca. 340 Kartenwerke)	Landwirtschaft und Melioration: Wasserhaushalt, Beratung, Eignung, Risikokarten	--	alte' Bodendaten/Flächendaten vermehrt nutzen wichtige Vorinvestitionen in zweistelliger Mio-Höhe	Anwendungs- und nutzerorientiert Erarbeitet seit Beginn der Boden-Kartierung in der Schweiz
Detail-Bodenkartierung Kartierungsmethode	ca. Fr. 400.-/ha	Abhängig von dem zur Verfügung st-	Landwirtschaft, Forstwirtschaft: Betriebliche Planung, standortge-	ausgewiesen (siehe Interviews)/	,moderne' Anwendungskarten seit 20 Jahren	Moderne Methode seit 20 Jahren erprobt und weiterentwickelt zu FAL+, inkl. diverser

Produkte, Auftraggeber	Vorinvestitionen Kosten [SFr]	Zeithorizont (zur Realisierung der Produkte)	Adressat(en)	Priorisierung	(Daten-)Potenzial / Nutzen	Methode
FAL+ M 1:5'000		henden Kreditrahmen	rechte Bewirtschaftung	meist hoch bis sehr hoch		Anwendungskarten (functional soil maps) aus Attributen und PTF abgeleitet
Modellierte Bodenkarten von Bodeneigenschaften (NFP 68, PMSoil)	(noch) keine Angaben	(noch) keine Angaben	Übergeordnete Behörden, nationale Gremien	nicht bekannt	ist (noch) nicht klar ersichtlich; wohl am ehesten auf überregionaler /nationaler Ebene aussagekräftig	muss noch transparent gemacht werden, v.a. bezüglich der Methodik und der Kostenfolgen.
Bodenfunktionskarten	keine Angaben	keine Angaben	In erster Linie Raumplanung, sonst unklar	Siedlungsrandgebiete?	Mit grosser Wahrscheinlichkeit für weitere Zwecke nicht operationalisierbar. Haben Metadaten-Charakter. Für die meisten Nutzerkategorien wenig interessant, da zu kleine räumliche und inhaltliche Auflösung	Unbekannt, welcher der 16 verschiedenen Methoden aus Deutschland im NFP 68 gefolgt wurde. Evtl. Eigenentwicklung?
Bodenfeuchte-Messnetze, im Verbund mit Bodendaten	ausgewiesen in Form von effektiven Zahlen	s. Bericht Meteotest 2016	Bodenschutz, Landwirtschaft, Forstwirtschaft. Hydrologie	s. Bericht Meteotest 2016	Vorinvestitionen getätigt für zukünftige Lösungsansätze im Zusammenhang mit der Trockenzeit-Problematik	Verschiedene Evaluationen sind erfolgt (Bericht Meteotest), noch keine Entscheidungen gefällt).

*1 : inkl. BL, ZH, und VD (dort über 100'000 ha Landwirtschaft + Wald kartiert nach FAL-Methode im M 1: 10'000)

*2 : Kostenschätzung, aufgerechnet auf heutige Gestehungskosten

3.3 Experteninterviews zur Ausgangslage

Um einen detaillierteren Überblick über die Ausgangslage für ein BIS zu erhalten, wurden Experteninterviews durchgeführt. Der dazu verwendete Fragebogen, eine Liste der befragten Expertinnen und Experten sowie eine ausführlichere Zusammenfassung der Ergebnisse finden sich in den Anhängen 1 und 2.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Daten kantonaler Bodenkartierungen im Massstab 1:5'000, wo vorhanden, breite Anwendung finden und für die meisten Fragestellungen in den jeweiligen Kantonen zurzeit ausreichend sind. Wo kantonale Bodenkarten fehlen, kommt – faute de mieux – häufig die Bodeneignungskarte (BEK200) zum Einsatz; dabei besteht die Gefahr, dass die BEK200 überinterpretiert wird. Die Verfügbarkeit von Flächen-daten wird insgesamt als ungenügend und im Fall der BEK200 als zu wenig aussagekräftig erachtet.

Die von den befragten Experten erhobenen Daten (i.d.R. Punktdaten) sind sehr unterschiedlicher Natur und eignen sich möglicherweise für die Integration in ein Bodeninformationssystem. Voraussetzung ist, dass sie sich entsprechend harmonisieren lassen. Vorgängig einer Übertragung dieser Daten sind deshalb genauere Abklärungen zu den eingesetzten Methoden vorzunehmen. Ebenfalls ist zu prüfen, ob auch in weiteren Institutionen (z.B. Hochschulen, Forschungsanstalten) Bodenpunktdaten existieren, die in einem BIS erfasst werden können.

3.4 Bedarf

Seit einigen Jahren zeichnet sich unter gesamtschweizerischen Boden-Nutzern in einem breiten Anwender-Spektrum ein Bedarf für flächendeckend einheitliche Bodeninformation ab. Hauptakteure in diesem Zusammenhang sind einzelne Kantone, das BAFU, zusammen mit den Forschungsanstalten Agroscope und WSL, sowie die bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS). Auf die Initiative von BAFU und BGS gehen Dokumente zurück, die zusammen ein gutes Bild über den aktuellen Stand der Bodeninformation in der Schweiz geben. Genannt seien zum Beispiel der Schlussbericht zur Bodeninformation Schweiz (BI-CH) von 2003, das Brainstorming Zukunft Bodeninformation Schweiz von 2012 oder der Bericht „Bodenkartierung Schweiz – Entwicklung und Ausblick“ von 2014².

Diese Dokumente verdeutlichen, dass es flächendeckende Bodeninformationen für verschiedenste Anwendungen braucht und dass methodische Weiterentwicklungen notwendig sind, um Bodendaten leichter verfügbar und besser vergleichbar zu machen. Die Bedürfnis-abklärung zu Bodeninformationen (AMBIO GmbH 2017, S. 45-49) kommt zu folgenden Schlüssen³:

- Bodeninformationen sind für fast alle mit Boden verbundenen Forschungs- und Arbeitsgebiete wichtig und notwendig.
- Grundsätzlich sind in fast allen angesprochenen Fachbereichen Detailinformationen mit einer räumlichen und inhaltlichen Auflösung auf Parzellenebene gefragt.

² Die detaillierten Angaben zu den genannten und weiteren Dokumenten finden sich im Literaturverzeichnis.

³ weitere Details zu dieser Studie finden sich im Anhang 3.

- Daten müssen, wenn schon erhoben, flächendeckend vorliegen. Es gibt nur wenige Ausnahmen zu diesem Anspruch.
- Wichtigste Bodenattribute sind die pflanzennutzbare Gründigkeit, die Bodenmächtigkeit und die Wasserhaushaltsgruppen. Dazu auch Angaben zur Bodenart im Oberboden und Unterboden.
- Die Hydrologie verlangt zudem nach Angaben zur Porosität, im speziellen zur Makroporosität des Bodens.
- Mehrfach bemängelt wird das weitgehende Fehlen von Angaben zum Boden als Lebensraum und damit auch zu dessen Beitrag zur Biodiversität.
- Modellansätze für die Gewinnung von Bodenflächendaten sind in der Praxis noch weitgehend unbekannt. Praktiker glauben (zumindest bis heute) noch nicht daran, dass die Gewinnung von verlässlichen Detailbodendaten durch Modellierung geleistet werden kann.
- ‚Bodenfunktionen‘ sind für die Interviewten begrifflich unklar, sie liegen auf einer Meta-Ebene und werden von den meisten Befragten –ausgenommen als Informationsquelle - in deren spezifischen Arbeitsbereichen als nicht relevant bezeichnet.
- Im Berggebiet erschwert die kleinräumige grosse Heterogenität der Böden die Erfassung von Boden-Informationen. Die Daten-Erfassung ist aufwendig und verlangt nach einer „alpin“ ausgerichteten Methodik.
- Waldböden sind ebenso wichtig wie Landwirtschaftsböden. Auch sie sind zu kartieren. Gerade im Zusammenhang mit den sich anbahnenden Klimaveränderungen kommt bezüglich forstwirtschaftlicher Entscheidungsprozesse dem Boden eine zentrale Rolle zu.
- Im Schutzwald steht heute der Schutz vor Rutschungen im Vordergrund, in geringerem Masse auch vor Lawinen und Steinschlag. Es geht also um Materialeintrag, resp. um sogenannte gerinne-relevante Prozesse. In den Mittelland-Kantonen erfolgt die Kartierung der Waldböden, wenn überhaupt, gemäss der FAL-Kartiermethode+.
- Es herrscht oft die Auffassung vor, die Erhebung von Bodendaten sei kostenintensiv und „zu teuer“.
- Den Kosten für die Gewinnung von Bodendaten sind die Leistungen gegenüber zu stellen.
- Die Datenverfügbarkeit und der Datenzugang zu den Bodendaten sind ungenügend und hinderlich für weitergehende Anwendungen oder Nutzungen.

Der mutmassliche Grund, weshalb es trotz längst bekanntem Bedarf noch keine flächendeckende Bodeninformation gibt, ist der als erheblich empfundene Kosten- und Zeitaufwand, der mit der Erarbeitung von detaillierten Bodeninformationen im Massstab 1:5'000 gemäss aktueller Bodenkartierungsmethode der Eidgenössischen Forschungsanstalt Agroscope und der Kantone einhergeht. Aufgrund des hohen Aufwandes zeigt sich, dass für das nun angedachte flächendeckende Bodeninformationssystem neue Ansätze zu prüfen sind, z.B. die Ergänzung und Weiterentwicklung der bisherigen „klassischen“ Bodenkartierung durch neue Methoden wie GIS-Modellierung, Remote Sensing und geostatistischen Methoden (siehe Kapitel 3.5).

Die vom Projektteam KOBİ befragten Experten haben bestätigt, dass das einzige existierende flächendeckende Instrument – die BEK200 - bodenkundlichen Ansprüchen nicht genügt.

Auch die (alleinige) Bestimmung der Bodenfeuchte (z.B. mit TDR-Messungen) oder die Auswertung zu den hydrologischen Einzugsgebieten reichen nicht, um z.B. die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt zuverlässig oder für grössere Gebiete zu bestimmen.

3.5 Digitale Bodenkartierung

Mit der Digitalisierung wurde das Datenmanagement weiterentwickelt, während die Datenerhebung bislang nur wenige Änderungen erfahren hat. Deshalb gibt es nunmehr auch in der Schweiz starke Bestrebungen, um die Möglichkeiten von digitalen und Fernerkundungsmethoden auch in der Bodenkartierung der Schweiz anzuwenden (NFP 68 „Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden“⁴). Diese Ansätze werden unter dem Begriff „digitale Bodenkartierung“ (digital soil mapping, DSM) subsummiert und haben zum Ziel, mittels unterschiedlicher Methoden – welche für die hiesigen Verhältnisse entwickelt resp. angepasst werden müssen – und unter Verwendung bereits bestehender Basisinformationen Karten von Bodeneigenschaften zu generieren.

Zurzeit laufen in der Schweiz zwei angewandte DSM-Forschungsprojekte. Beide Projekte haben zum Ziel, auf nationaler (BOWA-CH⁵) bzw. regionaler Skala (PMSoil⁶) räumlich hoch aufgelöste Karten von Bodeneigenschaften zu erstellen. Sie verfolgen einen ähnlichen DSM-Ansatz wie das Projekt von Nussbaum et al. (2012 und 2014), mit welchem im Auftrag des BAFU die Kohlenstoffvorräte in Schweizer Waldböden berechnet wurden. In diesen DSM-Projekten werden „Punktmessungen“ von Bodeneigenschaften, die aus früheren Bodenuntersuchungen stammen, durch (geo-)statistische Regressionsanalysen mit weiteren erklärenden Bodenbildungsfaktoren verknüpft (z.B. Klima, Topographie, Vegetation, Geologie, etc.). Im Projekt PMSoil werden derzeit für zwei Studiengebiete Basisbodeneigenschaften wie Textur, Humusgehalt oder pH-Wert räumlich berechnet und rund 10 Bodenteilfunktionen räumlich bewertet. Im Projekt BOWA-CH wurden physikalische Eigenschaften von Waldböden (Textur, Dichte, Steingehalt, durchwurzelte Bodentiefe) für das gesamte schweizerische Waldareal mit geostatistischen Methoden berechnet und kartographisch dargestellt. Für circa 1000 Standorte wurde eine Wasserhaushaltsmodellierung durchgeführt.

Die bisherigen Ergebnisse sind teilweise plausibel, zeigen aber auch Unzulänglichkeiten auf. Auch für die Erstellung digitaler Karten von Bodeneigenschaften ist die Beschaffung und Aufbereitung von im Feld erhobenen Daten nötig und eine anschliessende Validierung der Ergebnisse im Feld unabdingbar. Andererseits stimmen die Erfahrungen von DSM-Anwendungen im Ausland, wo schon weitaus mehr Erfahrungen vorhanden sind⁷, zuversichtlich. Es steht ausser Zweifel, dass derartige Methoden im Konzept für ein Bodeninformationssystem diskutiert und in Erwägung gezogen werden müssen.

3.6 Unterschiedliche Bodenfunktionen

Die Böden der Schweiz zeichnen sich durch grosse und kleinräumige Unterschiede sowohl in ihrer Beschaffenheit, ihrem Zustand als auch in ihrer Leistungsfähigkeit hinsichtlich ihrer

⁴ <http://www.nfp68.ch>

⁵ http://www.wsl.ch/fe/waldressourcen/projekte/bowa_ch/index_DE

⁶ https://www.rdb.ethz.ch/projects/project.php?proj_id=31538&z_detailed=1&z_popular=1&z_keywords=1

⁷ Wulf et al. 2015, Mulder et al. 2011, McBratney et al. 2003. Zudem ist eine durch den NF finanzierte Studie in Vorbereitung die u.a. die Erfahrungen mit DSM in versch. v.a. europ., Ländern genauer untersuchen soll.

naturräumlichen Funktionen und den damit durch den Boden erbrachten Umweltleistungen aus.

Die Unterschiede der Leistungsfähigkeit von Böden können durch eine Bodenfunktionsbewertung auf der Basis von gesicherten Bodendaten aufgezeigt werden. Das Ziel einer Bodenfunktionsbewertung für einen bestimmten Standort bzw. Raum ist die Beurteilung und Bewertung der folgenden, vorgängig zu bestimmenden Bodenfunktionen:

- Produktionsfunktion: Erzeugung von Nahrungsmitteln und pflanzlichen Rohstoffen,
- Regulierungsfunktion: Speicherung von Wasser und Kohlenstoff, Abbau und Immobilisierung von Schadstoffen (Boden als Filter und Puffer),
- Lebensraumfunktion: Basis des Landlebensraums für den Menschen, Flora und Fauna,
- Trägerfunktion: Boden als Träger von Infrastrukturen,
- Rohstofffunktion: Boden als Lager von Rohstoffen wie Kies, Torf, Kalkstein oder Granit,
- Archivfunktion: Böden als Lagerstätten tierischer und pflanzlicher Fossilien sowie menschlicher Artefakte.

Die Bestimmung von Bodenfunktionen (insbesondere die Regulierungs- und die Produktionsfunktion) kann in umfassenden Feld- und Laborversuchen erfolgen, was sehr zeit- und kostenintensiv ist. Alternativ können diese Funktionen auch durch die Verwendung von Bodendaten in Modellen näherungsweise bestimmt werden.

In eine Bodenfunktionsbewertung fließen bodenphysikalische, bodenchemische und bodenbiologische Parameter ein. Idealerweise sind diese Parameter verfügbar (z.B. in einer Bodendatenbank), ansonsten sie separat erhoben werden müssen. Diese flächige Bewertung der Bodenfunktionen ermöglicht es nicht nur, wichtige Prozesse zu erkennen und zu gewichten, sondern liefert eine fachlich neutrale Grundlage, um raumwirksame Tätigkeiten an Nachhaltigkeitsprinzipien auszurichten.

Die Bewertung der Bodenfunktionen soll einheitlich, transparent, nachvollziehbar (aufgrund des aktuellen Wissens) und möglichst für grosse Gebiete durchführbar sein. Ein derartiges Bewertungsverfahren benötigt zuverlässige, direkt erhobene Parameter. Aktuell existieren für die Schweizer Böden weder standardisierte Bewertungsmethoden noch genaue Erkenntnisse zur Bestimmung von Bodenfunktionen aus vorgängig erhobenen Bodendaten. Die in einigen Kantonen (z.B. Solothurn) in Anwendungskarten dargestellten Angaben weiterer Bodeneigenschaften oder die im laufenden NFP 68 verwendeten Transferfunktionen basieren auf Angaben der bodenkundlichen Kartierungsanleitung von Deutschland (KA5). Deren Anwendbarkeit für Schweizer Böden ist in der Praxis genauer zu überprüfen und für einzelne Bodentypen sind spezifische Transferfunktionen noch zu entwickeln und zu validieren.

Für die Bewertung der Abflussregulierung⁸ durch einen Boden müssen zum Beispiel dessen Kapazität zur Aufnahme von Niederschlagswasser und dessen Fähigkeit zur Abflussverzögerung resp. Abflussverminderung bestimmt werden. Dazu müssen die Hangneigung sowie geeignete Parameter zur Abschätzung und Quantifizierung des Bodenwasserhaushaltes bekannt sein. Einige der heute angebotenen Analyseparameter sind einerseits ungenau und andererseits sehr aufwändig zu ermitteln. Mit Ausnahme einzelner Kantone bzw. Gebiete im

⁸ Quelle: Land Oberösterreich (Hrsg.) (2014): Handbuch Bodenfunktionsbewertung – Module 1 - 6, Linz.

Mittelland sind in der Schweiz von diesen Parametern nur die Hangneigungen für grössere Gebiete bekannt, so dass für weite Teile der Schweiz keine genauen Angaben zur Ausgleichsleistung des Bodens auf den Abfluss bzw. dessen Speichervolumen gemacht werden können. Insbesondere fehlen Bodeninformationen in Gebieten mit ausgeprägtem Relief; also genau in jenen Regionen, in denen Kenntnisse von Abflussprozessen äusserst relevant wären.

Die Bodenkartierungsmethode von Agroscope entstammt dem analogen Zeitalter und ist vor allem auf die landwirtschaftliche Eignung der Böden ausgerichtet. Sie wurde von einzelnen Kantonen weiterentwickelt. Die methodischen Grundsätze zur Datenerhebung sind weitgehend unverändert geblieben, während der Datensatz erweitert und die Qualitätsansprüche stärker standardisiert wurden. Im Sinne der BAFU-Konzeption für Bodenfunktionen ist die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt (als primäre Zielgrösse des KOBİ) lediglich eine Bodenteilfunktion von weiteren relevanten Funktionen, wie der Regulierungs- oder Lebensraumfunktion. Der Wasserhaushalt der Böden ist eine zentrale Bodenfunktion, für die mehrere Methoden zur Bewertung entsprechender Teilfunktionen wie Wasserspeichervermögen oder Retentionsvermögen entwickelt wurden (Ad-hoc AG Boden, 2007).

In der Schweiz erwähnen 12 kantonale Bodenschutzfachstellen den Schutz von Bodenfunktionen explizit auf der Internetseite. Für einige Kantone, die über Bodenkarten verfügen, sind bereits Anwendungskarten zu spezifischen Bodenfunktionen wie „Wasserhaushalt der Böden“ in einem GIS verfügbar.

4 Soll-Bestimmungen

Basis für die Erstellung eines Bodeninformations-systems bilden neben der im Postulat Walter formulierten Prognose zur Wasserverfügbarkeit resp. -speicherkapazität von Böden, auch

- die Ansprüche aktueller und potentieller Nutzer,
- die aktuell verwendeten methodischen Ansätze zur Gewinnung von Bodendaten und
- daraus abgeleitet weitere, eventuell einfachere Verfahren und Herangehensweisen
- sowie die für das Bodensystem relevanten Schwerpunktgebiete.

Ein BIS soll die Möglichkeiten für eine Weiterentwicklung und für Anpassung beinhalten. Dies bedingt, dass mit der Bestimmung geeigneter und nachhaltiger Nutzungsformen auch ein besseres Verständnis der Bodenprozesse und -funktionen einhergeht. Für das System Boden bedeutet das, dass

- ein ausreichendes Verständnis der räumlichen Variabilität von Bodeneigenschaften und -funktionen besteht (Übersicht über die vorhandenen Bodenressourcen),
- die Möglichkeit besteht, Änderungen von Bodeneigenschaften über grössere Zeiträume zu erfassen und zu verstehen (Monitoring),
- zukünftige Bodenentwicklungen für die in der Schweiz vorherrschenden Böden für unterschiedliche Nutzungsformen und unter Berücksichtigung der weiteren Klimaentwicklung möglichst regional prognostiziert werden können,
- durch ein gesteigertes öffentliches Bewusstsein für Bodenfragen (Prozesse und Funktionen) und unter Anwendung der bestehenden Vorschriften eine effizientere (und nachhaltigere) Ressourcenallokation durch Bodenfunktionsbewertung stattfinden kann und
- die Bodendaten für die Nutzer zur Verfügung stehen und mit neuen Bodeninformationen aktualisiert werden.

Die für die Formulierung möglicher Varianten eines BIS benötigten Bausteine bilden den Inhalt dieses Kapitels und werden im Folgenden dargestellt.

4.1 Ziele des Bodeninformationssystems

Das angestrebte Bodeninformationssystem fokussiert auf die relevanten Angaben zur Beurteilung der Leistungen des Bodens in Bezug auf den Wasserhaushalt. Daraus soll abgeleitet werden, wie hoch das Infiltrations- und Speichervermögen der Böden ist, welche Standorte stärker trockenheitsgefährdet sind oder möglicherweise sein werden und wo demzufolge angepasste Anbaustrategien für die Land- und Forstwirtschaft gesucht werden müssen.

Es soll Aussagen über die Entwicklung der Wasserverfügbarkeit im Boden ermöglichen, indem mittel- bis langfristige Modellierungen des Wasserhaushalts integriert werden, die auf Klimaszenarien basieren. Solche Modelle ermöglichen nicht nur eine Abschätzung der Chancen und Perspektiven für eine angepasste Land- und Forstwirtschaft, sondern erlauben es

auch, fundierte Prognosen zum Naturgefahrenpotenzial zu entwickeln. Beide Aspekte sind im Kontext des Klimawandels von unbestritten grossem praktischem Interesse.

Gestützt auf dieses Bodeninformationssystem sollen Aussagen gemacht werden können zum Wasserrückhaltevermögen: von der Speicherung des Niederschlags im Boden, über die Pflanzenverfügbarkeit des Wassers im Boden bis zur Abgabe ins Grundwasser oder dem Abfluss via Oberflächengewässer.

Die Anliegen der verschiedenen Nutzergruppen wie Agronomie, Klimaforschung, Forstwirtschaft, Hydrologie, Gefahrenprävention etc. sind nach Möglichkeit zu berücksichtigen und in der Planung eines BIS zu integrieren. Eigens zu diesem Zweck wurde im Auftrag des BAFU eine Bedarfsanalyse durchgeführt und die Ergebnisse im Bericht von AMBIO GmbH 2017 festgehalten. Die Erkenntnisse aus diesem Bericht sollen für die Nutzerausrichtung massgebend sein.

Ein umfassendes BIS ermöglicht es, neben den Informationen zum Wasserhaushalt weitere Bodeninformation über die Eigenschaften und den Zustand der Böden in der Schweiz bereitzustellen. Diese Bodendaten würden insbesondere folgende Informationen liefern:

- Bodeneigenschaften (Bodentyp, Bodenwasserhaushalt, Gründigkeit, Geologie, Nutzung, etc.) als wichtige Planungsgrundlage,
- spezifische Bodeneigenschaften (Bodenart, C-Gehalt, besondere Merkmale von Bodenhorizonten...) zur Einschätzung der Bodenfruchtbarkeit,
- Schadstoffgehalte (anorganisch und organisch) um das Ergreifen von Massnahmen zu ermöglichen,
- bodenbiologische Parameter.

Das BIS soll zudem laufend um aktuelle Bodendaten erweitert und technisch weiterentwickelt werden können⁹. Des Weiteren sollte eine Verbindung zu anderen Geodaten des Bundes oder der Kantone ermöglicht und im räumlichen Kontext abgebildet werden können.

Aus den im BIS vorliegenden Informationen können anschliessend für ausgewählte Räume die unmittelbar das tägliche Leben betreffenden Bodenfunktionen¹⁰ hergeleitet werden, die eine weitergehende Bewertung der durch den Boden erbrachten Leistungen (und allenfalls deren Monetarisierung) erst ermöglichen. Zusammengefasst lässt sich ein BIS folgendermassen charakterisieren:

- Zentraler Informationspool für Bodendaten der Schweiz und daraus abgeleiteter Bodenfunktionen,
- Planungs- und Entscheidungsgrundlage im Hinblick auf grosse Bauprojekte oder die Umsetzung grossräumiger Vorsorgemassnahmen (z.B. bei extremen Wetterlagen oder -ereignissen),

⁹ Weiterentwicklungen der Datensätze, Anpassungen der erhobenen Daten (z.B. durch Änderungen der fachlichen Ansprache) oder die Integration bisher nicht bekannter Informationen und Strukturen sollte jederzeit und mit kalkulierbarem Aufwand möglich sein.

¹⁰ Funktionen des Bodens im Naturhaushalt sind: Standort für natürliche Vegetation und Produktionsstandort für Kulturpflanzen, Speicher und Ausgleichskörper für den Wasserhaushalt sowie Puffer, Filter und Transformator für Schadstoffe.

- Datengrundlage für den Vollzug der rechtlichen Raumplanungs- und Bodenschutzbestimmungen,
- Versorgung der Öffentlichkeit mit Bodeninformationen und den damit verbundenen Prozessen und Funktionen,
- ein möglichst aktueller Datenbestand kann gewährleistet werden.

4.2 Nutzergruppen und -bedürfnisse

Eine spezifische Nutzeranalyse (AMBIO GmbH 2017) hat sich eingehend mit den Nutzerkreisen und deren Bedarf nach Bodeninformationen auseinandergesetzt, siehe Tab. 2¹¹.

Die Schaffung eines Bodeninformationssystems verbessert grundsätzlich die Planungs- und Entscheidungsgrundlagen und liefert für zahlreiche Anwendungen eine den aktuellen Erfordernissen angepasste Datengrundlage:

- Dank ausreichend aufgelöster, flächendeckender Bodeninformationen kann die Bewässerungsbedürftigkeit besser abgeschätzt und das Wassermanagement in Trockenzeiten optimiert werden.
- Mittels flächendeckender Bodendaten und einer einheitlichen Datenbasis kann parzellenscharf beurteilt werden, welche Böden die jeweiligen Anforderungen an Fruchtfolgeflächen erfüllen. Einzonungen fruchtbarer Böden können damit verringert werden und allfällige Kompensationsmassnahmen können aufgrund einer gesicherten Datenlage erfolgen, so dass der Verlust an Bodenqualität möglichst klein gehalten werden kann.
- Interpretationskarten zu ausgewählten Boden-Themen können nach Bedarf erstellt und publiziert werden, was zu einer Sensibilisierung zum Thema „Boden“ über weite Teile der Öffentlichkeit beiträgt.
- Im Hinblick auf die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei Klimaänderungen können bei Bedarf gezielte Massnahmen (Pflanzenwahl, Bodenbearbeitung, Humusaufbau) initiiert werden.
- Wenn Informationen zur Beschaffenheit des Bodens zur Verfügung stehen, können Anstrengungen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit in Bau-, Land- und Forstwirtschaft zielgerichtet erfolgen.
- Mit einem BIS verfügen zudem auch die Bewirtschafter über die nötigen Grundlagen, um ihre Anstrengungen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und/oder die Bodennutzung fachlich gut abzustützen und zu optimieren.
- Das Vorliegen von flächenhaften Bodendaten in ausreichender Dichte ermöglicht in Kombination mit Reliefmodellen genauere Angaben zu Erosionsgefährdung und Oberflächenabfluss. Durch gezielte Auswertungen können zudem verbesserte Prognosen über Änderungen der Bodenfunktionen und den damit einhergehenden Auswirkungen auf die Umwelt (Trockenheitsrisiko, Oberflächenabfluss, Erosion) und Infrastruktur erstellt werden.

¹¹ Siehe dazu insbesondere auch die „Bedürfnisabklärung Bodeninformation“ der Beratungsgemeinschaft AMBIO GmbH.

- Durch eine flächenhafte Bestimmung von Bodenfunktionen sind die Ökosystemleistungen des Bodens (z.B. Trinkwasserreinigung) bekannt und können im Rahmen von Planungsverfahren (Umzonungen, Umweltverträglichkeitsprüfungen) explizit berücksichtigt werden.

Eine einheitliche flächendeckende Bewertung der Bodenfunktionen, basierend auf der Kenntnis der Bodeneigenschaften, ist eine wichtige Entscheidungsgrundlage und ermöglicht eine nachhaltige Nutzung der Böden auch für unterschiedliche Ansprüche, so dass den Erfordernissen von Boden- und Klimaschutz¹² sowie Raumplanung insgesamt besser Rechnung getragen werden kann.

Gemäss heutigem Wissensstand müsste ein BIS mindestens auf die in Tab. 2 genannten Nutzerkreise zugeschnitten werden. Die Tabelle liefert eine Übersicht über den spezifischen Bedarf bzw. den Nutzen eines Bodeninformationssystems. In dieser Tabelle wird davon ausgegangen, dass die Bodeninformation flächendeckend erhoben wird (ohne Siedlungsflächen, Gewässer und unproduktive Flächen).

¹² Der Erhalt des Bodens als Kohlenstoffspeicher erfordert z.B. Lenkungsmaßnahmen in der Raumplanung, so dass vermehrt Böden „geringer“ Qualität genutzt werden. Zusätzlich sollten im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) die Auswirkungen von Bodenabtrag und -versiegelung, neben dem veränderten Abflussverhaltens des Wassers, auch auf die Klimaentwicklung (Treibhausgasbilanz) erfolgen

Tab. 2: Konzeptionelle Übersicht: Nutzer, Ansprüche und Nutzen

Quelle: AMBIO GmbH und Projektteam KOBI

Nutzerkreise	Vorzugs- massstab	Gewünschtes Produkt	Möglicher Nutzen	Mehrwert für Nutzer Grobe Schätzungen der eingesparten Untersu- chungskosten ¹³	Fokus Praxis	Fokus Wissen- schaft	Bodeninformationen Vorranggebiete				
							Landwirt- schaftsflächen	Talböden	Gebirge	RPZ Siedlungs- ränder	Wald
Tiefbau	1:1'000	Grobe Kenntnisse der Böden aller Baustellen ausserhalb Bauzonen	keine Erhebungen für Planung mehr nötig	Ca. 1'000 /Projekt-ha (eingesparte Untersuchungen)	ggf. Vermeiden von „Überraschungen“		(X)	(X)	(X)	X	
Raumplanung	1:5'000	Bodenfunktionen-karte	Integration von Bodeneigenschaften in die Planung – inkl. FFF	Ca. 1'000.-/Projekt-ha (eingesparte Untersuchungen)	Berücksichtigung weniger Bodeneigenschaften zur räumlichen Optimierung					X	
Hydrologie	1:10'000	Detaillierte Bodeninformationen (Boden-Attribute)	Modellierung und Planung zuverlässig	Ca. 300.-/ha (eingesparte Untersuchungen)	Grundwasserneubildung, Baugrundbeurteilungen im praxisnäheren Massstab möglich	Modellverbesserung	X	X	X		X
Landwirtschaft	1:5'000	Flächendeckende Bodendaten	Erhebungen für Meliorationen, Terrainveränderungen etc. sind nur noch für Ausführung nötig.	Ca. 500.-/ha (eingesparte Untersuchungen)	Projektspezifische Grundlagen	Ressourcenschonender Anbau	X	X	(x)	X	
Forstwirtschaft	1:5'000	Flächendeckende Bodendaten	Baumartenwahl (speziell unter Einfluss des Klimawandels); schonende Holznutzung	Ca. 500.-/ha (eingesparte Untersuchungen)							X
Bewässerung	1:5'000	Angaben zur Bewässerungsbedürftigkeit	bekannt ohne eigene Erhebungen	Ca. 1'000.-/ Projekt-ha (eingesparte Untersuchungen)	Ressourcenorientierte Bewässerung	Aufgeklärte Beurteilung der Bewässerungsbedürftigkeit, des Bewässerungsvolumens in Zeiten limitierten Wasserdargebots	X	X	(x)		

¹³ Geschätzte Einsparung pro Hektar, wenn in einem Projekt durch ein BIS auf die Erhebung von Bodendaten verzichtet werden kann.

Nutzerkreise	Vorzugs- massstab	Gewünschtes Produkt	Möglicher Nutzen	Mehrwert für Nutzer Grobe Schätzungen der eingesparten Untersu- chungskosten ¹³	Fokus Praxis	Fokus Wissen- schaft	Bodeninformationen Vorranggebiete				
							Landwirt- schaftsflächen	Talböden	Gebirge	RPZ Siedlungs- ränder	Wald
Naturgefahr- ren-prävention (Über- schwemmung, Rutschungen, Waldbrände)	1:5'000 – 1:50'000	Detaillierte Bo- deninformationen (Boden-Attribute)	Zuverlässige Beurteilungen von Risiken, die mit dem Boden zusammenhängen	Ca. 300.-/ha (eingesparte Untersu- chungen) Mehrwert von Risikokar- ten: Relevanz für Versi- cherungen, Vorsorge, Katastrophenschutz etc.	Risikobewusstere Raumplanung, Versicherungs- prämien, Versi- cherungsbeiträge, Katastrophenschutz	Integration von bodenbezogenen Risiken	X	X	X		X
Gewässer- schutz	1:5'000	Detaillierte Bo- deninformationen (Boden-Attribute)	Beitragende Flächen be- kannt	Ca. 500.-/ha (eingesparte Untersu- chungen)	Nachhaltigere Bewirtschaftung	Forschung über Einträge von PSM, Antibiotika etc. in Gewässer	X	X			
Biodiversität	1:5'000	Standortpotentia- le bezüglich Was- serhaushalt	bekannt ohne eigene Er- hebung	Ca. 300.-/ha (eingesparte Untersu- chungen)	Trockene und nasse Standorte sind bekannt als Basis zur Schaf- fung von Lebens- räumen		X	X		X	X
Klimatologie	1:10'000	Bodeninformatio- nen (Boden-Attribute)	Bodenwasserhaushalt kann in Modelle einflies- sen: bessere Prognosen	Ca. 400.-/ha (eingesparte Untersu- chungen)	Verbesserte Wet- terprognosen für alle: Tourismus, Landwirtschaft, Bau etc.	Verbesserung Prog- nosemodelle (jetzt und mit Klimawan- del)	X	X	X		X
Bodenschutz	1:5'000	Detaillierte Bo- deninformationen (Boden-Attribute)	Kenntnis des Schutzgutes unerlässlich: Wasserhaus- halt nur ein Aspekt	Ca. 500.-/ha (eingesparte Untersu- chungen)	Kenntnis Boden- funktion Wasser- haushalt; Ver- dichtungsemp- findlichkeit	Was ist ein schüt- zenswerter Boden?	X	X	X	X	X

4.3 Genauigkeit

Die im Rahmen des Projekts geführten Interviews und Gespräche (v.a. mit der Begleitgruppe) haben gezeigt, dass eine Flächenerhebung für ein umfassendes BIS ausschliesslich grossmassstäblich, das heisst möglichst auf Parzellenebene erfolgen soll. Der bei den bisherigen Kartierungen verwendete Massstab von 1:5'000 hat sich sowohl in regionalen Nutzungsplanungen, im Bauwesen ausserhalb Bauzonen als auch in der Land-, Forstwirtschaft durch seinen hohen Detaillierungsgrad sehr gut bewährt. Dieser Massstab wurde durch die Nutzeranalyse im Wesentlichen bestätigt, siehe Tab. 2.

Alternativ kann für das gesamte BIS-Gebiet oder für einzelne, klar definierte Gebiete auch eine Kartierung 1:10'000 erfolgen. Die bisherigen Erfahrungen haben aber gezeigt, dass die damit einhergehende Reduktion des Aufwands zu einem deutlichen Verlust an Bodeninformationen, verbunden mit einer Abnahme des Nutzerinteresses führt. Gleiches gilt sinngemäss auch für kleinmassstäbliche Kartierungen (z.B. 1:25'000). Zudem sind gebietsweise Massstabsunterschiede nicht benutzerfreundlich und könnten einer breiten Anwendung im Wege stehen.

Die von den befragten Experten vorgebrachten Wünsche und Anforderungen basieren auf dem aktuellen Erfahrungshintergrund, der vor allem im Mittelland mit Bodenkarten im Massstab 1:5'000 sehr gute Resultate zeitigt und ausserdem auf Versuchen mit einzelnen Bodenkarten im Massstab 1:25'000, die teilweise unbefriedigende Resultate lieferten. Ob es hingegen in sehr steilem Gelände erforderlich ist, im Massstab 1:5'000 in sehr aufwändiger und kaum zumutbarer Art zu kartieren, kann aus heutiger Sicht noch nicht beurteilt werden. Hier sind die Bedürfnisse der Nutzer zu einem späteren Zeitpunkt nochmals zu reflektieren, bzw. mögliche Lösungen einer Kosten-/Nutzen-Analyse zu unterziehen.

4.4 Spezifische Inputdaten

Aufgrund der durchgeführten Abklärungen sollte ein Informationssystem für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt nicht nur Bodendaten, sondern auch hydrologische und geologische Daten umfassen. Es sind jedoch nicht sämtliche messbaren Parameter von der Oberfläche bis zum wasserführenden Untergrund notwendig. Zur Bestimmung des Wasserhaushalts sollten jedoch mindestens die folgenden Kenngrössen pro Messpunkt bekannt sein:

- Humusgehalt
- Textur
- Skelettgehalt
- Hydromorphie inkl. deren Ursache
- Lagerungsdichte
- Angaben zu Porengrössenverteilung
- Tiefen, Horizontmächtigkeiten.

Lagerungsdichten werden allerdings häufig nicht gemessen, sondern durch Transferfunktionen (i.d.R. Deutsche Kartierungsanleitung KA5) hergeleitet. Für die Abschätzung der Porengrößenverteilung ist ebenfalls eine Herleitung aus einfach zu erfassenden Daten anzustreben. Neben diesen Bodendaten müssen weitere Daten beigezogen werden können:

- Digitales Geländemodell
- Geologie
- Klimadaten
- Vegetation/Nutzung

Angaben zur Geologie sind in der Regel nicht in der benötigten Dichte vorhanden und betreffen häufig nicht das für die Bodenbildung relevante Ausgangsmaterial. Sie müssen erfahrungsgemäss bei jeder (Boden-)Punktaufnahme eigens erhoben werden.

Die befragten Experten sind sich einig, dass in einem BIS für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt auf bodenbiologische und chemische Daten mit Ausnahme des Humusgehaltes verzichtet werden kann. Eine Erhebung oder Integration derartiger Daten (insbesondere zu Schad- und Nährstoffen) könnte aber für weitere Monitoring-Arbeiten in einem umfassenden BIS genutzt werden.

Die Trockenheitsgefährdung kann womöglich erst dann besser vorausgesagt werden, wenn Bodendaten mit langjährigen Messreihen des Bodenfeuchtezustandes verknüpft werden. Für den Wald erfolgen derzeit die Messungen an wenigen Standorten durch die Feuchtebestimmung der Streu. Für die Landwirtschaft existieren einige Messstationen (Saugspannung, vol. Bodenwassergehalt), die auch Angaben zum aktuellen Wassergehalt und damit indirekt zur Wasserverfügbarkeit liefern können. Diese Stationen befinden sich aber alle im Wiesland (i.d.R. im Ackerbauggebiet) und lassen nur indirekt Angaben über das Wasserangebot für unterschiedliche und jährlich wechselnde Kulturen zu¹⁴. Darüber hinaus befinden sich diese Stationen häufig an Standorten, die für den Eigentümer/Bewirtschafter akzeptabel waren und erfassen i.d.R. nur oberflächennahe Tiefenbereiche. Sie sind deshalb nicht oder nur sehr bedingt aussagekräftig für grössere Gebiete.

Je nach Anwendung variieren die nötigen Parameter: So sind Bodenkundler und Agronomen zum Beispiel an der Anzahl und Mächtigkeit der Bodenhorizonte interessiert. Für einfache hydrologische Berechnungen ist dagegen häufig ein Schichtmodell ausreichend, da nicht alle Bodendaten hydrologisch relevant sind. Aus Sicht der Hydrologie sind für einfache hydrologische Modelle drei Parameter entscheidend:

- Bodentiefe (hydrologisch relevanter Boden)
- Porenvolumen oder Lagerungsdichte
- Wasserleitfähigkeit

Die empirische Erfassbarkeit dieser Parameter ist derzeit unklar bzw. wäre flächendeckend mutmasslich kaum finanzierbar. Porenvolumen, Lagerungsdichte und Wasserleitfähigkeit können mittels geeigneter Pedotransferfunktionen abgeschätzt werden.

¹⁴ Eine aktuelle Aufarbeitung der bestehenden Bodenfeuchtemessnetze findet sich in der „Evaluation Bodenfeuchtemessnetze“ von Meteotest (Meteotest 2016).

Für genauere hydrologische Vorhersagen wird dagegen eine bessere Unterscheidung nach hydrologisch relevanten Eigenschaften - z.B. durch detailliertere Horizontierung, die präzisere Aussagen zur Wasserspeicherungs- oder Infiltrationskapazität zulassen - benötigt. Zudem müssen anthropogene Einflüsse (Drainagen, Eindolungen, Schüttungen) stärker berücksichtigt werden. Diese haben voraussichtlich einen Einfluss auf den Auflösungsstadium.

Die detaillierte Liste der Parameter für Punkt- und Flächendaten und für ein Wasserhaushalts-BIS sowie für ein umfassendes BIS findet sich im Anhang 6.

4.5 Datenharmonisierung

Das Vorgehen zur Harmonisierung der vorhandenen Bodendaten bildet einen zentralen Erfolgsfaktor für ein zukünftiges BIS. Es ist anzunehmen, dass der Aufwand dafür hoch ist bzw. jegliche IT-Kosten übertreffen dürfte. Sowohl bodenkundliche Punktdaten als auch Flächendaten (Kartierungen) sind sehr unregelmässig über die Schweiz verteilt. Neben der flächenmässigen Heterogenität sind die Inhalte der von den verschiedenen Akteuren verwendeten Daten sehr unterschiedlich und reichen von feldbodenkundlichen Beschreibungen über Schadstoffmessungen bis hin zu bodenbiologischen Messungen. Die Datenharmonisierung¹⁵ soll anhand eines Standards erfolgen. Dazu kann ein bereits bestehender Kantonsstandard (alter Standard) verwendet werden oder es wird ein neuer Standard definiert¹⁶.

4.6 Verifikation alter Bodendaten

Falls die bestehenden, grossflächig vorhandenen Bodendaten in einem gesamtschweizerischen BIS verfügbar gemacht werden sollen, ist zwingend, diese Daten nicht nur zu harmonisieren, sondern auch zu verifizieren. Dies insbesondere aus folgenden Gründen:

- Die zahlreichen Kartierungsprojekte wurden für ganz unterschiedliche Zwecke realisiert. Entsprechend konnte die Erhebungsmethode je nach Projekt variieren.
- Heute ist die feldbodenkundliche Aufnahme viel weiter standardisiert als früher, da in grösseren Projekten ein laufender Austausch und Abgleich als Qualitätssicherungs-massnahme stattfindet.
- Häufig wurden Bodenkartierungen durch Güterzusammenlegungen ausgelöst. Diese Daten sind in der Regel sehr zuverlässig. Örtlich lösten Güterzusammenlegungen auch Entwässerungen grösserer Areale aus, die zu stark veränderten Bodeneigenschaften führten. Für solche Böden sind die verfügbaren Bodeninformationen veraltet und revisionsbedürftig.
- Wenn solche veralteten Bodendaten in einem gesamtschweizerischen BIS verfügbar gemacht werden, schaden diese unter Umständen der Glaubwürdigkeit des gesamten Werks. Böden, die nach einer Entwässerung für den Ackerbau geeignet sein können, würden dann im Bodeninformationssystem aufgrund veralteter Daten als ungeeignete, versumpfte Böden dargestellt.

¹⁵ In allen Kantonen werden in jedem Fall die gleichen Datensätze erhoben.

¹⁶ siehe hierzu z.B. das Bundesgesetz über Geoinformation (Geoinformationsgesetz, GeoIG) SR-Nr. 510.62

In einigen Kantonen – allen voran in den Kantonen Luzern und Solothurn – existieren bereits heute umfangreiche Erfahrungen mit der Aufbereitung inkl. Verifikation alter Bodendaten. Allenfalls können auf der Basis dieser Erfahrungen Aussagen darüber gemacht werden, welche Böden einer Verifikation zu unterziehen sind und in welchen Fällen auf eine Verifikation verzichtet werden kann.

4.7 Datenmodell

Das Datenmodell des BIS muss sowohl auf bestehende als auch auf neu zu erhebende Bodendaten angewendet werden können. Aus Sicht der Experten ist ein völliger Neuanfang, das heisst eine erneute Datenerhebung auf bereits früher erfassten Flächen, für das zukünftige Bodeninformationssystem grundsätzlich keine attraktive Option. Das bestehende Geodatenmodell Boden muss dahingehend angepasst werden, so dass es erlaubt, bestehende Daten zu harmonisieren und zu integrieren und gleichzeitig vorgeben kann, welche Parameter in zukünftigen Erhebungen erfasst werden sollen. Dies bedingt natürlich auch, dass die Datenlieferanten die Parameter in Zukunft nach einem einheitlichen Standard erheben. Somit müssen entsprechend klare nationale Standards definiert und die Verantwortlichen davon überzeugt werden.

Es wird derzeit davon abgeraten, sich auf ein spezifisches Modell zur Beschreibung des Wasserhaushalts (z.B. van Genuchten, Mualem, WaSiM, etc.) festzulegen, da zurzeit viele verschiedene Modelle von verschiedenen Nutzergruppen angewendet werden. Der Fokus auf ein bestimmtes Modell würde daher die Basis der möglichen Nutzer erheblich schmälern.

4.8 Datenstruktur

Eine wichtige Voraussetzung eines BIS ist, dass die Bodendaten in einheitlicher und qualitätsgeprüfter Form vorliegen¹⁷ und online möglichst in einem einheitlichen Format zur Verfügung stehen. Dem interessierten Publikum sowie den Nutzern und Fachleuten soll ermöglicht werden, eine individuelle und rechtlich zulässige Auswahl¹⁸ und Darstellung der Bodendaten mittels verschiedener GIS-Layer und Basiskarten zu treffen, so dass individuell nach den benötigten und gewünschten Bodeninformationen¹⁹ gesucht und diese in einem gängigen Datenformat, allenfalls auch nach Bestellung (in einem Datastore) ausgegeben werden können.

Der Aufbau eines BIS kann sich weitgehend an der bereits zum jetzigen Zeitpunkt von NABODAT verwendeten Datenstruktur orientieren und umfasst Standortdaten und die im Feld, respektive im Labor erhobenen Bodendaten. Aus Letzteren können weitere Bodendaten oder Angaben zu Bodenfunktionen abgeleitet werden, so dass gezielt Auswertungen (funktionale Bodenkarten) für die jeweiligen Anwender erstellt werden können.

Die Anforderungen an ein BIS sind somit:

- Ein einheitliches Datenmodell, wie dies z.B. bei NABODAT der Fall ist.

¹⁷ Für bereits bestehende Bodendaten ist vorgängig zu prüfen, ob diese unverändert in ein BIS übernommen oder allenfalls aufbereitet werden müssen.

¹⁸ Ein abgestufter Zugang (Bund und Kantone, Private) ist vorgängig zu prüfen.

¹⁹ Aus Profil-, Flächendaten-, Methoden- oder Labordatenbank.

- Die Datenerheber sollen in der Lage sein, ihre aktuell erhobenen Bodendaten im BIS zu erfassen.
- Die Eingabe soll möglichst einfach erfolgen und je nach Art der Bodendaten über verschiedene Eingabemasken verfügen. Letztere sollen auch nachträglich hinzugefügt werden können.
- Die Eingaben von Bodendaten werden standardmässig durch die Betreiber der Datenbank geprüft.
- Die Bodendaten enthalten Angaben zu ihrer Genauigkeit und die Zweckmässigkeit der Angabe von Klassen wird geprüft.
- Bodeninformationen sind möglichst aktuell und stehen einem breiten Publikum zur Verfügung.

4.9 Datenverfügbarkeit

Eine umfassende Gesamtschau der räumlichen Verteilung von Punkt- und Flächendaten ist derzeit noch nicht möglich, da einzelne Kantone von der Servicestelle noch gar nicht angefragt wurden, ob sie ihre Daten über NABODAT zur Verfügung stellen wollen. Erschwerend kommt hinzu, dass einige kommunale Kartierungen (Güterzusammenlegungen / Meliorationen / Bauprojekte) nicht zentral archiviert wurden oder der Verbleib dieser Datenwerke nicht bekannt ist. Das Autorenteam vermutet, dass es sich dabei nur um einen geringen Anteil der in der Schweiz durchgeführten Kartierungsarbeiten handelt. Es empfiehlt deshalb, aus Kosten-Nutzen-Überlegungen der Suche nach diesen älteren Grundlagen keine Priorität einzuräumen.

Für definierte Projekte und Zeiträume können die meisten Daten von den Dateneignern relativ einfach erworben werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Daten frei verfügbar, das heisst weiterverteilbar sind. Genau dies müsste jedoch zusammen mit der zeitlich unbeschränkten Nutzung gegeben sein, um ein nationales Bodeninformationssystem (BIS) auf den vorhandenen Daten aufbauen und sukzessive ergänzen zu können. Die Ausgestaltung dieser Datenlizenzen ist nach Ansicht der Experten für den Erfolg des BIS entscheidend und dürfte sich als grosse Herausforderung erweisen. Sie ist für die ganze Datenakquisition von hoher Bedeutung.

5 Konzept Bodeninformationssystem

Wie in Kapitel 4 beschrieben, gibt es verschiedene Variablen, bzw. Fragen, die für das Design eines BIS beurteilt werden müssen. In Kapitel 5.1 wird ein umfassendes Bodeninformationssystem vorgeschlagen. Es basiert auf Überlegungen, die in den nachfolgenden Kapiteln 5.2 bis 5.8 eingehender erläutert werden.

5.1 Konzeptioneller Vorschlag für ein umfassendes Bodeninformationssystem

Die wichtigsten Variablen für ein BIS sind (vgl. Abb. 2):

- der Zeitpunkt, ab dem bestehende Bodendaten aufgenommen werden: Ab wann werden bereits bestehende Bodendaten integriert und harmonisiert?
- die Systemgrenzen des BIS bezüglich der zu erfassenden Parameter: Soll das BIS auf die Bodenfunktion Wasserhaushalt fokussieren oder umfassend sein?
- die Etappierung: Welche unterschiedlichen Phasen auf dem Weg zu einem flächendeckenden BIS sind geeignet?

Der resultierende konzeptionelle Vorschlag soll pragmatisch sein, das heisst realisier- und finanzierbar sein. Mit einem schrittweisen Aufbau sollen in einem überblickbaren Zeitraum rasch greifbare Resultate erzielt werden können. Ausserdem muss er der „Boden-Community“ eine Entwicklungsmöglichkeit bieten, damit die anstehenden Aufgaben überhaupt bewältigt werden können. Anstrengungen in den Aufbau der erforderlichen Kapazitäten und Kompetenzen sind unerlässlich.

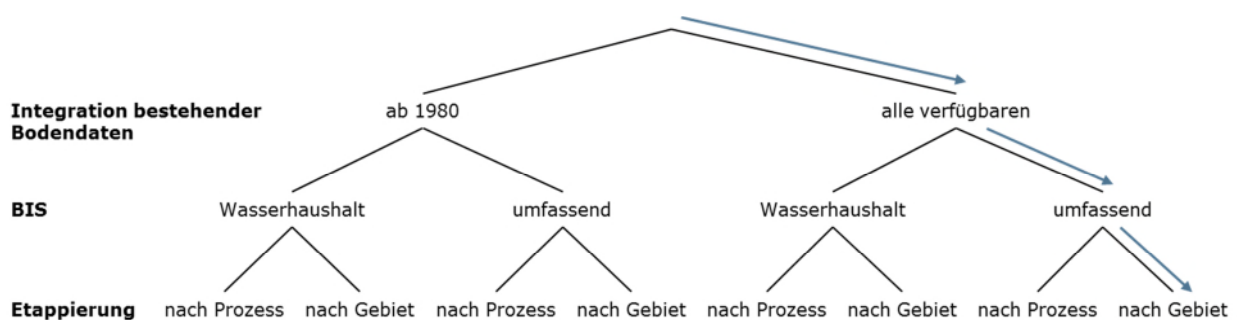


Abb. 2: Varianten für ein BIS und Konzeptvorschlag (blaue Pfeile)

Quelle: Projektteam KOB

Mit Blick auf die Wahlmöglichkeiten gemäss Abb. 2 werden zwei Grundsatzentscheidungen vorgeschlagen:

1. Sämtliche in der Schweiz bestehenden Daten sollen übernommen werden, das heisst alle bereits bestehenden Bodendaten sind zu harmonisieren, zu verifizieren und in das BIS zu integrieren. Damit werden die bisherigen Investitionen in Bodendaten gesichert.
2. Da der Zusatzaufwand für ein umfassendes BIS im Vergleich zu einem Wasserhaushalts-BIS abschätzbar marginal ist, soll von Beginn an ein umfassendes Bodeninformationssystem angestrebt werden.

Bezüglich einer etappierten Umsetzung wurden verschiedene Vorgehensweisen geprüft. Eine gebietsweise Etappierung wird favorisiert. Alternativ wäre auch eine Etappierung nach Prozessen oder eine Mischform denkbar. Die Etappierung nach Gebieten ist nach Abwägung der Vorteile und Risiken derjenigen nach Prozessen vorzuziehen. Sie bringt in absehbarer Zeit für das bearbeitete Gebiet zuverlässige Bodendaten hervor, die den bewährten und von den Nutzern gewünschten Standards entsprechen. Das Projektteam KOBİ schlägt vor, die Vor- und Nachteile alternativer Vorgehenswege im weiteren Prozess zusammen mit dem Anspruchsgruppen nochmals eingehender zu diskutieren.

Die Entwicklung des BIS ist prozessorientiert und langfristig als eigentliches Generationenprojekt angelegt. Dennoch soll es auch kurzfristig bereits greifbare Resultate generieren, um Glaubwürdigkeit und öffentliche Sichtbarkeit herzustellen sowie einen Impuls für die bodenkundliche Gemeinschaft zu setzen. Das Projektteam KOBİ schlägt deshalb vor, eine konzeptionelle Vorphase als Vorbereitung für die eigentliche Phase 1 gemäss Konzept vorzusehen. Diese konzeptionelle Vorphase dient einerseits dazu, drängende offene methodische und inhaltliche Fragen insbesondere für die Datenerhebung im Gebirge in Pilotprojekten zu beantworten und andererseits die Bedürfnisse und Prioritäten der Nutzer- und Anspruchsgruppen weiter zu präzisieren (vgl. dazu AMBIO GmbH 2017). Dazu gehört die Erstellung eines Projekthandbuchs, das die Prozesse für die Erhebung der Bodendaten definiert. Erfahrungsgemäss ist es wichtig, in der konzeptionellen Vorphase auch schon den Bearbeitungssperimeter verbindlich festzulegen. Mit den Erkenntnissen aus der dieser Phase wird es zudem möglich sein, die Kosten für das BIS recht zuverlässig abzuschätzen.

Die Erstellung des Handbuchs soll flankierend durch Pilotprojekte unterstützt werden. Diese dienen dazu, zentrale methodische Lücken anzugehen. Ausserdem sollen die Pilotprojekte zur Weiterentwicklung des BIS – unter Einschluss von heute zum Teil nicht bekannten Innovationen bei Prozessen und Methoden – beitragen.

Mit der Vorphase soll der konzeptionelle Boden bestellt werden, der längerfristig ein umfassendes und konsistentes BIS ermöglicht. Der Aufbau des Bodeninformationssystems soll anschliessend in zwei Hauptphasen erfolgen (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: konzeptioneller Aufbau eines BIS in drei Phasen

Quelle: Projektteam KOBİ

Phase	Beschreibung der Phase	Schwerpunkt: Pilotprojekte	Zeitbedarf (Jahre)
konzeptionelle Vorphase	Klärung dringlicher Fragen (Methoden, Inhalt, Nutzerbedürfnisse, Prioritäten, Kosten, vgl. Kap. 7), Vertiefung des Dialogs mit Anspruchsgruppen Erstellung eines Projekthandbuches (vgl. Kap. 5.7); Definition Perimeter, methodische Grundlage Definition Parameter	Pilotprojekt 1 Gebirge: Überprüfung Erhebungsmethodik in grösseren, gebirgigen Perimetern, Erkenntnisgewinne über das Gebirge hinaus (vgl. Kap. 5.8.1 und 7.3) Grundlage für eine präzisere Kostenprognose Pilotprojekt 2 Datensatz: Überprüfung Parameter (vgl. Kap. 5.8.2) Pilotprojekt 3 Analytik: neue Methoden (vgl. Kap. 5.8.3)	ca. 3
1	Bearbeitung Prioritätsgebiet E1 (Gebiete mit starkem Siedlungsdruck oder Trockenheitsrisiken), Stossrichtungen zur Kompetenz- und Kapazitätsbildung, vgl. Kap. 5.6.1 Datenintegration und Harmonisierung, vgl. Kap. 5.2	Pilotprojekt 4 Verifikation bestehende Bodendaten (vgl. Kap. 5.8.4)	ca. 3-5 ca. 1
2	Bearbeitung der Prioritätsgebiete E2 bis E4, vgl. Kap. 5.6.1 Landwirtschafts- und Waldflächen in der <ul style="list-style-type: none"> ▪ Restlichen Talzone (E2) ▪ Restlichen Hügelzone und in den Bergzonen I-IV (E3) ▪ sowie im Sömmerungsgebiet (E4) 		ca. 10-20

Die eigentliche Erstellung des BIS beginnt in Phase 1 mit der Erhebung der fehlenden Bodendaten in den Gebieten mit starkem Siedlungsdruck oder mit Trockenheitsrisiken sowie der Integration der bestehenden Bodendaten. Weil das Füllen der Bodeninformationslücken in diesen Gebieten besonders dringlich ist (vgl. Bedürfnisabklärungen AMBIO GmbH) und weil die Fachkräfte derzeit nicht sehr zahlreich sind, ist es wichtig, dass innerhalb der ersten Phase Impulse für die notwendige Kompetenz- und Kapazitätsbildung in der bodenkundlichen Gemeinschaft gesetzt werden können. Die Auslösung der Phase 1 ist nicht auf den Abschluss des Pilotprojektes 1 (Gebirge) angewiesen, da die Erfassungsmethoden für die Böden in der Talzone weitestgehend bekannt sind. Hingegen sollen die Parameter (Pilotprojekt 2), die Analytik (Pilotprojekt 3) und der Bedarf für Messungen (vgl. Kapitel 7.2) vorgängig einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

In Phase 2 werden die noch fehlenden Bodendaten für die Landwirtschafts- und Waldflächen in allen landwirtschaftlichen Produktionszonen erhoben und in das BIS integriert.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die einzelnen Elemente dieses konzeptionellen Vorschlags eingehender beleuchtet und begründet.

5.2 Integration der bestehenden Bodendaten

In der Schweiz werden seit circa 15 Jahren projektbezogen bestehende Bodendaten mit Hilfe der spezifischen Übersetzungsschlüssel in den aktuell gültigen Datenschlüssel übersetzt und teilweise aufgearbeitet. Für die Integration von bestehenden Bodendaten existieren aus verschiedenen Kantonen bereits umfangreiche Erfahrungen, die genutzt werden können.

Bereits erhobene und für ein BIS geeignete Bodendaten ab Datenschlüssel 4 enthalten Angaben zur Hydromorphie (Wasserhaushaltsgruppen und Vernässungstypen) und damit, zumindest auf Profilebene, weitgehend die für ein BIS benötigten Angaben zum Wasserhaushalt. Dies bedeutet, dass die Daten der in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten durchgeführten (Feld-)Kartierungen in den Kantonen AG, BL, BS, GL, LU, SG, SO, ZG und ZH integral übernommen werden können und allenfalls noch fehlende Parameter zu erheben sind. Für eine nachträgliche Anpassung kommen vor allem der für den Wasserhaushalt massgebende Aufbau des Bodens oder das Vorkommen und die Lage von Stauhorizonten in Frage. Hinsichtlich der Übernahme von Flächendaten ist zu prüfen, ob die vorhandenen Daten allenfalls durch Angaben zu Schicht- oder Horizontmächtigkeiten sowie des Skelettgehalts noch präzisiert werden können.

Für ältere Bodendaten (Zeitpunkt Erhebung vor 1980) liegen keine oder nur schwer zu interpretierende Angaben zum Bodenwasserhaushalt vor. Während einzelne Parameter kaum Abweichungen zum heutigen Standard aufweisen (z.B. Skelettanteil oder Körnung), können andere Parameter hingegen nicht ohne Aufarbeitung und Verifizierung im Feld übernommen werden. Wenn diese Daten ins BIS integriert werden sollen, sind sie zunächst einer Verifikation im Feld zu unterziehen.

Für die Übernahme bereits bestehender Daten (z.B. diejenigen aus NABODAT) oder die Integration neuer Daten bedarf es einer Harmonisierung hinsichtlich der gewählten Datenstruktur. Die Erfahrungen aus dem NFP-68-Projekt „PMSoil“ zeigen, dass für die weitere Verwendung von Bodendaten, z.B. für die Erstellung von regionalen Übersichten von Bodenfunktionen oder Eigenschaften, ein erheblicher Harmonisierungsaufwand besteht. Hauptschwierigkeiten sind insbesondere Änderungen in den Bodenaufnahmeprotokollen (und teilweise der darin erfassten Werte), der Analytik, der erfassten Bodenparameter (Angabe als Klassenwert vs. Angabe als eindeutiger Wert) sowie das Fehlen wichtiger Metadaten (Zeitpunkt der Aufnahme, verwendete Methodik). Die Integration und das Übersetzen bereits bestehender Daten in ein BIS wird demzufolge bereits von Beginn an bedeutende Ressourcen beanspruchen. Teilweise wird es unumgänglich sein, auf die Einbindung bestimmter Datensets zu verzichten. Genaue Kriterien hierzu sind somit bereits zu Beginn festzusetzen und sofern eine Neuerfassung oder Zusatzerfassung bestimmter Parameter sich als unumgänglich erweist, ausreichend finanzielle Ressourcen frühzeitig einzuplanen.

Das Vorgehen und die Kriterien für die Integration von bestehenden Bodendaten sind:

- Bestimmung der Qualität und Quantität von bestehenden Bodendaten,
- einheitliches Datenmodell, in welches Bodendaten zu übersetzen sind,
- Ausscheiden der zu bearbeitenden Flächen inklusive Priorisierung,
- Bestimmen der nötigen Ressourcen für Neu- oder Verifikationskartierung und Bereitstellung der dazu erforderlichen Mittel,
- Sicherstellen, dass das Know-how zur Datenaufbereitung vorhanden ist.

Für die direkte Übernahme bestehender Bodendaten kommen die Daten der in den letzten Jahren erfolgten kantonalen Kartierungen im Massstab 1:5'000 sowie die Profildaten der Bodenüberwachungen in Frage. Die Bodendaten aus weiteren Projekten (z.B. Meliorationen) oder von Forschungsanstalten sind in jedem Fall hinsichtlich ihrer Vollständigkeit, respektive hinsichtlich der verwendeten Methodik oder Zuverlässigkeit kritisch zu überprüfen.

Sofern sich herausstellt, dass der Harmonisierungsaufwand unverhältnismässig hoch ist oder auch nach Harmonisierung der Daten grosse Lücken bestehen, ist eine Neuerhebung dieser Bodendaten oder von Teilen davon zu prüfen. Die Prüfkriterien sind im Voraus zu definieren.

Für die Datenbank eines BIS sind sämtliche Bodeneigenschaften (geschätzte und gemessene Werte) möglichst als metrische Parameter zu erfassen, als Ergänzung zu den bis anhin verwendeten Klasseneinteilungen (z.B. Skelett). Die Übersetzung der Klassenwerte bestehender Daten hat einheitlich zu erfolgen (z.B. gerundeter Wert in Klassenmitte oder auf Basis einer Gebietsanalyse) oder es ist zu prüfen, ob genauere Angaben hierzu noch vorhanden sind bzw. auf Verifikationserhebungen gestützt werden können.

Ältere Bodendaten müssen trotz der vorhandenen Übersetzungsschlüssel mindestens teilweise im Feld verifiziert werden. Um diese Arbeiten einzugrenzen und die Kosten für die Verifizierung schätzen zu können, kann gegebenenfalls eine Auswertung im Rahmen eines Pilotprojekts vorgenommen werden (siehe Kapitel 5.8.4).

5.3 Systemgrenze: Wasserhaushalts-BIS vs. umfassendes BIS

Im Vordergrund dieses Projektes steht ein Bodeninformationssystem für den Wasserhaushalt. Zugleich sollen aber auch die Möglichkeiten eines Ausbaus zu einem umfassenden BIS und der damit verbundene Mehraufwand thematisiert werden.

Zentral für die Bestimmung und Bewertung des Abflussregulierungsverhaltens eines Bodens sind dessen Infiltrationskapazität, die Horizontierungen, die Luftkapazität (Grob- und Makroporen die bei starken Regenereignissen das Wasser schnell ableiten und anschliessend als zusätzlicher Wasserspeicher wirken) sowie die Gründigkeit, respektive die Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (Wasserspeichervermögen des Bodens). Alle diese Grössen sind für den Wasserhaushalt (inkl. Trockenheitsrisiko) eines Bodens zentral und können aus Bodenpunktdaten bzw. teilweise aus Bodenflächendaten und Labormessungen bestimmt werden. Da Labormessungen aufwändig sind und teilweise nicht zu repräsentativen Daten führen, werden bodenphysikalische Kennwerte auch via Transferfunktionen²⁰ bestimmt.

Mit Ausnahme weniger Werte, sind alle im Rahmen einer Profilsprache nach FAL 24 erhobenen Parameter relevant für Aussagen zum Bodenwasserhaushalt. Dieses Vorgehen sollte somit beibehalten und durch die Aufnahme zusätzlicher, respektive durch die Präzisierung bereits erhobener Werte ergänzt werden (siehe Kapitel 5.4.2). Bisherige Ansätze zur Definition eines minimalen Datensatzes waren nicht erfolgreich.

Ein Wasserhaushalts-BIS allein ermöglicht Aussagen zur Infiltrations- und Speicherfähigkeit, zur Abflussregulierung, zum Austrocknungs- oder zum Erosionsrisiko. In Kombination mit einem nationalen Bodenfeuchtemessnetz ist zusätzlich die Beobachtung von hydrodynamischen

²⁰ Pedotransferfunktionen für Böden in der Schweiz fehlen noch weitgehend, so dass häufig mit der KA 5 gearbeitet wird.

schen Prozessen möglich. Mit einem umfassenden BIS können die ebenfalls wichtigen Angaben zu Bodenfruchtbarkeit, Bodeneignung für bestimmte Nutzungen oder weitere, aktuelle Bodenrisiken gewonnen werden.

Die Erstellung eines umfassenden BIS erfordert eine grössere Anzahl Analysen bodenchemischer Parameter sowie eine verstärkte Berücksichtigung bodenbiologischer Phänomene. Dies führt dazu, dass die Anzahl der für ein umfassendes BIS zu erhebenden Daten leicht höher ausfällt (vgl. Anhang 6).

Zu einem umfassenden BIS gehören letztlich auch die Bodenbiologie und -chemie. Die Erfassung von bodenchemischen Parametern ist weit fortgeschritten, z.B. im Rahmen der kantonalen und der nationalen Dauer-Bodenbeobachtung. Die Erfassung von bodenbiologischen Daten ist weniger weit bzw. weniger standardisiert. Beide Bausteine werden im Rahmen dieses Konzeptes ausgeklammert, da sie eigenständige Bausteine darstellen, die entweder noch zu wenig definiert sind (Bodenbiologie) oder bereits in umfassenden Datenbanken vorliegen, deren Zusammenführung zu einem schweizweiten Informationssystem eines Grundsatzentscheides des Bundes mit den Kantonen bedürfte (Bodenchemie - insbesondere Schadstoffe). Der Vollständigkeit halber werden Bodenbiologie und -chemie in den Parameterlisten auf Seite 58 trotzdem genannt.

5.4 Erfassung neuer Bodendaten

5.4.1 Methodik und Analytik

Die Bestimmung der Bodeneigenschaften im Feld richtet sich nach den „klassischen“ Aufnahmeverfahren gemäss der „Klassifikation der Böden der Schweiz“ (KLABS) und der Schweizerischen Kartierungsanleitung FAL 24²¹.

Für die Erhebung von neuen Bodenpunktdaten kommen dabei folgende Möglichkeiten in Betracht:

- Profilgruben bis max. 150 cm Tiefe,
- Miniprofile, d.h. Ausheben der obersten 40 cm mittels Spaten, anschliessend Bodenansprache mittels Flügelbohrer bis ca. 100 cm Tiefe,
- Entnahme von Bodenkernen bis max. 200 cm Tiefe (z.B. durch COBRA, HUMAX).

Da für das vorgesehene BIS neben den klassischen Bodenkenngrossen (Körnung, Skelettingehalt, pH/Kalk, OS) auch bodenhydraulische Eigenschaften bestimmt werden sollen, sind zusätzliche Probenahmen (aktuell i.d.R. Zylinderproben) zur Bestimmung von Lagerungsdichte, Porengrössenverteilung und Leitfähigkeiten durchzuführen. Im Vergleich zu bisherigen Kartierungen ist im Hinblick auf die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt eine deutlich grössere Anzahl derartiger oder ggf. verbesserter Beprobungen und Bestimmungen einzuplanen.

Für die Erfassung neuer Bodenpunktdaten²² schlägt das Autorenteam folgende Varianten vor:

²¹ siehe auch Handbuch Waldbodenkartierung BUWAL. (BUWAL 1996)

- Bodenpunktdaten in Bodenprofilen bis max. 150 cm Tiefe erfassen.
- Die Beprobung und Bodendatenaufnahme orientiert sich an den Bedürfnissen eines umfassenden BIS, d.h. neben den Wasserhaushalt betreffenden Bodeneigenschaften werden auch weitere chemische Parameter analysiert oder für spätere Untersuchungen Rückstellproben entnommen. Die Erhebung von Bodenpunktdaten soll in jedem Fall die Möglichkeit eines Boden-Monitorings beinhalten.
- Es ist eine durchschnittliche Profildichte von mind. 5 Profilen/100 ha, unabhängig von der Bodenbedeckung, das heisst gleiche Datendichte für Land- und Forstwirtschaft, anzustreben.
- Neben der Analyse aller Profilhorizonte werden bei einer Flächenkartierung zusätzlich mindestens Oberbodenproben (Flächenmischproben) in einem Teil der Polygone (z.B. 1% aller Polygone) entnommen und analysiert (Körnung, pH, organische Substanz), so dass weitere Bodendaten in erhöhter räumlicher Auflösung zur Verfügung stehen. Insgesamt wird dieser Zusatzaufwand als relativ gering eingestuft und bietet gute Qualitätsaussichten für ein umfassendes BIS

Ein BIS würde in Kombination mit den nötigen Laborkapazitäten auch ein erweitertes Boden-Monitoring ermöglichen. Bodenkenngrössen könnten so in grösserer räumlicher Dichte erfasst und zusätzliche Standorte periodisch z.B. auch auf Nährstoff- und Schwermetallgehalte untersucht werden. Die Analyse chemischer Bodeneigenschaften durch „neue“ Methoden (z.B. Röntgenfluoreszenzanalyse, Nah-Infrarotspektroskopie) wird dazu beitragen, dass die für Analysen anfallenden Kosten in Zukunft markant sinken und die Ergebnisse bereits nach kurzer Zeit vorliegen werden.

5.4.2 Einbezug neuer Bodenparameter

Wie oben dargestellt, richtet sich die Bestimmung der Bodeneigenschaften grundsätzlich nach den „klassischen“ Aufnahmeverfahren gemäss KLABS und FAL 24²³. Neue Bodendaten sollten nach Einschätzung des Projektteams aber durch zusätzliche Aufnahmen gemäss Anhang 6 ergänzt und einzelne Merkmale genauer formuliert werden. Es sind dies insbesondere folgende Bodeneigenschaften oder -merkmale:

Tab. 4: Neu oder detaillierter aufzunehmende Bodenparameter

Quelle: Projektteam KOBİ (Auswahl aus Anhang 6)

Messwert (Bodeneigenschaft)	Bemerkungen
Schätzwerte statt Klassenangaben (siehe auch BGS 2014)	Um insbesondere die Auswertbarkeit zu verbessern ist zu prüfen, ob auf die Angabe von Bodeneigenschaften in Klassen verzichtet werden soll. Stattdessen können ggf. ausschliesslich metrische Werte erfasst werden. Um die Streuung der so bestimmten Werte zu dokumentieren, ist zusätzlich eine Angabe zur Variabilität eines Wertes (insbesondere Körnung und Skelett) zu prüfen. <i>Zusatzaufwand: gering</i>
Durchwurzelungsintensität	Erkennen von verdichteten Schichten oder Horizonten mit ungünstigen Gefügeformen. Liefert Hinweise zu Pflanzengesundheit und den möglichen

²² Beschreibung der Bodendaten gemäss KLABS, zusätzliche Parameter gemäss KA5

²³ siehe auch Handbuch Waldbodenkartierung BUWAL. (BUWAL 1996)

Messwert (Bodeneigenschaft)	Bemerkungen
	Infiltrationswegen der oberen Bodenbereiche. <i>Zusatzaufwand: gering</i>
Lagerungsdichte	Wird aktuell nur in wenigen Profilsprachen erhoben. Wichtig für die Entwicklung von Transferfunktionen zum Bodenwasserhaushalt. <i>Zusatzaufwand: gering</i>
Porengrößenverteilung pro Horizont	Wichtige Angaben zum Verhalten von Bodenwasser und zur Durchwurzelbarkeit. Liefert sowohl Angaben zur Wasseraufnahme- als auch zur Wasserhalte- und Wassernachlieferungskapazität. <i>Zusatzaufwand: gross</i>
Gründigkeit pro Horizont	Aktuell wird die Gründigkeit für das ganze Profil und nicht für einzelne Horizonte aufgenommen. Die Bestimmung erfolgt zwar horizontweise auf dem Profilblatt, die Werte der einzelnen Horizonte werden aber nicht weiter in Datenbanken verarbeitet. Die Kenntnis dieser Werte erlaubt bessere Angaben zu den bezüglich Wasserhaushalt relevanten Bodentiefen. <i>Zusatzaufwand: gering</i>
Definition von Schichten des Unterbodens	Erlaubt eine bessere Beurteilung zu den Eigenschaften und Auswirkungen des Unterbodens und ist insbesondere für Flächenangaben wichtig. Vorzusehen ist eine Aufnahme von 2 Schichten bzw. abrupte Wechsel von Eigenschaften des Unterbodens mit Tiefenangaben. Als Unterscheidungsmerkmale kommen Schichtwechsel (Körnung, Skelett), das Vorhandensein von stauenden Schichten oder deutliche Unterschiede bzgl. Wasserhaushalt (Stau- oder Grundwassereinfluss) in Frage. <i>Zusatzaufwand: gering</i>
Torfzersetzungsgrad	Erlaubt neben Aussagen zum Anteil von Humifizierungsprodukten auch weitere Angaben zur Wasserspeicherkapazität. <i>Zusatzaufwand: gering</i>
Angaben zu Standorteigenschaften	Neben Angaben zu Landnutzung und Vegetation sind weitere standortspezifische Angaben (Grundwasserpegel, Mikroklima) aufzuzeichnen. Die (bereits stattfindende) Ansprache des Untergrundes sollte für weitere Fragestellungen (Hydrologie, Quartärgeologie) genutzt werden. <i>Zusatzaufwand: gering</i>

Die für die Erstellung eines umfassenden BIS zusätzlich zu erfassenden Bodeneigenschaften erfordern neben den oben erwähnten Kenngrößen die zusätzliche Bestimmung und Analyse bodenchemischer sowie bodenbiologischer Parameter (Anhang 6). Die zu erhebenden Größen und die anzuwendenden Verfahren müssen insbesondere für die Bodenbiologie noch definiert werden, ermöglichen aber erst eine genaue und umfassende Kenntnis der Resource Boden.

Der damit verbundene finanzielle Mehraufwand wird vor allem zu Beginn durch eine grössere Anzahl Analysen, insbesondere zur Kalibrierung der „neuen“ bodenchemischen Methoden verursacht. Mit zunehmender Projektdauer und grösserer Datengrundlage werden sich diese Zusatzkosten aber deutlich verringern. Unter Zuhilfenahme bereits existierender Datengrundlagen (z.B. Spektralbibliotheken der Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich oder

der ETH) beziffert das Autorenteam den Mehraufwand für die Bestimmung bodenchemischer Parameter im Rahmen eines umfassenden BIS im unteren einstelligen Prozentbereich der Gesamtkosten einer Bodenaufnahme anhand eines Profils. Bezüglich des Mehraufwandes für bodenbiologische Kenngrößen sind aktuell noch keine Angaben möglich. Das Autorenteam schätzt den Aufwand für zusätzliche Aufnahmen am Bodenprofil resp. Standort als gering ein.

5.5 Erhebung von Bodenflächendaten

Die Bodenkartierungsmethode nach FAL+, wie sie derzeit in den Kantonen Solothurn, Luzern und Zürich angewandt wird, hat sich bewährt und liefert zuverlässige und für die Anwender wertvolle Bodenflächeninformationen. Um zuverlässige Bodenflächendaten im gewünschten Massstab zu erhalten empfiehlt das Autorenteam deshalb, die erprobte FAL+-Methode zu verwenden und weiter zu entwickeln. Diese ist mit intensiven Felderhebungen im Rahmen von Kartierungskampagnen verbunden.

Der aktuelle Stand der Modellierung von Bodeneigenschaften mittels DSM (siehe Kapitel 3.5) lässt keine Empfehlung zu, das BIS massgeblich auf diese Methoden abzustützen. Der Einsatz moderner Hilfsmittel und Methoden soll aber laufend geprüft werden.

Zusätzlich zu den üblichen Erhebungen im Feld sollen circa von jedem hundertsten Polygon repräsentative Oberbodenmischproben genommen und analysiert werden. Solche Analysen unterstützen die Feldarbeit und verbessern die Schätzungen von wichtigen Bodenkennwerten wie Körnung, OS-Gehalt und pH-Wert.

5.6 Etappierung

Ein grosses Werk wie ein Bodeninformationssystem kann nicht auf einen Schlag erarbeitet werden. Das Autorenteam schlägt deshalb vor, die Erstellung des BIS in Etappen zu gliedern und diese nach definierten Prioritäten umzusetzen. Aus der Sicht der Verfasser gibt es zwei vorteilhafte Vorgehensweisen, um die Erstellung des BIS zu etappieren: Die Etappierung kann entweder nach Gebieten oder nach Prozessen erfolgen.

5.6.1 Etappierung nach Gebieten

Aus dem Fokus des Postulats Walter und unter Berücksichtigung raumplanerischer Aspekte ergibt sich eine Etappierung nach Gebieten. Grundsätzlich orientiert sich die Etappierung an den landwirtschaftlichen Produktionszonen des BLW und umfasst auch den Wald. Aus Abb. 3 gehen die Grössenordnungen der Produktionszonen hervor.

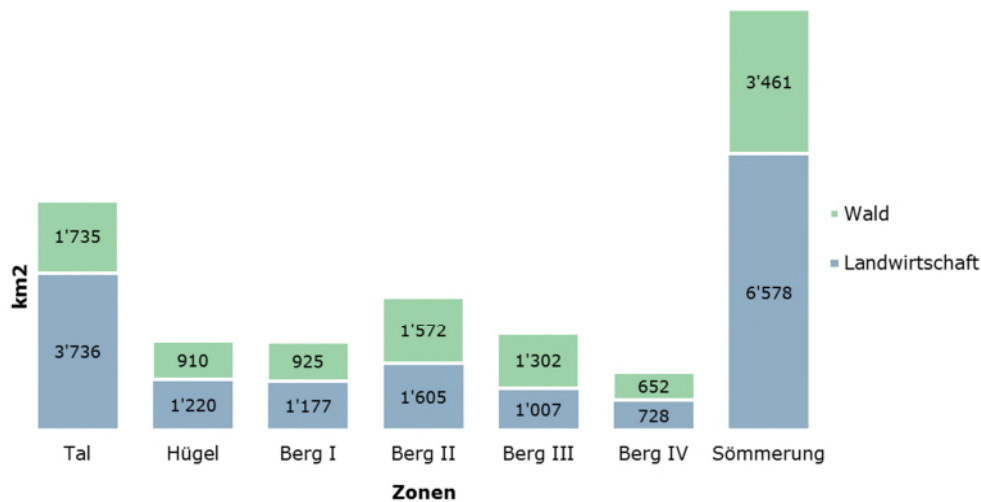


Abb. 3: Umfang der Wald- und Landwirtschaftsfläche pro Produktionszone

Quelle: Projektteam KOBİ

In einer ersten Etappe sollen aber zusätzlich produktionszonenübergreifend jene Gebiete bearbeitet werden, in denen entweder Trockenheitsrisiken bekannt sind oder der Siedlungsdruck sehr hoch ist²⁴. Hier sind Bodeninformationen von verschiedenen Nutzern sehr gefragt.

Es ergibt sich folglich eine Etappierung nach Gebieten wie sie in Abb. 4 dargestellt und in Tabelle 5 erläutert wird. Dabei sind folgende Überlegungen zentral:

- Gemäss Postulat Walter steht die Wasserknappheit im Vordergrund. Diese konzentriert sich auf das Mittelland, das Wallis, einige Gebiete im Jura und auf vereinzelte Einzugsgebiete.
- Im Alpenraum sind erst wenige Bodeninformationen vorhanden. Es mangelt an ausreichenden Erfahrungen mit der Erfassung und Auswertung von detaillierten Bodendaten. Die methodischen und kostenmässigen Unsicherheiten sind erheblich. Diese sollen mit der etappierten Umsetzung und dem Einbezug Alpenraum-erfahrener Praktiker reduziert werden, so dass in wenigen Jahren in diesen Regionen Daten besser vorbereitet erhoben werden können. Es wäre riskant, die Hauptanstrengungen auf ein Gebiet mit methodischen Unbekannten zu konzentrieren, um hernach gegebenenfalls neue Schwierigkeiten im Umgang mit den bereits bestehenden Bodendaten zu erzeugen. Das Projektteam KOBİ empfiehlt deshalb, möglichst auf Bestehendem aufzubauen und dieses gezielt zu ergänzen.
- In der Umsetzung wird sich zeigen, welcher Bedarf sich für weitere Vorranggebiete ergibt. Je nach Interessen von Kantonen und/oder Institutionen kann sich dieser verändern (z.B. dringende Vollzugsaufgaben). Das ist zum heutigen Zeitpunkt nicht vorhersehbar. Die Umsetzungsplanung soll flexibel sein und entsprechende Anpassungsmöglichkeiten vorsehen.

²⁴ Gebiete mit hohem Druck zur Expansion des Siedlungsgebietes bzw. zur Erstellung von Infrastrukturbauten ausserhalb der bestehenden Bauzone und bevorzugt auf fruchtbaren Böden.

- Eine besondere Form der Etappierung nach Gebieten stellt die Integration und Harmonisierung der bestehenden Bodendaten dar. Diese Daten sind derzeit mancherorts zum Beispiel in GIS-Browsern verfügbar. Die Integration und Harmonisierung dieser Bodendaten kann parallel zur Erarbeitung neuer Gebiete erfolgen und muss nicht zwingend bereits zu Beginn in Angriff genommen werden. Das in der Schweiz breit empfundene Defizit besteht darin, dass für weite Teile der Schweiz keine oder nur sehr dünn gesäte Bodendaten vorhanden sind. Die Priorisierung der Integration der bestehenden Bodendaten würde diesen unbefriedigenden Zustand weiter verlängern und die Bearbeitung der übrigen Gebiete verzögern.

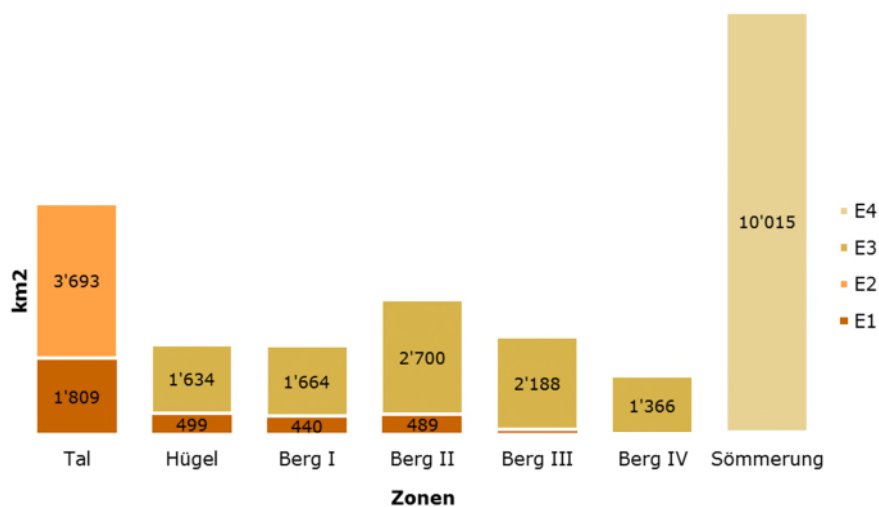


Abb. 4: Etappierung nach Gebieten

Quelle: Agroscope und Projektteam KOB

Das Wesentliche der in Abb. 4 dargestellten Etappierung ist nicht zwingend die Reihenfolge, sondern vielmehr die Grössenordnung der jeweiligen Gebiete. So ist es denkbar, dass im politischen Prozess zur Schaffung eines Bodeninformationssystems andere Aspekte (wie z.B. die Naturgefahrenprävention) als prioritär erachtet werden. In einem solchen Fall würden bestimmte Gebiete der Bergzonen priorisiert. Die Reihenfolge wird letztlich mitunter von den Geldgebern und ihren Zielen bestimmt (siehe Kapitel 6.4).

Tab. 5: Prioritäten für die gebietsweise Etappierung

Quelle: Projektteam KOBİ

Priorität	Abgrenzung	Begründung	Fläche [ha]
E1	Gebiete mit starkem Siedlungsdruck oder hohem Trockenheitsrisiko (Talzone bis Bergzone IV)	Für Gebiete mit hohem Trockenheitsrisiko ergibt sich eine hohe Priorität direkt aus dem Postulat Walter. Handlungsbedarf existiert mehr oder minder unmittelbar (siehe z.B. Sommer 2015) In Gebieten mit starkem Siedlungsdruck sind die fruchtbaren Böden möglichst zu erhalten. Zu diesem Zweck muss deren Vorkommen bekannt sein.	343'799
E2	Restliche Talzone	Grundsätzlich sind Nutzungskonflikte, die mitunter mit der Regulierungsfunktion Wasserhaushalt zusammenhängen (z.B. Bewässerungen) in der Talzone am grössten. Diese Gebiete zählen auch zu den trockensten.	369'284
E3	Rest der Hügel- und Bergzonen	In den Hügel- und Bergzonen existieren Gebiete mit Trockenheitsrisiken. Zudem sind in diesen Gebieten Bodeninformationen zum Wasserhaushalt auch aus Gründen der Naturgefahrenprävention besonders gefragt.	955'158
E4	Sömmerungsgebiet	Im Sömmerungsgebiet ist das Trockenheitsrisiko gering. Aber die höheren Lagen, die i.d.R. eine positive Wasserbilanz haben, sind als Einzugsgebiete der Fließgewässer für das Wasserangebot in tieferen Lagen wichtig.	1'001'509

Den Abgrenzungen liegen folgende Grundlagen bzw. Annahmen zu Grunde:

- Landwirtschaftliche Produktionszonen gemäss BLW²⁵.
- In jeder Produktionszone ist sowohl das Landwirtschaftsland als auch der Wald enthalten.
- Siedlungsgebiete und Seen (Arealstatistik) sind nicht enthalten.
- Zur Berechnung der Gebiete mit starkem Siedlungsdruck wurde der GIS-Layer „Bauzonen Schweiz“ mit der Landschaftstypisierung „siedlungsgeprägte Landschaften“ (SGL) unterlegt. Anschliessend wurden die Zonen der SGL ausgeschieden und ein Puffer von 500 Metern um diese berechnet. Dieser Puffer stellt die Landschaftsbereiche dar, die am ehesten einem Expansionsdruck der Siedlungen ausgesetzt sind. Kleinere Siedlungen werden mit dieser Methode nicht berücksichtigt und es wird angenommen, dass die zukünftige Bautätigkeit prioritär in den Agglomerationsgebieten stattfinden wird. Zum Schluss wurde die Fläche der vorhandenen Bauzonen (bebaut und unbebaut) von den ausgewiesenen Zonen abgezogen. Die so ausgewiesenen Vorrangflächen weisen die Gebiete rund um die jetzigen Bauzonen aus.
- Einzugsgebiete mit hohem Trockenheitsrisiko sind gemäss durchgeführter Recherchen unter Hydrologen in erster Linie Töss und Emme.

²⁵ GIS-Layer Minimale Geodatenmodelle Landwirtschaftliche Bewirtschaftung, Bezugsjahr 2015

- Besonders trockenheitsgefährdete Gebiete wurden aus der Karte der Bewässerungsbedürftigkeit des Bundesamtes für Landwirtschaft abgeleitet (Quelle: Bewässerungsbedürftigkeit in der Schweiz; J. Fuhrer, K. Jasper 2009)²⁶.

5.6.2 Etappierung nach Prozessen

Alternativ zur etablierten gebietsweisen Etappierung kommt grundsätzlich eine Etappierung nach Bearbeitungsprozessen in Betracht. Als Hauptprozesse in der Aufnahme von Bodendaten gelten:

1. Grundlagenauswertung, Erarbeitung von Konzeptkarten, Auswahl von Standorten für die detaillierte Bodendokumentation (Bodenprofile; Punkt-Informationen),
2. Erhebung von Punktinformationen,
3. Flächenkartierung.

Mit einem ersten Baustein könnten für die ganze Schweiz zuverlässige Punktinformationen erarbeitet und den Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Dieses Vorgehen ist unüblich und bislang nicht erprobt. Es könnte folgende Wirkungen erzielen:

- Ein flächendeckender Punktdatensatz könnte anderen Akteuren als Anreiz dienen, um die weiteren Schritte für eine flächendeckende Erfassung der Bodeneigenschaften voranzutreiben. Bodenkarten für Meliorationen oder Güterzusammenlegungen würden dadurch zum Beispiel wesentlich günstiger.
- Das Vorliegen von Punktinformationen in hoher Dichte erlaubt die kurzfristige Bearbeitung auch nachträglich definierter Vorranggebiete, so dass eine flächenhafte Datenerhebung besser etappiert und situativ an geänderte Rahmenbedingungen oder an sich abzeichnende Entwicklungen (z.B. Extremwetterereignisse, Finanzrahmen) angepasst werden kann.
- Ein flächendeckender Punktdatensatz könnte dazu dienen, bereits heute eingesetzte Modelle oder Anwendungen zu verbessern (z.B. in der Hydrologie).
- Ein flächendeckender Punktdatensatz könnte dazu dienen, die Prioritäten für die weitere Bearbeitung zu überdenken.
- Während der Zeit, die bis zur Vervollständigung des Bodenprofilnetzes in der Schweiz vergeht, verbessern sich unter Umständen auch die Möglichkeiten von Fernerkundungsmethoden. Auf diese Weise böten sich mit der Zeit bessere Methoden, um in gewissen Gebieten (insbesondere im Sömmerungsgebiet) rationeller zu flächendeckenden Bodeninformationen zu kommen. Die Möglichkeiten, mit Fernerkundungsmethoden Aussagen über grössere Tiefenbereiche zu generieren, ist allerdings beschränkt und führt nur via indirekte Beobachtungen und Messungen zu brauchbaren Ergebnissen für die Flächenkartierung.
- Allenfalls kann die Dichte an Punktinformationen gebietsspezifisch optimiert (örtlich ausgedünnt, örtlich verdichtet) werden. In einem ersten Schritt kann die Profildichte statt 5 Profile/100 ha auch lediglich 3 Profile/100 ha betragen. Sofern gleichzeitig grosse Gebiete

²⁶ Eine ausführliche Dokumentation der Flächenberechnung stellt das Projektteam KOBi auf Anfrage gerne zur Verfügung.

betrachtet werden, kann mit geostatistischen Analysen gegebenenfalls geprüft werden, ob in bestimmten Teilgebieten keine weiteren Punktinformationen mehr nötig sind. In einem zweiten Schritt werden dann Orte für weitere Punktinformationen gezielt gewählt.

- Die gross angelegte Erhebung und Analyse von Bodendaten sollte dazu verwendet werden, um zum Beispiel Spektralbibliotheken zu schaffen. Mittelfristig kann dadurch der zeitliche und finanzielle Aufwand für Bodenanalysen deutlich verringert werden. Mit zunehmender Datenbasis bietet sich zudem die Möglichkeit, dass zu einem späteren Zeitpunkt auch zusätzliche Parameter bestimmt oder die bisherigen Ergebnisse verbessert werden können.
- Da alle Anwender letztlich Bodendaten mit einem Flächenbezug benötigen, könnte die Verfügbarkeit von Punktinformationen aber dazu verleiten, mit beliebigen Methoden Flächendaten zu produzieren; unabhängig davon ob diese bodenkundliches Wissen berücksichtigen oder nicht.

Die Etappierung nach Prozessen birgt ein erhebliches Risiko von unkontrollierbaren und gegebenenfalls sogar unsorgfältigen Versuchen, aus den Punktdaten Flächendaten generieren zu wollen. Dies würde dem eigentlichen Ziel des Bodeninformationssystems zuwider laufen. Die Etappierung nach Gebieten ist nach Abwägung deshalb der Etappierung nach Prozessen vorzuziehen. Sie bringt in absehbarer Zeit für das bearbeitete Gebiet zuverlässige Bodendaten hervor, die den bewährten und von den Nutzern gewünschten Standards entsprechen. Die Bildung einer Trägerschaft dürfte einfacher sein, wenn Gebietsprioritäten gesetzt werden und gebietsweise fertige Produkte erstellt werden können.

5.7 Projekthandbuch

Bevor einzelne Prozesse zur Erarbeitung eines Bodeninformationssystems im grossen Stil ausgelöst werden, ist es wichtig, die erforderlichen und in hohem Mass zu standardisierenden Prozesse in einem projektspezifischen Handbuch festzulegen. Prozesse, die aufgrund der Erkenntnisse aus den Pilotprojekten noch angepasst und noch nicht standardmässig erprobt werden konnten, sind vor der Implementierung in der Erarbeitung des Bodeninformationssystems einem ausreichend umfangreichen Praxistest zu unterziehen, bevor sie Eingang ins Projekthandbuch finden.

5.8 Pilotprojekte

Das Projektteam KOBİ schlägt die Durchführung von Pilotprojekten vor. Mit diesen kann methodisches und/oder organisatorisches Neuland beschritten werden, um einzelne Prozesse im Hinblick auf die Schaffung des Bodeninformationssystems zu optimieren. In diesem Kapitel wird eine Reihe von Pilotprojekten mit den zu beantwortenden Fragen erläutert.

5.8.1 Pilotprojekt 1: Gebirge

Die Bodenkartierung in der Schweiz konzentrierte sich bislang grossmehrheitlich auf die Talzone und teilweise auf die Hügelizeone. Mit der Kartierung der Bergzonen und des Sömmerungsgebiets inkl. Wald betritt die Bodenkartierung in der Schweiz Neuland. Mitunter kommt darin sehr steiles und insbesondere im Wald sehr unwegsames Gelände vor. Angesichts der Grösse des Gebietes ist es angemessen, entscheidende methodische Fragen zu klären, be-

vor im grossen Stil mit der Datenerhebung begonnen wird. Insbesondere ist zu prüfen, ob bereits ein erhebliches Potenzial zur Kostenreduktion erkannt und ausgeschöpft werden kann.

Das Autorenteam schlägt vor, das Pilotprojekt in einem Gebirgskanton (z.B. Glarus, Uri, Obwalden, Tessin, Graubünden, Wallis, Bern) und im Jura (z.B. Solothurn) mit teilweise sehr steilen, bewaldeten Hängen und mit einem Anteil Sömmerungsgebiet durchzuführen. Die Perimeter sollten ca. 5'000 Hektaren umfassen, um die Fixkosten in Grenzen zu halten und eine gewisse Repräsentativität der Erfahrungen zu erzielen. Zudem sind die Erfahrungen neuerer Kartierungsarbeiten im Ausland in die Disposition mit einzubeziehen. Eine Fokus-Studie des Nationalfonds wird in der zweiten Jahreshälfte 2017 entsprechende Informationen beisteuern.

Konkret sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Ist die Kartierung von sehr steilen Hängen sinnvoll, machbar und zumutbar?
- Auf welche Weise können auch ohne flächendeckende Detailkartierung im Feld/Wald ausreichend gute Daten akquiriert werden?
- Was kann aus den Erfahrungen im In- und Ausland gelernt werden?
- Welche Auflösung (Massstab) ist in solchen Landschaften ausreichend?
- Welches Sparpotential (monetär und zeitlich) ergibt sich aus angemessenen methodischen Ansätzen für das ganze BIS?
- Mit welchen methodischen Festlegungen kann eine weniger hoch aufgelöste Bodenkartierung der extrem kleinräumigen Variabilität Rechnung tragen?
- Wie weit kann die Bodenkartierung der Bergzonen und des Sömmerungsgebietes durch Fernerkundung und digitale Methoden unterstützt werden?
- Ist das Produkt für die potentiellen Nutzer (insbesondere Hydrologie und Naturgefahren) gut nutzbar?
- Mit welcher Methode und mit welcher Dichte an Punktdaten (Bodenprofile) sollen die Bergzonen und das Sömmerungsgebiet letztlich kartiert werden?

Dieses Pilotprojekt hat zentrale Bedeutung für das Bodeninformationssystem, denn

- es ist für ein sehr grosses Gebiet methodisch und kostenmässig relevant,
- die Kosten für das Bodeninformationssystem können letztlich erst in Kenntnis der Resultate dieses Projektes und nach Definition der Methoden zuverlässig geschätzt werden²⁷,
- es wird ein paar Jahre intensiver Arbeit erfordern und dürfte Erkenntnisse abwerfen, die über das Gebirge hinausreichen werden.

Das Projektteam KOBİ empfiehlt deshalb, das Pilotprojekt frühzeitig und gegebenenfalls losgelöst von einem Kreditentscheid für das Bodeninformationssystem auszulösen. Siehe dazu die präzisierende Projektskizze in Kap. 7.3.

²⁷ Die aktuelle Kostenschätzung im vorliegenden Konzept extrapoliert auf Basis der Nutzeranalysen die Methode und Kosten aus der Talzone über die ganze Schweiz. Das ist eine plausible, aber unsichere Arbeitshypothese.

5.8.2 Pilotprojekt 2: Datensatz

Der heute übliche Datensatz für Bodeninformationssysteme basiert auf der Kartierungsanleitung (FAL 24²⁸) und der Klassifikation der Böden der Schweiz. Beide Werke gehen im Wesentlichen auf die Erfahrungen des v 20 Jahren aufgelösten Bodenkartierungsdienstes der Eidgenössischen Forschungsanstalt Agroscope zurück. Entsprechend fokussieren viele Aspekte dieser methodischen Grundlagen auf die landwirtschaftliche Interpretation – insbesondere im schweizerischen Mittelland. Die bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz und das BAFU haben erkannt, dass diese beiden Grundlagen revidiert und an die erweiterten Bedürfnisse und technischen Möglichkeiten anzupassen sind. So läuft derzeit ein Vorprojekt zur Revision dieser beiden Grundlagen. Die Parameterlisten für Punkt- und Flächendaten sind im Anhang 6 aufgeführt. Diese Listen enthalten zum Teil neue Parameter, die in der Revision der methodischen Grundlagen berücksichtigt werden sollen. Im Rahmen von Pilotprojekten ergibt sich die Chance, die Neuerungen in der Klassifikation und in der Kartierungsanleitung einem Praxistest zu unterziehen. Im Idealfall erfolgt dies in einem iterativen Prozess, damit Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt nicht nur für die Anwender nützlich sind, sondern auch zur Verbesserung der methodischen Grundlagen.

Mit einem Pilotprojekt „Datensatz“ sollten demnach folgende Fragen geklärt werden:

- Welche der neuen Parameter bieten einen Mehrwert für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt der Böden – oder für weitere Anwendungen?
- Wie und in welchem Detaillierungsgrad sind die Parameter zu erfassen, damit der Mehrwert evident ist und in einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis steht?
- Mit welchen Methoden und Hilfsmitteln ist eine ausreichend zuverlässige Erfassung gewährleistet?
- Ist der Datensatz für Punkt- und Flächendaten zu ergänzen oder gegebenenfalls zu verkleinern?
- Welche Bedeutung haben die Erfahrungen aus dem Pilotprojekt für die Ausgestaltung der methodischen Vorgaben? Sind Anpassungen an Definitionen und/oder Methoden erforderlich?

Das Pilotprojekt „Datensatz“ lässt sich sehr gut mit dem Pilotprojekt „Gebirge“ kombinieren, da die bisherigen methodischen Grundlagen gemäss aktueller Einschätzung der Bodenspezialisten den Eigenheiten der Gebirgsstandorte zu wenig Rechnung tragen. Es wird aber empfohlen, weitere Erfahrungen in anderen Teilen der Schweiz zu sammeln und auszuwerten, da zum Beispiel drainierte Nassböden und anthropogene Böden (beide sehr wichtig für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt) bislang nur ungenügend beschrieben werden können. Deshalb wird die erwähnte, anlaufende Revision der beiden methodischen Grundlagen besonderes Gewicht auf solche Böden legen.

5.8.3 Pilotprojekt 3: Analytik

Die heutigen Bodenanalysen (chemische, physikalische und biologische) sind aufwändig und teuer. Neuere technische Entwicklungen zeigen, dass für chemische Parameter zum Beispiel spektroskopische Analysen möglich sind; vorausgesetzt, die Messmethoden und Auswertun-

²⁸ siehe auch Handbuch Waldbodenkartierung BUWAL. (BUWAL 1996)

gen sind regional geeicht. Eine solche Eichung ist nur mit einer ausreichend grossen Stichprobenanzahl möglich. Wie in Kapitel 5.4.2 beschrieben, bietet das flächendeckende Bodeninformationssystem die Chance, einerseits eine Grundlage zur Eichung moderner Methoden (z.B. Spektralbibliothek) zu erstellen und andererseits gegebenenfalls selber bereits von den Vorzügen der neuen Methoden durch Reduktion des Analyseaufwandes zu profitieren. Als Ziel sollen wo möglich nasschemische Verfahren durch alternative Verfahren ersetzt werden.

Da mit diesen Methoden in der Schweiz noch nicht im grossen Stil gearbeitet wird, soll ein Pilotprojekt folgende Fragen beantworten:

- Für welche Parameter sind alternative Verfahren geeignet und ausreichend zuverlässig?
- Wie ist eine öffentlich zugängliche Spektralbibliothek (oder ein ähnliches Instrument) zu gestalten?
- Haben die alternativen Methoden Auswirkungen auf die Probenahme und/oder die Lagerung?
- Unter welchen Umständen ist mit Einsparungen gegenüber der traditionellen nasschemischen Analytik zu rechnen?

Das Pilotprojekt „Analytik“ lässt sich mit dem Pilotprojekt „Gebirge“ kombinieren. Es ist aber vorgängig zu prüfen, ob parallel dazu in anderen Gegenden der Schweiz ergänzende Erfahrungen gesammelt werden sollen, um die gewünschten allgemein gültigen Erkenntnisse für die in der Schweiz vorkommenden Böden gewinnen zu können.

5.8.4 Pilotprojekt 4: Verifikation von bestehenden Bodendaten

Bodenprofildaten von Böden, die sich seit Ihrer Aufnahme stark verändert haben könnten, müssen vor ihrer Publikation in einem BIS verifiziert werden. Derzeit ist aber unklar, ob die Verifikation in jedem Fall und für jedes Gebiet zwingend ist oder ob sie sich geographisch bzw. thematisch eingrenzen lässt. In einem Pilotprojekt können die Erfahrungen von verschiedenen Kantonen (z.B. Solothurn, Luzern, St. Gallen) ausgewertet werden, um darauf basierend eine Empfehlung und eine Kostenschätzung für die Verifikationsarbeiten abgeben zu können.

6 Trägerschaft eines Bodeninformationssystems

6.1 Organisationsmodell

Das BAFU ist beauftragt, ein Bodenkompetenzzentrum zu konzipieren. Es hat dazu eine Task Force eingesetzt, welche ein mögliches Aufgaben- und Pflichtenheft, die Organisation und Anbindung sowie die Finanzierung diskutiert. Zweckmässigerweise werden Organisation und Betrieb eines Bodeninformationssystems als Aufgabe für das Bodenkompetenzzentrum verstanden, was im Detail aber noch zu prüfen ist. In den nachfolgenden Ausführungen werden Eckpunkte eines Organisationsmodells aus Optik Bodeninformationssystem skizziert. Diese sind noch nicht mit den Arbeiten der Task Force verzahnt.

Grundsätzlich besteht die Organisation „Bodeninformationssystem“ aus einer Trägerschaft und einem IT-System (siehe Abb. 5). Bei der Trägerschaft kann aus verschiedenen Varianten gewählt werden.

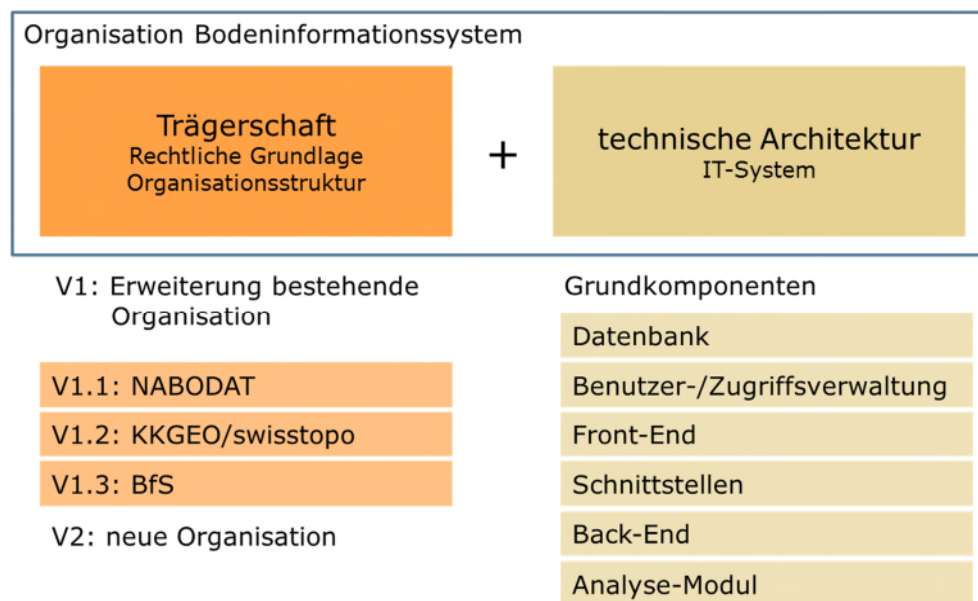


Abb. 5: Möglicher Aufbau der Organisation Bodeninformationssystem

Quelle: Projektteam KOB

Die Variante 1.1 (Erweiterung bestehende Organisation, NABODAT) erscheint sowohl technisch als auch personell als die kostengünstigste und effizienteste, da bei NABODAT sowohl eine Trägerschaft als auch grosse Teile des IT-System bereits bestehen und nicht neu aufgesetzt werden müssen. NABODAT hat bereits sehr viel Vorarbeit für ein BIS geleistet.

Variante 2 (neue Organisation) ist in diesem Sinne ein Plan B, der in Kraft träte, falls keine der Varianten 1.1 bis 1.3 realisiert werden könnte. Das Projekt sollte zudem klar als thematisches Projekt und nicht als IT-Projekt positioniert werden. Daher ist die Trägerschaft auch aus dem BAFU heraus zu organisieren (unter Umständen können swisstopo oder BfS als technische Unterstützer oder Vertriebskanäle gewonnen werden). Der fachlich-thematische Lead sollte aber beim BAFU bleiben. Die Umsetzung sollte agil und iterativ gestaltet werden,

womit sichergestellt werden kann, dass sich die Datenbank auch tatsächlich entsprechend den Nutzerbedürfnissen entwickelt.

Die in obiger Abb. 5 dargestellten Varianten sind mit folgenden Vor- und Nachteilen verbunden:

Tab. 6: Vor- und Nachteile der verschiedenen Organisationsvarianten

Quelle: Projektteam KOBİ

	Vorteile	Nachteile
V1: Erweiterung bestehende Organisation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Erweiterung einer bestehenden Organisation ist grundsätzlich schneller möglich als der Aufbau einer neuen Organisation ▪ bereits etablierte (und funktionierende) Institutionen geniessen einen Vertrauensvorsprung <p><i>(diese Vorteile gelten ebenso für V1.1 bis 1.3)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Erweiterung des bisherigen Auftrags bedingt ein Aufbrechen der bisherigen Denkmodelle <p><i>(diese Nachteile gelten ebenso für V1.1 bis 1.3)</i></p>
V1.1: NABODAT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ könnte sämtliche technischen und organisatorischen Bedürfnisse des BIS erfüllen ▪ bestehender Verbundvertrag zwischen Bund und Kantonen, freiwillig ▪ bereits 20 Kantone haben ihre Profildaten über NABODAT freigegeben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hat zurzeit noch kein bundesweites Front-End, z.B. mit Bezug zu Klimadaten ▪ zurzeit keine bundesweiten Auswertungen in NABODAT möglich (nur kantonale Abfragen)
V1.2: KKGEO/ swisstopo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ über die KKGEO müssen die Kantone die Daten der amtlichen Vermessung an den Bund liefern → bereits etablierte Schnittstelle zwischen Bund und Kantonen ▪ Organisation und bestehende Einlieferungsprozesse sowie die IT-Infrastruktur könnten genutzt werden ▪ swisstopo sammelt bereits alle Daten der Schweiz mit Raumbezug 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Applikationen resp. Daten-Modelle müssen neu aufgesetzt und erprobt werden ▪ swisstopo vermarktet den Datenzugang, die aktuell verfügbaren Bodendaten wurden jedoch hauptsächlich von einigen Kantonen und dem Bund bezahlt
V1.3: BfS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozesse und Strukturen, um Daten von Kantonen zu integrieren, sind bereits vorhanden ▪ das BfS besitzt bereits eine eigene IT-Infrastruktur und einen Publikationskanal über die BfS-Website ▪ das BfS orientiert sich, im Gegensatz zur KKGEO, eher an Themen und an den Nutzern der Daten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Applikationen resp. Daten-Modelle müssen neu aufgesetzt und erprobt werden
V2: neue Organisation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lösen von festgefahrenen, bisherigen Organisations- und Umsetzungsformen ▪ Modernste IT-Architektur, Technologie ▪ Modernste Organisationsform seitens Bund/Kantone (wenn etwas Neueres als die Vereinsstruktur ausprobiert werden sollte) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ der Zeitbedarf für den Aufbau einer neuen Organisation beträgt ca. 2 Jahre

Die in Abb. 5 genannten Grundkomponenten des IT-Systems basieren auf bestehenden Erfahrungen und können wie folgt beschrieben werden. Bestandteile sind

- die Datenbank (beinhaltet die Punkt- und Flächendaten),
- die Benutzer-/Zugriffsverwaltung (Verwaltung der Zugriffsrechte der einzelnen Kantone und der Benutzer),
- das Front-End (Zugang zur Datenbank für Benutzer, normalerweise über eine Website),
- Schnittstellen (zu anderen originären Datenbanken wie z.B. swisstopo, MeteoSchweiz, etc.),
- das Back-End (Zugang zur Datenbank für Programmierer, um diese zu verändern oder neue Daten einzufügen),
- ein Analyse-Modul (berechnet z.B. das pflanzenverfügbare Wasser mit einer gewissen Methode und, sofern die Schnittstellen vorhanden sind, mit tagesaktuellen Meteodaten) Dieses Modul muss nicht zwingend im Bodeninformationssystem integriert sein und kann auch von einem anderen Anbieter zur Verfügung gestellt werden.
- ein Analyse-Modul (berechnet z.B. das pflanzenverfügbare Wasser mit einer gewissen Methode und, sofern die Schnittstellen vorhanden sind, mit tagesaktuellen Meteodaten) Dieses Modul muss nicht zwingend im Bodeninformationssystem integriert sein und kann auch von einem anderen Anbieter zur Verfügung gestellt werden.

6.2 Überlegungen zum Mittelbedarf von flächendeckenden Bodeninformationen

Verlässliche Kostenschätzungen für ein Bodeninformationssystem sind aus heutiger Sicht kaum möglich. Dennoch folgen hier im Sinne einer Annäherung ein paar Überlegungen.

Für die Bodenkartierung wird der Hektarpreis auf CHF 550 geschätzt (vgl. Tab. 7). Dieser Schätzung liegt der von den konsultierten Experten geäußerte Anspruch zu Grunde, dass flächendeckend Bodeninformationen im Massstab 1:5'000 angestrebt werden sollten. Die Kosten der Bodenkartierung sind dabei von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Die Realisierung des BIS wird sich über mehrere Jahrzehnte hinweg erstrecken. Es handelt sich um ein eigentliches Generationenprojekt. Die Kostenschätzungen müssen deshalb auch dynamische Effekte berücksichtigen, welche zu mehr Effizienz führen können (Skaleneffekte, Innovationen und technologische Entwicklung, Know-how-Gewinn etc.). Für eine breit angelegte Flächenkartierung lohnt es sich, mittel- bis längerfristig nach Effizienzsteigerungsmöglichkeiten Ausschau zu halten und diese sofern möglich bei der Aufwandschätzung miteinzubeziehen. Da die Bergzonen und das Sömmerungsgebiet mit 72% der Gesamtfläche einen erheblichen Anteil ausmachen, sind allfällige Kosteneinsparungen durch die Anwendung einer weiterentwickelten Methode, wie sie gemäss Kapitel 5.8.1 in einem Pilotprojekt zu evaluieren ist, äusserst sensitiv für die Gesamtkosten des Bodeninformationssystems.
- Die Kosten der Bodenkartierung sind stark vom gewählten Massstab abhängig. Gemäss den Ausführungen in den Kapiteln 3.4 und 4.2 sind flächendeckend Bodendaten im Massstab 1:5'000 erforderlich. Allenfalls ist in bestimmten Gebieten bereits eine gröbere Auf-

lösung zweckdienlich. Menschen – so auch die befragten Experten – orientieren sich häufig an dem, was sie kennen. Im vorliegenden Fall sind das die Bodeneignungskarte 1:200'000, welche in Fachkreisen unisono als zu wenig detailliert gilt und die mancherorts verbreiteten Bodenkarten 1:5'000. Ob ein kleinerer Massstab zum Beispiel in den Bergzonen und im Sömmerungsgebiet auch ausreichen würde, konnte bisher nicht geprüft werden, weil Bodendaten in diesen Massstäben fehlen. So ist verständlich, dass niemand solche Bodendaten wünscht, deren Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit nicht bekannt sind. Werden unterschiedliche Massstäbe verwendet, leidet zudem die Nutzerfreundlichkeit des BIS, wie die Experteninterviews zeigten.²⁹

- Die Anwendung der bekannten Methode zur Erarbeitung von Bodenkarten im Massstab 1:5'000 stellt die Fachleute im unwegsamem Gelände vor erhebliche Probleme (vgl. Kapitel 5.8.1); sofern ein solches Vorgehen für sie nicht gar unzumutbar ist.
- Um Effizienz und Wirksamkeit eines BIS genauer zu beurteilen, sind den Kosten quantifizierte Nutzensaussagen gegenüberzustellen. Valide Nutzenabschätzungen konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht vorgenommen werden, es wird hier jedoch auf den Bericht „Bedürfnisabklärungen Bodeninformationen“ (AMBIO GmbH 2017) verwiesen. Das Projektteam KOBİ schlägt vor, in einer nächsten Phase die Befunde zum öffentlichen wie auch zum privaten Nutzen weiter zu verfeinern und zu quantifizieren (z.B. kostengünstigere Naturgefahrenprävention, Ertragssteigerung durch Anpassung der Kulturen, siehe Kap. 7). Die derzeit in Arbeit stehende Teilsynthese Nr. 4 zum NFP 68 wird teilweise auf solche Fragen eingehen.

Neben den Aufwänden für die Bodenkartierung muss mit Betriebskosten von jährlich circa CHF 0.5 Mio. für das in den vorangehenden Kapiteln skizzierte Langfristprogramm (ca. 30 Jahre) gerechnet werden.

Die vorliegenden Konzeptbausteine stellen wegen der grossen Kostenunsicherheit noch keine ausreichend zuverlässige Grundlage für eine Finanzierungsvorlage dar. Somit ist es angezeigt, als Vorstufe zunächst die methodischen Fragen und die Anwendbarkeit eines alternativen Vorgehens in den Bergzonen und im Sömmerungsgebiet zu klären. Nach Vorliegen der Resultate wären die Bedürfnisse und die methodischen Fragen weitgehend geklärt. Auf dieser Basis ist anschliessend eine Kostenschätzung möglich.

6.3 Sensitivität

Die Arbeitsgemeinschaft Ambio³⁰ schlägt andere Methoden für die flächendeckende Bodenkartierung vor, was sich letztlich in den Kosten niederschlägt. Zur Erklärung der Unterschiede werden in Tabelle 7 die beiden Ansätze vergleichend dargestellt.

²⁹ siehe hierzu auch AMBIO GmbH 2017

³⁰ AMBIO GmbH 2017

Tab. 7: Vergleich der Grundannahmen für flächendeckende Bodeninformationen

Quelle: Projektteam KOBİ

Parameter	Projekt Konzept Bodeninformationssystem (Projektteam KOBİ)	Projekt Bedürfnisabklärungen Bodeninformationen (AMBIO GmbH 2017)
Masstab	1:5'000 flächendeckend	Talzone bis Bergzone 1: 1:5'000 Bergzone 2 bis Sömmerungsgebiet: 1:10'000
Hektarpreis Talzone bis Bergzone 1	550.- Mehrkosten gegenüber FAL 24+ aufgrund zusätzlicher Analytik und zusätzlicher Parameter zur quantitativen Charakterisierung des Wasserhaushaltes von Böden	390.- Abgestützter Erfahrungswert auf Basis der Bodenkartierung im Kanton Solothurn (Methode FAL 24+)
Hektarpreis Bergzone 2 bis Sömmerungsgebiet	550.- Keine Korrekturen vorgenommen, da Methode und Masstab noch unsicher	205.- Annahme, dass eine Ersparnis von 48% resultiert
Flächen (noch zu kartieren)	Total 2.7 Mio. ha Quelle: Landw. Zonengrenzen (Bundesamt für Statistik); bereinigt mit Siedlungen, Seen Annahme: Ganze Fläche wird kartiert; grobe Schätzung der bereits kartierten Fläche	Total 2.5 Mio. ha (effektiv zu kartieren: 0.9 Mio. ha) Quelle: Gesamt-Areal: Bundesamt für Statistik Annahme: Abnehmender „Deckungsgrad“ (Abdeckung mit Bodenkarten) mit zunehmender Höhenlage 15-50%; nach Kantonen aufgeschlüsselte Schätzung der bereits kartierten Fläche
Skaleneffekte, technischer Fortschritt	Nicht berücksichtigt	Nicht berücksichtigt

Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Ansätzen entsteht durch die effektiv zu kartierende Fläche. Der unterschiedliche Hektarpreis fällt vor allem für die Bergzonen und das Sömmerungsgebiet ins Gewicht (ca. Faktor 1.9). Weniger relevant sind die unterschiedlichen Hektarpreise in der Talzone und in der Hügelizeone (Faktor 0.4) sowie die Schätzungen zu den bereits kartierten Gebieten.

Beide Autorenteamen betonen die Bedeutung der Methodenevaluation für die Bodenkartierung im Berggebiet (Bergzone 1 bis Sömmerungsgebiet). Eine zuverlässige Kostenschätzung zum Bodeninformationssystem kann erst nach Kenntnis der Methode und der Definition der zu kartierenden Flächen vorgenommen werden (Kapitel 7.3). Die Flächen in diesen Gebieten fallen mit 72 Prozent des gesamten gegebenenfalls zu kartierenden Areals äusserst stark ins Gewicht.

Die Mittel, die für ein Bodeninformationssystem für die Bergzonen und das Sömmerungsgebiet nötig sind, können derzeit nicht abgeschätzt werden. Die methodische Unsicherheit über die abzudeckende Fläche ist zu gross und die Annahmen dazu sind zu vielfältig.

6.4 Finanzierung

Organisation, Koordination und Finanzierung eines BIS sind grundsätzlich Aufgaben des Bundes und der Kantone, da es sich beim Thema Bodendaten hauptsächlich um ein öffentliches Interesse handelt (siehe Tab. 2). Angesprochen sind in erster Linie die Politikbereiche Hydrologie, Naturgefahren, Raumentwicklung, Umweltschutz und Landwirtschaft. Diese haben jedoch unterschiedliche Prioritäten und Ansprüche an ein BIS, welche Konzept und Kosten letztlich mitprägen.

Bevor mögliche Kostenteilungen diskutiert werden können, sind Konzept, Organisation und resultierende Kosten einzugrenzen und unter den möglichen Beteiligten eingehender zu diskutieren. Grundsätzlich ist jedoch eine möglichst breite Trägerschaft und Finanzierung anzustreben. Nur eine Koalition aus verschiedenen Nutzerkreisen dürfte im Verbund die notwendige Finanzierung für die erforderlichen Bodendaten erbringen können. Der Bericht Bedürfnisabklärung (vgl. Ambio GmbH 2017, Tab. 11) äussert sich eingehender zur Interessenlage und zur möglichen Zusammenarbeit der Nutzerkreise sowie zur Finanzierung auf Bundesebene. Da davon auszugehen ist, dass mit dem Vorhandensein eines BIS auch für weitere Nutzergruppen (z.B. Versicherungswirtschaft) eine deutliche Verbesserung ihrer Arbeitsgrundlagen erzielt werden kann, ist eine Mitfinanzierung seitens dieser Interessenten ebenfalls zu prüfen.

Grundsätzlich kann für die Finanzierung eines BIS auch ein Ansatz gewählt werden, der mit der zunehmenden Knappheit der Ressource Boden einen direkten Zusammenhang hat: Die Kantone erheben bei Handänderungen von Grundstücken eine Grundstückgewinnsteuer. Dazu existieren gemäss Auskunft der eidgenössischen Finanzverwaltung keine gesamtschweizerischen Daten. Der Blick auf den Kanton Zürich (ca. CHF 550 Mio. Einnahmen im Jahr 2015) lässt erahnen, in welcher Grössenordnung die Grundstückgewinnsteuer gesamtschweizerisch liegt. Ein befristeter Beitrag aus dieser Quelle von circa 5% würde zu einem Finanzierungsbeitrag in der Grössenordnung eines mittleren zweistelligen Millionenbetrags jedes Jahr führen. Mit diesem Volumen liesse sich ein flächendeckendes BIS in einem überschaubaren Zeitraum realisieren.

7 Konzeptionelle Vorphase - Handlungsempfehlungen

Das BIS ist prozessorientiert und langfristig als eigentliches Generationenprojekt angelegt. Dennoch soll es auch kurzfristig bereits greifbare Resultate generieren, um Glaubwürdigkeit und öffentliche Sichtbarkeit herzustellen sowie einen Impuls für die bodenkundliche Gemeinschaft zu setzen. Die Aufbauarbeiten zu einem umfassenden BIS erfordern auf breiter Ebene Anstrengungen zur Ausbildung künftiger Fachkräfte.

Das Projektteam KOBİ schlägt deshalb vor, eine konzeptionelle Vorphase als Vorbereitung für die eigentliche Phase 1 gemäss Konzept vorzusehen. Diese dient einerseits dazu, drängende offene methodische und inhaltliche Fragen zu beantworten und andererseits die Bedürfnisse und Prioritäten der Nutzer- und Anspruchsgruppen weiter zu verfeinern³¹, um darauf auch Kosten- und Finanzierungsfragen eingehender zu klären.

7.1 Einbettung des BIS

Wichtig erscheint zunächst, dass die konzeptionelle Idee zum BIS BAFU-intern gut verortet und verankert wird. Das BIS ist in die Themenlandschaft des BAFU einzubetten, die Zuständigkeiten und Vorgehensweisen mit verknüpften Themen abzustimmen und als Projekt mit entsprechender Organisation und Ressourcenzuteilung zu gestalten.

7.2 Vertiefung mit Stakeholder-Dialog

Das Projektteam KOBİ schlägt ferner vor, den Dialog mit Anspruchsgruppen und potenziellen BIS-Nutzern über die bisher geführten Begleitgruppen-Diskussionen hinaus zu vertiefen und dadurch Unsicherheiten zu reduzieren. Die Mitarbeit und Mitsprache von Kantonen und Nutzergruppen ist zentral für das Gelingen eines BIS und muss frühzeitig geregelt werden.

Dabei geht es einerseits darum, den Dialog mit der bodenkundlichen Gemeinschaft breit zu führen und dabei

- das vorliegende Konzept zu verfeinern,
- namentlich die Etappierung nach Gebieten und allenfalls Prozessen zu klären und gegebenenfalls Alternativen mit Anspruchsgruppen diskutieren,
- die Ansprüche an die Pilotprojekte zu konkretisieren,
- die Koordination und die Abgrenzung zum Bodenkompetenzzentrum zu klären.

In einem nächsten Schritt soll insbesondere auch eine Bedarfsanalyse für chemische, physikalische und biologische Messungen diskutiert werden: In den Diskussionen mit verschiedenen beigezogenen Experten kam zum Ausdruck, dass gegenüber heutigen Bodenkartierungen mehr Messwerte zu chemischen, physikalischen und biologischen Parametern nötig sind. Dazu ist festzuhalten: Die Ansprüche sind vielfältig und (noch) nicht einheitlich. Und: Viele gängige Verfahren – insbesondere zur Messung von bodenphysikalischen und boden-

³¹ vgl. Bedürfnisabklärung Bodeninformationen (AMBIO GmbH 2017)

biologischen Messungen – weisen ein ungünstiges Kosten-/Nutzen-Verhältnis auf, da die Messungen und/oder die Probenahme nicht selten sehr grossen Streuungen bei hohen Kosten aufweisen. Im Rahmen einer Fallstudie sollte zusammen mit den verschiedenen Nutzern evaluiert werden:

- welche Analysen tatsächlich unentbehrlich sind,
- ob es alternative, präzisere und günstigere Methoden (auch unter Zuhilfenahme von zuverlässigen Pedotransferfunktionen) gibt,
- ob für geeignete Analysen im Rahmen eines BIS Skaleneffekte zu erwarten sind,
- ob die so akquirierten Resultate in gut dokumentierten Gebieten zu plausiblen Resultaten führen,
- wie teuer die Analytik im Rahmen eines BIS zu stehen kommt bzw. wie gross die Einsparungen gegenüber der aktuellen Kostenschätzung ausfallen.

Andererseits gilt es, gezielte Sondierungen bei möglichen Hauptpartnern für ein BIS durchzuführen und deren Interessen und Prioritäten eingehender zu erkunden. Die Politikbereiche Naturgefahren, Raumentwicklung, Umweltschutz und Landwirtschaft stehen dabei im Vordergrund. Darüber hinaus sollen aber auch mögliche Interessen des Privatsektors erkundet werden (z.B. bei der Versicherungswirtschaft).

Für diese Dialogphase können bereits bestehende Gefässe genutzt und allenfalls zusätzliche Möglichkeiten vorgesehen werden. Es wird auf jeden Fall empfohlen, dieses Arbeitspaket gut vor auszuplanen, entsprechende Vorgehensweisen festzulegen und die Verantwortlichkeiten mit einem Konzept „Stakeholder-Dialog BIS“ zu klären.

7.3 Skizze eines Pilotprojektes Gebirge

Angesichts der geschätzten Kosten und der Erarbeitungsdauer stellt der Aufbau eines Bodeninformationssystems ein Generationenprojekt dar – vergleichbar allenfalls mit der Kartographie oder mit der Erarbeitung des geologischen Atlas. Solche Projekte können nicht auf Knopfdruck aus dem Boden gestampft werden. Sicher ist aber auch, dass die Realisierung eines Bodeninformationssystems nur dann eine Chance hat, wenn auf gesamtschweizerischer Ebene gezielte Aktivitäten ausgelöst oder gefördert werden. Dazu gehört ein Pilotprojekt, um die offenen methodischen und unmittelbar kostenrelevanten Fragen zur Kartierung der Bergzonen und des Sömmerungsgebietes zu klären.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass beispielsweise die Bodenkartierung des Kantons Solothurn in den nächsten Jahren die Gebiete im Mittelland fertig kartiert haben wird und danach im Jura fortgesetzt werden soll, wo aufgrund des aktuellen Wissens methodische Anpassungen erforderlich sein werden. Ein Pilotprojekt mit Bezug auf diese Bodenkartierung bietet in absehbarer Zeit eine grosse Chance, Synergien zwischen einem schweizerischen BIS und der kantonalen Bodenkartierung zu nutzen. Um im Alpenraum auf einer methodisch ausreichenden Grundlage kartieren zu können, reicht allerdings ein Pilotprojekt im Jura kaum, da sich im Kalkstein andere Herausforderungen zur flächenmässigen Erfassung der Bodeneigenschaften stellen als im silikatischen Ausgangsmaterial eines Teils des Alpenbogens.

Um Lernfortschritte und Kapazitätsbildung voranzutreiben, schlagen die Autoren ein Pilotprojekt vor, das wie folgt skizziert werden kann.

Tab. 8: Vorschlag zur Durchführung des Pilotprojekts Gebirge

Quelle: Projektteam KOBİ

	Ausführungen
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ methodische Fragen zur Kartierung der Bergzonen und des Sömmerungsgebietes werden geklärt ▪ Potenzial für Kostenreduktion wird erkannt und ausgeschöpft ▪ Nutzenabschätzungen liegen vor ▪ insgesamt kann das BIS aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse präziser gefasst werden
Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ist die Kartierung von sehr steilen Hängen sinnvoll, machbar und zumutbar? ▪ Auf welche Weise können auch ohne flächendeckende Detailkartierung im Feld/Wald ausreichend gute Daten akquiriert werden? ▪ Welche Auflösung (Massstab) ist in solchen Landschaften ausreichend? ▪ Welches Sparpotential (monetär und zeitlich) ergibt sich aus angemessenen methodischen Ansätzen für das ganze BIS? ▪ Mit welchen methodischen Festlegungen kann die weniger hoch aufgelöste Bodenkartierung der extrem kleinräumigen Variabilität Rechnung tragen? ▪ Wie weit kann die Bodenkartierung der Bergzonen und des Sömmerungsgebietes durch Fernerkundung und digitale Methoden unterstützt werden? ▪ Ist das Produkt für die potentiellen Nutzer (insbesondere Hydrologie, Naturgefahren) gut nutzbar? ▪ Mit welcher Methode und welcher Dichte an Punktdaten (Bodenprofile) sollen die Bergzonen und das Sömmerungsgebiet letztlich kartiert werden?
Bearbeitungsraum	<p>Gebiet(e) mit teilweise sehr steilen, bewaldeten Hängen und mit einem Anteil Sömmerungsgebiet</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ in mindestens einem Gebirgskanton (z.B. Glarus, Uri, Obwalden, Tessin, Graubünden, Wallis, Bern) ▪ und im Jura (z.B. Solothurn)
Vorgehensschritte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prüfung der Anwendbarkeit der üblichen Methoden (Klärung der Schwächen) ▪ Evaluation von methodischen Alternativen ▪ Prüfung der Resultate und ihrer Zuverlässigkeit sowie ihres Wertes für die Nutzer ▪ Vordefinition des methodischen Vorgehens ▪ Kartierung und Auswertung der Daten ▪ Diskussion der Erfahrungen – und weiterer methodischer Anpassungen ▪ Prüfung der Kostenrelevanz ▪ Methodische Festlegung
Begleitaufträge	<p>Obige Fragestellungen und Vorgehensschritte beziehen sich auf den Hauptauftrag des Pilotprojektes. Es wird vorgeschlagen, diesen mit zwei Begleitaufträgen zu ergänzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Begleitende Evaluation: Im Rahmen eines separaten Auftrages findet eine begleitende Evaluation statt. Diese sorgt dafür, dass laufend Optimierungsmöglichkeiten erkannt und in den Hauptauftrag zurückgespielt werden. Aufgabe der begleitenden

	Ausführungen
	<p>Evaluation besteht auch darin, dass die im Hinblick auf das langfristige BIS zentralen Ziele und Fragestellungen im Auge behalten werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutzenstudien: Mit dem Pilotprojekt bietet sich die Möglichkeit, die in Kapitel 6.2 vorgeschlagenen ökonomischen Nutzenstudien am konkreten Objekt durchzuführen. Damit soll der sich aus einem BIS ergebende Nutzen in Form von Kosteneinsparungen oder Zusatzerträgen quantifiziert werden. Quantitative Methoden können dabei mit qualitativen Methoden (z.B. Fallstudien) ergänzt werden. Entsprechende Vorschläge können mit einem Ausschreibungsverfahren ermittelt werden. Die vorgeschlagenen Nutzenstudien können auch unabhängig von einem Pilotprojekt erarbeitet werden.
Zeitdauer	Für das Pilotprojekt ist eine Zeitdauer von 3 Jahren zu veranschlagen.
Trägerschaft und Projektorganisation	<p>Hauptträger des Pilotprojekts ist der Bund, zusammen mit den beteiligten Kantonen und ev. weiterer interessierter Partner</p> <p>Die Projektorganisation besteht aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gesamtprojektleitung über alles (mit Steuerungs- und Kontrollfunktionen) ▪ Teilprojektleitung der beteiligten Kantone ▪ Begleitgruppe mit konstruktiv-kritischer Rolle
Bearbeitungsteam	Bund und beteiligte Kantone legen ihre Eigenleistungen sowie daraus abgeleitet das Pflichtenheft für einen externen Auftrag an (zwei) Bearbeitungsteams fest. Die Bearbeitungsteams werden im Konkurrenzverfahren ermittelt; notwendigenfalls bleiben beschaffungsrechtliche Fragen zu klären.
Kosten	Circa CHF 2.5 Mio. total, davon circa 50'000.- bis 70'000.- für die beiden Begleitaufträge
Finanzierung	90% durch Bund, Rest durch die beteiligten Kantone sowie durch interessierte private Projektpartner

8 Literaturverzeichnis

Ad-hoc AG Boden (2007): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archiv-funktion des Bodens, der Nutzungsfunktion "Rohstofflagerstätte" nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung. Ad-hoc-AG Boden des Bund/Länder-Ausschusses Bodenforschung (BLA-GEO). 2. Auflage. 80 S.

AMBIO GmbH (2017): Bedürfnisabklärungen Bodeninformationen. Autoren: Knecht, M; Lüscher, C.; Borer, F.

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS) (Hrsg.) (2014): Bodenkartierung Schweiz. Entwicklung und Ausblick. Wädenswil

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS), Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg.) (2012): Brainstorming Zukunft Bodeninformation Schweiz. Birmensdorf ZH

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS), Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg.) (2009): Projekt BICH. Schlussbericht der BGS an das BAFU. Wädenswil

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.) (2004): Bodeninformation Schweiz BI-CH, Schlussbericht 2003.

BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (1996): HANDBUCH Waldbodenkartierung. Autoren: Rued A. und Peyer K., Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau FAP, Reckenholz, Zürich. Herausgeber: BUWAL, Bern.

FAL Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (1997): Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Autoren: Brunner J., Jäggi F., Nievergelt J., Peyer K., Schriftenreihe der FAL 24. Reckenholz, Zürich.

Genossenschaft Meteotest, Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg.) (2016): Evaluation Bodenfeuchtemessnetze. Bestehende Messnetze, Erwartungen der Nutzer und Anforderungen an ein ideales Bodenfeuchte-Messnetz. Bern

Greiner L., A. Keller, S. Zimmermann, A. Papritz (2014): Bodenfunktionsbewertung: die Rolle des Bodens anderen Fachdisziplinen kommunizieren. BGS-Bulletin 2014, Nr. 35, S. 23-28

Grob U., Rued A., Zihlmann U., Klausner L., Keller A. (2015): Agroscope-Bodendatenarchiv : Bodendaten aus Bodenkartierungen 1953-1996. Agroscope Science, Nr. 14, 2015, S. 1-52

Grob U., Rehbein K., Keller A. (2014): Nationales Bodeninformationssystem und Aufarbeitung von Bodendaten. NABODAT Verbundwebseite – Servicestelle NABODAT, www.nabodat.ch

Land Oberösterreich (Hrsg.) (2014): Handbuch Bodenfunktionsbewertung – Module 1 - 6, Linz.

Landscape Research (WSL), 2012, <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:6027/eth-6027-01.pdf>

McBratney A.B., Santos M.L.M., Minasny B. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma*, 117, 3-52

Mulder V.L., de Bruin S., Schaepman M.E., Mayr T.R. (2011). The use of remote sensing in soil and terrain mapping -- A review. *Geoderma*, 162, 1-19

Nussbaum M., Papritz A., Baltensweiler A., Walthert, L. (2014): Estimating soil organic carbon stocks of Swiss forest soils by robust external-drift kriging *Geoscientific Model Development*, 2014, 7, 1197-1210, <http://www.geosci-model-dev.net/7/1197/2014/>

Nussbaum M., Papritz A., Baltensweiler A., Walthert, L. (2012): Organic Carbon Stocks of Swiss Forest Soils. Final Report. Institute of Terrestrial Ecosystems, ETH Zürich and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL. Zurich and Birmensdorf ZH

Wulf H., Mulder T., Schaepman M., Keller A., Jörg P. (2015): Remote Sensing of Soils. University of Zürich, Remote Sensing Laboratories, Zürich. p.71. available at: <http://www.geo.uzh.ch/de/lehrstuehle-und-abteilungen/fernerkundung/news/2015/210115>.

10.3533 Postulat Walter, Hansjörg (2010): Wasser und Landwirtschaft. Zukünftige Herausforderungen
<https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte?AffairId=20103533>

12.4230 Motion Müller-Altermatt, Stefan (2012): Nationales Kompetenzzentrum Boden als Gewinn für Landwirtschaft, Raumplanung und Hochwasserschutz
<https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte?AffairId=20124230>

Anhang

Anhang 1: Interviewleitfaden Experteninterviews

- 1 Mit welchen Daten mit Ortsbezug (Punkt und/oder Fläche) arbeitet Ihr Fachgebiet? Zu welchem Zweck?

- 2 Sind darunter auch Daten, die direkt oder indirekt als Bodendaten angesehen werden können? Welche?

- 3 Sind darunter Daten, die die Regulierungsfunktion *Bodenwasserhaushalt* betreffen, indem sie einen der folgenden Prozesse beschreiben oder für die Beschreibung dieser Prozesse verwendet werden können:

- Oberflächen-Abfluss
- Wassernachlieferung in den Wurzelraum
- Versickerung in den Boden resp. Grundwasserleiter
- Speicherung von Wasser im Boden

- 4 Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen für jeden von Ihnen genannten Datensatz, wenn Sie die Fragen 2 oder 3 mit ja beantwortet haben:

	Datensatz:	Datensatz:	Datensatz:
4.1 Woher stammen diese Daten? Wer besitzt die Datenrechte bzw. wie gut verfügbar sind diese Daten?			
4.2 Betreffen diese Daten primär den Wasserhaushalt oder andere Eigenschaften des Bodens? Bzw. welchen der in Frage 3 aufgeführten Prozesse?			
4.3 Was ist deren Stellenwert (wichtig, neutral, unwichtig) in Bezug auf Ihre Arbeiten?			
4.4 Erfüllen die vorhandenen Daten(-sätze) Ihre Anforderungen? Eignen sich diese Daten auch für ein Bodeninformationssystem? Wo sehen Sie Verbesse-			

	Datensatz:	Datensatz:	Datensatz:
rungsmöglichkeiten?			
4.5 Wie wurden die Daten durch wen und wann erhoben?			
4.6 Verwendete Methode(n)? Genauigkeit? Ist die Methode standardisiert? Wie hoch ist die Variabilität von Flächendaten und/oder Modell-/Prognosefehler)?			
4.7 Wie häufig erfolgt eine Datenerhebung?			
4.8 Wie schätzen Sie die Güte resp. Repräsentativität der verwendeten Daten/Modelle ein? Bezüglich Jahresverlauf, regionaler und räumlicher Verteilung sowie Massstabsabhängigkeit?			
4.9 Sind diese Daten flächendeckend für die Schweiz vorhanden – oder wenigstens für die Schweiz minus Seen minus Gletscher und Firn? Bestehen Unterschiede zur Datenverfügbarkeit zwischen einzelnen Regionen?			
4.10 Können die von Ihnen benutzten Daten Ihrer Meinung nach zur Generierung oder Ableitung von weiteren Bodendaten verwendet werden?			
4.11 Sehen Sie Möglichkeiten für den Einsatz neuer Methoden oder die Kombination mit bereits verwendeten Methoden zur Generierung der von Ihnen verwendeten Bodendaten und/oder zur Verbesserung der Datenqualität?			
4.12 Arbeiten Sie mit Transferfunktionen (Pedo- oder andere)? Welche Grössen fliessen in diese Funktionen ein? Wie beurteilen Sie deren Qualität?			
4.13 Sind die für die Transferfunktionen verwendeten Daten aktuell oder wird mit Erfahrungswerten gearbeitet?			
4.14 Bestehen Schwierigkeiten betreffend Formatierungen (Import DB), Umrechnungen von Parametern oder Ableitung weiterer Parameter?			

5 Was erwarten Sie von einem gesamtschweizerischen Bodeninformationssystem?

6 Welchen Beitrag könnten Sie bzw. Ihre Institution oder Disziplin in einer späteren Phase leisten, um das Bodeninformationssystem zu einem nützlichen Instrument zu machen?

Besten Dank für Ihre Unterstützung!
Zürich, 11. August 2015

Marco Carizzoni
marco.carizzoni@babu.ch
043 311 10 48

Martin Zürrer
zuerrer@myx.ch
043 399 03 80

Anhang 2: Auswertung Experteninterviews

Befragte Experten

Titel	Vorname	Name	Organisation	Funktion
	Martin	Barben	BAFU	Sektion Hydrologische Grundlagen Oberflächengewässer
Dr.	Pascal	Boivin	HESGE	HES, Filière Agronomie, Responsable du laboratoire Sols et Substrats
Dr.	Armin	Keller	Agroscope	Nationale Bodenbeobachtung Schweiz
Dr.	Andreas Jürg	Papritz	ETH	Department of Environmental Systems Science, Institute of Terrestrial Ecosystems, Soil Protection
	Michael	Reinhard	BAFU	Sektionschef
Prof. Dr.	Michael E.	Schaepman	UZH	Professor für Fernerkundung
Prof. Dr.	Sonia I.	Seneviratne	ETH	Institute for Atmospheric and Climate Science
	Manfred	Stähli	WSL	Gebirgshydrologie und Massenbewegungen
	Matthias	Stettler	BFH	HAFL, Agronomie, Wissenschaftl. Mitarbeiter
	Stefan	Volken	swisstopo	Landesgeologie
	Lorenz	Walthert	WSL	Waldböden und Biogeochemie; Bodenfunktionen und Bodenschutz
	Peter	Weisskopf	Agroscope	Leitung Gruppe Bodenfruchtbarkeit/Bodenschutz

Ziel des Fragebogens

Der Aufbau eines Bodeninformationssystems für die Schweiz bedingt eine Erfassung der aktuellen Anwendungen von Bodendaten und der daran beteiligten Fachgebiete, eine (Vor-)Abklärung zu den bestehenden Datenbeständen und -lücken und Analysen zur Beseitigung letzterer, Evaluationen zu möglichen Synergieeffekten zwischen einzelnen Fachgebieten oder über eine übergeordnete Instanz (z.B. geplantes Bodenkompetenzzentrum) sowie eine Analyse und Diskussion von Methoden, erhobenen Parametern und Datenanalyse. Der an die Experten übermittelte Fragebogen sollte den Projektverantwortlichen einen ersten Eindruck und Überblick über den Einsatz von Bodendaten, deren Qualität und räumliche Auflösung, eine Beurteilung der aktuellen Datenlage sowie möglicher Verbesserungsmöglichkeiten vermitteln.

Die Antworten der Experten lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Art der verwendeten Daten/Kartengrundlagen

Mehrheitlich wird mit kantonalen Bodenkarten gearbeitet, häufig ergänzt mit weiteren verfügbaren GIS-Grundlagen wie Digitalem Terrainmodell, Geologie, Meteo und Hydrologie. Bodenspezifische Standortinformationen werden in der Regel nur von den Forschungsanstalten und von der Abteilung Wald des BAFU eingesetzt und von diesen auch erhoben.

Die Bodeneignungskarte (BEK) kommt insbesondere in der Abteilung Hydrologie für wichtige Fragestellungen zur Anwendung. Sie stellt derzeit die einzige flächendeckende Grundlage mit Bodendaten (im bodenkundlichen Sinn) dar. Dieser Sachverhalt wurde von den Experten im Workshop noch einmal bestätigt.

Teilweise werden (noch) in gewissen Gebieten der Schweiz Bodenfeuchte-Messnetze betrieben. Für eine flächenhafte Charakterisierung des Wasserhaushaltes sind diese aber ungeeignet.

2. Art der verwendeten Bodendaten

Wo mit Bodendaten (im bodenkundlichen Sinn) gearbeitet wird, werden Punktinformationen der Kartierungen oder eigene bodenkundliche Standort-charakterisierungen herangezogen. Dabei kommen bevorzugt bodenphysikalische und -chemische Daten zur Anwendung, die Bodenbiologie spielt (bei den angefragten Experten) nur eine untergeordnete Rolle.

3. Daten zur Beschreibung und/oder Interpretation des Wasserhaushaltes

Mit Ausnahme der Abteilung Hydrologie des BAFU und der HAFL verwenden alle Experten (resp. deren Forschungsgruppen) Messdaten zum Wassergehalt/Saugspannung (darin subsummiert sind auch – modellierter - Wassertransport und Wasserspeicherung). Darüber hinaus kommen folgende Bodenkenngrossen zur Anwendung:

- pflanzennutzbare Gründigkeit (4 von 11 Antworten)
- Skelettgehalt (4/11)
- Textur (4/11)
- Dichte (2/11)
- und Hydromorphie (4/11)

Angaben zum Oberflächenabfluss (1/11) spielen dagegen kaum eine Rolle. Die der BEK zugrundeliegenden Angaben zu den Bodeneigenschaften (Basis: 381 Profile) fliessen als Prädiktoren vollumfänglich in die hydrologischen Modelle des BAFU ein.

4. Charakterisierung der verwendeten (Boden-)Datensätze

Die Daten der aktuell vorhandenen Bodenfeuchtemessnetze werden soweit möglich von einer Mehrheit der Angefragten wohl eingesetzt oder konsultiert, deutlich wichtiger sind aber die an den Untersuchungsstandorten erhobenen eigenen Messwerte. Neben Angaben zum Wasserhaushalt (siehe Kapitel 2.3) sind Fragestellungen zu Schad-/Nährstoffen (3/11), Bodenphysik/-mechanik (2/11), Bodenbiota (1/11), Grundwasser (2/11) und Abflussraten (2/11) wichtig. Trockenheitsindices (1/11) werden einzig von der WSL modelliert.

Der Begriff Bodenfeuchtemessnetz gilt hier sowohl für Saugspannungs- als auch für TDR-Messungen. Es wird (im parallel laufenden Projekt Bodenfeuchtemessnetz) zu diskutieren sein, auf welche Methode(n) sich Feuchtigkeitsmessungen künftig abstützen werden.

Der Stellenwert der von den Befragten erhobenen Bodendaten wird fast durchwegs (10/11) als wichtig betrachtet: dabei erfüllen eigene (8/11), d.h. die durch die Experten resp. deren Teams erhobenen Bodendaten, die an sie gestellten Anforderungen deutlich besser als fremde (4/11) Daten. Das Verbesserungspotenzial für eigene und fremde Daten wird etwa gleich eingeschätzt: bei eigenen Daten bestehen vor allem aufgrund methodischer Unzulänglichkeiten noch Verbesserungsmöglichkeiten, während bei fremden Daten die räumliche Repräsentativität und Auflösung (BEK) als unzureichend beurteilt wird. Die verwendeten Daten der kantonalen Bodenkartierungen liefern dagegen zufriedenstellende Ergebnisse.

Die zur Erhebung eigener Bodendaten zum Einsatz kommenden Verfahren und Methoden werden insgesamt zwar als vertrauenswürdig (8/11) betrachtet, wohingegen Qualität und Repräsentativität nur in knapp der Hälfte der erhobenen Datensätze (6/11) als genügend bis gut und fast ausschliesslich für Punktdaten (4/11) bewertet wird.

Eine (spätere) Eignung für das BIS erfüllen in den Augen der Experten vorwiegend die von ihnen erhobenen Datensätze; dagegen werden fremde Daten (i.d.R. BEK) als ungeeignet und mit einem hohen Verbesserungspotential taxiert.

Für die Ableitung weiterer Bodendaten aus den von ihnen bereits verwendeten Bodendaten sehen die Experten durchaus Möglichkeiten (10/11), wobei der Einbezug neuer Methoden geprüft werden sollte (4/11). Pedotransferfunktionen (PTFs) für diverse Bodeneigenschaften werden bereits heute erfolgreich (4/11) eingesetzt; ihnen zugrunde liegen vor allem aktuelle Messwerte und/oder Erfahrungswerte aus der Literatur.

5. Erwartungen an ein Bodeninformationssystem

Als wichtigste Eigenschaft eines Bodeninformationssystems wird das Bereitstellen von kohärenten flächendeckenden Bodeninformationen in hoher Qualität bezeichnet. Insbesondere sollen diese Daten eine verbesserte Anwendbarkeit von Modellen für hydrologische Fragestellungen (6/11) und Entscheidungshilfen z.B. für Anwendungen in der Gefahrenabschätzung, der Raumplanung oder im Baubereich ermöglichen.

Darüber hinaus muss ein BIS möglichst öffentlich oder leicht zugänglich sein und die Herkunft und Qualität der darin verfügbaren Daten müssen klar ausgewiesen werden. Zuvor sind sämtliche bereits bestehenden Daten vor Eingang in das BIS zu harmonisieren.

Der Sicherung der bestehenden Daten sowie der Anwendbarkeit des BIS für digitale Kartierungen wird von den angefragten Experten dagegen nur eine geringe Priorität eingeräumt.

6. Beiträge in einer späteren BIS-Phase

Nachdem die potentiellen Einsatzbereiche eines BIS einmal feststehen, sind die Experten gerne bereit bei der Vorbereitung und Implementierung weiter mitzuarbeiten. Ihre Beiträge sind sehr vielfältig und reichen von Konzeptmitarbeit, Datenmanagement, Beratung zur Datenharmonisierung und digitaler Kartierung bis hin zu abschliessenden Tests, Visualisierung und Vertrieb.

Anhang 3: Bedürfnisabklärung Bodeninformation: Wichtigste Ergebnisse

Die nachfolgende Auswertung (vgl. AMBIO GmbH 2017) beruht auf den Protokollen von total 15 Interviews (Dauer zwischen 1.5 bis 3 Stunden), die projektseitig jeweils zu zweit durchgeführt, in einem Protokoll festgehalten und durch die Interviewten gegengelesen wurden. Die Interviews fanden von Januar bis Mai 2016 statt.

Es wurden Personen aus den folgenden Fachbereichen befragt:

- Bodenschutz/Landwirtschaft
- Praktische Landwirtschaft
- Hydrologie, Grundwasserbewirtschaftung, planerischer Grundwasserschutz
- Hochwasserstudien, Abflussprozesse
- Hydrologie Forschung
- Gefahrenprävention/Schutzwald (Rutschungen, Lawinen)
- Gewässerbereich chemisch-biologisch/Biodiversität und Naturschutz/Weiheranierung und Moor-Monitoring
- Landschaftsdynamik/Landschaftsökologie
- Archäologie
- Klima und Lufthygiene.
- Umweltbeobachtung
- Beratung und Expertisen Boden Umwelt Bau
- Raumplanungspolitik und Wald.
- Räumliche Statistik Boden-Wissenschaften
- Bodenschutz/Forstwirtschaft/Bodenwasserhaushalt

Tab. 9: Wichtigste generelle Aussagen zur Bedürfnisabklärung

Quelle: AMBIO GmbH 2017, Tab. 7

Thema:	Generelle Feststellung
<i>Aussage in den Interviews</i>	Bodeninformationen sind für fast alle mit Boden verbundenen Forschungs- und Arbeitsgebiete wichtig und notwendig .
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Es besteht ganz offensichtlich ein grosser Bedarf an detaillierten Bodendaten . Als ebenso wichtig werden, soweit möglich, die auf Bodenattributen abgestützten Beschreibungen der wichtigsten Bodenprozesse erachtet.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Der an sich erkannte Nutzen von Bodendaten muss deutlicher artikuliert werden. Die Kommunikation zum Boden als wichtiger Teil des Ökosystems und damit auch zu dessen durch Daten belegten Eigenschaften muss verbessert werden.

Thema:	Räumliche und inhaltliche Auflösung
<i>Aussage in den Interviews</i>	Grundsätzlich sind in fast allen angesprochenen Fachbereichen Detailinformationen mit einer räumlichen und inhaltlichen Auflösung auf Parzellenebene gefragt.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Kleinmassstäbige Übersichten werden eher selten angefordert, meist geht es um gewünschte Angaben im Massstabsbereich zwischen 1:5'000 und 1:10'000 , eher selten bis zu 1:25'000 . Dem Unterboden (d.h. der Ausdehnung des Bodens in der 3. Dimension) wird oft zu wenig Beachtung geschenkt .
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Die Bodeninformationsbeschaffung von Bodenflächendaten im grossmassstäbigen Bereich hat hohe Priorität. Auf politischer Ebene muss der Wert von Bodendaten für eine nachhaltige Nutzung sowie für den Schutz des Bodens hervorgehoben werden.

Thema:	Flächendeckende Datenerhebung
<i>Aussage in den Interviews</i>	Daten müssen, wenn schon erhoben, flächendeckend vorliegen. Es gibt nur wenige Ausnahmen zu diesem Anspruch.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Die Grundlage zur Erhebung von Detail-Bodeninformationen ist durch die FAL-Kartiermethode+ (aktueller Stand der Technik) vorhanden. Die Erweiterung des Datensatzes ist jederzeit möglich (z.B. und oft genannt: die Makroporosität).
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Es braucht (zumindest im Mittelland) detaillierte flächendeckende Bodeninformationen. Bislang nicht kartierte Flächen sind gemäss noch zu definierenden (regionalen oder inhaltlichen) Prioritäten zu kartieren.

Thema:	Attribute und ihre Bedeutung für Anwendungen
<i>Aussage in den Interviews</i>	Wichtigste Bodenattribute sind die pflanzennutzbare Gründigkeit , die Bodenmächtigkeit und die Wasserhaushaltsgruppen . Dazu auch Angaben zur Bodenart im OB/UB

<i>Beurteilung der Aussage</i>	Angaben zum Wasserhaushalt sind wichtig im Hinblick auf Hochwasservorausagen , saisonale Trockenheit , für die Bewässerungsbedürftigkeit , aber auch betreffend Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Diese Attribute können aktuell nur durch flächendeckende Detailkartierungen gewonnen werden. Hinweise auf diese Nutzeransprüche sind verstärkt zu betonen und/oder überhaupt bekannt zu machen.

Thema:	Hydrologie
<i>Aussage in den Interviews</i>	Die Hydrologie verlangt zudem nach Angaben zur Porosität , im speziellen zur Makro-Porosität des Bodens.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Makro-Porosität war bislang nicht Teil des Grunddatensets der Bodenkartierung FAL+; deren Erhebung wurde früher aber bereits versuchsweise getestet.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Schwierig zu erhebender Parameter. In bereits kartierten Gebieten wird es kaum möglich sein, die Makro-Porosität nachträglich flächendeckend zu bestimmen. Erneut Abklärungen treffen bezüglich Erhebung dieses Attributs. Bis heute keine befriedigenden Methoden bekannt.

Thema:	Lebensraum Boden
<i>Aussage in den Interviews</i>	Mehrfach bemängelt wird das weitgehende Fehlen von Angaben zum Boden als Lebensraum und damit auch zu dessen Beitrag zur Biodiversität .
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Die Bodenqualität resp. Bodenfruchtbarkeit rückt stärker in den Fokus. Angaben dazu fehlen fast vollständig.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Im Zusammenhang mit den Bemühungen, die Biodiversität zu erfassen und zu erhalten, werden auch Angaben zum Boden immer wichtiger . Angesprochene Problematik artikulieren und bewusster in die Biodiversitätsdiskussion einbringen .

Thema:	Modellansätze
<i>Aussage in den Interviews</i>	Modellansätze für die Gewinnung von Bodenflächendaten sind in der Praxis noch weitgehend unbekannt . Praktiker glauben (zumindest bis heute) noch nicht daran, dass die Gewinnung von verlässlichen Detailbodendaten durch Modellierung geleistet werden kann.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Angaben aus Modellierungen sind - gemäss heutigem Kenntnis-Stand - für den im Allgemeinen geforderten Auflösungsgrad der Detailbodeninformationen noch nicht verwendbar ; eine Validierung fehlt (noch). Die tatsächliche Aussagekraft beschränkt sich momentan auf die überregionale/nationale Ebene
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Es braucht offensichtlich noch weitere Erfahrungen mit Modellierungsansätzen , bis diese soweit gediehen sind, um die feldgestützte Datengewinnung nach heutigem Stand der Technik ergänzen zu können. Es wird zudem darauf verwiesen, dass es grundsätzlich verschiedene Modell-Ansätze gibt, an denen gearbeitet wird..

	Resultate der Methoden-Entwicklungen abwarten, Validierungen ausstehend. Operabilität für Herleitung grossmasstäbiger Bodeninformationen heute noch nicht gegeben.
--	--

Thema:	Bodenfunktionen
<i>Aussage in den Interviews</i>	„Bodenfunktionen“ sind für die Interviewten begrifflich unklar , sie liegen auf einer Meta-Ebene und werden von den meisten Befragten –ausgenommen–als Informationsquelle in deren spezifischen Arbeitsbereichen als nicht relevant bezeichnet.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Die Bewertungsansätze verwirren bei den Interviewten eher, als dass sie klärend wirken. Die Daten-Nutzer bewegen sich in der Regel immer nur in einem bestimmten „Bodenfunktionsraum“ und nicht in mehreren.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Bodenfunktionen geniessen offensichtlich vor allem auf übergeordneten Planungsebenen eine gewisse Beachtung. Für die praktische Arbeit von Bodennutzern und -schützern sind sie ohne Bedeutung, dort werden funktionale Anwen-derkarten verlangt .

Thema:	Berggebiet
<i>Aussage in den Interviews</i>	Im Berggebiet erschwert die kleinräumige grosse Heterogenität der Böden die Erfassung von Boden-Informationen, die jeweils spezifisch einem Polygon zuordnungsbar wären. Die Daten-Erfassung ist aufwendig und verlangt nach einer „alpin“ ausgerichteten Methodik .
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Im Berggebiet müssen bezüglich der Datenerhebung alternative Methoden ins Auge gefasst werden; es bestehen zum Teil auch andere Ansprüche und Bedürfnisse als im Mittelland , auch bezüglich der Masstäbe.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Die jeweiligen Fragestellungen von Projekten oder Untersuchungen werden dort als Einzelfälle betrachtet und werden dementsprechend ortsspezifisch angegangen . Dies bedingt ein anderes, angepasstes Vorgehenskonzept , auch bezüglich Kartierung und Klassifikation. Erfahrene praktische Alpin-Bodenkundler beiziehen!

Thema:	Waldböden
<i>Aussage in den Interviews</i>	Waldböden sind ebenso wichtig wie Landwirtschaftsböden. Auch sie sind zu kartieren. Gerade im Zusammenhang mit den sich anbahnenden Klimaveränderungen kommt bezüglich forstwirtschaftlicher Entscheidungsprozesse dem Boden eine zentrale Rolle zu.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Bislang wurden nur sehr wenige Wälder flächenhaft kartiert (Kantone SO, VD und nun ZH). Für die Trinkwassergewinnung und die standortgerechte Waldbewirtschaftung sind Kenntnisse der Bodeneigenschaften im Wald ausschlaggebend, vor allem bezüglich der dritten (Wurzelraum) und vierten Dimension (langfristige Veränderungen)
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Waldböden sind mit gleicher Wichtigkeit und Dringlichkeit wie die Landwirtschaftsböden zu behandeln. Wichtig ist der Einbezug der Forstdienste , sowohl auf Bundes- wie auch auf Kantonsebene. Information der Forstdienste über die Vorzüge einer Bodenkartierung hinsichtlich

	der dreidimensionalen Aussagekraft solcher Bodendaten und als Basis für Überlegungen zu den Voraussetzungen für den Wald unter Klimaänderungen (Jahrhundert-Perspektive!)
--	---

Thema:	Schutzwald / Rutschungen, gerinne-relevante Prozesse
<i>Aussage in den Interviews</i>	Im Schutzwald steht heute der Schutz vor Rutschungen im Vordergrund, in geringerer Masse auch vor Lawinen und Steinschlag . Es geht also um Materialeintrag, resp. um sogenannte gerinne-relevante Prozesse . In den Mittelland- Kantonen erfolgt die Kartierung der Waldböden, wenn überhaupt, gemäss der FAL-Kartiermethode+ .
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Den Bodendaten wird im Schutzwald eine eher sekundäre Bedeutung zugemessen. Bei der im Schutzwald in der Regel zum Einsatz kommenden NaiS-Methode besteht der Nachteil, dass die für viele Prozesse wichtigen Parameter im Unterbodenbereich nur unvollständig erfasst werden.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Das NaiS-Konzept kommt zukünftig auch in den Schutzwäldern im Mittelland und im Jura zur Anwendung. Damit können jedoch nicht alle Fragestellungen bei der Waldbewirtschaftung ausreichend tief beantwortet werden. Um den kommenden Herausforderungen des Klimawandels vorbereitet begegnen zu können, sind die Waldböden, vornehmlich im Mittelland, flächenhaft pedologisch zu erfassen. Bodenkartierung im Wald ist zu fördern .

Thema:	Kosten
<i>Aussage in den Interviews</i>	Es herrscht oft die Auffassung vor, die Erhebung von Bodendaten sei kostenintensiv und „zu teuer“ .
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Der Aufwand für eine Bodenkartierung ist im Vergleich zum Ertrag und zum Bodenwert eines Landwirtschaftsbodens marginal. Im Wald ist eine Bodenkartierung allein durch die ökologische Leistung des Waldbodens (Filter, CO ₂ -Speicher, Erosionsschutz) – dies nebst einem allfälligen Holzerlös - längst abgegolten.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	Es soll aufgezeigt werden, dass Bodendaten Grundlageninformationen sind, gleichgestellt den geologischen Daten, Luft- und Wasserdaten etc. Diese Aufwände werden im Interesse der Sache als gerechtfertigt erachtet. Gleiches muss für den Boden gelten . Die Korrektur der an sich bekannten, verzerrten Wahrnehmung des Bodens, die sich auf „Dreck“, Bauland etc. beschränkt, muss aktiver angegangen werden .

Thema:	Ökonomische Betrachtung
<i>Aussage in den Interviews</i>	Den Kosten für die Gewinnung von Boden-Daten sind die Leistungen gegenüber zu stellen.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Böden erbringen grosse Leistungen, bereits durch ihr Dasein als wichtiger Teil des Ökosystems: Stoffkreislauf, Regeneration, Speicher. Diese Leistungen wurden bislang kaum quantifiziert .

<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	<p>Die nachhaltigen Leistungen des Bodens sind ökonomisch zu bewerten und es ist auf eine entsprechende Abgeltung hinzuarbeiten.</p> <p>Konkrete Projekte formulieren zwecks Umsetzung der volkswirtschaftlichen Bewertung der Boden-Leistungen.</p> <p>Hinweis auf den „Willingness-to-pay“-Ansatz!</p>
-------------------------------------	--

Thema:	Datenverfügbarkeit
<i>Aussage in den Interviews</i>	Die Datenverfügbarkeit und der Datenzugang zu den Bodendaten sind ungenügend und hinderlich für weitergehende Anwendungen oder Nutzungen.
<i>Beurteilung der Aussage</i>	Es wird darauf hingewiesen, dass im Rahmen von bodenrelevanten Arbeiten der Zugriff auf bereits bestehende Datenquellen wünschenswert wäre, ein solcher Zugriff aber, trotz Aarhus-Konvention von der Datenherrschaft nicht immer gewährt werden kann.
<i>Folgerungen und Empfehlungen</i>	<p>Das Problem des von einigen Interviewten bemängelten schlechten Datenzugangs zu den von öffentlichen Institutionen erhobenen Bodendaten ist komplex und betrifft Fragen des Öffentlichkeitsprinzips, des Datenschutzes und der Sicherung von Datenreihen.</p> <p>Ein nationaler Datensatz ist in Vorbereitung.</p>

Anhang 4: Teilnehmende und Agenda Experten-Workshop

12.10.2015, 14.00 – 17.00 Uhr

Titel	Vorname	Name	Organisation	Funktion
Dr.	Marco	Carizzoni	BABU GmbH	Fachmitglied Kernteam
	Guido	Cavelti	BHP AG	Projektleiter, Kernteam
Dr.	Barbara	Huguenin-Landl	Meteotest	Projektleiterin Evaluation Bodenfeuchtemessnetze
	Tobias	Hurst	BHP AG	stv. Projektleiter, Kernteam
Dr.	Armin	Keller	Agroscope	Nationale Bodenbeobachtung Schweiz
Dr.	Andreas Jürg	Papritz	ETH	Department of Environmental Systems Science, Institute of Terrestrial Ecosystems, Soil Protection
	Michael	Reinhard	BAFU	Sektionschef
Prof. Dr.	Michael E.	Schaepman	UZH	Professor für Fernerkundung
	Manfred	Stähli	WSL	Gebirgshydrologie und Massenbewegungen
	Matthias	Stettler	BFH	HAFL, Agronomie, Wissenschaftl. Mitarbeiter
	Stefan	Volken	swisstopo	Landesgeologie
	Peter	Weisskopf	Agroscope	Leitung Gruppe Bodenfruchtbarkeit/Bodenschutz
	Stefan	Zimmermann	WSL	Vertretung für Lorenz Walthert
	Martin	Zürrer	myx GmbH	Fachmitglied Kernteam
	Fabian	Züst	myx GmbH	Mitarbeiter von M. Zürrer

Agenda

- 1 Einleitung/Vorstellungsrunde/Workshop-Ziele
- 2 Zum Projekt KOBİ: Ziele, Ablauf, Organisation, Rolle Expertengruppe
- 3 Stand im Projekt
- 4 Expertenbefragung zu Bodendaten: erste Erkenntnisse
- 5 Zielvorstellungen

Was sollte ein Bodeninformationssystem mindestens können? Reichen die Bodeneignungskarte 1:200'000 und ihre Derivate? etc. (siehe auch separater Fragenkatalog)

- 6 Systemgrenzen

Was ist für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt (der Böden?) relevant? Welche Auflösung (welcher Massstab) soll gewählt werden? Bis zu welcher Höhe über Meer sollen Bodeninformationen in das System integriert werden? etc. (siehe auch separater Fragenkatalog)

- 7 Ausblick: Methoden

Welche Methoden stehen heute zur Verfügung? Was ist davon verwendbar? Welche Vorstellungen gibt es hinsichtlich eines Konzepts Bodeninformationssystem? etc. (siehe auch separater Fragenkatalog)

Freiwillige, kurze Beiträge der ExpertInnen zur Beleuchtung ihrer Methoden (Parameter, Erhebung, Auflösung, Flächen-Abdeckung, Aussagekraft für den Bodenwasserhaushalt) sind sehr erwünscht. Bisher vorgesehen ist ein Beitrag von H. Mittelbach (ETHZ) zum Thema SwissSMEX. Weitere Beiträge z.B. zum Trockenheitsindex, Entwicklungen in der Quartärgeologie, Reflektanzspektroskopie, SVAT-Modell etc. würden den anwesenden ExpertInnen erlauben, sich ein abgerundetes Bild zu machen über die Zuverlässigkeit von Methoden, die wichtige Beiträge zum Bodeninformationssystem für die Regulierungsfunktion Wasserhaushalt leisten könnten.

- 8 Weiteres Vorgehen/nächste Arbeitsschritte
- 9 Varia

Anhang 5: Begleitgruppe Projekt KOBİ

Titel	Vorname	Name	Organisation	Funktion
	Hugo	Aschwanden	BAFU, Abteilung Wasser	stv. Abteilungschef
Dr.	Stéphane	Burgos	Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz BGS	Präsident
	Reto	Camenzind	ARE	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
	Christine	Hauert	Kanton Solothurn, Amt für Umwelt, Abteilung Boden, Bodenschutz	
	Harry	Ilg	Kanton Uri, Amt für Umweltschutz, Abteilung Immissionsschutz, Fachbereich Bodenschutz	
Dr.	Armin	Keller	Agroscope, Nationale Bodenbeobachtung Schweiz	
	Petra	Schmocker-Fackel	BAFU, Abteilung Hydrologie	Stabschefin
	Ruedi	Stähli	BAFU, Sektion Boden	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
	Samuel	Vogel	BLW, Fachbereich Agrarumweltsysteme und Nährstoffe	Leiter
	Fabio	Wegmann	BAFU, Sektion Boden	stv. Sektionschef

Anhang 6: Detailliste Parameter (Wasserhaushalt und umfassend)

Legende

F: Feldmethode

Standard-Standort: alle Punktaufnahmen

M: Messung

Referenzstandort: ausgewählte Punktaufnahmen

Kt SO DS 6.1+: Bestandteil des heute üblichen Datensatzes gemäss Standard Bodenkartierung Solothurn

Punktdaten

NABODAT Datenmodell Entität	NABODAT Datenmodell Attributsname	Parameter KOBİ	NFP68 Bewertung von Boden- funktionen	Wasserhaus- halt BIS		Umfassendes BIS		Parametertyp	Bemerkungen
				Standard- Standort	Referenz- Standort	Standard- Standort	Referenz- Standort		
01_tbl_projekte	Untersuchungstyp, Datum, ...	(zwingende Attribute Entität Projekt)		F	F	F	F	Codelisten, Wert	
02_tbl_standorte	Standortkoordinaten	(zwingende Attribute Entität Standort)		M	M	M	M	Wert	
03_tbl_eigenschaften	Fremdwassereinfluss/Grundwasserstände			M	M	M	M	Wert	Grundwasserstände einfügen
03_tbl_eigenschaften	Neigung, Exposition, u.s.w.	(zwingende Attribute Entität Eigenschaften)		F	F	F	F	Codelisten, Wert	
07_tbl_probe	Probentiefe_Von; Bis	(zwingende Attribute Entität Probe)		F	F	F	F	Codelisten, Wert	
09_tbl_profil	Boden_Typ	Bodentyp		F	F	F	F	Codeliste	
09_tbl_profil	Karbonatgrenze	Karbonatgrenze	X	F	F	F	F	Wert	
09_tbl_profil	Neu	Makroporosität nahe an der Oberfläche		F	F	F	F	Wert: Anzahl Makroporen / Fläche	
09_tbl_profil	Neu	Oberflächenbeschaffenheit		F	F	F	F	Codeliste	Neuland: zu entwickeln; evtl. auch Brandspuren be-

NABODAT Datenmodell Entität	NABODAT Datenmodell Attributname	Parameter KOBI	NFP68 Bewertung von Bodenfunktionen	Wasserhaushalt BIS		Umfassendes BIS		Parametertyp	Bemerkungen
				Standard-Standort	Referenz-Standort	Standard-Standort	Referenz-Standort		
									rücksichtigen
09_tbl_profil	Neu	Repräsentativität für Standort/Fläche		F	F	F	F	Codeliste	Neuland: zu entwickeln; insbesondere zur Berücksichtigung anthropogener Einflüsse
09_tbl_profil 99_tbl_methoden	Neu	Karbonatgehalt des bodenbildenden Ausgangsmaterials		M	M	M	M		könnte ein Schlüssel sein, der uns weiter bringt im Verständnis und in der Modellierung von Bodenbildungsprozessen.
09_tbl_profil	Untertyp	Untertypen	X	F	F	F	F	Codeliste KLABS: alle.	
10_tbl_horizont	neu	Zuordnung der Horizonte zu den Schichten OB, UB1, UB2		F	F	F	F		Zur Umsetzung in Fläche
10_tbl_horizont	Horizontbezeichnung	Hydromorphie pro Horizont	X	F	F	F	F	Codeliste	
10_tbl_horizont	Horizontbezeichnung	Ursache der Hydromorphie pro Horizont	X	F	F	F	F	Codeliste	
10_tbl_horizont 99_tbl_methoden	Analysenparameter Messung Feinerdekörnung	Feinerdekörnung pro Horizont	X	F+M	F+M	F+M	F+M	Wert	
10_tbl_horizont	Gefüge	Gefüge pro Horizont		F	F	F	F	Wert	
10_tbl_horizont 99_tbl_methoden	Analysenparameter Messung Raumgewicht	Dichte pro Horizont	X	F evtl. M	F + M	F evtl. M	F + M	Wert	verschiedene Methoden in Diskussion; zwingend auch für C-Horizonte
10_tbl_horizont	Skelett	Skelettgehalt pro Horizont	X	F	F	F	F	Wert	
10_tbl_horizont 99_tbl_methoden	Analysenparameter Messung organische Substanz	OS pro Horizont	X	F+M	F+M	F+M	F+M	Wert	

NABODAT Datenmodell Entität	NABODAT Datenmodell Attributsname	Parameter KOBI	NFP68 Bewertung von Bodenfunktionen	Wasserhaushalt BIS		Umfassendes BIS		Parametertyp	Bemerkungen
				Standard-Standardort	Referenz-Standardort	Standard-Standardort	Referenz-Standardort		
10_tbl_horizont 99_tbl_methoden	Analysenparameter Messung pH	pH-Wert pro Horizont	X	F+M	F+M	F+M	F+M	Wert	pH Hellige zu wenig sensitiv für stark versauerte Böden
10_tbl_horizont 99_tbl_methoden	neu	KAK eff. pro Horizont	X (KAK, Basensättigung)		M		M		
10_tbl_horizont	Karbonatgehalt	Karbonatgehalt pro Horizont		F	F	F	F	Wert	
10_tbl_horizont	Farbe	Farbe pro Horizont		F	F	F	F	Codelisten, Wert	umstritten: könnte aber in nächster Zukunft messbar sein
10_tbl_horizont	Neu	Durchwurzelung pro Horizont		F	F	F	F	Wert	
10_tbl_horizont	Neu	Wurmgänge pro Horizont		F	F	F	F	Codeliste	
10_tbl_horizont	Humusform	Humusform		F	F	F	F	Codeliste	
10_tbl_horizont	Neu	Gründigkeit pro Horizont	X	F	F	F	F	Wert	
10_tbl_horizont		Mächtigkeit des gesamten Bodenprofils (bis zum Festgestein wenn möglich)		F	F	F	F		
10_tbl_horizont 99_tbl_methoden	Neu	andere Bestandteile pro Horizont				F	F	Wert	
10_tbl_horizont	Neu	Zersetzungsgrad Torf		F	F	F	F	neu: auch für WH wichtig	
10_tbl_horizont 99_tbl_methoden	Analysenparameter Messung	Porengrößenverteilung pro Horizont	X (PTF für nFK, ks)		M		M	Wert	
99_tbl_methoden	Analysenparameter Messung	Bodenbiologie					F+M	noch keine Parameterliste vorhanden: BIS soll aber die Möglichkeit bieten, alle möglichen Grössen	

NABODAT Datenmodell Entität	NABODAT Datenmodell Attributsname	Parameter KOBI	NFP68 Bewertung von Bodenfunktionen	Wasserhaushalt BIS		Umfassendes BIS		Parametertyp	Bemerkungen
				Standard-Standort	Referenz-Standort	Standard-Standort	Referenz-Standort		
								einzubauen	
99_tbl_methoden	Analysenparameter Messung	Bodenchemie					M	noch keine Parameterliste vorhanden: BIS soll aber die Möglichkeit bieten, alle möglichen Grössen einzubauen: z.B. NABO	
		Standorteigenschaften; aktuelle Nutzung		F	F	F	F		Präzise Angabe des aktuellen Nutzungstyps und Angabe weiteren, noch zu definierenden, Standorteigenschaften.
		PNG profilumfassend Bodenbildendes Ausgangsmaterial Anthropogene Einflüsse		F F F	F F F	F F F	F F F	Parameterliste im Zuge der Revision der Klassifikation/Kartieranleitung zu aktualisieren	Neuland: Mitunter als Mass für die Repräsentativität

Flächendaten

NABODAT Datenmodell Flächendaten	Parameter	Schichten	KT SO DS6.1+	Wasserhaushalt BIS	umfassendes BIS	Parametertyp	fakultative Messgrößen	Bemerkungen
tbl_FD_Körnung	Feinerdekörnung	OB, UB1, UB1	X	F	F	Codeliste	OB	
tbl_FD_OSPH	Organische Substanz	OB, UB1, UB2	X	F	F	Codeliste	OB	
tbl_FD_Gefuge	Gefüge	OB, UB1, UB2	X	F	F	Codeliste		
tbl_FD_Schichten	Extreme Schichtungen bis 100 cm Tiefe			F	F	Codeliste		Neuland aber wertvoll für Hydrologie
tbl_FD_Skelettgehalte	Skelettgehalt	OB, UB1, UB2	X	F	F	Codeliste		
tbl_FD_OSPH	pH-Wert	OB, UB1, UB2	X	F	F	Codeliste	OB	pH kann je nachdem Aufschluss über Fremdwassereinfluss geben (z.B. Abflussprozesse)
tbl_FD_Boden	Karbonatgehalt	OB, UB1, UB2	X	F	F	Codeliste	OB	kann je nachdem Hinweise zu Fremdwassereinfluss (Abflussprozesse), Tiefe des Ausgangsgesteins oder zum Zustand des Gefüges und damit die Speicherkapazität geben...
tbl_FD_Boden	Karbonatgrenze		X	F	F	Wert		Gibt häufig eine Information zur Mächtigkeit des strukturierten Bodens (Wasserspeicherung) und kann je nachdem Hinweise zu Fremdwassereinfluss (Abflussprozesse), Tiefe des Ausgangsgesteins oder zum Zustand des Gefüges und damit die Speicherkapazität geben...
tbl_FD_Auswertungen	Verdichtungen			F	F	Codeliste		

NABODAT Datenmodell Flächendaten	Parameter	Schichten	KT SO DS6.1+	Wasserhaushalt BIS	umfassendes BIS	Parametertyp	fakultative Messgrößen	Bemerkungen
tbl_FD_Schichten	Schichtmächtigkeiten		X	F	F	Wert		
tbl_FD_Boden	pflanzennutzbare Gründigkeit		X	F	F	Wert		
tbl_FD_Boden	bodenbildendes Ausgangsmaterial	OB, UB1, UB2	X	F	F	Codeliste		Wichtig: Am besten in Zusammenarbeit mit Geologen erarbeiten.
tbl_FD_Boden	Bodentyp		X	F	F	Codeliste		
tbl_FD_Boden	Zonen mit Hydromorphie (g, gg, r, etc.)			F	F	Codeliste schwach (g), stark (gg), extrem (r)		Angaben über Mächtigkeiten und Tiefen müssen ersichtlich sein. Wie die Schichten zu definieren sind, d.h. welche Eigenschaften ausschlaggebend für die Schichtentrennung sind, muss noch festgelegt werden.
tbl_FD_Boden	Ursache(n) Hydromorphie			F	F	Codeliste		
tbl_FD_Boden	Drainiert/nicht drainiert			F	F	Codeliste		
tbl_FD_Boden	Untertyp Hydromorphie		X	F	F	Codeliste KLABS: Staunässe, Fremdnässe, Drainage		
tbl_FD_Boden	Untertyp pH		x	F	F			Soll standardmässig erhoben werden; Bezugstiefe zu definieren
tbl_FD_Boden	Untertyp		X		F	Codeliste KLABS: alle anderen Untertypen		
tbl_FD_Boden	Oberflächenbeschaffenheit			F	F	Vorschlag: auch allf. Brandspuren berücksichtigen		Neuland:Ist genau zu definieren. Es geht vor allem darum, z.B. die Bodenoberfläche auch unter Wiesland

NABODAT Datenmodell Flächendaten	Parameter	Schichten	KT SO DS6.1+	Wasserhaushalt BIS	umfassendes BIS	Parametertyp	fakultative Messgrößen	Bemerkungen
								einschätzen zu können.
tbl_FD_Boden	Nutzungstyp			F	F	z.B. Dauergrünland, Ackerland, Wald etc.		
tbl_FD_Auswertungen	Erosion			F	F	Vorschlag	OB	ggf. als Feststellung in den Datenbanken festhalten. Methode zu definieren.
neu	allgemein	OB, UB1, UB2		F	F			
neu	Effektive Kationenaustauschkapazität	OB			(M)		OB	
neu	Anthropogene Einflüsse			F	F	Vorschlag		Neuland: Als Mass für die Zuverlässigkeit, Heterogenität der Bodendaten