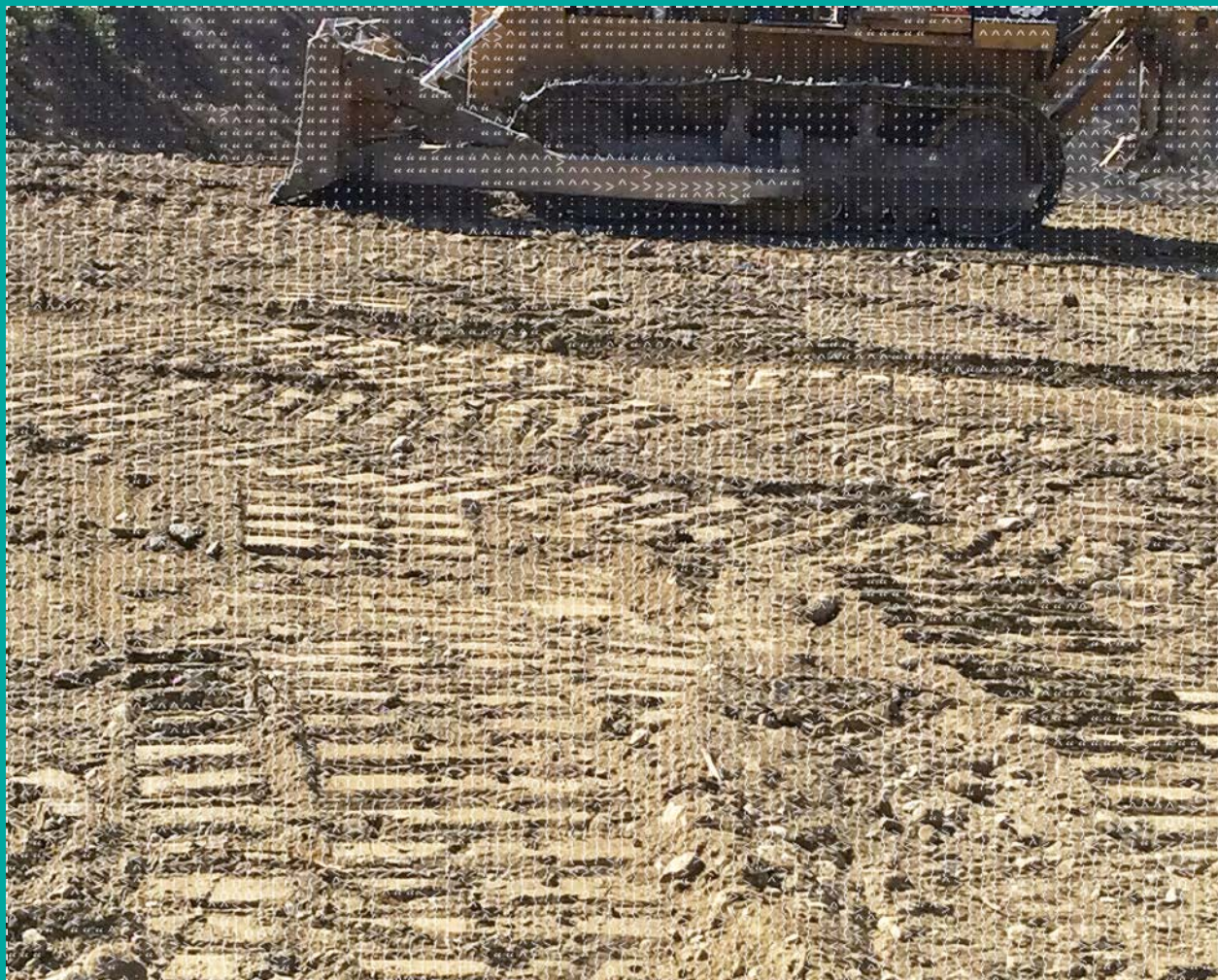


> Boden und Bauen

Stand der Technik und Praktiken



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Boden und Bauen

Stand der Technik und Praktiken

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autor

Enrico Bellini, sanu future learning ag, Biel und IC Infraconsult AG, Bern

Begleitung BAFU

Corsin Lang und Jean-Pierre Clément

Abteilung Boden und Biotechnologie, Sektion Boden

Zitierung

BAFU (Hrsg.) Bellini E. 2015: Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1508: 114 S.

Sprachliche Bearbeitung

Jürg Rohner, rohnerconsult, Reinach (BL)

Jacqueline Dougoud, Zürich

Übersetzung

Dolmetscher- und Übersetzervereinigung (DÜV), Zürich

Gestaltung

Valérie Fries, 3063 Ittigen

Titelbild

Jean-Pierre Clément, BAFU

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download

BBL, Vertrieb Bundespublikationen, CH-3003 Bern

Tel. +41 (0)58 465 50 50

verkauf.zivil@bbl.admin.ch

Bestellnummer: 810.300.133d

www.bafu.admin.ch/uw-1508-d

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt auf Recyclingpapier

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

Die Originalversion ist französisch. In Zweifelsfällen betreffend Terminologie gilt die französische Version.

> Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5		
Vorwort	7		
Einleitung	8		
1 Grundlagen, Grundsätze und Baustellentypologie	15		
1.1 Eigenschaften und Definition des Bodens	15		
1.2 Terminologie	17		
1.3 Warum ist der Boden schützenswert?	21		
1.4 Bodenbelastung	23		
1.5 Grundsätze und Ziele des Bodenschutzes auf Baustellen	23		
1.6 Baustellentypen und Nutzungsarten des Bodens	26		
1.6.1 Baustellen im Wald	26		
1.6.2 Baustellen in subalpinen und alpinen Gebieten	29		
1.6.3 Baustellen in den Berggebieten des Juras	30		
1.6.4 Baustellen in Siedlungsgebieten	32		
1.7 Mögliche Einschränkungen bei Projekten aus der Sicht des Bodens	35		
2 Planung der Bodenschutzmassnahmen	38		
2.1 Einbezug der Bodenschutzmassnahmen	39		
2.1.1 Phase 1: Strategische Planung	39		
2.1.2 Phase 2: Vorstudien	40		
2.1.3 Phase 3: Projektierung	40		
2.1.4 Phase 4: Ausschreibung	43		
2.1.5 Phase 5: Realisierung	45		
2.1.6 Phase 6: Bewirtschaftung	47		
2.2 Rolle und Aufgaben der bodenkundlichen Baubegleitung (BBB)	48		
3 Allgemeine Bodenschutzmassnahmen	50		
3.1 Bodenschutzkonzept	50		
3.2 Beschreibung des Ausgangszustands und des Empfindlichkeitsgrads der Böden	51		
3.3 Planung der Erdarbeiten und Formulierung von Zielen	54		
3.4 Reduktion der Eingriffs- und der Abtragsflächen	55		
3.5 Vorgängige Begrünung der Eingriffsflächen	56		
3.6 Messung der Bodenfeuchte	57		
3.7 Wahl der Maschinen und der Abtragsverfahren	60		
3.7.1 Raupenbaumaschinen – Auswahlkriterien für die Ausschreibung	62		
3.7.2 Abtragsverfahren für Eingriffsflächen	65		
3.8 Baustellenerschliessung und Baupisten	66		
3.9 Verfahren zur Zwischenlagerung von abgetragenen Boden	68		
3.10 Verfahren zur Wiederherstellung oder zum Wiedereinbringen der Böden nach den Arbeiten	70		
3.10.1 Realisierung und Abnahme der Rohplanie	72		
3.10.2 Wiederherstellung des Bodens	73		
3.10.3 Abnahme des «Bauwerks Boden»	74		
3.11 Instandstellung der Eingriffsflächen auf Böden, auf linearen Baugruben oder auf wiederhergestellten Böden	75		
4 Fallbeispiele mit Empfehlungen für den Bodenschutz	78		
4.1 Baustelle mit temporärer Eingriffsfläche im Wald	78		
4.2 Baustellen in alpinen Gebieten	83		
4.3 Baustellen im Siedlungsgebiet	90		
4.4 Linienbaustellen zum Verlegen von unterirdischen Leitungen	95		
4.5 Hochwasserschutz Linth 2000: «Qualitative Bodenverbesserung statt quantitativer Flächenersatz»	99		
Anhang	107		
Liste der Teilnehmenden der thematischen und regionalen Workshops sowie der befragten Fachleute	107		
Verzeichnisse	111		

> Abstracts

This publication shows the current level of technology for soil conservation on building sites. The currently applicable environmental legislation protects all soils from contamination, independent of their use, their properties and climatic zones. The development of soil conservation on building sites is based largely on the conservation of good arable land in the Swiss Central Plateau. That is why the mandate was intended to treat building sites in forest, alpine and mountainous regions as well as in settlement areas. With regard to agricultural areas, the special position of land for crop rotation is made clear. This publication aims to ensure a better integration of the standards for soil conservation during the phases of project development and building site planning.

Keywords:**Soil, building, soil conservation**

Diese Publikation soll den Stand der Technik für den Bodenschutz auf Baustellen festhalten. Die geltende Umweltgesetzgebung schützt alle Böden vor Belastungen, unabhängig von ihrer Nutzung, ihren Eigenschaften und den Klimazonen. Der heute praktizierte Bodenschutz auf Baustellen ist vorwiegend aus dem Schutz der guten Ackerflächen im Schweizer Mittelland hervorgegangen. Daher ging der Auftrag u. a. dahin, auch Baustellen in Wald-, Alpen- und Berggebieten sowie in Siedlungsgebieten zu berücksichtigen. In Bezug auf landwirtschaftliche Flächen wird die Sonderstellung der Fruchtfolgeflächen (FFF) verdeutlicht. Schliesslich soll diese Arbeit einen besseren Einbezug der Anforderungen des Bodenschutzes in den Phasen der Projektentwicklung und der Baustellenplanung gewährleisten.

Stichwörter:**Boden, Bauen, Bodenschutz**

Cette publication vise à actualiser l'état des connaissances en matière de protection des sols sur les chantiers. La législation environnementale en vigueur protège tous les sols contre les atteintes, quelles que soient leurs utilisations, caractéristiques et zones climatiques. Or la pratique de la protection des sols sur les chantiers est principalement issue de la protection des bonnes terres labourables du Plateau suisse. Ce mandat avait donc, entre autres, pour objectif de traiter également des situations en milieux forestiers, alpins et montagnards, ainsi qu'en zone urbaine. Dans le cadre des terres agricoles, le statut particulier des surfaces d'assolement (SDA) est précisé. Enfin, ce travail vise également à assurer une meilleure intégration des exigences de la protection des sols dans les phases développement du projet et planification du chantier.

Mots-clés:**Sols, chantiers, protection des sols**

La presente pubblicazione ha lo scopo di illustrare lo stato attuale delle conoscenze in materia di protezione del suolo nei cantieri. La legislazione ambientale vigente protegge tutti i suoli dal deterioramento, indipendentemente dal loro utilizzo, dalle loro caratteristiche e dalle zone climatiche. La protezione del suolo nei cantieri risale in primo luogo alla protezione dei terreni coltivabili di buona qualità dell'Altipiano svizzero, che aveva come obiettivo anche quello di trattare i cantieri nelle zone forestali, alpine e montane nonché nelle aree urbanizzate. Il testo precisa inoltre il ruolo particolare delle superfici per l'avvicendamento delle colture (SAC) nel quadro delle superfici agricole. La pubblicazione vuole infine garantire una migliore integrazione delle esigenze di protezione del suolo nelle fasi sviluppo del progetto e pianificazione del cantiere.

Parole chiave:

**suolo, cantieri, protezione del
suolo**

> Vorwort

Die Böden – ob natürlich belassen oder vom Menschen beeinflusst – bilden die physische und funktionale Grundlage der terrestrischen Lebensräume. Ihre Funktionen, insbesondere die Produktion, die Regulierung und die Bewahrung der Biodiversität, hängen hauptsächlich von der biologischen Aktivität ab und lassen sich nicht durch technische Mittel ersetzen. Daher sind die Böden äusserst schützenswert. Sie dienen zudem als Untergrund, vor allem für Siedlungs- und Infrastrukturflächen. Die Tätigkeiten auf den Baustellen haben Auswirkungen auf den Boden. Und genau diese gilt es unbedingt zu verringern, damit die beschränkte Ressource Boden erhalten bleibt.

Der Bodenschutz auf Baustellen hat sich in der Schweiz seit Mitte der 1990er-Jahre als gängige Praxis etabliert, sowohl in der Planungsphase als auch bei der Realisierung von Bauwerken und bei der Rekultivierung. Dabei wurden neue praktische Erfahrungen gesammelt, sodass sich die im Jahr 2001 im Leitfaden «Bodenschutz beim Bauen» veröffentlichten Empfehlungen nun verfeinern und vertiefen lassen. Ausserdem behandelt die vorliegende Publikation auch einige Baustellentypen, die seit der Einführung des Bodenschutzes auf Baustellen wegen mangelnder Kenntnisse etwas vernachlässigt wurden. In der Tat müssen sich Baustellen in alpinen Gebieten, im Wald oder in Siedlungsgebieten den Herausforderungen einer sehr grossen Heterogenität der Böden sowie den Einschränkungen infolge topografischer oder klimatischer Bedingungen stellen. Die Erfahrungen und das Know-how der letzten zwanzig Jahre erlauben es, nun auch für diese Baustellentypen angepasste Massnahmen und geeignete Lösungen vorzuschlagen.

Weil sich die Praxis ständig weiterentwickelt und neues Wissen erworben wurde, erachtete es die Sektion Boden des BAFU als notwendig, den aktuellen Kenntnisstand in Sachen Bodenschutz auf Baustellen in einer Publikation festzuhalten. Zu diesem Zweck wurden die Erfahrungen der betroffenen Akteure und Kreise der vergangenen zwei Jahrzehnte zusammengetragen. Es handelt sich dabei insbesondere um Behörden, Bauleitungen, Unternehmen und private Planungsbüros sowie bodenkundliche Baubegleiter (BBB). Die jüngsten Erkenntnisse und Entwicklungen – welche auch die durch Fachverbände und Fachinstitutionen seit dem Jahr 2000 veröffentlichten Normen berücksichtigen – werden in dieser technischen Publikation vorgestellt. Sie widerspiegelt den momentanen Stand der Praxis im Bereich Böden und Baustellen. Dem Prozess von der Projektentwicklung bis zur Rückgabe des temporär beanspruchten Bodens und der wiederhergestellten Eingriffsflächen wurde besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Gérard Poffet
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Einleitung

In der Schweiz hat sich der Bodenschutz auf Baustellen in der Zeit von 1960 bis 2000 entwickelt und konkretisiert¹. Der Bauboom für Gebäude und Verkehrseinrichtungen in den 1960er- und 1970er-Jahren hatte dazu geführt, dass zahlreiche Kiesgruben (vgl. Abb. 1) auf landwirtschaftlichen Flächen eröffnet (z. B. im Kanton Aargau 1 Million Kubikmeter Kies im Jahr 1955, 4 Millionen Kubikmeter Kies im Jahr 1975) und nach dem Auffüllen mit «Aushubmaterial» wieder instand gestellt wurden. Einige Dokumente wie «Merkmale zur Erstellung von Humusdeponien und zur Rekultivierung von Deponie- und Auffüllflächen» von Fritz Jäggli und Erwin Frei (1977) haben versucht, eine gute Praxis für den Bodenschutz einzuführen. Da die Rekultivierung alter Kiesgruben häufig enttäuschend verlief, nahmen sich Agronomen und Kulturingenieure im Jahr 1981 dieser Problematik an und bewogen die Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS/SSP) dazu, über den rein wissenschaftlichen Charakter ihrer bodenkundlichen und agronomischen Tätigkeiten hinauszugehen und sich mit dem praktischen Bodenschutz zu befassen. 1984 erschien das BGS-Dokument 1 «Kiesabbau und Landwirtschaft», das die Rekultivierung von Kiesgruben thematisierte. Einige der Autoren, wie Jean-Auguste Neyroud und Christoph Salm, sind während der weiteren Entwicklung des Bodenschutzes auf Baustellen immer wieder in Erscheinung getreten (vgl. «Richtlinie für den fachgerechten Umgang mit Böden» des Fachverbands der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie, FSKB 2001).

Die Ära der Kiesgruben

Abb. 1 > Kiesgruben: im Vordergrund wiederhergestellt, im Hintergrund im Abbau befindlich



Quelle: J.-P. Clément, BAFU

¹ Roland Bono, Nina von Albertini, Jean-Pierre Clément, Gregor Klaus, Markus Vogt. Bodenkundliche Baubegleitung: der Schweizer Weg. In: Bodenschutz 01/14, 6–12.

Die Zustimmung der Bundesversammlung zum Umweltschutzgesetz (USG) im Jahr 1983 und zur Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) im Jahr 1998 sowie das Nationale Forschungsprogramm 22 «Nutzung des Bodens in der Schweiz» (1983–1991) können als Meilensteine in der Erkennung der Bodenschutzproblematik und der zu treffenden Massnahmen betrachtet werden. Im Jahr 1989 schuf das damalige Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (heute BAFU) innerhalb der Sektion Boden die Stelle eines wissenschaftlichen Adjunkts, der mit den physikalischen Bodenbelastungen betraut war. Eines der Ziele gemäss seinem Pflichtenheft bestand darin, den Bodenschutz auf Baustellen zu entwickeln.

Im Jahr 1992 bewogen Redimensionierungsprojekte für die Gasleitungen, die die Schweiz durchqueren (in den 1970er-Jahren angelegtes Transitgas-Netz, vgl. Abb. 2), das damalige Bundesamt für Energie und Wasserwirtschaft BEW (heute Bundesamt für Energie BFE) dazu, sich an das BUWAL sowie an die für die Umsetzung der VBBo zuständigen kantonalen Bodenschutzfachstellen (FABO) mit Urs Vökt (BE), Franz Borer (SO), Roland Bono (BL) und Matthias Achermann (LU) sowie an Christoph Salm zu wenden. Sie wurden gebeten, unter der Federführung des BEW eine Richtlinie zum Schutz des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen mitzuverfassen (1993, revidiert 1997). Das war der offizielle Startschuss für die bodenkundliche Baubegleitung (BBB) auf den Baustellen in der Schweiz (abgesehen vom Sonderfall der Kiesgrubeninspektoren des FSKB). Ebenfalls 1992 erstellte Christoph Salm, der seit 1988 erster unabhängiger Berater für Bodenschutz auf Baustellen war, im Auftrag der Sektion Boden des BUWAL ein Inventar aller Unterlagen, die sich mit dem Thema Boden und Bauen in der Schweiz befassten. Das Ergebnis dieser Arbeit war die Publikation des Leitfadens «Bodenschutz beim Bauen» (1996, revidiert 2001).

Die Ära der Gasleitungen

Abb. 2 > Bau der Transitgasleitung von Walbach (AG) nach Däniken (SO) im Jahr 1994



Quelle: Amt für Umweltschutz und Energie (AUE), Kanton Basel-Landschaft

Im Jahr 1999 führte die Schweizerische Ausbildungsstätte für nachhaltige Entwicklung sanu (heute sanu future learning ag) in Biel eine Machbarkeitsstudie für die Erstellung einer Liste der BBB durch. Gleichzeitig erarbeitete sie einen ersten Ausbildungsplan für die BBB, basierend auf dem Pflichtenheft, das in den VSS-Normen SN 640 582 und SN 640 583 (Stephan Häusler, 1999–2001) beschrieben ist. Die BGS/SSP gründete im Jahr 2000 eine Kommission mit Vertreterinnen und Vertretern der betroffenen Kreise, welche ein Anerkennungsverfahren für BBB erarbeiten sollte, und schlug der sanu vor, ab 2001 einen praxisorientierten Kurs für Bodenspezialisten auf Baustellen anzubieten. Am 13. Juni 2002 stellten Catherine Strehler, damalige Präsidentin der BGS/SSP, und Bruno Oberle vom BAFU an einer Pressekonferenz die erste Liste der Bodenkundlichen Baubegleiterinnen und Begleiter BGS/SSP vor. Die Liste der BGS/SSP (Stand: 19. Januar 2015) zeigt, dass von den 96 aufgeführten BBB die Hälfte über zehn Jahre Erfahrung aufweist und dass ein Viertel der Expertinnen und Experten in den letzten drei Jahren aufgenommen wurde. Im Übrigen arbeiten 10 Prozent der BBB in der Verwaltung und in Institutionen.

Die Ära der Normen

Abb. 3 > Jahresexkursion der BGS/SSP 2013 – zehn Jahre bodenkundliche Baubegleitung (BBB)

In der Mitte Reto G. Meuli, damaliger Präsident der BGS/SSP



Quelle: J.-P. Clément, BAFU

Durch die Publikation der Norm SN 640 610a «Umweltbaubegleitung» im Jahr 2002 und des BAFU-Dokuments «Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle» im Jahr 2007 hat sich die Funktion der BBB von einer eigenständigen Fachbauleitung hin zur Beratung der Bauleitung auf Grossbaustellen im Rahmen eines Teams von Umweltexperten verlagert. In verschiedenen Gesprächen mit den betroffenen Kreisen (vgl. Abb. 3) hat sich gezeigt, dass die direkten Interventionen der BBB bei den Bauunternehmen und den ausführenden Akteuren zurückgegangen sind.

In Anbetracht der Situation im Jahr 2014 sind die mit der Umsetzung der VBBo betrauten Verwaltungsstellen der Ansicht, dass bei der Planung oder der Ausführung von Projekten, die auf den Boden einwirken, in sechs Punkten praktische Verbesserungen erforderlich sind:

- > **Trassenwahl:** Bei Trassen von Leitungen, die in der Landwirtschaftszone unterirdisch verlegt werden (Stromleitungen, Glasfaserkabel, übrige Kabel, Trinkwasserleitungen usw.), ist dem Bodenschutz und der landwirtschaftlichen Nutzung Rechnung zu tragen.
- > **Bodenschutzkonzept:** Die Bodenschutzmassnahmen müssen antizipiert und in einem Bodenschutzkonzept festgehalten werden. Dieses hat eine detaillierte Darstellung des Bodens und seiner Merkmale zu enthalten sowie die daraus für die Baustelle resultierenden Auflagen. Es reicht nicht aus, Normen oder Entscheidungshilfen abzuschreiben: Die BBB muss zuhause des Bauherrn, der Bauleitung und der Unternehmen konkrete, auf die Baustelle abgestimmte Massnahmen festlegen.
- > **Verwertung des abgetragenen Bodens:** Die Qualität, die Eigenschaften und die Volumen des ausserhalb des Baustellenperimeters zu verwertenden abgetragenen Bodens müssen in der Planungsphase des Projekts bestimmt werden. Weiter sind die Etappen der Verwertung und vor allem der Zeitplan der Arbeiten, die nicht auf der Baustelle stattfinden, detailliert zu planen.
- > **Ausschreibungen:** Die Ausschreibungs- und Submissionsunterlagen müssen präzise Angaben enthalten in Bezug auf die Verfahren und Maschinen, die für den Einsatz auf den gewachsenen Böden und für den Umgang mit dem Bodenmaterial vorgesehen werden.
- > **Bodenkundliche Baubegleitung (BBB):** Ab der Planungsphase muss die BBB in die Festlegung von Bodenschutzmassnahmen einbezogen werden. Dazu gehören insbesondere die Begrenzung der betroffenen Flächen, die Organisation der Baustelle, Installationen und Baupisten sowie die Maschinenwahl. Für die Begleitung von Eingriffen, die den Boden gefährden könnten (z. B. Abhumusieren, Zwischenlagerung, Entnahme vom Lagerort und Einbau) muss die BBB vor Ort sein.
- > **Abnahme:** Ebenfalls sicherzustellen sind die Festlegung der Ziele für das Wiederauftragen des Bodens, die Erstellung eines Abnahmeprotokolls für die Rohplanie und für das «Bauwerk Boden», die genaue Definition von Massnahmen während der Übergangsnutzung sowie das Verfassen eines Abnahmeprotokolls zum Zustand des Bodens vor der Übergabe an den Nutzer zur normalen Bewirtschaftung. Es sollte eine Wiederherstellungs- und Folgebewirtschaftungsanleitung angestrebt werden.

Sechs Punkte, die es zu verbessern gilt

Die vorliegende Publikation ist das Ergebnis einer Konsultation von Experten, Forschungskreisen und kantonalen Bodenschutzfachstellen sowie von Interessengruppen, die vom Bodenschutz in der Schweiz betroffen sind. Hierzu wurden im Jahr 2013 vier thematische und vier regionale Workshops (vgl. Abb. 4) sowie ein Workshop für interessierte Kreise² durchgeführt. Weiter hat der Autor die zu diesem Thema verfügbare Literatur und technische Publikationen beigezogen und Interviews mit Schlüsselpersonen durchgeführt. Fünf Beispiele von Baustellen, die die Problematik des Bodenschutzes illustrieren, ergänzen die vorliegende Zusammenstellung über den Stand der Technik und Praktiken.

² Den ersten Teil des Auftrags bearbeitete die sanu future learning ag. Im Anhang zu dieser Publikation findet sich eine Liste der Workshopteilnehmenden und der befragten Experten. Der definitive Text wurde von der IC Infraconsult AG erstellt. Enrico Bellini hatte für diesen Auftrag die Gesamtverantwortung.

Abb. 4 > Vertiefungs- und Austauschtagung für BBB 2014 – organisiert von der BGS/SSP und der sanu future learning ag



Quelle: V. Parrat, sanu future learning ag

Diese Publikation richtet sich in erster Linie an Planer und Bauleitungen, kann aber auch für Bauherren, die verschiedenen Bodennutzer (Landwirte, Förster) und die bodenkundlichen Baubegleiter (BBB) nützlich sein. Die Rollen, Aufgaben und Zuständigkeiten der Beteiligten werden genannt und erläutert. Die Terminologie dieser Publikation wurde nicht auf Bodenschutzexperten ausgerichtet, sondern auf ein allgemeineres Zielpublikum.

Zielpublikum dieser Publikation

Das Zielpublikum dieser Publikation sind insbesondere:

- > die *Ingenieur- und Architekturbüros*, die mit der Bauherrenunterstützung (BHU), mit Studien und der Planung der Abtrags- und Erdbewegungsarbeiten sowie mit den Ausschreibungen betraut sind (Projektbeschreibung, allgemeine und besondere Bedingungen, Leistungsverzeichnis, Ausführungspläne, die nach dem Zuschlag integrierende Bestandteile des Werkvertrags bilden);
- > die *Bauleitung* (Ingenieur oder Architekt), die überwacht, ob die Bauarbeiten gemäss Werkvertrag (Vertrag zwischen Bauherrn und Bauunternehmen) ausgeführt werden;
- > die *Umweltberatungsbüros*, die mit Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) und dem Behandeln der Themen «Boden» und «Materialbewirtschaftung» im Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) beauftragt sind;
- > die *Bauunternehmen* (technische Führungskräfte der Unternehmen wie Bauführer, Baustellenleiter und/oder Baupoliere), die in die Ausschreibungen, die Berechnung sowie die Vorbereitung und Ausführung der Erdarbeiten gemäss Werkvertrag involviert sind (Wahl der Maschinen und der Arbeitsmethoden).

Nicht erörtert werden in der vorliegenden Publikation besondere Eingriffe oder Massnahmen, wie die Wiederherstellung der Böden nach Naturkatastrophen, der definitive Abschluss von Abfalldeponien, die Sanierung von durch menschliche Aktivitäten beeinträchtigten Böden oder Arbeiten, die die Qualität eines Standorts hinsichtlich Natur- und Landschaftsschutz verbessern oder bewahren sollen. Hierzu wird auf die Fachdokumentation zu diesen spezifischen Themen verwiesen.

Auf die Problematik der Kiesgruben und Steinbrüche wird hier nicht eingegangen, weil es sich dabei um einen für den Bodenschutz ganz bestimmten Anlagentyp handelt, der detailliert in den Richtlinien des Fachverbandes der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB) behandelt und von einem Inspektorat der Branche überwacht wird. Dieses System gilt im Sinne von Artikel 12 Absatz 2 VBBo als Branchenvereinbarung.

Hinweis

Die Publikation ist in vier Module (Kapitel) gegliedert, die unabhängig voneinander gelesen und konsultiert werden können.

Modul 1: Grundlagen, Grundsätze und Baustellentypologie

Dieses Modul erläutert die wichtigsten Begriffe im Zusammenhang mit dem Bodenschutz auf Baustellen. Es wird eine gemeinsame Terminologie für alle Beteiligten eines Bauprojekts, bei dem Erdarbeiten ausgeführt werden, vorgeschlagen. Zudem werden wichtige Punkte dargelegt, die für Bauprojekte jeglicher Art zu berücksichtigen sind. Das Modul schliesst ab mit einer Übersicht über Baustellen verschiedener Lagen (Wald, alpine Gebiete, Siedlungsgebiete usw.), mit ihren Herausforderungen, ihren bodenkundlichen Besonderheiten sowie den daraus resultierenden Auswirkungen auf die Planung und die Realisierung von Projekten.

Hauptbotschaft: Ab dem Vorprojekt sollen sich die Verantwortlichen eines Bauprojekts die richtigen Fragen stellen, um die Bodenschutzmassnahmen an die spezifische Situation anzupassen.

Modul 2: Planung der Bodenschutzmassnahmen

Dieses Modul basiert auf den Normen SIA 112 und VSS 610 026 und zeigt, wie sich Bodenschutzmassnahmen in die verschiedenen Bauphasen auf Grossbaustellen integrieren lassen. Die verschiedenen Rollen der Beteiligten und insbesondere die Rolle der bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) werden aufgezeigt.

Hauptbotschaft: Der Bodenschutz obliegt den Spezialistinnen und Spezialisten, die genügend früh in das Projekt einzubinden sind. Wie wirksam der Bodenschutz ist, entscheidet sich bei der Planung. In der Umsetzungsphase kann nur noch eine Feinabstimmung erfolgen.

Modul 3: Allgemeine Bodenschutzmassnahmen

In diesem Modul werden allgemeine Bodenschutzmassnahmen vorgestellt, unter Berücksichtigung der bisherigen Entwicklung von Know-how und Praxis. Für Planende umfasst es Erläuterungen zum besseren Verständnis des Inhalts und der bodenkundlichen Grundlagen der Massnahmen. Für Bauleitungen enthält es im Wesentlichen nützliche Hinweise und Angaben zur Koordinierung der Aufgaben in der Realisierungsphase der Arbeiten.

Modul 4: Fallbeispiele mit Empfehlungen für den Bodenschutz

Die Beispiele in diesem Modul – Baustellen im Wald, in alpinen Gebieten und in Siedlungsgebieten sowie Linienbaustellen ausserhalb der Bauzonen und qualitative Bodenverbesserung bei Rekultivierungsprojekten – repräsentieren Typen von Baustellen und Infrastrukturen, die in den letzten Jahren stark zugenommen haben und die Planenden und Behörden vor neue Herausforderungen stellen. Die Beiträge sollen die Diskussion über den Bodenschutz auf Baustellen vorantreiben.

1 > Grundlagen, Grundsätze und Baustellentypologie

In diesem Modul werden die wichtigsten Begriffe im Zusammenhang mit dem Bodenschutz auf Baustellen erläutert. Es wird eine gemeinsame Terminologie für alle Beteiligten eines Bauprojekts, bei dem Erdarbeiten ausgeführt werden, vorgeschlagen. Zudem werden wichtige Punkte, die für Projekte jeglicher Art zu berücksichtigen sind, dargelegt. Das Modul wird mit einer Übersicht über Baustellen verschiedener Lagen (Wald, alpine Gebiete, Siedlungsgebiete usw.) mit ihren Herausforderungen, ihren bodenkundlichen Besonderheiten und den daraus resultierenden Auswirkungen auf die Planung und die Realisierung von Projekten abgeschlossen.

1.1 Eigenschaften und Definition des Bodens

Tiefbauingenieure, Vorarbeiter, Landschaftsgärtner, Bodenkundler oder der Gesetzgeber verwenden nicht dieselben Begriffe, um den Bodenaufbau mit seinen Schichten zu bezeichnen. Aus diesem Grund ist es wichtig zu definieren, wovon man spricht und welche Begriffe gemäss heutigem Kenntnisstand verwendet werden.

Der Boden wird im Allgemeinen als Oberfläche betrachtet, aber auch als Untergrund oder als unversiegeltes Material, auf dem Pflanzen gedeihen und wo verschiedene umweltrelevante Funktionen ablaufen. Der Boden ist nur eine dünne, lockere Schicht an der Oberfläche der Erdkruste, die Leben ermöglicht. Genauer gesagt ist der Boden ein komplexes und heterogenes Milieu, denn er besteht nicht nur aus Mineralien aus der Gesteinsverwitterung sowie aus organischem Material, das beim Abbau von Pflanzenmaterial entsteht, sondern auch aus Wasser, Luft und Tausenden von lebenden Organismen. Zusammengefasst ist der Boden nicht nur eine Oberfläche, sondern ein Volumen, ein bewohnter Raum, der funktionell und strukturiert ist.

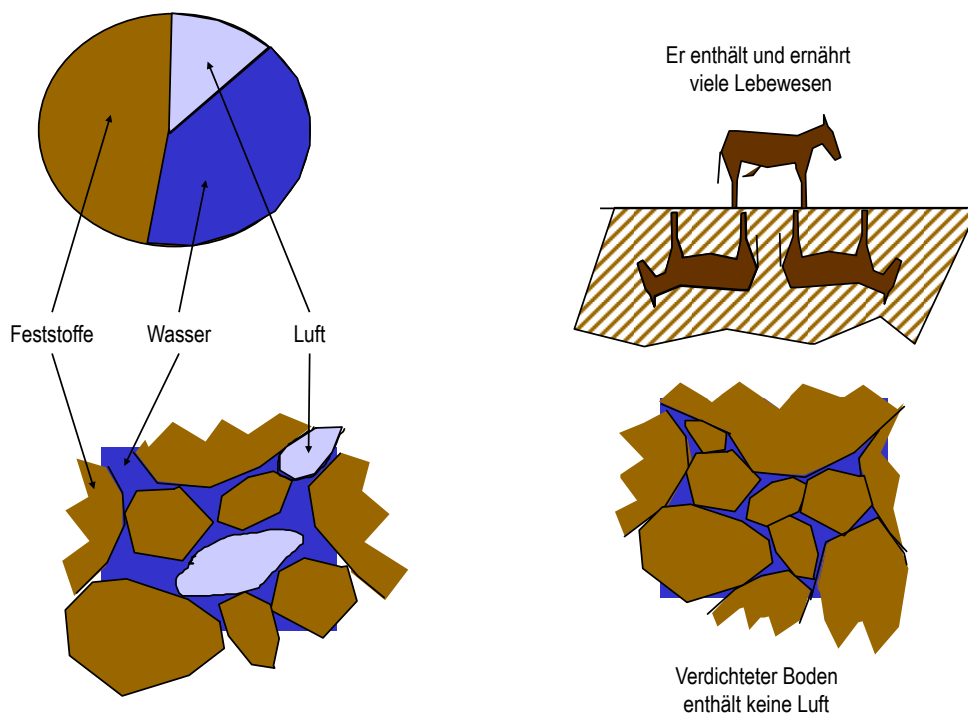
Die «innere» Bodenstruktur wird durch die Aggregattypen (Bodenteilchen) beschrieben, wohingegen der schichtartige Aufbau der Bodenstruktur durch die Bodenhorizonte dargestellt wird. Die Bodenaggregate sind das Ergebnis der «Art der Zusammensetzung» der festen Bodenbestandteile.³ Die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile und der Hohlräume bildet das Gefüge.⁴ Die Aggregate können unterschiedlich gross sein und verleihen dem Boden seine Strukturstabilität. Die Anordnung der festen Bestandteile schafft auch Hohlräume, in denen Wasser und Luft zirkulieren. Hierbei spricht man von der Porosität des Bodens (vgl. Abb. 5). Diese Grundeigenschaft definiert die Durchlässigkeit eines Bodens und seine Wasserspeicherfähigkeit. Es ist daher von grösster Bedeutung, dass eine intakte «innere» Struktur erhalten bleibt, damit der Boden seine Fruchtbarkeit bewahrt und alle seine Funktionen erfüllen kann.

Aggregate, Schichtaufbau des Bodens und Porosität

³ Jean-Michel Gobat, Michel Aragno, Willy Matthey. Le sol vivant. Bases de pédologie – Biologie des sols. 2010. / The Living Soil. Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. 2004.

⁴ Bodenbeurteilung im Feld. Landwirtschaftliche Beratungszentrale (LBL). 2001.

Abb. 5 > Die Porosität des Bodens ist für die Erhaltung seiner Funktionen essenziell



Quelle: Amt für Wasser und Abfall (AWA), Kanton Bern

Die wissenschaftliche Definition des Bodens verändert sich je nach Zeit und Autoren. Die folgende Definition der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS/SSP) fasst die verschiedenen aktuellen wissenschaftlichen Betrachtungsweisen des Bodens zusammen:

«Boden ist die äusserste Schicht der Erdkruste, die durch Lebewesen geprägt wird. Im Boden findet ein reger Austausch von Stoffen und Energie zwischen Luft, Wasser und Gestein statt. Als Teil des Ökosystems nimmt der Boden eine Schlüsselstellung in lokalen und globalen Stoffkreisläufen ein.» (BGS/SSP 1998)

Definition des Bodens

Die *Bodenentwicklung*, auch Pedogenese genannt, ist ein im Allgemeinen langer und langsamer Prozess. Ein Boden entwickelt sich ab der Verwitterung von mineralischem Ausgangsmaterial unter dem Einfluss zahlreicher Faktoren. Die wichtigsten Faktoren sind:

- > das *Muttergestein*, d. h. das mineralische Material, aus dem sich der Boden bildet (seine Zusammensetzung beeinflusst z. B. den pH-Wert des Bodens);
- > das *Klima*, d. h. der Wasserhaushalt und die Temperatur;
- > die *Topografie*, das Relief, das die schwerkraftbedingten Bewegungen beeinflusst;
- > die *lebenden Organismen*, deren Aktivität die Bodenchemie und -physik verändert;
- > die *Zeit*. Die Bodenentwicklung läuft äusserst langsam ab: Um einen Boden mit einer Mächtigkeit von 30 cm zu erhalten, braucht es 1000 bis 10 000 Jahre.

Die Kombination dieser Faktoren bewirkt zahlreiche Prozesse, die wiederum eine fast unbeschränkte Zahl von Bodentypen hervorbringen können. In der Schweiz bewirken die kleinräumige Verteilung verschiedener Gesteine sowie klimatische Schwankungen eine hohe Vielfalt an Böden (vgl. Abb. 6)⁵.

1.2 Terminologie

Der Boden wird qualitativ gestützt auf das Umweltschutzgesetz (USG) geschützt. Als Boden im Sinne des Gesetzes gilt «die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können» (Art. 7 Abs. 4^{bis} USG). Das USG gilt also für alle Böden, in denen Pflanzen wachsen können, einschliesslich Rohböden auf Steinen oder Platten, sobald sich dort Vegetation – auch magere – entwickelt oder entwickeln könnte. Die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) betrifft sowohl Böden, die sich natürlich gebildet haben, als auch solche, die «künstlich» wiederhergestellt oder geschaffen wurden (anthropogene oder technogene Böden). Hingegen fällt das Muttergestein, d. h. der Teil des Fels- oder Sedimentuntergrunds, wo keine Wurzeln wachsen, nicht unter die Definition des Bodens gemäss USG. Gleiches gilt für die an der Oberfläche versiegelten Böden.

Gesetzliche Grundlagen

Was versteht man unter anthropogenem Boden⁶? Dies sind Böden, auch Anthropol, technogener Boden oder Technosol genannt, deren Struktur, Horizonte oder Tiefe stark durch menschliche Eingriffe verändert wurden, z. B. nach einem Bodenabtrag, der Wiederherstellung von Bodenschichten, massivem Eintrag von Kompost, dem Planieren von Oberflächen oder tiefer Bodenbearbeitung. Viele Böden in Siedlungsgebieten sind künstliche oder wiederhergestellte Böden (siehe auch Kapitel 1.6.4). Vom Gesetz her sind alle Böden – ob natürliche oder anthropogene – gleich geschützt. In der Praxis können die Massnahmen zwar variieren, doch ihr Ziel ist immer dasselbe: die Bodenfruchtbarkeit dauerhaft zu erhalten (der Begriff «Bodenfruchtbarkeit» wird weiter hinten präzisiert).

Anthropogener Boden

Die typische Abfolge von Horizonten in einem Boden, welche charakteristisch für die bisher abgelaufene Entwicklung des Bodens ist, lässt sich wie folgt vereinfacht beschreiben (vgl. Abb. 7 und 8):

In dieser Publikation verwendete Terminologie

- > **Oberboden:** meist dunkel gefärbt, reich an Humus und Organismen, dicht mit Wurzeln durchwachsen, unversiegelt und durch Aggregate strukturiert. Er wird in der Sprache der Bodenkunde «A-Horizont» oder auf den Baustellen «Humus» oder «Kulturerde» genannt;
- > **Unterboden:** heller, weniger reich an Humus und Organismen. Seine Struktur ist in der Regel kompakter als diejenige des Oberbodens. Sie wird von Bodenfachleuten «B-Horizont» oder auf den Baustellen «Mutterboden» genannt⁷;
- > **Tiefere mineralische Schichten:** bestehen aus nicht oder kaum verwittertem Fels oder anderem Material. Bodenfachleute nennen sie «Muttergestein», «Untergrund» oder «C-Horizont», auf den Baustellen sind sie als «Aushubmaterial» bekannt.

⁵ Magazin «umwelt» – Bodenwelten. BAFU. 4/2011.

⁶ Vom Autor angepasste Definition nach «Bodenkundliche Bewertung von anthropogenen Böden. Interpretationshilfe». Fachstelle Bodenschutz. Kanton Zürich. 2013.

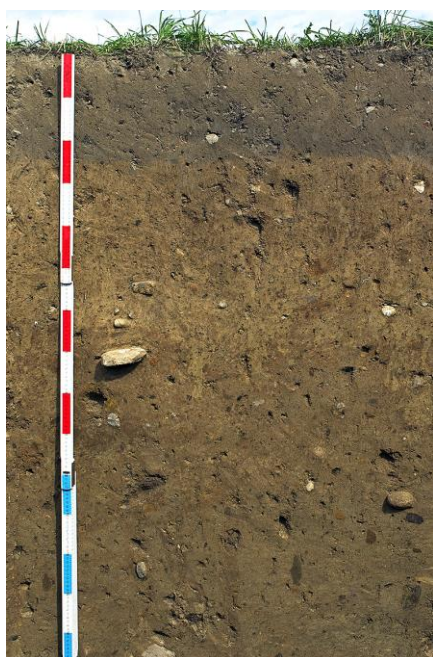
⁷ Umgang mit Boden. Umweltfachstellen der Zentralschweiz. August 2007.

Abb. 6 > Die Bodenvielfalt in der Schweiz**Sehr tiefgründig**

Boden auf schluffreichen Ablagerungen im ehemaligen Überschwemmungsbereich von Flüssen (Typ: alluviale Kalkbraunerde)



Boden auf Grundmoräne in schwach welligem Moränengebiet (Typ: Braunerde)

**Tiefgründig**

Boden auf Schotter in einer Talebene (Typ: Parabraunerde)



Boden auf Löss (nacheiszeitliche Windsedimente) an einem schwach geneigten Hang (Typ: Braunerde)

**Mässig tiefgründig**

Boden auf Kalkstein im Jura (Typ: Braunerde)



Boden auf fluvio-glazialen Schotter (Typ: Parabraunerde)



Sehr tiefgründige und tiefgründige Braun- und Parabraunerden sind die am weitesten verbreiteten Landwirtschaftsböden der Schweiz. Sie sind auf den fluvio-glazialen Kiesflächen und in den Moränen- und Molassegebieten im schweizerischen Mittelland vorherrschend. Sie finden sich auch auf schluffreichen Ablagerungen im ehemaligen Überschwemmungsbereich von Flüssen sowie auf Lössablagerungen.

Die mässig tiefgründigen Böden liegen über fluvio-glazialen Ablagerungen oder auf Schotter.

Mässig tiefgründig

Drainierter Boden auf Schwemmlehm in Talmulde (Typ: Buntgley)

**Mässig tiefgründig**

Boden auf Seetonablagerung in Talebene (Typ: Pseudogley)

**Ziemlich flachgründig**

Boden auf Kalkstein (Typ: Rendzina)

**Mässig tiefgründig**

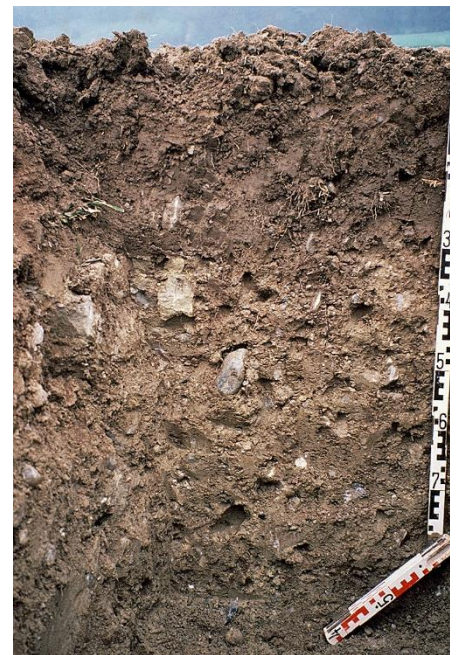
Drainierter Boden aus Torf (Moor) auf undurchlässiger Grundmoräne in Senke

**Flachgründig**

Boden auf Mergel im Jura (Typ: Pseudogley)

**Ziemlich flachgründig**

Boden auf Moränenkuppe (Typ: Regosol)



Diese mässig tiefgründigen Böden sind permanent durch Grund- oder Hangwasser geprägt (Gleye und Moorböden). Vorkommen: hauptsächlich in Mulden und Gebieten mit Hangwasseraustritten. Quelle: G. Brändle und U. Zihlmann, Agroscope, M. Müller, HAFL

Diese Böden sind durch Staunässe infolge einer wasserundurchlässigen Schicht gekennzeichnet (Pseudogleys). Sie kommen auf tonreichem Ausgangsmaterial vor, im Jura häufiger als im Mittelland.

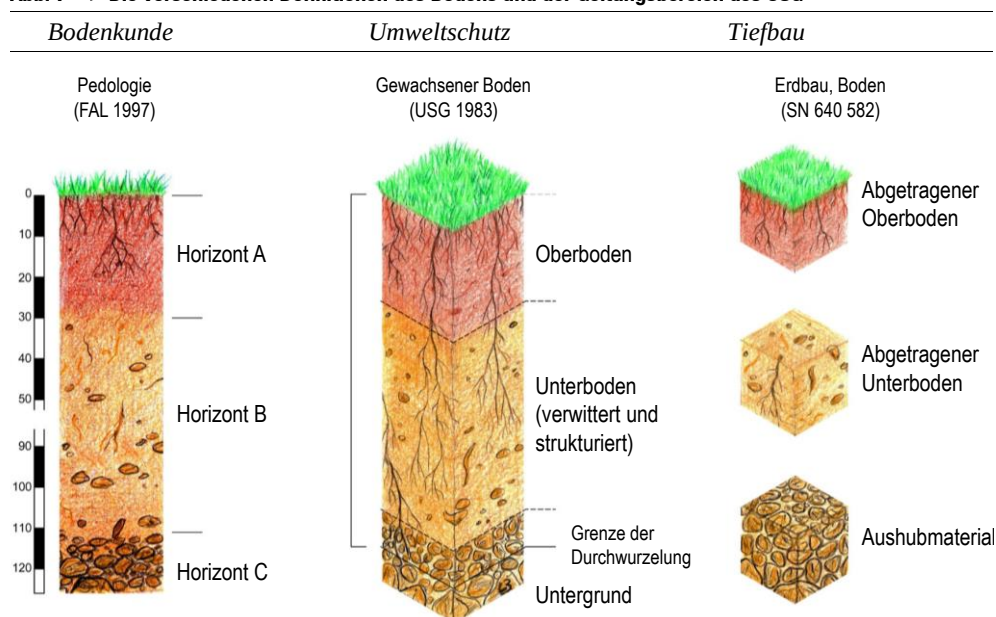
Solche ziemlich flachgründigen Böden kommen kleinflächig auf erosionsgefährdeten, teilweise bereits erodierten Moränen- und Molassekuppen, auf Kiesadern in Schotterebenen und auf jungen, sandreichen Flussablagerungen vor.

Da auf den Baustellen die Terminologie stark variieren kann, ist es wichtig, genau zu wissen, worauf man sich bezieht. Ein intakter, falls möglich begrünter Boden, auf dem gefahren, gearbeitet oder gelagert wird, wird *gewachsener Boden* genannt. Der Ober- und der Unterboden werden *abgetragen*, der Untergrund wird *ausgehoben*⁸. Nach einem Bodenabtrag wird von Bodenmaterial aus dem Oberboden für den A-Horizont und von Bodenmaterial aus dem Unterboden für den B-Horizont gesprochen. Nach dem Aushub aus dem C-Horizont wird der Begriff «Aushubmaterial» verwendet (vgl. Tab. 1). Diese beiden Arten von Material werden in unterschiedlichen Dokumenten des Bundes behandelt: Die Verwertung oder Entsorgung von abgetragenem Boden wird in der «Wegleitung Bodenaushub», diejenige des Aushubmaterials in der «Aushubrichtlinie» geregelt.

Tab. 1 > Überblick über die je nach Situation und Sprache verwendete Terminologie

Pedologie	Baustelle	Deutsch	Französisch	Italienisch	Englisch
Organo-mineralischer Horizont (A-Horizont)	Humus, Kulturerde	Oberboden	Couche supérieure du sol	Strato superiore del suolo	Topsoil
Mineralischer Horizont (B-Horizont)	Mutterboden, Roterde, Stockerde	Unterboden	Couche sous-jacente du sol	Strato inferiore del suolo	Subsoil
C-Horizont	Aushubmaterial	Untergrund	Sous-sol (géologie)	Sottosuolo	Underground

Abb. 7 > Die verschiedenen Definitionen des Bodens und der Geltungsbereich des USG

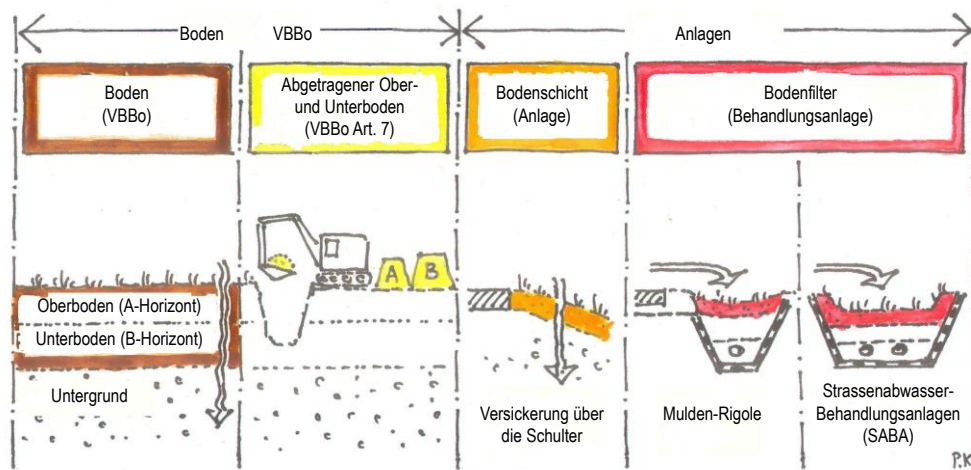


Zeichnung: L. Bourban

⁸ Der Begriff «Bodenaushub» wird in Zukunft nicht mehr verwendet und gemäss Revision der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) durch den Begriff «abgetragener Ober- und Unterboden» ersetzt. Statt von «ausgehobenem Boden» spricht man von «abgetragenem Boden».

Die Terminologie für den Einbau von Bodenmaterial an Strassenböschungen oder Grünstreifen, die die Reinigung des Strassenabwassers bei der Versickerung sicherstellen, ist in Abbildung 8 dargestellt.

Abb. 8 > Verwendete Terminologie bei Strassenböschungen oder Grünstreifen



Quelle: Peter Kaufmann, Aquawet. ASTRA. 2013

1.3 Warum ist der Boden schützenswert?

«Wer kennt den Boden und seine Bedeutung für das Leben wirklich? Nur wenige Menschen, obwohl der Boden die Grundlage für unsere Zivilisationen und unsere Ernährung bildet.»⁹ Der Boden übernimmt für das Überleben unserer Gesellschaft lebenswichtige Funktionen. Er ist Grundlage für alle menschlichen Aktivitäten, denn er ernährt die Bevölkerung, produziert erneuerbare Rohstoffe (z. B. Holz), filtert und rezykliert Stoffe, bewahrt die Trinkwasserqualität (dient als Filter und Schutz für die Trinkwasserquellen) und speichert wichtige Nährstoffe (Stickstoff, Kohlenstoff usw.). Der Boden ist die Quelle der tierischen und pflanzlichen Diversität und – mit all seinen archäologischen Überresten und seinen besonderen pedologischen Formationen – auch ein lebendes Gedächtnis der Kultur- und Naturgeschichte (Fachleute sprechen auch von «Pedotopen»).

Die verschiedenen ökologischen Funktionen eines Bodens können unter dem Blickwinkel ihres Nutzens für die Menschheit betrachtet werden. Man spricht dann von Ökosystemleistungen, die den Menschen zukommen können (vgl. Tab. 2).

Die Funktionen des Bodens

⁹ Jean-Michel Gobat, Michel Aragno, Willy Matthey. Le sol vivant. Bases de pédologie – Biologie des sols. 2010. / The Living Soil. Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. 2004.

Tab. 2 > Wichtigste ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Funktionen des Bodens

Bodenfunktion	Leistung
Lebensraumfunktion	Basis für Landlebensräume, Biotope
Regulierungsfunktion	Natürlicher Kreislauf von Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel und anderen Nährstoffen, Bindung und Abbau von Schadstoffen, Lagerung und Umwandlung von organischem Material, Reinigung und Speicherung von Wasser, Klimaeinfluss (Kohlenstoffsinken), Filter für atmosphärische Schadstoffe
Produktionsfunktion	Produktion von Biomasse
Trägerfunktion	Grundlage für Bauten und Anlagen
Rohstofffunktion	Quelle für Rohstoffe, Trinkwasser und geothermische Energie
Archivfunktion	Archiv für Informationen der Natur- und Kulturgeschichte

Quelle: Plan de mesures pour la protection des sols 2014–2017. Autoren: Ch. Keimer und B. Guex. Département de l'intérieur, de la mobilité et de l'environnement (DIME), République et canton de Genève (vom Autor angepasst)

Der Gesetzgeber hat die *Bodenfruchtbarkeit* sorgfältig definiert. So legt die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) die Eigenschaften fest, die ein fruchtbarer Boden aufweisen muss:

- > eine artenreiche, biologisch aktive Lebensgemeinschaft;
- > eine Bodenstruktur, einen Bodenaufbau und eine Mächtigkeit, die für seinen Standort typisch sind;
- > eine ungestörte Abbaufähigkeit;
- > eine ungestörte Entwicklung von Pflanzen;
- > eine gute Qualität der pflanzlichen Erzeugnisse;
- > keine Gefährdung von Menschen und Tieren.

Diese Definition der Bodenfruchtbarkeit beschränkt sich folglich nicht nur auf die Begriffe Produktivität oder Produktionsfähigkeit im land- oder forstwirtschaftlichen Sinne. Sie berücksichtigt auch die verschiedenen Funktionen des Bodens, die land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen sowie Grünflächen und natürlich belassene Flächen.

Die vorliegende Publikation stützt sich auch auf den Begriff der «Bodenqualität», die den Anspruch hat zu beurteilen, ob ein bestimmter Boden in der Lage ist, alle Funktionen, die er gewährleisten soll, zu erfüllen (z. B. Schutz der Oberflächenwasser- und Grundwasserqualität, Luftreinhaltung, Erosionsbeständigkeit). Kurz zusammengefasst repräsentiert die Bodenqualität die «Funktionsfähigkeit des Bodens»¹⁰.

Böden müssen geschützt werden, um ihre Fruchtbarkeit im Sinne des Gesetzgebers langfristig zu gewährleisten und um ihre Funktionsfähigkeit nachhaltig zu sichern, d. h. ihre Fähigkeit, sämtliche Leistungen, deren Garant sie sind, regelmässig zu erbringen.

Bodenfruchtbarkeit und -qualität

¹⁰ Jean-Michel Gobat, Michel Aragno, Willy Matthey. Le sol vivant. Bases de pédologie – Biologie des sols. 2010. / The Living Soil. Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. 2004.

1.4

Bodenbelastung

Bodenbelastung (im Sinne der VBBo) kann chemisch, physikalisch oder biologisch sein. Tabelle 3 fasst die wichtigsten Prozesse dieser Bodenbelastungsarten zusammen. Beim Bauen sind z. B. Belastungen durch Verdichtung und Erdbewegungen durch geeignete Vorbeugungsmassnahmen zu verhindern.

Tab. 3 > Belastungen, Quellen und Auswirkungen

	Wichtigste Quellen	Auswirkungen
Chemische Belastungen • Schwermetalle und Fluor • Schwer abbaubare organische Stoffe	Diffuser Eintrag von Schadstoffen aus: • Industrie • Verkehr • Heizungen • Düngern, Pestiziden, Pflanzenschutzmitteln • belasteten Standorten, Abfällen	• Nachhaltige Verminderung der Bodenfruchtbarkeit • Anreicherung von Schadstoffen in der Nahrungskette • Störung der biologischen Aktivität • Verschmutzung von Oberflächengewässern und Grundwasser
Physikalische Belastungen • Erosion • Bodenverdichtung	• Ungeeignete landwirtschaftliche Praktiken • Unsachgemässer Umgang mit Boden auf Baustellen	• Verminderung der Bodenfruchtbarkeit (Verringerung der Mächtigkeit) • Ertragseinbussen in der Landwirtschaft • Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen und Infrastruktureinrichtungen (Kanalisation usw.) • Nährstoffzufuhr in Gewässer und Biotope • Veränderung der Bodenstruktur • Blockierung wichtiger Bodenfunktionen (z. B. Versickern des Wassers) • Erhöhte Hochwassergefahr und grössere Auswirkungen von Niedrigwasser
Biologische Belastungen	• Einführung von Fremdorganismen, z. B. GVO mit unbekannten Folgen, Neophyten	• Mögliche Destabilisierung des Ökosystems «Boden» • Abnahme der Biodiversität
Quantitativer Bodenverlust	• Bauliche Entwicklung • Bau von Strassen usw.	• Bodenzerstörung • Verlust der Bodenfunktionen • Erhöhte Hochwasserrisiken

Quelle: Amt für Umwelt (AfU), Kanton Freiburg. Umweltbericht. 2006

1.5

Grundsätze und Ziele des Bodenschutzes auf Baustellen

Die *Grundsätze* des Bodenschutzes zielen darauf ab, Bodenverlusten (quantitativ) vorzubeugen und die Bodenfruchtbarkeit (qualitativ) zu erhalten. Die drei Grundsätze beim Bodenschutz auf Baustellen sind:

1. *Prävention*, denn Prävention ist einfacher als eine spätere Sanierung von Böden, die nicht fachgerecht behandelt wurden. Der Grundsatz der Prävention gilt sowohl quantitativ als auch qualitativ: Es ist darauf zu achten, dass die Bodenverluste möglichst gering gehalten werden und die Bodenfruchtbarkeit möglichst gut bewahrt bleibt.
2. *Verringerung der betroffenen Flächen und des Bodenabtrags auf das für die Umsetzung des Projekts absolute Minimum* (Baupisten, Einrichtungen, Abtragsarbeiten auf

Allgemeine Grundsätze des Bodenschutzes auf Baustellen¹¹

¹¹ Concevoir un plan de gestion des sols. République et canton de Genève. (vom Autor angepasst)

Flächen mit Aushub oder bearbeitete Flächen beschränken), denn der beste Bodenschutz besteht immer darin, jegliches Befahren und Abtragen zu vermeiden. Eine mässige Beanspruchung der Böden bedeutet:

- bereits belastete Böden nutzen, d. h. falls möglich versiegelte Böden oder solche, die infolge früherer Eingriffe bereits stark verändert worden sind;
- Böden erhalten, die für die Land- und Waldwirtschaft, für den Natur- und Landschaftsschutz und für den Grundwasser- und den Oberflächengewässerschutz wichtig sind.

3. *Verwertung des abgetragenen Ober- und Unterbodens.* Unter Verwertung wird eine je nach seiner Qualität geeignete Wiederverwendung (oder ein Recycling) des abgetragenen Materials verstanden. Sie kann entweder vor Ort oder an einem anderen Standort erfolgen, z. B. im Rahmen der Wiederherstellung von Landwirtschaftsflächen oder einer Sanierung beeinträchtigter Böden. Die Erhaltung und Aufwertung von Böden bedeutet:

- die Bodenfruchtbarkeit durch die Beachtung der allgemeinen Bodenschutzmassnahmen bewahren (siehe Modul 3);
- künstliche Böden verbessern und belastete Landwirtschaftsflächen aufwerten. Dabei ist darauf zu achten, dass Projekte zur Aufwertung von Landwirtschaftsböden genügend früh in der Planungsphase vorliegen, damit sie in das Auflageprojekt aufgenommen werden können.

Die wichtigsten *Ziele* für den Bodenschutz lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- > die Bodenaggregate müssen nach jeder Beanspruchung des Bodens oder nach jeder Erdbewegung intakt bleiben;
- > die Poren müssen erhalten werden, und zwar sowohl in ihrer Diversität als auch in ihrer Kontinuität (Entwässerung und Belüftung des Bodens [Lagerungsdichte als Messgrösse]);
- > die Mächtigkeit und die Abfolge der Schichten sind beizubehalten;
- > die Verwertung von unbelastetem abgetragenen Boden mit einer guten Texturqualität muss auch ausserhalb der Baustelle gewährleistet sein.

Ziele des Bodenschutzes auf Baustellen

Thema mit Zukunft: die Fruchtfolgeflächen (FFF)

Fruchtfolgeflächen (FFF)

Einer der Grundsätze in der Raumplanung besteht darin, der Landwirtschaft genügend Flächen geeigneten Kulturlandes bereitzustellen (Art. 3 Abs. 2 Bst. a RPG). Dazu wurde 1992 ein Sachplan des Bundes erstellt und verabschiedet. Dieser setzt einen schweizweiten Mindestumfang der Fruchtfolgeflächen von 438 560 ha fest und teilt diese Fläche unter den Kantonen auf. Jeder Kanton muss einen FFF-Mindestumfang sichern. Fruchtfolgeflächen sind die wertvollsten Landwirtschaftsflächen unseres Landes. Sie erfüllen definierte Kriterien punkto Bodenbeschaffenheit und klimatischer Verhältnisse. Gemäss RPV umfassen sie «das ackerfähige Kulturland, vorab das Ackerland und die Kunstwiesen in Rotation sowie die ackerfähigen Naturwiesen», und werden mit Massnahmen der Raumplanung gesichert.¹²

Kompensationspflicht für FFF: Die Kantone stellen sicher, dass ihr Anteil am Mindestumfang der Fruchtfolgeflächen dauernd erhalten bleibt (Art. 30 Abs. 2 RPV)¹³. Einige Kantone (z. B. Luzern, Zürich und Waadt) haben die Kompensationspflicht in ihren kantonalen Richtplänen oder Raumplanungsgesetzen verankert. Kantonale Richtlinien ergänzen diesen Grundsatz und legen konkrete Vorgehensweisen fest. Die Kompensationspflicht betrifft alle Einzonungs- und Bauvorhaben und gilt auch für Vorhaben ausserhalb der Bauzonen. Die Inanspruchnahme von FFF ist von der zuständigen kantonalen Raumplanungsstelle zu genehmigen. Die Kompensation ist fester Bestandteil eines Projekts und der Baubewilligung. Daher müssen die Bauherren ab Beginn der Planungsphase den Sachplan FFF berücksichtigen.

Auswirkungen auf die Planung von Vorhaben, die FFF betreffen:

- > Möglichst vermeiden, FFF zu tangieren. Dazu müssen die kantonalen FFF-Inventare und die Nutzungspläne der betreffenden Gemeinden beigezogen werden.
- > Die bestehenden Interessen gründlich abwägen: Falls das Vorhaben nur auf FFF realisiert werden kann, ist dies zu begründen und zu belegen.
- > Falls eine Inanspruchnahme von FFF unabwendbar ist, ist schon in der Phase der Ausarbeitung des Detailprojekts ein Kompensationsprojekt vorzusehen. Auch dieses erfordert eine Bewilligung und eine Begleitung. In den meisten Fällen handelt es sich um ein Projekt zur Aufwertung belasteter Böden.
- > Die kantonalen Fachstellen für Bodenschutz und Raumplanung sind möglichst frühzeitig einzubeziehen, damit eine geeignete Ausgleichsfläche gefunden werden kann.
- > Bei einem Projekt mit linearem Verlauf muss eine diagonale Durchquerung von FFF vermieden werden. Vorzugsweise tangiert der Verlauf nur den Rand der Parzellen. So können auch zusätzliche Risiken der Bodenverdichtung während der Betriebsphase, z. B. bei Reparaturarbeiten an Leitungen, verhindert werden.

¹² Art. 26 Abs. 1 RPV.

¹³ Art. 26 ff. RPV.

1.6 Baustellentypen und Nutzungsarten des Bodens

In den letzten Jahren haben die Bautätigkeiten für Infrastruktur und Gebäude stetig zugenommen. Die Baustellen liegen immer häufiger auch in Berggebieten, zum Teil sogar in grosser Höhe, und auch in Wald- oder Siedlungsgebieten. Nachfolgend werden verschiedene Baustellensituationen vorgestellt. Hingewiesen wird dabei jeweils auf ihre Herausforderungen, ihre besonderen bodenkundlichen Merkmale und auf die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Planung und die Umsetzung von Projekten. Die bisher erwähnten Grundsätze und Ziele sowie allgemeine Bodenschutzmassnahmen (siehe Modul 3) haben in allen vorgestellten Beispielen Gültigkeit.

1.6.1 Baustellen im Wald

Eingriffsflächen im Wald müssen auf das absolute Minimum beschränkt werden, um Rodungen möglichst klein zu halten. Da der verfügbare Platz häufig sehr begrenzt ist, kann es zu einem Zielkonflikt zulasten anderer Umweltaspekte kommen, sodass dem Schutz des Waldes höhere Priorität eingeräumt wird als z. B. dem Schutz der Böden.

Herausforderungen beim Schutz von Waldböden

Die Planer von Baustellen im Wald sehen sich folgenden wichtigen Herausforderungen gegenüber:

- > der Beschränkung der Eingriffsflächen im Wald auf das absolute Minimum, wobei genügend Platz für eine geeignete Zwischenlagerung des abgetragenen Bodens sowie für die Zufahrten und die Installationsplätze einzuplanen ist, insbesondere bei Linienbaustellen (vgl. Abb. 9);
- > der Verschiebung von Waldboden, sei es bei der Zwischenlagerung oder bei der Wiederherstellung, ist ein heikles Unterfangen, das ohne Verlust organischen Materials und ohne Zerfall der Struktur erfolgen muss;
- > dem korrekten Umgang mit Wurzelstöcken, wobei die Massnahmen und Vorgehensweisen je nach Dauer und Grösse der Baustelle stark variieren;
- > der Wiederherstellung und dem Ziel der Wiederbestockung, die in enger Zusammenarbeit mit den betreffenden Waldbewirtschaftern festgelegt werden müssen.

Es ist daher unerlässlich, in der Planungsphase des Projekts spezifische Massnahmen vorzusehen sowie mit dem Waldbesitzer, dem Betriebsleiter und dem betreffenden kantonalen Forstdienst Kontakt aufzunehmen. Die konkreten Auswirkungen auf die Planung werden in Tabelle 4 beschrieben.

Abb. 9 > Baustelle im Wald – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)

Bodenabtrag nach Zerkleinerung der Wurzelstöcke



Quelle: P. Studer

Waldböden weisen besondere bodenkundliche Merkmale auf, wie einen tiefen pH-Wert, eine beträchtliche Streuschicht sowie lockere, empfindliche Strukturen (Aggregate). Ihre Handhabung und ihre Lagerung gestalten sich folglich schwierig. Die Möglichkeiten zur Verwertung ausserhalb des Waldes sind ausserdem beschränkt, auch wenn es heute Kompostiertechniken gibt, die die Mischung von Boden, Wurzeln und zerkleinertem Holz als Zusatz in der Landwirtschaft wiederverwendbar machen.

Weiter stellen Wurzelstöcke für Erdarbeiten im Waldboden eine Einschränkung dar. Daher ist ausschlaggebend, wie mit ihnen in den verschiedenen Etappen der Baubegleitung umgegangen wird. Die Methoden zur Entfernung dieser Wurzelstöcke werden insbesondere die Wahl der eingesetzten Forstmaschinen, die Mächtigkeit der abzutragenden Schichten, die Qualität der Streuschicht und die Menge der Holzschnitzel an der Oberfläche bestimmen. Eine weitere Besonderheit ist, dass permanent vernässte Böden im Wald häufiger vorkommen als bei gepflügten Landwirtschaftsflächen.

Das Forstrecht – das Waldgesetz (WaG) und die Waldverordnung (WaV) – schützt den Wald als Lebensgemeinschaft in seinem ursprünglichen Zustand. Da der Boden eine unentbehrliche Ressource für die vorhandenen Waldgesellschaften darstellt, muss dieser mit seinen Eigenschaften erhalten werden. Insbesondere müssen die Kantone gemäss Artikel 28 der Verordnung über den Wald Massnahmen ergreifen, um die physikalischen Belastungen des Bodens zu verringern.

**Bodenkundliche Besonderheiten
von Waldböden**

**Gesetzliche Bestimmungen, die
für Waldböden gelten**

Tab. 4 > Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten im Wald

Empfehlungen –
Baustellen im Wald

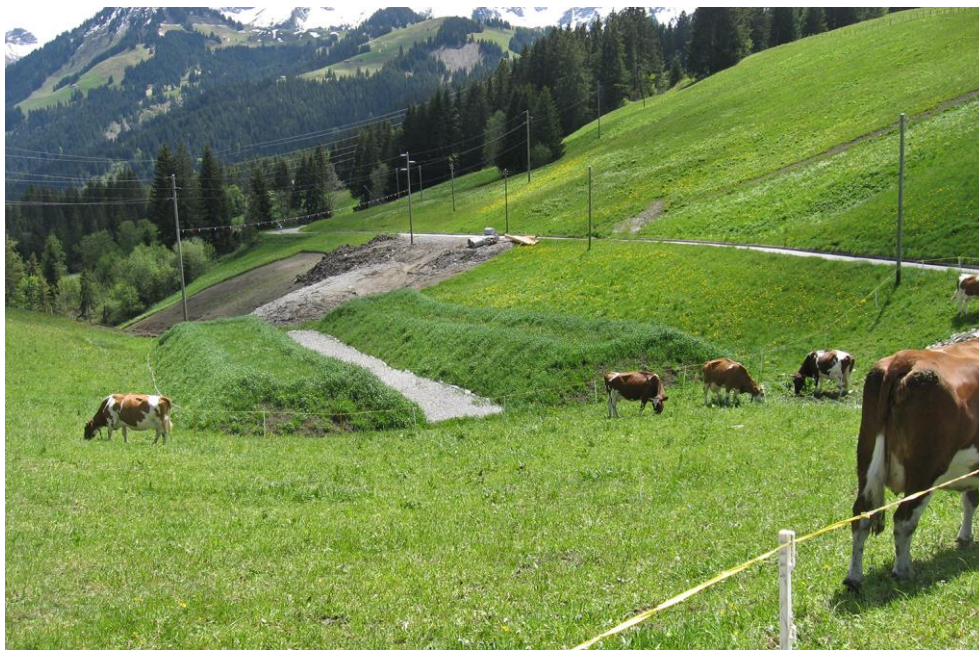
Besonderheiten die bei der Planung zu berücksichtigen sind	Massnahmen
Beschränkung der Rodungsflächen, sehr wenig Platz für die Baustelle und die Zwischenlagerung des abgetragenen Ober- und Unterbodens	Die Abwägung von Interessen zwischen den Ressourcen «Holz» und «Boden» muss in der Vorprojektphase erfolgen. Um genügend Platz für die Zwischenlager und die Baupisten zur Verfügung zu haben, ist es besser, punktuell grössere Rodungen einzuplanen.
Begleitung der Rodungsarbeiten	Forstunternehmen müssen geeignete Maschinen auf genügend abgetrockneten Böden einsetzen und bei Bedarf einen Bodenschutzexperten beiziehen.
Grössere Variabilität der Mächtigkeit der Bodenschichten, bewegte Topografie (häufig steiles Gelände) und häufig Einzugsgebiete von Trinkwasserquellen	Aufnahme des Waldbestandes und seiner Funktionen. Kartierung der Böden. Manchmal erweist sich ein detaillierterer Massstab als 1:5000 als notwendig.
Oberboden (humoser Horizont) mit sehr variabler Zusammensetzung. Häufig stösst man auf einen B-/C-Horizont mit Brocken, Steinen und grossen Wurzeln.	Die allgemeine Empfehlung besteht darin, mindestens den Oberboden vom Unterboden zu trennen, falls der humose obere Horizont mächtig genug ist (Ah-Horizont). Ist dies nicht der Fall, muss der Unterboden zusammen mit dem dünnen Oberboden abgetragen werden.
Häufig saure Waldböden mit empfindlichen Strukturen (Aggregaten), Risiko von Auswaschung	Genügend temporäre Rodungsflächen vorsehen, um die maximalen Schütthöhen der Zwischenlager einzuhalten zu können. Für langfristige Lager wird eine Ansaat empfohlen mit Mischungen, die eine tiefe Verwurzelung gewährleisten. Achtung: Nicht alle Mischungen für Landwirtschaftsböden eignen sich für Waldböden.
Mehr oder weniger ausgebaute Walderschliessung mit unter Umständen stark eingeschränktem Zugang zur Baustelle	Um zu den Rodungsflächen sowie zu den Flächen für die geplanten Installationsplätze zu gelangen, soll möglichst die vorhandene Walderschliessung verwendet werden (Rückegassen). Falls keine solche vorhanden ist, muss sie mit den Bewirtschaftern geplant werden. Im Wald werden vorzugsweise Holzschnitzelpisten mit einer minimalen Mächtigkeit von 50 cm benützt.
Behandlung der Wurzelstöcke	Falls möglich Wurzelstöcke auf der Fläche der Zwischenlager, auf den Zufahrten und auf dem Installationsplatz belassen. Es gibt mehrere Extraktionsmethoden für Wurzelstöcke. Die für den Bodenschutz geeignetste Methode ist diejenige, bei der eine Raupenmaschine mit Gelenkarm als Aggregatträger zum Einsatz kommt (Extraktionszange, danach Hammermühle). Die Wurzelstöcke werden wie mit einem «Korkenzieher» herausgezogen und anschliessend zu Holzschnitzeln zerkleinert (siehe auch Fallbeispiel 4.1 im Modul 4)
Wiederbepflanzung/Wiederbestockung des Standorts	Das endgültige Ziel für die Waldnutzung schon während der Planung festlegen. Bei günstigen Bedingungen können die «definitiven» und wirtschaftlich interessanten Arten wie Eiche, Buche oder Tanne direkt gepflanzt werden. Sonst wird empfohlen, zuerst Pionierarten wie Kiefer, Birke oder Ahorn zu pflanzen.
Einbindung der verschiedenen Akteure	Es sind genügend Zeitreserven für die Planung und die Verhandlungen mit allen betroffenen Akteuren (Waldbesitzern, Betriebsleitern und Forstdiensten) vorzusehen.

1.6.2 Baustellen in subalpinen und alpinen Gebieten

Als alpine Baustellen gelten solche in Höhenlagen zwischen 1000 und 3000 m ü. M. Die Böden in alpinen Gebieten unterliegen einer grösseren Dynamik als diejenigen im Mittelland (raschere Erosion und physikalische Verwitterung, vor allem aufgrund des vorherrschenden Klimas und der Topografie). Diese Voraussetzungen erschweren insbesondere Erdbewegungen, die Wiederherstellung und die Begrünung (vgl. Abb. 10).

Abb. 10 > Baustelle in subalpinem Gebiet – Bodenverbesserung in Château d'Oex (VD), 1450 m ü. M.

Zwischenlagerung; Begrünung und Einzäunung von abgetragenen Boden



Quelle: V. Maître, pEaudeSol

Einschränkungen bei der Wiederherstellung erfordern besondere Techniken, etwa für die Entnahme des alpinen Rasens in Form von Rasenziegeln oder für eine an die Höhenlage angepasste Begrünung. Des Weiteren geht in der Planungsphase oft der Umgang mit dem Aushubmaterial und dessen Verwertung vor Ort vergessen; dies muss eingeplant und in ein Landschaftskonzept eingebunden werden.

Die wichtigsten Einschränkungen beziehen sich auf (vgl. Tab. 5):

- > das *raue Klima* mit grossen Schwankungen, das die Eingriffszeit begrenzt;
- > die *Abgelegenheit* und die meist erschwerte Zugänglichkeit;
- > die *Naturgefahren*, die die Arbeitsbedingungen schwierig und mühsam gestalten;
- > die *empfindlichen natürlichen Lebensräume*, die schwer wiederherzustellen sind;
- > die *stärkeren Auswirkungen* der Arbeiten auf das Landschaftsbild;
- > die *starke Heterogenität* der Böden auf kleiner Fläche.

**Bodenkundliche Besonderheiten
von subalpinen und alpinen
Böden**

**Einschränkungen im Umgang mit
subalpinen und alpinen Böden**

Einen Sonderfall bilden Böden, die durch geogene Metalle beeinflusst sind (z. B. Kadmium, Blei oder Selen, nicht nur im Oberboden, sondern auch in den darunterliegenden Schichten). Diese Metalle erfordern zusätzliche Analysen und schränken die Verwertungsmöglichkeiten ein.

Tab. 5 > Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten in subalpinen und alpinen Gebieten

Empfehlungen – Baustellen in subalpinen und alpinen Gebieten

Besonderheiten die bei der Planung zu berücksichtigen sind	Massnahmen
Junge, wenig entwickelte Böden, die sich häufig durch einen dünnen Oberboden, einen manchmal inexistenten Unterboden und eine grosse Variabilität der Mächtigkeit auf kleinen Flächen auszeichnen	Erhöhtes Risiko von Bodenverlusten, Erosion und Auswaschung der feinkörnigen Komponenten der oberen Schichten. Ein sorgfältiger Umgang mit dem feinen Bodenmaterial ist wichtig.
Eingeschränkte Vegetationsperiode	Die Bauperiode ist auf 3 bis 5 Monate pro Jahr beschränkt. Daher braucht es eine noch perfektere Koordination und Planung der Arbeiten.
Eingeschränkte biologische Produktivität und Aktivität, empfindliche, schwer wiederherzustellende Lebensräume, raues Klima	Beschleunigte Wiederherstellung von Böden, Vegetation und Lebensräumen. Kurze Arbeitsetappen vorsehen. Falls möglich Wiederherstellung durch direkte Umlagerung von Rasenziegeln. Bei Begrünungen standortgerechtes Saatgut verwenden. Achtung: Wegen der höheren Kosten für die Rekultivierung der Lebensräume ist ein genügend hohes Budget vorzusehen (3- bis 4-mal höher als im Flachland!).
Grosse Heterogenität der Böden, der Vegetation und der Lebensräume auf kleiner Fläche (Lebensraummosaik)	In diesem Fall ist es noch wichtiger, eine kleinräumige Vegetations- und Lebensraumkartierung mit den für den Umgang mit dem Boden notwendigen Daten zu erstellen. Die Kartierung gemäss der FAL-Methode ist häufig nicht auf die gesteckten Ziele ausgerichtet.
Häufig abgelegene und schwer zugängliche Baustellen, manchmal beachtlicher Höhengradient, steile Topografie	Verwertung des Aushubmaterials vor Ort (Materialbewirtschaftungskonzept). Zusammen mit den betroffenen Fachstellen nach Lösungen suchen, die mit dem Natur- und Landschaftsschutz vereinbar sind.
Zahlreiche Beteiligte mit unterschiedlichen Interessen und Bearbeitungszeiten für die Dossiers: Bodeneigentümer, Bauträger (oder Bauherr), Landwirte, Behörden, touristische Kreise, Jäger, Naturschutzorganisationen,	Es sind genügend Zeitreserven für die Planung und die Verhandlungen mit allen betroffenen Akteuren, einschliesslich allfälliger Geländebesichtigungen, vorzusehen. Falls die Baustelle direkt nach der Schneeschmelze eröffnet werden soll, muss das Dossier für die Baubewilligung im Jahr vor dem Beginn der Bauarbeiten eingereicht werden.

1.6.3 Baustellen in den Berggebieten des Juras

Nachfolgend werden Baustellen in Gebieten mit Wytweiden und Weiden in der Montanstufe des Juras (zwischen 800 bis 1000 und 1700 m ü. M.) als Baustellen in den jurassischen Berggebieten bezeichnet.

Die Bedingungen sind auf dieser Höhenstufe nicht so extrem wie in alpinen Gebieten, weisen aber Eigenheiten sowie geologische und klimatische Faktoren auf, die berücksichtigt werden müssen (vgl. Tab. 6):

> *Karstböden und unterirdische Höhlen:* Da diese Böden äusserst durchlässig sind, können die Auswirkungen von Verschmutzungen durch Baustellen, die über dem

Bodenkundliche Besonderheiten und Einschränkungen bei Baustellen in Berggebieten des Juras

Grundwasser liegen, unmittelbar und beträchtlich sein. Die von den Baustellen ausgelösten Erschütterungen können zudem Schäden an unterirdischen Formationen (Höhlen) bewirken.

- > *Dolinen*: Diese geschützten geologischen Formationen erfordern besondere Aufmerksamkeit. Falls sich Dolinen innerhalb der definitiven Baustellenflächen befinden, ermöglichen sie die Beschaffung grosser Mengen an Unterbodenmaterial, falls sich in ihnen eingeschwemmtes Bodenmaterial abgelagert hat (abgetragener Boden für die Rekultivierung fehlt auf diesen Baustellen häufig).
- > *Beweidete Böden und Wytweiden*: In diesen Gebieten ist der abgetragene Boden oft mit Holz und Steinen versetzt, was die Verwertung erschwert. Aus diesem Grund wird das Material häufig für die Wiederherstellung von Waldflächen verwendet oder in einer Deponie abgelagert. Die Rekultivierungen sind anspruchsvoller, die Erholungsphase ist zeitintensiver und erfordert eine enge Zusammenarbeit mit den einzelnen Bewirtschaftern der Weide, mit Bewirtschaftergemeinschaften und mit Bürgergemeinden. Bei der Wiederherstellung des Terrains kommt es häufig vor, dass die Steine an der Oberfläche mit Fräsen zerkleinert werden, um die spätere Bewirtschaftung der Weiden zu erleichtern. Dieses Vorgehen hat jedoch verheerende Auswirkungen auf die Bodenstruktur indem diese zerstört wird und ist deshalb zu unterlassen.
- > *Wenig mächtige und sehr steinige Böden*: Sehr steinige Bodenschichten machen das Abhumusieren mit einem Bagger fast unmöglich. Für das Verlegen von Leitungen werden daher häufig Grabenfräsen eingesetzt. Diese Maschinen weisen neben ihrer Leistungsfähigkeit den Vorteil auf, dass die beanspruchten Flächen begrenzt werden. Hingegen haben sie den Nachteil, dass sie die Bodenschichten vermischen (vgl. Abb. 11). Solche Böden können auch sehr verdichtungsempfindlich sein.

Abb. 11 > Baustelle im Berggebiet des Juras – Verlegung einer unterirdischen Stromleitung der BKW Energie AG

Verlegung mit einer Grabenfräse



Quelle: B. Wuthrich, FRI Courtételle

- > *Durch geogene Schwermetalle beeinflusste Böden* (z. B. durch Kadmium, nicht nur im Oberboden, sondern auch in den darunterliegenden Schichten): Diese Schwermetalle erfordern zusätzliche Analysen und schränken die Verwertungsmöglichkeiten ein.

Tab. 6 > Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten in Weiden des Juras

Empfehlungen – Baustellen in den Berggebieten des Juras

Besonderheiten die bei der Planung zu berücksichtigen sind	Massnahmen
Häufig wenig mächtige Böden, mit einem flachgründigen Oberboden (5–10 cm), erhöhter Skelettgehalt. Nebeneinander von verschiedenen Bodentypen auf kleinen Flächen, bewegte Topografie, Mischung von Holz, Steinen und Boden, Sumpfe usw.	Für das Verlegen von Leitungen muss zuerst der Oberboden mit einem Löffelbagger abhumusiert werden. Der Boden wird vorübergehend entlang des Leitungsverlaufs gelagert. Je nach Bedürfnissen der Baustelle (schwere Leitungen usw.) kann eine weitere Fläche abgetragen werden, die als provisorische Baupiste dient (Untergrund), auf der die schweren Maschinen verkehren können. In einem zweiten Schritt werden die restlichen Abtragsarbeiten mit einer Grabenfräse erledigt.
Sehr durchlässige Karstböden	Wegen der Wasserdurchlässigkeit des gewachsenen Bodens muss verhindert werden, dass Flächen, wo Karst nahtlos anschliesst, freigelegt werden. Diese Zonen müssen vor Beginn der Arbeiten klar abgegrenzt werden und dürfen für die Installationsplätze nicht verwendet werden.
Anpassung der Begrünung von Zwischenlagern	Mischungen auf Rotkleebasis werden empfohlen. Luzerne kann wegen der Bodentypen und der Höhenlage, der begrenzteren Aussaatperiode und der Wühlmäuseproblematik häufig nicht eingesetzt werden. Im Frühling stellt eine Beigabe von 20 Prozent Hafer zur Mischung eine raschere Bedeckung sicher.
Probleme mit der Beweidung	Bodenaufbau und Wiederherstellung sind schwieriger zu handhaben. Auf den gemeinschaftlich genutzten Sömmerungsweiden sollten die rekultivierten Baustellensektoren eingezäunt werden. Die Situation erlaubt das allerdings nicht immer.
Viele betroffene Akteure (Gemeinde, Bürgergemeinden, Bewirtschaftergemeinschaften, einzelne Bewirtschafter, Förster)	Mit allen Beteiligten sind die jeweiligen Rollen, die sie in den verschiedenen Baustellenphasen zu spielen haben, genau festzulegen.

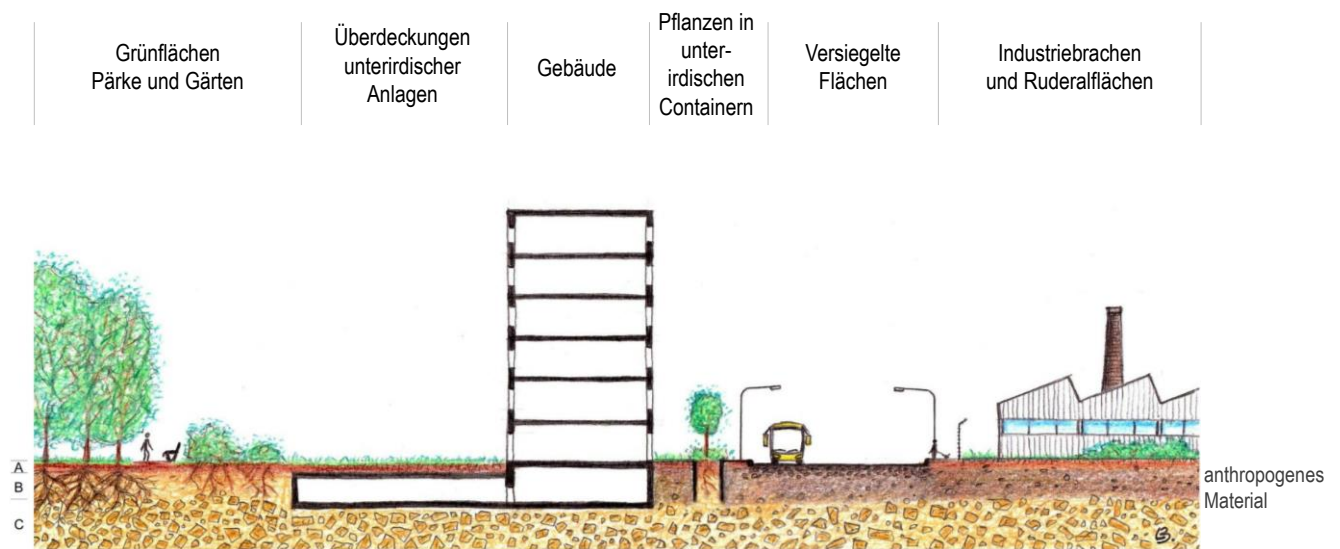
1.6.4 Baustellen in Siedlungsgebieten

Böden in Siedlungsgebieten sind durch nichtlandwirtschaftliche menschliche Tätigkeiten mehr oder weniger stark verändert, ganz im Gegensatz zu den natürlichen Böden ausserhalb der Siedlungsgebiete. Man spricht von anthropogenen Böden (vgl. Definition im Modul 1, Kapitel 1.2).

Je nach ihrem Alter und ihrer Geschichte wird in Siedlungsgebieten unterschieden zwischen natürlichen, wenig gestörte oder hauptsächlich durch den Menschen geformte Böden – *archäologische, wiederhergestellte, überbaute, anthropogene (Technosole) oder versiegelte Böden*. Diese grosse Vielfalt an Böden ist eine Besonderheit der Siedlungsgebiete (vgl. Abb. 12). Sie bilden ein horizontales räumliches Mosaik, das eine Fläche von einigen wenigen Quadratmetern bis zu mehreren Hektaren in öffentlichen Parks einnehmen kann.

Bodenkundliche Besonderheiten von Böden in Siedlungsgebieten

Abb. 12 > Darstellung verschiedener typischer Situationen im Siedlungsgebiet mit sehr variablen Bodenprofilen und -arten



Zeichnung: L. Bourban

So wie es bei landwirtschaftlich genutzten Böden wichtig ist, ihre Fruchtbarkeit zur Sicherung der Nahrungsmittelproduktion zu bewahren, so gilt es auch im Siedlungsraum, die zahlreichen regulierenden Funktionen der Böden für die Funktionstüchtigkeit des urbanen Ökosystems zu erhalten. Es geht hierbei nicht nur um die Bodenqualität, sondern auch um die Bedeutung gesunder Böden (in angelsächsischen Ländern wird der Begriff «healthy soils» verwendet¹⁴). Folglich basiert der Bodenschutz auch in Siedlungsgebieten je nach der angetroffenen Situation auf den Zielen zur Erhaltung der festgelegten Funktionen.

Die Böden in Siedlungsgebieten können insbesondere folgende Funktionen sicherstellen:

- > thermische Regulierung (Beeinflussung des Mikroklimas durch Verdunstung);
- > Reinigung der Niederschläge und Anreicherung der Grundwasservorkommen;
- > eine Produktionsfunktion, welche die Erhaltung und die Qualität der Pflanzungen im Siedlungsgebiet gewährleistet (Bäume, Rasen, Hecken, Gemüsegärten, städtische Parks usw.);
- > Aufrechterhaltung des Umsatzes von organischer Substanz und von Nährstoffen im Boden;
- > Beitrag zur Erhaltung der Natur in der Stadt und der Biodiversität im städtischen Umfeld;
- > kulturelles Gedächtnis (archäologische Überreste in den Böden);
- > Beitrag zur Lebensqualität und zur Ästhetik der gebauten Umwelt.

¹⁴ Natural Resources Conservation Service (NRCS), United States Department of Agriculture (USDA).

Bei Baustellen in Siedlungsgebieten muss besonderen Einschränkungen Rechnung getragen werden (vgl. Tab. 7 und Abb. 13):

- > Der verfügbare Platz für die Zwischenlagerung von abgetragenem Boden ist häufig sehr beschränkt.
- > Die Nachverfolgbarkeit der Erdbewegungen muss gewährleistet sein, insbesondere wenn der abgetragene Boden ausserhalb der Baustelle zwischengelagert werden muss.
- > Der abgetragene Boden weist häufig eine diffuse Verschmutzung auf, mit «belastetem» oder «schwach belastetem» Material, das nicht immer vor Ort verwertet werden kann.

Zusammengefasst liegen die Herausforderungen in Siedlungsgebieten v. a. im Umgang mit grossen Kubaturen, in den beschränkten Flächen für die Zwischenlagerung und darin, gute Lösungen zur Verwertung des Bodenmaterials zu finden.

Einschränkungen bei Baustellen
in Siedlungsgebieten

Abb. 13 > Baustelle in städtischem Umfeld – Bau des ARE-Gebäudes in Ittigen (BE)

Als Materiallager missbrauchtes Zwischenlager von abgetragenem Boden.



Quelle: R. von Arx, BAFU

Tab. 7 > Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten im Siedlungsgebiet

Besonderheiten die bei der Planung zu berücksichtigen sind	Massnahmen
Regulierungsfunktionen der Böden in Siedlungsgebieten überwiegen	Definieren der für die Böden wichtigsten zu erhaltenden bzw. zu schaffenden Funktionen, die vom Projekt betroffen sind. Formulieren der Wiederherstellungsziele (z. B. Mächtigkeit der wiederherzustellenden Bodenschichten).
Gestörte oder belastete Böden Bodenprofil ohne natürliche Abfolge der Horizonte (A-, B-, C-Horizont), z. B. geringe Mächtigkeit einer Humusschicht direkt auf Schüttmaterial	Das Vereinfachen der Bodenschutzmassnahmen beim Bodenabtrag ist zulässig, wobei ein besonderes Augenmerk der Wiederherstellung gilt. Ausbringen von organischem Material (oder verbessernde Pflanzungen). Wiederherstellen eines Bodens mit zwei Schichten (Ober- und Unterboden) von besserer Qualität als im Ausgangszustand (Verbesserung gegenüber der Ausgangslage). Entsorgen des belasteten Bodens (einschliesslich Baustellenabfällen) oder des Bodens, dessen Struktur zerstört ist.
Häufig belastete Böden (Cu, Pb oder Zn aus Metallbedachungen oder von benachbarten Strassen), organische Schadstoffe, Versalzung	Der abgetragene Boden muss, falls möglich, vor Ort verwertet werden (vgl. Wegleitung «Bodenaushub»). Es ist von der Projektierungsphase an eine Strategie zur Verwertung des nicht oder nur schwach belasteten Materials zu entwickeln; später ein Plan für den Umgang mit dem Boden in der Umsetzungsphase. Für das belastete Material muss die Entsorgung in einer Deponie geplant werden (definitive Lagerung).
Baustellenabfälle (z. B. Betonbruchstücke, Backsteine, Plastik)	Diese sind zu sammeln und zu entsorgen.
Beschränkter Platz für das Bewegen und Zwischenlagern der Böden sowie für die Installationsplätze	Für den Installationsplatz, einschliesslich der Zwischenlager, ist im Rahmen des Baugesuchs eine genügend grosse Fläche einzuplanen (nicht bis zur Umsetzungsphase warten). Bei Zwischenlagerungen von abgetragenen Boden ausserhalb der Bauzone, z. B. auf landwirtschaftlich genutzten Parzellen, sind Massnahmen zum Bodenschutz und für die Rekultivierung zu planen. Auch ist eine Entschädigung für die Zwischenlager vorzusehen (gemäss den Richtlinien des Schweizerischen Bauernverbands). Die Nachverfolgbarkeit des von der Baustelle abgeführten und dort wieder eingebrachten abgetragenen Bodens muss gewährleistet werden.

Zur Erinnerung: Die üblichen Massnahmen, die für Baustellen in anderen Umgebungen bezüglich Böden gelten, haben auch für Baustellen in Siedlungsgebieten Gültigkeit.

Empfehlungen – Baustellen
in Siedlungsgebieten

1.7

Mögliche Einschränkungen bei Projekten aus der Sicht des Bodens

Je nach den auf der Baustelle vorhandenen Bodentypen und ihrer Nutzung können sich bei der Realisierung eines Projekts aus Sicht des qualitativen Bodenschutzes unterschiedliche Einschränkungen ergeben. Die folgenden Fragen sollen helfen, die verschiedenen Faktoren und Parameter, die bei der Planung zu berücksichtigen sind, zusammenzufassen. Sie ersetzen aber keinesfalls die administrativen Anforderungen eines Baubewilligungsverfahrens (Bewilligung der Gemeinde, Bewilligung mit kantonaler Zustimmung, UVP-pflichtiges Projekt auf Ebene Kanton oder Bund, Projekte von Bundesbetrieben usw.). Die Antworten auf diese Fragen sollen das Ausmass der Auswirkungen auf den Boden verdeutlichen und ersetzen keine genaue Beurteilung durch einen Bodenspezialisten.

Frage 1: Wie wird der Boden momentan genutzt und in welcher Klimazone¹⁵ befindet sich mein Projekt?

Nutzungen

Folgende Situationen werden unterschieden:

- > Landwirtschaftszone im Talgebiet;
- > Berggebiet im Jura (zwischen 800 bis 1000 und 1700 m ü. M.);
- > subalpines und alpines Gebiet (zwischen 1000 und 3000 m ü. M.);
- > Wald;
- > Siedlungsgebiet.

Die Anforderungen an den Bodenschutz gelten in allen Situationen, während die Einschränkungen für bauliche Eingriffe variieren. Es braucht daher besondere Massnahmen, wie in Kapitel 1.6 dieses Moduls beschrieben.

Hinweis: Bei Flächen, die in besonderen Schutzinventaren oder -zonen auf Ebene Gemeinde, Kanton oder Bund enthalten sind, können in Widerspruch mit den Zielen des Bodenschutzes stehen.

Frage 2: Wie umfangreich sind die Inanspruchnahme von Boden und der geplante Bodenabtrag?

Eingriffsflächen

Bei baulichen Eingriffen ist zwischen den temporär und den endgültig beanspruchten Bodenflächen (ohne Wiederherstellung des Ausgangszustandes) zu unterscheiden. Für die Behörde, die die Auflagen bei der Erteilung einer Baubewilligung festlegt, ist die Gesamtfläche ausschlaggebend. Bei den Volumen des abgetragenen Bodens, die definitiv an einen Ort ausserhalb des Baustellenperimeters verbracht werden, um dort verwertet oder deponiert zu werden, ist es wichtig, das Volumen aus dem Oberboden (A-Horizont) von demjenigen aus dem Unterboden (B-Horizont) zu unterscheiden. Die Unterscheidung zwischen grossen und kleinen Baustellen ist Gegenstand zahlreicher Interpretationen und Diskussionen. Die meisten Kantone fordern eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) ab einer Gesamtfläche von 5000 Quadratmetern oder bei einer Linienbaustelle ab einer Länge von 1000 m.¹⁶ Um die genauen Anforderungen zu kennen, muss man sich an die zuständige kantonale Fachstelle wenden.

Frage 3: Welcher Art ist die Bodenbeanspruchung meines Projekts?

Art der Eingriffsfläche

In dieser Publikation wird zwischen drei Situationen unterschieden:

- > Der Boden wird definitiv in Anspruch genommen, es erfolgt ein vollständiger Bodenabtrag und ein Transport ausserhalb der Baustelle.
- > Der Boden wird vor Ort für die Schaffung von Grünflächen und/oder Lebensräumen, die nicht mehr dem Ausgangszustand entsprechen, wiederverwendet.
- > Der Boden wird abhumusiert und abgetragen und gemäss Ausgangszustand wieder eingebracht und vollständig rekultiviert (z. B. bei Linienbaustellen).

¹⁵ Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). 2012.

¹⁶ Hinweis: Das deutsche Bundesland Baden-Württemberg beabsichtige die Zahl 5000 m² in seiner Gesetzgebung zu verankern. Siehe Bodenkundliche Baubegleitung BBB. Leitfaden für die Praxis. Bundesverband Boden (BVB). 2013.

Frage 4: Welche Merkmale weisen die abzutragenden Böden auf?**Merkmale der abzutragenden Böden**

Eine erste qualitative Beurteilung der Böden kann auf der Grundlage von Datensammlungen verschiedener Inventare und raumplanerischen Grundlagen erfolgen:

- > Die verfügbaren Daten über die Art und die Merkmale des Bodens konsultieren (Bodenkarten, Bodendatenbanken).
- > Bei Indizien für eine chemische Bodenbelastung oder ein Vorhandensein invasiver Pflanzenarten ist festzulegen, ob und wie die abgetragenen Böden recycelt oder entsorgt werden.
- > Bei Indizien für ein Vorhandensein von archäologischen Überresten am betreffenden Standort ist bei der Planung mit allfälligen Arbeitsunterbrüchen oder vorgängigen Ausgrabungskampagnen zu rechnen.

Frage 5: Welches ist die Dauer der Baustelle? Ist eine Überwinterungsperiode enthalten?**Dauer der Baustelle**

Die Antwort auf diese Frage bestimmt z. B. die Art der Zwischenlagerung des abgetragenen Bodens (Form und Ort) sowie die Massnahmen zur Begrünung und zum Unterhalt der Zwischenlager. Sie beeinflusst auch alle anderen Bodenschutzmassnahmen.

2 > Planung der Bodenschutzmassnahmen

Die SIA- und VSS-Normen strukturieren den Bauprozess eines Bauwerks in drei Hauptphasen, die wiederum in Teilphasen unterteilt sind. Die Terminologie für diese Phasen variiert je nach Norm: Phase I = Entwicklung, Vorarbeiten bzw. Planung und Vorstudien; Phase II = Realisierung, während der Bauarbeiten bzw. Bau und Eingriffe; Phase III = Betrieb, nach den Bauarbeiten bzw. Wiederherstellung und Abnahme.

Es wird hier ein Vorgehen vorgeschlagen, das der heutigen guten Planungspraxis entspricht. Es soll die Anforderungen in Bezug auf die Umwelt und den Bodenschutz vor der Ausschreibungsphase besser einbeziehen und die Rollen und Aufgaben der verschiedenen Beteiligten präzisieren. So können detaillierte Leistungsverzeichnisse eingeholt werden, es ist ein reeller Kostenüberblick möglich, und unvorhergesehene Ereignisse und Nachträge können verringert werden.

Bei den für diese Publikation durchgeführten Konsultationen liess sich feststellen, dass die Arbeiten häufig vergeben werden, bevor die Behörden die Auflagen der Baubewilligung¹⁷ bekannt geben, sodass diese bei der Realisierung nicht mehr einfließen können. Um solche Situationen zu vermeiden, sollten das Bauprojekt und die technische Beschreibung (mit Kosten und Terminplan) den Auflagen betreffend Bodenschutz bereits in der Baubewilligung Rechnung tragen, damit diese in die Ausschreibung integriert werden.

Alle Überlegungen in diesem Modul basieren hauptsächlich auf den SIA- und VSS-Normen. Der Detaillierungsgrad der Planungsphase wird vom Umfang der Bodenschutzmassnahmen im betreffenden Projekt beeinflusst.

Wichtige Botschaften für Bauherren und Planer:

- > *Bodenschutz ist eine Frage des vorausschauenden Denkens. Wird der Bodenschutz im Projekt frühzeitig eingeplant, können allfällige Interessenkonflikte frühzeitig erkannt sowie Ausgaben und unvorhergesehene Ereignisse reduziert werden.*
- > *Bodenschutz ist Sache der Bodenspezialisten. Daher sind diese schon bei den Vorstudien einzubeziehen. Ihr Pflichtenheft muss definiert und auf das Projekt abgestimmt werden.*
- > *Erarbeitung eines «Bodenschutzkonzepts»: Dieses Dokument ist durch den beigezogenen Spezialisten zu erstellen. Die darin enthaltenen Informationen dienen als Grundlage für die Erarbeitung des Bauprojekts und erlauben es, die Dimensionierung und die gewählten Methoden zu bewerten und gegebenenfalls anzupassen. Das Auflageprojekt wird anschliessend basierend auf dem Bauprojekt erstellt.*
- > *Auflagen der Baubewilligung betreffend Boden: Die zuständige Instanz prüft, ob das eingereichte Projekt den Anforderungen an den Bodenschutz genügt. Falls nicht, formuliert sie zusätzliche Auflagen zum qualitativen Bodenschutz. Alle Auflagen sind für den*

¹⁷ Begriff im Sinne des Bundesrechts hinsichtlich Raumplanung und Bauten (Art. 22 RPG). Siehe auch BGE 113 Ib 314 Erwägung 2b zum Begriff der bewilligungspflichtigen Bauten und Anlagen.

Bauherrn selbstverständlich verbindlich. Letzterer kann ein spezialisiertes Planungsbüro beiziehen, um sich bei der Umsetzung beraten zu lassen.

- > *Einbezug der Bodenschutzmassnahmen in die Ausschreibungsunterlagen (Ausführungspläne, technische Beschreibung, besondere Bestimmungen, Leistungsverzeichnis): Damit die Massnahmen für die Unternehmen obligatorisch und verbindlich sind, müssen sie in den Ausschreibungsunterlagen enthalten sein, insbesondere im Leistungsverzeichnis und in den Preislisten. Konkret werden die Bodenschutzmassnahmen in der Sprache des Normpositionen-Katalogs (NPK) aufgeführt, damit sie hinsichtlich Kosten und Leistungen beziffert werden können.*
- > *Falls die zuständige Behörde vor der Schlussabnahme und der Rückgabe der Parzelle an einen Nutzer ein Rekultivierungskonzept fordert, ist der Bauherr für die Umsetzung verantwortlich und muss den Bewirtschafter/Eigentümer über die jeweiligen Konsequenzen informieren.*

2.1 Einbezug der Bodenschutzmassnahmen

Die Projektstufen und die von den Planungsbüros zu erbringenden Leistungen (nachfolgend «Planerleistungen» genannt) werden aus dem Leistungsmodell SIA 112/2001¹⁸ und der VSS-Norm SN 640 026¹⁹ übernommen. Das Leistungsmodell diene (gemäss Revision 2014) als Referenz, um die zu erbringenden Leistungen in der Ausschreibung zu definieren²⁰. Unter dem Punkt «Ergebnisse» werden die Dokumente angegeben, die für den Bereich Boden einzureichen sind. Für die von den Unternehmen zu erbringenden Leistungen (Ausschreibungsphase und Realisierungsphase) werden als Referenzdokumente diejenigen des Schweizerischen Baumeisterverbands (SBV) verwendet.

2.1.1 Phase 1: Strategische Planung

Planerleistungen gemäss SIA-Norm 112/2²¹: Grunddaten für das Projekt sammeln und Hauptziele sowie Rahmenbedingungen des Projekts überprüfen.

Bodenbezogene Abklärungen: Der Bauherr nimmt unter Zuzug der Bauherrenunterstützung (BHU) eine erste Bewertung der Auswirkungen des Projekts hinsichtlich der Böden vor. Er kann sich dazu auf die in Modul 1 in Kapitel 1.7 erwähnten Fragen stützen. In diesem Stadium ist es ohne Aufnahme des Ausgangszustands noch nicht möglich, detaillierte Bodenschutzziele zu definieren. Es geht hauptsächlich darum, eine erste Analyse der Eingriffsflächen vorzunehmen und Lösungen vorzuschlagen, um die Bodenbelastungen und mögliche Konflikte mit anderen Nutzungen des Terrains (Landwirtschaft, Wald usw.) zu mildern.

Ergebnisse: Rahmenbedingungen und Analyse der erforderlichen Bodenfläche. Strategische Evaluation gemäss Modell der SIA-Norm 112/2.

Teilphase 11:

Bedürfnisformulierung,
Lösungsstrategien

¹⁸ SIA-Norm 112/2001; SN 508 112. Gültig bis 31.10.2014.

¹⁹ VSS-Norm SN 640 026 Projektbearbeitung. Projektstufen.

²⁰ SIA-Norm 112:2014; SN 509 112. Gültig ab 1.11.2014.

²¹ SIA-Empfehlung Nachhaltiges Bauen – Infrastruktur/Tiefbau (SIA 112/2). Normenentwurf 2014.

2.1.2 Phase 2: Vorstudien

Planerleistungen: Rahmenbedingungen im Zusammenhang mit dem Standort (Raumplanung, Geologie usw.) sowie die Notwendigkeit einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) abklären. Es werden Varianten- und Machbarkeitsstudien durchgeführt.

Teilphase 21:

Definition des Bauvorhabens,
Machbarkeitsstudie

Bodenbezogene Abklärungen: erste Beschreibung des Ausgangszustands auf der Grundlage einer Sammlung sämtlicher Daten aus den verschiedenen Inventaren und den raumplanerischen Grundlagen (vgl. Abb. 14). Daraus können die verschiedenen Varianten des Bauprojekts beurteilt und die optimale Wahl getroffen werden. Zudem kann auch eine erste qualitative Beurteilung der Böden stattfinden (Fruchtfolgeflächen, eventuell vorhandene belastete Böden, Risiken usw.).

Ergebnisse: erste Beschreibung des Ausgangszustands der betroffenen Böden, Nutzungsplan der Böden.

Planerleistung: Wahl der Anbieter, die den Anforderungen am besten entsprechen, oder des geeignetsten Projekts.

Teilphase 22:

Auswahlverfahren

Bodenbezogene Abklärungen: Wahl der im Umweltbereich spezialisierten Anbieter, insbesondere im Bereich Boden, falls sich dies als nötig erweist. Anstellung eines Spezialisten für den Boden bzw. einer bodenkundlichen Baubegleitung (BBB), um die ersten Untersuchungen durchzuführen.

Ergebnisse: Pflichtenheft für die Wahl des auf Boden spezialisierten Auftragnehmers (Bodenexperte oder BBB), Anstellung.

2.1.3 Phase 3: Projektierung

Planerleistungen: Erarbeitung der für das Projekt erforderlichen Konzepte (z. B. Landschafts-, Raumplanungs- und Ökologiekonzepte). Die ersten Pläne und Beschreibungen werden entworfen, und es wird ein erster technischer Bericht erarbeitet. Falls das Projekt einer Umweltverträglichkeitsprüfung untersteht, wird der Bericht über die Voruntersuchung verfasst, der als Pflichtenheft für den Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) dient.

Teilphase 31:

Vorprojekt

Bodenbezogene Abklärungen: bodenkundliche Aufnahmen vor Ort, Verfassen eines Bodenschutzkonzepts, Festlegung der Ziele für den Umgang mit dem Boden und seine Wiederherstellung. Erste Information der Bewirtschafter der betreffenden Flächen durch den Bauherrn oder seinen beauftragten Spezialisten.

Ergebnisse: technischer Bericht des Vorprojekts, Bodenschutzkonzept mit Plan der temporär beanspruchten Bodenflächen. Das Konzept dient als Basis für die Ausarbeitung des Bauprojekts und trägt zu einer besseren Schätzung der Kosten bei.

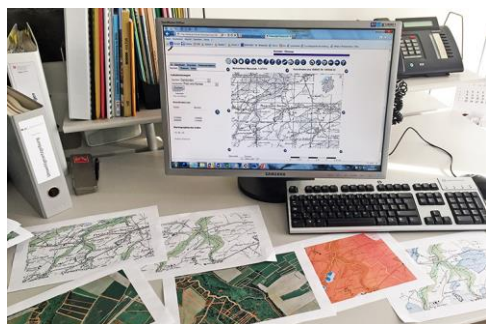
Planerleistungen: Erarbeitung des definitiven Projekts mit Detailplänen und Dimensionierung des Bauwerks, Berechnung der definitiven Gesamtflächen, Überprüfung und Ergänzungen zu den Konzepten. Falls das Projekt der UVP untersteht: Verfassen des

Teilphase 32:

Bauprojekt

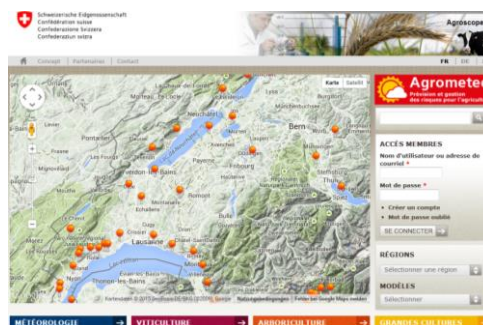
UVB mit einem Kapitel zum Thema Boden. Allgemeine Planung der Arbeiten und genereller Kostenvoranschlag.

Abb. 14 > GIS-Daten eines Geoportals



Quelle: Geoportal des Kantons Freiburg

Abb. 15 > Agro-meteorologische Daten



Quelle: www.agrometeo.ch

Bodenbezogene Abklärungen: Überprüfung und Ergänzungen zum Bodenschutzkonzept sowie Formulierung des Pflichtenhefts für die bodenkundliche Baubegleitung. Die Planung des Bodenabtrags erfolgt in dieser Phase und wird in den allgemeinen Zeitplan integriert. Sie berücksichtigt die Vegetationsperioden und die Daten der Wetterstationen (vgl. Abb. 15), und schlägt Arbeitsperioden vor, die ausreichen, um der Bodenfeuchte und möglichen Niederschlagsereignissen, die eine Unterbrechung der Abtragsarbeiten erfordern, Rechnung zu tragen.

Orientierung der Bewirtschafter hinsichtlich der vorgängigen Begrünung der Eingriffsflächen: Es wird empfohlen, mit den Bewirtschaftern der temporär beanspruchten Flächen eine Vereinbarung abzuschliessen und die Frage der Entschädigungen zu regeln²².

Falls die Massenbilanz des abgetragenen Ober- und Unterbodens einen Überschuss vorsieht, der nicht an Ort und Stelle verwertet werden kann, wird empfohlen, dem Auflageprojekt ein Projekt zur Verwertung dieses Bodenmaterials mit Detailplänen beizufügen.²³

Ergebnisse: Detailkonzept für den Bodenschutz mit Pflichtenheft für die BBB in der Realisierungsphase. Falls erforderlich Projekt zur Verwertung des überschüssigen abgetragenen Bodens.

Planerleistungen: Erarbeitung der Dokumentation und des Dossiers für die Baubewilligung. Falls das Projekt der UVP untersteht, wird der definitive UVB beigelegt. Anträge für Sonderbewilligungen müssen ebenfalls in dieser Phase eingereicht werden.

Bodenbezogene Abklärungen: Verfassen eines separaten Bodenschutzkonzepts, das die Einhaltung der Auflagen der VBBo, der Landwirtschaftsgesetzgebung und lokaler Vorschriften sichert. Darin müssen insbesondere enthalten sein: die Beschreibung des

Teilphase 33:
Bewilligungsverfahren/
Auflageprojekt

²² Wegleitung für die Schätzung von Kulturschäden. Schweizerischer Bauernverband (SBV). Jährliche Aktualisierung. Diese Wegleitung enthält auch einen Entwurf für Entschädigungen für Zwischenlagerungen.

²³ Richtlinien Terrainveränderungen zur Bodenaufwertung ausserhalb Bauzonen. Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR), Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT), Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern. 2015.

Ausgangszustands, die Schutzziele, ihre Berücksichtigung im Projekt, die besonderen Massnahmen einschliesslich der Abtragsmethoden und der Ausführung von Baupisten und Baueinrichtungen, die Massenbilanz (unbelastetes und belastetes Material), die Pläne mit Depotflächen, Baupisten und Installationsplätzen (vgl. Abb. 16), die Massnahmen während der Folgebewirtschaftung bis zur Rückgabe der Böden an die Bewirtschafter.

Ergebnis: Die Behörde prüft, ob das Dossier vollständig ist und allen gesetzlichen Anforderungen genügt. Falls dies nicht der Fall ist, fordert sie beim Bauherrn zusätzliche Unterlagen an oder macht entsprechende Bemerkungen. Ausstellen der Baubewilligung mit Umweltauflagen und Anforderungen an den Bodenschutz.

Planerleistung: Anpassung des Bauprojekts an die Auflagen der Behörden.

Bodenbezogene Abklärungen: Einbezug der behördlichen Bodenschutzauflagen in das Bauprojekt, falls notwendig Anpassung des Bodenschutzkonzepts durch die BBB sowie Bereinigung von Kosten und Terminen. Falls die Behörden die Einsetzung einer BBB ab der Phase 4 «Ausschreibung» verlangen, ist deren Pflichtenheft zu erstellen und vor der Ausschreibung validieren zu lassen.

Ergebnis: Das Bauprojekt ist bereit für die Ausschreibung und erlaubt die Integration der Anforderungen an den Bodenschutz in die Ausschreibungsunterlagen. Letzte Frist für die Anstellung einer BBB.

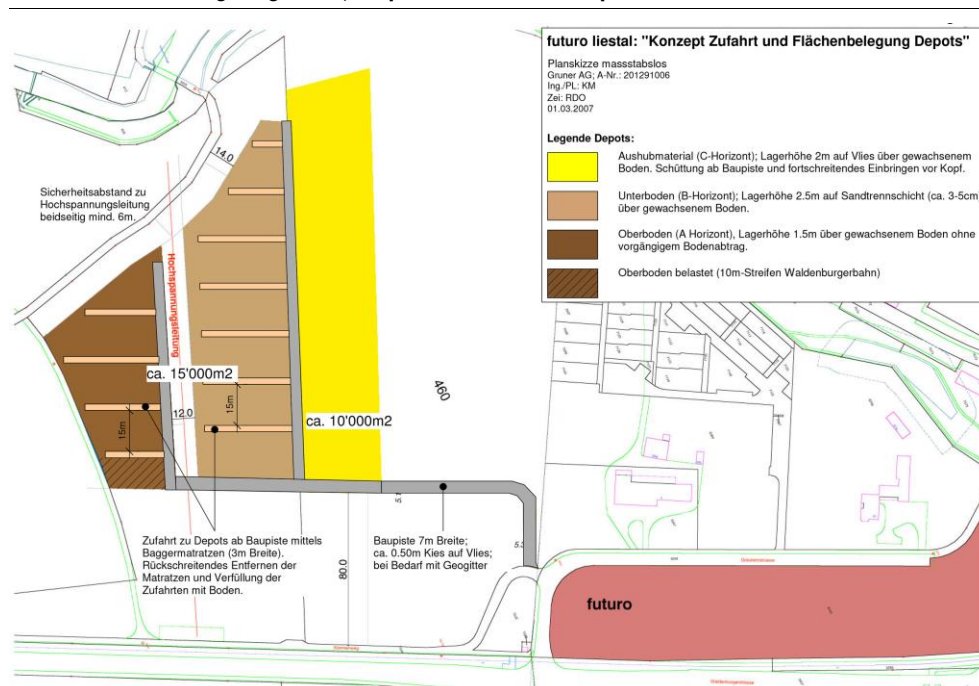
Teilphase 332.3:

Bereinigung des Bauprojekts

Teilphasen 333/334:

Bereinigung Kosten und Termine

Abb. 16 > Plan für Lagerungszonen, Baupisten und Installationsplätze



Quelle: Atelier 5 (2013), sanu future learning ag, Rapp Infra AG

2.1.4 Phase 4: Ausschreibung

Planerleistung: u. a. Vorschlägen von Eignungs- und Zuschlagskriterien.

Von den Planungsbüros auszuführende Aufgabe: Gemäss Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB) und zur Vereinheitlichung der Kriterien wird vorgeschlagen, die Eignungs- und Zuschlagskriterien unter Berücksichtigung der Bodenschutzbedürfnisse zu formulieren. Ein erstes Kriterium wäre zum Beispiel, die Vergabe der Abtragsarbeiten von derjenigen der übrigen Erdarbeiten zu trennen. So könnten die Abtragsarbeiten unter günstigeren Wetterbedingungen und mit leichten Raupenbaggern vorgenommen werden.

Eignungskriterien: Diese Kriterien beziehen sich auf die Erfahrung der Unternehmen und legen die Anforderungen fest, die von den Bietern erfüllt werden müssen, damit sie die Arbeiten ausführen können. Es wird empfohlen, dabei die Anforderungen an die Bodenabtragsarbeiten detailliert aufzuführen.

Beispiele für Eignungskriterien unter Berücksichtigung des Bodenschutzes:

- > *Qualität der Ausbildung und des Know-hows des verantwortlichen und des für die Auftragsausführung vorgesehenen Personals:* Maschinenführer mit spezifischen Erfahrungen beim Bodenabtrag. Nennung von Baustellenreferenzen.
- > *Personal- und Infrastrukturressourcen (Belege: Planung, Informationen über das Personal und den Einsatz von Maschinen):* für die Bodenabtragsarbeiten die Verfügbarkeit des qualifizierten Personals und der geforderten Baumaschinen angeben, im Wissen darum, dass je nach Wetterbedingungen genügend Flexibilität eingeplant werden muss.
- > *Erfahrungen aus ähnlichen Projekten:* Baustellenreferenzen mit Datum nennen, die es erlauben, die Erfahrung im Bereich Bodenschutz zu überprüfen.

Zuschlagskriterien: Sie können in den allgemeinen und besonderen Bedingungen sowie im Leistungsverzeichnis präzisiert werden.

Ziel: Erstellen der Submissionsunterlagen mit den Plänen und Leistungsverzeichnissen im Anhang.

Von den Planungsbüros auszuführende Aufgaben: Berücksichtigung der Bodenschutzanforderungen der Baubehörde in den Ausschreibungsunterlagen sowie aller im Bodenschutzkonzept genannten Massnahmen. Sie sollen den Ausschreibungsunterlagen nicht als Bodenschutzkonzept beigelegt oder in den allgemeinen Umweltvorschriften aufgeführt werden. Um sich zu vergewissern, dass diese Massnahmen von den Unternehmen beziffert werden, müssen die Planungsbüros sie formulieren und auf folgenden Ebenen integrieren:

- > *Werkvertragsentwurf:* Formulierung der allgemeinen Bodenschutzanforderungen;
- > *Allgemeine und besondere Bestimmungen:* Formulierung der Rahmenbedingungen für den Bodenschutz. Hier müssen die Auflagen der Behörden sowie die spezifi-

Teilphase 41:

Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabeanträge

Teilphase 411:

Organisation

Teilphase 412.1:

Erstellen der Unterlagen für die Ausschreibung und die öffentliche Auflage

schen Massnahmen des Projekts, die im Bodenschutzkonzept beschrieben werden, übernommen werden.²⁴

- > *Leistungsverzeichnis/Offerte – NPK-Positionen (Normpositionen-Katalog)*²⁵ und *Liste der Arbeiten im Zusammenhang mit den Böden*: Formulierung der auszuführenden Arbeiten im Bereich Boden und Angabe der Abmessungen. Es sind insbesondere die Bedingungen für die Arbeitsunterbrüche festzulegen und die Positionen dafür vorzusehen. Das Gleiche gilt für die Zeiten der Abtragsarbeiten. Die Maschinentypen, die den gewachsenen Boden befahren dürfen und die für den Bodenabtrag und die Erdbewegungen eingesetzt werden, müssen im Leistungsverzeichnis angegeben werden.

Die für den Bodenschutz zentralen Kapitel des NPK sind²⁶:

- > NPK 113: Baustelleneinrichtung, mit der Position 200 für die Baustellenerschliessung;
- > NPK 116: Abholzen und Roden (für die Zufahrten und die Entfernung der Wurzelstöcke);
- > NPK 117: Abbrüche und Demontage;
- > NPK 151: Bauarbeiten für Werkleitungen, Position 200 für die Erdarbeiten und 211 für den Bodenabtrag;
- > NPK 181: Garten- und Landschaftsbau;
- > NPK 211: Baugruben und Erdbau. Zum Beispiel für überdeckte Einschnitte, Parkgaragen bei der Wiederherstellung des Bodens;
- > NPK 213: Wasserbau, Position 300 «Erdarbeiten im Mutterboden»;
- > NPK 216: Altlasten, belastete Standorte und Entsorgung;
- > NPK 237: Kanalisationen und Entwässerungen, Position 200 für die Erdarbeiten und Position 211 für den Bodenabtrag.

Und für alle besonderen Arbeiten, die häufig vor den Hauptarbeiten durchgeführt werden und die Baupisten und Installationsplätze benötigen:

- > NPK 161: Wasserhaltung, Position 100;
- > NPK 162: Baugrubenabschlüsse und Aussteifungen, Positionen 110, 210, 310, 410, 510 und 610;
- > NPK 164: Verankerungen und Nagelwände, Position 100;
- > NPK 171: Pfähle, Position 100;
- > NPK 173: Baugrundverbesserungen, Positionen 110, 210, 310, 410 und 510.

Technische Anhänge, Detailpläne, die für den Bereich Boden einzureichen sind: für Maschinen festgelegte Anforderungen (z. B. das Verbot, Industriereifen zu verwenden, zulässiges Gesamtgewicht, maximale Bodenpressung, besonderer Maschinentyp, der für gewisse Arbeiten zwingend ist), Bodenabtragsplan, Wiederherstellungsplan, Begrünungsplan.

NPK – wichtigste Kapitel für den Bodenschutz auf Baustellen

²⁴ Hilfen für Planer und Personen, die mit der Vorbereitung der Ausschreibungsunterlagen betraut sind, sind verfügbar unter der Rubrik «Methoden und Normen» auf der Website <http://soletconstruction.ch> der Hochschule für Technik und Architektur HTA Freiburg (HEIA Fribourg). Ein Modell von NPK 102, das die wichtigen Positionen für den Bodenschutz mit detaillierten Erläuterungen enthält, wird angeboten.

²⁵ Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB). www.crb.ch.

²⁶ Die auf der Website <http://soletconstruction.ch> der HTA Freiburg bereitgestellten Instrumente führen die betreffenden Positionen der Kapitel von NPK 113 und NPK 211 (Baugruben und Erdbau) näher aus. Sie können in den Ausschreibungsunterlagen präzisiert werden.

Von den Unternehmen auszuführende Aufgaben: Auf der Grundlage der von den Planungsbüros bereitgestellten Detailpläne Beschreibung – z. B. in den technischen Anhängen der Offerte – der Methoden und Verfahren für den Bodenabtrag, für die Erdbewegungen und die Zwischenlagerung der Böden sowie für die Rekultivierung des Geländes. Einreichen einer Liste der vorgeschlagenen Maschinen mit ihren technischen Eigenschaften (Gesamtgewicht, Bodenpressung usw.).

Ergebnis: Die Anforderungen an den Bodenschutz werden detailliert und transparent für alle Bieter in die Ausschreibungsunterlagen integriert, was einen objektiven Vergleich der Offerten ermöglicht.

Ziel: Analyse und Bewertung der Offerten.

Teilphase 412.2:
Offertvergleich

Von den Planungsbüros auszuführende Aufgabe: Der Bauherr führt zusammen mit seinem Büro für Bauherrenunterstützung (BHU) einen technischen Vergleich der Offerten unter Berücksichtigung des Bodenschutzes durch. Er kann dabei auch auf das Fachwissen der beauftragten BBB zurückgreifen.

Planerleistung: Vorbereitung der Werkverträge.

Teilphase 416:
Abschluss der
Ausschreibungsphase

Bodenbezogene Aufgabe: formelle Integration der besonderen Massnahmen sowie der Abtrags-, Zwischenlagerungs-, Aufbau- und Wiederherstellungsverfahren für den Boden in die Verträge.

2.1.5 Phase 5: Realisierung

Ziele: Erarbeitung der verschiedenen Unterlagen, die für die Ausführung der Arbeiten, die Erstellung der Überwachungspläne und die Notfallmassnahmen nötig sind. Erstellung der Dokumentation für die Kontrollen gemäss Qualitätsplan.

Teilphase 51:
Ausführungsprojekt

Von den Planungsbüros oder der beauftragten bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) auszuführende bodenbezogene Aufgaben: Vorbereitung und Erstellung der verschiedenen Ausführungsunterlagen:

- > Einbezug der Anforderungen an den Bodenschutz in die «Checkliste Umwelt» oder Erstellung eines Kontrollplans «Boden» zuhanden der Bauleitung mit konkreten Massnahmen, die bei Überschreiten der tensiometrischen Grenzwerte (vgl. Modul 3, Kapitel 3.7) oder bei einem Niederschlagsereignis zu ergreifen sind;
- > detaillierte Bodenabtragspläne, insbesondere für die Zonen, die sich durch eine grosse Bodenvariabilität auszeichnen (falls dies nicht schon im Bodenschutzkonzept enthalten ist);
- > Entscheidungsblatt «Abtragsbewilligung»;
- > Wiederherstellungsprotokoll;
- > Notfallplan für schlechte Wetterbedingungen;
- > Meldeformular für unvorhergesehene Ereignisse im Umgang mit Boden auf der Baustelle.

Von den Unternehmen auszuführende bodenbezogene Aufgaben: Einreichen der definitiven Pläne der Bauinstallationen mit Angabe der Lage der Zwischenlager für den

abgetragenen Boden sowie der Baupisten, definitive Einreichung einer Liste der Baumaschinen mit ihren Eigenschaften.

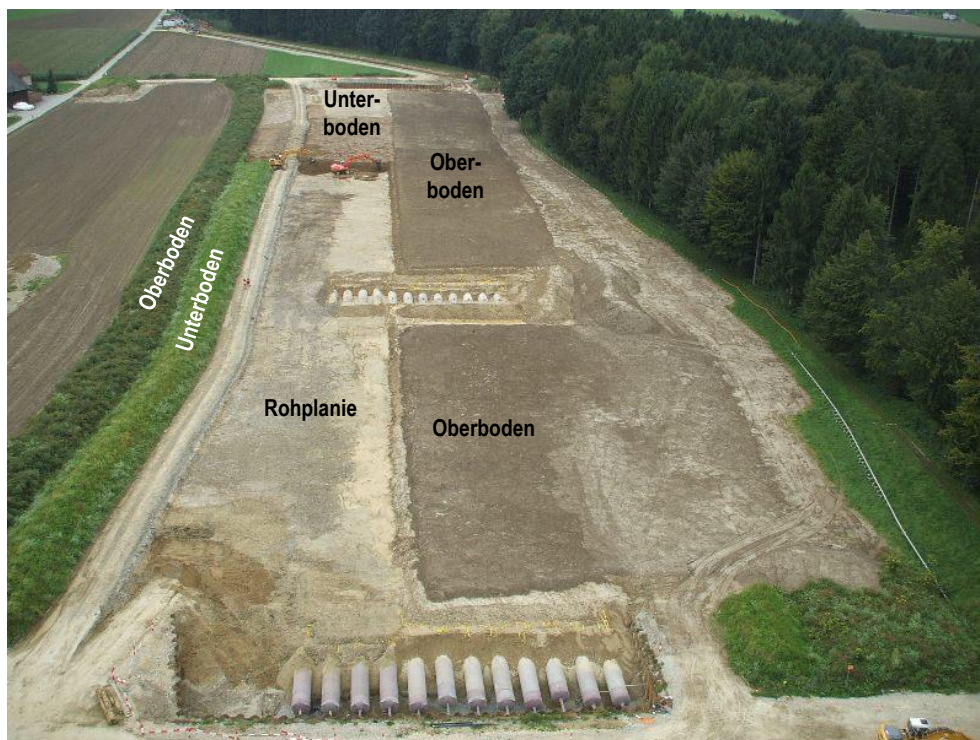
Ergebnisse: Detaillierte Ausführungspläne und «Checklisten Umwelt», die die vom Bauherrn und seiner Bodenfachperson validierten Bodenaspekte enthalten, sind vorhanden. Die Behörden können fallweise Einsicht in diese Unterlagen verlangen.

Ziel: Realisierung des Bauwerks unter Koordination und Überwachung durch die Bauleitung, gemäss Auftrag der Bauleitung und gemäss den Ausschreibungsunterlagen.

Teilphase 52:
Ausführung

Durch die Bauleitung und die bodenkundliche Baubegleitung (BBB) auszuführende bodenbezogene Aufgaben²⁷: Die Bauleitung beruft vor dem Beginn der Arbeiten eine Vorbereitungssitzung ein, an der das Unternehmen, der Bewirtschafter und die BBB anwesend sind. Alle im Werkvertrag vereinbarten Verfahren werden an dieser Vorbereitungssitzung definitiv bestätigt (Baupisten und Installationsplätze, Vorgehen beim Abtrag und bei der Lagerung von Böden, Art der Wiederherstellung der temporär beanspruchten Flächen und der wieder aufzubauenden Flächen usw.; vgl. Abb. 17). Die BBB nimmt an den Baustellensitzungen teil, die für den Bodenschutz von Bedeutung sind, und übernimmt Beratungs- und Informationsaufgaben der Bauleitung, des Bauherrn und der Unternehmen. Sie organisiert die jährlich durchzuführenden Unterhaltmassnahmen (Pflegeschnitt der Zwischenlager, Bekämpfung von Neophyten usw.).

Abb. 17 > Wiederherstellung des Bodens – Errichtung eines Erdgaslagers der Gasverbund Mittelland AG



Quelle: M. Vogt, Vogt Planer, Gasverbund Mittelland AG (GVM)

²⁷ Siehe <http://soletconstruction.ch>

Ergebnisse: Beschlussprotokoll der Baustellensitzungen, Protokoll zur Abtragsbewilligung, Baustellenjournal und «Checkliste Boden», die von der Bauleitung geführt und aktualisiert wird.

Ziele: Planung, Organisation und Ausführung der Inbetriebnahme der Arbeitsgeräte, der Einrichtungen und der Elemente des Bauwerks. Abschliessendes Nachführen der Projektänderungen, Feststellung und Behebung von Mängeln.

Durch die Bauleitung und die bodenkundliche Baubegleitung (BBB) auszuführende bodenbezogene Aufgaben: Abnahme der Rohplanie und gemeinsame Abnahme des «Bauwerks Boden» in Anwesenheit des Bewirtschafters, des Bauherrn und der Unternehmen. Ausarbeiten und Bestätigen der Modalitäten für die Folgebewirtschaftung mit dem Bewirtschafter und dem Bauherrn.

Ergebnisse: Das Bauwerk ist übernommen und in Betrieb und die Umweltbauabnahme der bodenbezogenen Aspekte (Abnahmeprotokoll der Rohplanie, Abnahmeprotokoll des «Bauwerks Boden» und Vereinbarung über die Folgebewirtschaftung) ist erfolgt. Die Protokolle enthalten insbesondere die Abweichungen zum Werkvertrag und allfällige Zusätze. Abschluss eines Vertrags mit dem Bewirtschafter für die Folgebewirtschaftung, falls diese nicht durch ein spezialisiertes Landwirtschaftsunternehmen übernommen wird.

Teilphase 53:

Inbetriebnahme, Abschluss

2.1.6 Phase 6: Bewirtschaftung

Ziele: Der Betrieb des Bauwerks oder der Anlage muss gewährleistet sein. Bei den Böden geht es um die Folgebewirtschaftung bis zur Schlussabnahme und zur Rückgabe an die Bewirtschafter. Die Dauer des Mandats für die BBB muss für die ganze Folgebewirtschaftung bis zur Schlussabnahme der Flächen festgelegt sein.

Durch die bodenkundliche Baubegleitung (BBB) gemäss Auftrag des Bauherrn auszuführende bodenbezogene Aufgaben: Beratung und Begleitung der Folgebewirtschaftung, Begleitung der Behebung der im Abnahmeprotokoll der Böden festgehaltenen Mängel, Begleitung der Rekultivierung der temporär genutzten Flächen, Schlussabnahme und Rückgabe der Flächen an den Bewirtschafter für eine normale Nutzung (in Anwesenheit des Bauherrn und des Bewirtschafters). Falls Korrekturmassnahmen verlangt werden (z. B. infolge Bodenverdichtungen oder -verlusten), können sie von der BBB festgelegt und überwacht werden.

Ergebnisse: Schlussabnahme der Böden mit Protokoll. Qualitätskontrolle der rekultivierten Böden (Schlusskontrolle der Qualität).

Ziele: Die Funktionsfähigkeit und der Wert des Bauwerks werden für eine bestimmte Zeitdauer erhalten. Für die Böden entspricht diese Phase der normalen Bewirtschaftung der Böden.

Bodenbezogene Aufgaben: Der Bauherr und seine Auftragnehmer sind gestützt auf das Schlussabnahmeprotokoll der Böden von allen Aufgaben und Verantwortlichkeiten

Teilphase 61:

Betrieb

Phase 62:

Instandhaltung

befreit. Die Bewirtschaftung des Bodens ist unter Einhaltung der guten landwirtschaftlichen Praxis möglich.

Ergebnis: Die Bodenfruchtbarkeit ist dauerhaft sichergestellt.

2.2 Rolle und Aufgaben der bodenkundlichen Baubegleitung (BBB)

Falls das Projekt einen Abtrag verdichtungsempfindlicher oder belasteter Böden, den Einsatz von schweren Baumaschinen und/oder die Verschiebung grosser Mengen abgetragenen Bodens vorsieht, empfehlen die Behörden die Anstellung einer bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) schon ab der Planungsphase. Die Analyse der gängigen Praxis in den Kantonen²⁸ zeigt, dass die Behörden eine Baubegleitung durch eine BBB fordern, wenn das Projekt temporär Flächen von über 5000 m² beansprucht oder wenn gewisse kritische Situationen vorliegen²⁹.

Die bodenkundliche Begleitung von Bauprojekten wird von einer qualifizierten Person ausgeführt, die in der von der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz BGS/SSP³⁰ geführten «Liste der Bodenkundlichen Baubegleiter/-innen BGS» enthalten ist oder die von der kantonalen Fachstelle, die für den Vollzug der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) zuständig ist, empfohlen wird. Eine bodenkundliche Baubegleitung von Phase 31 des Vorprojekts bis zu Phase 62 der Abnahme und Rückgabe der betroffenen Flächen an die Bewirtschafter (gemäss Leistungsmodell SIA 112) soll den Bauherrn bei der Beachtung der gesetzlichen Anforderungen unterstützen und die Umsetzung der baustellenspezifischen Schutzmassnahmen sicherstellen.

**Profil, Aufgaben und
Zuständigkeit der BBB**

Die BBB berät die Bauleitung in schwierigen Entscheidungssituationen (z. B. Schlechtwetter) und unterstützt die Durchführung der Arbeiten. Sie ist aufgrund ihrer Rolle und ihrer Funktion eine Art auf Bodenkunde spezialisierte Bauleitung (Fachbauleitung). Die BBB ist in die Organisationsstruktur der Baustelle eingebettet, und ihre Funktionen müssen im Vertrag klar festgelegt sein (Auftrag gemäss Artikel 394 Obligationenrecht [OR]).

Der Informationsaustausch zwischen der BBB, dem Bauherrn und den Behörden werden im Vertrag mit dem Bauherrn präzisiert. Das Recht der BBB, die Behörden zu informieren, wird bei der Festlegung der Kommunikationswege umschrieben. Der Bauherr bleibt aber allein für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen gegenüber den Behörden verantwortlich.

Die Aufgaben und Kompetenzen der bodenkundlichen Baubegleitung, u. a. auch die Weisungsbefugnis, sind in einem Pflichtenheft festzuhalten. Es gibt Kantone und Organisationen (z. B. BGS/SSP, VSS), die Musterpflichtenhefte bereitstellen. Falls diese nicht verwendet werden, muss das Pflichtenheft den kantonalen Behörden zur Genehmigung unterbreitet werden.

**Pflichtenheft und
Weisungsbefugnis der BBB**

²⁸ Regionale Bodenschutzworkshops mit Vertreter/-innen der kantonal verantwortlichen Fachstellen für den Vollzug der VBBo, Bodenkundlichen Baubegleiter/-innen BBB und ausgewählten Fachleuten, die zwischen Oktober 2012 und Juni 2013 stattgefunden haben.

²⁹ UVP-Handbuch. BAFU. 2009. Modul 6, Rechtsgrundlagen, S. 4–5.

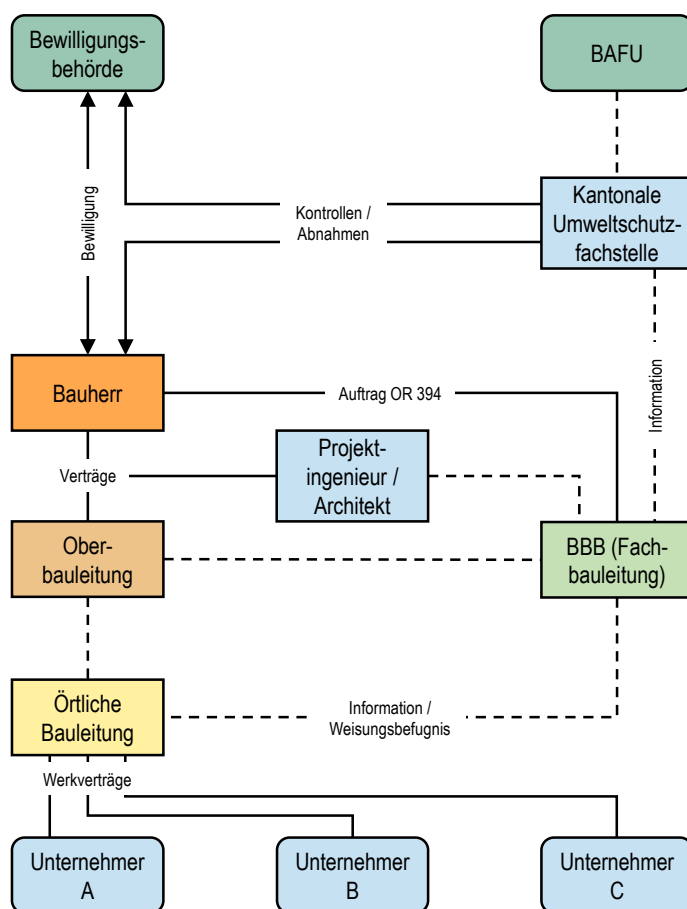
³⁰ www.soil.ch.

Die BBB ist ein beauftragter Spezialist oder eine beauftragte Spezialistin, der oder die anderen beauftragten Spezialisten im Umweltbereich gleichgestellt ist (Fachleute für Lärmbelastung, Altlasten, Gewässer oder Natur und Landschaft). Ihre Stellung kann je nach Projekt und Baustellenorganigramm variieren. Sie kann entweder zum Team der Umweltbaubegleitung (UBB) gehören oder als eigenständiger Auftragnehmer betrachtet werden (vgl. Abb. 18).

Position der BBB und Einbindung in die Organisation des Bauprojekts

Abb. 18 > Organisationsmodell der BBB, angepasst anhand des Modells der UBB

Legende: durchgezogene Linien = Vertragsbeziehungen; gestrichelte Linien = Aufgaben



Quelle: VSS-Norm 640 610b und Publikation des BAFU «Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle», angepasst und ergänzt durch E. Bellini. Nationales Forum Umweltbaubegleitung, sanu future learning ag, März 2012.

Hinweis: Die Anstellungsdauer der BBB erstreckt sich – im Gegensatz zu derjenigen der meisten anderen beauftragten Spezialisten – bis zur Schlussabnahme der Böden und zur Rückgabe an den Bewirtschafter.

Der Bund, die Kantone und Organisationen haben diverse Planungshilfen publiziert. Diese Dokumente sind auf der Website des BAFU durch entsprechende Links zugänglich. Zudem wurden im Rahmen der Ausarbeitung der vorliegenden Publikation Hilfsmittel für Planer entwickelt. Diese Hilfsmittel können auf der Website <http://soletconstruction.ch> der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA Freiburg) heruntergeladen werden.

Planungshilfen

3 > Allgemeine Bodenschutzmassnahmen

In diesem Modul werden allgemeine Bodenschutzmassnahmen vorgestellt und erklärt, unter Berücksichtigung der Entwicklung von Know-how und Praxis. Die Basis bilden Baustellen im Flachland und auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, es werden aber auch andere Baustellensituationen berücksichtigt. Planer und Bauleitungen finden hier Erläuterungen, mit denen sie den Inhalt und die bodenkundlichen Grundlagen der empfohlenen Massnahmen besser verstehen können. Für die konkrete Umsetzung dieser Massnahmen müssen technische Merkblätter beigezogen werden.

3.1 Bodenschutzkonzept

Die in diesem Modul vorgestellten Massnahmen bilden insbesondere die Inhalte des Dokuments «Bodenschutzkonzept». Es obliegt der Fachperson Boden, diese allgemeinen Anforderungen (vgl. Tab. 8) für das betreffende Projekt zu adaptieren, die Massnahmen je nach Art des Projekts zu präzisieren und den Detaillierungsgrad an die Planungsphase anzupassen (Vorprojekt, Bauprojekt, Ausführungsprojekt). Für die Projekte, die einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen, können diese Inhalte in das Kapitel «Boden» des Umweltverträglichkeitsberichts (UVB) integriert werden und als Grundlage für das Pflichtenheft der bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) dienen.

Bodenschutzkonzept

In einem Bodenschutzkonzept sollten folgende Themen behandelt werden:

Zu behandelnde Fragen

- > Beschreibung des Ausgangszustands;
- > Terminplan der Arbeiten und Wiederherstellungsziele;
- > Minimierung der Eingriffsflächen und Massnahmen zur Reduzierung der Bodenabtragungen;
- > vorgängige Begrünung der Eingriffsflächen;
- > Wahl der Maschinen und der Abtragsverfahren;
- > Zufahrten, Pisten und temporäre Installationsplätze;
- > temporäre Lagerung und Massenbilanz des abgetragenen Ober- und Unterbodens (belastet und unbelastet);
- > Wiederherstellung der Böden am Ende der Arbeiten (abgetragene und nicht abgetragene Böden);
- > Folgebewirtschaftung und Begleitung nach der Abnahme des «Bauwerks Boden»;
- > Schlussabnahme der temporären Eingriffsflächen.

Folgende Karten und Pläne dienen zur Präzisierung der Massnahmen:

Pläne und Karten

- > Bodenabtragsplan mit Bodenmächtigkeiten;
- > Pläne mit den Baupisten, den temporären Installationsplätzen und den Zwischenlagern für abgetragenen Boden.

3.2 Beschreibung des Ausgangszustands und des Empfindlichkeitsgrads der Böden

Anhand der Beschreibung des Ausgangszustands lassen sich die Qualität und die Empfindlichkeit der vom Projekt betroffenen Böden ableiten. Es ist eine Diagnose aller Belastungsarten im Projektperimeter – wie z. B. Bodenbelastungen – möglich, und allfällige Drainagen oder archäologische Überreste können erhoben werden³¹.

Bisher wurde empfohlen, eine Unterscheidung zwischen langen oder kurzen Eingriffen zur Festlegung der Methode zur Erhebung des Ausgangszustands³² zu machen. Dieses Vorgehen wird heute nicht mehr angewandt. Hingegen ist eine zeitliche Unterscheidung für die Massnahmen zur Zwischenlagerung von abgetragenen Ober- und Unterboden nützlich und sinnvoll (vgl. Kapitel 3.9). Bei Baustellen werden im Allgemeinen die Mächtigkeiten und Eigenschaften der Horizonte (Oberboden und Unterboden) erhoben, um einen Bodenabtragsplan zu erstellen. Weiter sind die wichtigen Parameter für die Erstellung einer Karte der Empfindlichkeit der Böden gegenüber physikalischen Belastungen zu erheben. Es handelt sich dabei um folgende bodenkundlichen Parameter: Skelettgehalt, Textur, pH-Wert, Gehalt an organischer Substanz, Wasserhaushaltsgruppe und pflanzennutzbare Gründigkeit. Je nach Planungsphase, verlangtem Detaillierungsgrad und Fragen, die der Planer beantworten muss, können noch weitere Erhebungen und Sondierungen durchgeführt werden.

Stand des Wissens –
Beschreibung Ausgangszustand

Tab. 8 > Checkliste für die Analyse des Ausgangszustands – Fragen, die der Planer beantworten muss

	Vom Planer zu beurteilende Fragen	Empfohlene Untersuchungen und Abklärungen	Erhaltene Antworten und Entscheidungskriterien	Praktische Hilfen, Merkblätter, andere Quellen
Vorstudien	Wie wird der Boden im Arbeitsperimeter genutzt?	Suche nach bestehenden GIS-Grundlagen mit Angaben zur Verwendung der Böden und zur Landnutzung (Fruchtfolgeflächen, Wälder, Schutzgebiete, Wasserschutzzonen oder Wasserfassungen usw.).	Variantenoptimierung, indem die Eingriffsflächen in den Fruchtfolgeflächen verringert werden.	Geoinformationsportale der Kantone und der Fachstellen für Bodenschutz
	Besteht das Risiko, dass die Böden chemisch belastet sind (entlang von Strassen, Strommasten, Rebbergen usw.)?	Bestehende Karten und Grunddaten: Inventare von Altlasten, Abfalldeponien usw.	Ermöglichen die Abschätzung und die Erstellung eines Plans für Sondierungen.	Altlastenkataster der Kantone, Wegleitung «Bodenaushub» des BUWAL (2001; heute BAFU)
	Enthalten die Böden andere Risiken, insbesondere durch das Vorhandensein von Neophyten, von defekten Drainagen oder von Fremdkörpern? Gibt es Indizien für ein Vorhandensein von archäologischen Überresten auf dem Gelände, das von Abtrag und Aushub betroffen ist?	Vorhandene Grunddaten: bekannte Standorte mit Neophyten, Entwässerungspläne der Gemeinden usw.	Die Risiken können abgeschätzt werden und das Pflichtenheft für weitere Untersuchungen kann erstellt werden.	Für Neophyten: www.infoflora.ch . Für archäologische Überreste ist mit der kantonalen Fachstelle für Archäologie Kontakt aufzunehmen.
	Mit welcher Bodenvariabilität muss im Baustellenperimeter gerechnet werden? Gibt es auf der Eingriffsfläche künstliche Böden?	Basierend auf bestehenden Bodenkartierungen oder Luftaufnahmen (Analyse von Topografie und Geologie), Geländebegehungen	Erlaubt die Abschätzung der Bodenkomplexität und des Pflichtenhefts für die in der nächsten Phase durchzuführenden Erhebungen im Feld.	

³¹ UVP-Handbuch. BAFU. 2009. Modul 5. UVB Kapitel 5.6 «Boden».

³² Bodenschutz beim Bauen. Leitfaden Umwelt Nr. 10. BUWAL (heute BAFU). 2001.

	Vom Planer zu beurteilende Fragen	Empfohlene Untersuchungen und Abklärungen	Erhaltene Antworten und Entscheidungskriterien	Praktische Hilfen, Merkblätter, andere Quellen
Vorprojekt und Bauprojekt	Welches ist die Mächtigkeit des Oberbodens und des Unterbodens im Hinblick auf die Abtragsarbeiten?	Bohrungen mit dem Bohrstock auf den definitiven und den temporär genutzten Flächen bis zum Untergrund (Durchwurzelungsgrenze), Kartierung der Bodenabtragungen mit Empfindlichkeitsgraden der Böden (Massstab min. 1:5000).	Bestimmung der Abtragsmächtigkeiten, Beschreibung der Horizonte und der Volumen und Massenbilanz des zu verschiebenden Bodens.	Bestehende Bodenkartierungen; VSS-Norm 640 582 ³³ ; Schriftenreihe der FAL 24, Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden; Klassifikation der Böden der Schweiz, BGS (2008); Richtlinien des FSK für die Rekultivierung (2001; heute FSKB).
	Ist der Boden verdichtungsempfindlich? Gibt es Zonen, die besondere Massnahmen erfordern?	Parameter, die für den Oberboden zu erheben sind: Skelettgehalt, Textur, pH-Wert, Gehalt an organischer Substanz, Wasserhaushaltsgruppe, Hangneigung und Geländeform. Und für den Unterboden: Textur und pflanzennutzbare Gründigkeit.	Bestimmung der verdichtungsempfindlichen Zonen als Grundlage für die Formulierung von Schutzmassnahmen.	Empfindlichkeitsgrade gemäss Tab. 2 VSS-Norm 640 582 sowie Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen des BEW (1997; heute BFE).
	Falls das Risiko einer chemischen Belastung bestätigt wird, welches sind die betreffenden Schadstoffe und ihr jeweiliger Gehalt?	Sondierungen im Oberboden und im Unterboden, Laboranalysen gemäss VBBo	Wiederverwendbare Volumina und Bestimmung der Verwertungsart mit Kosten-schätzung	Wegleitung «Bodenaushub» des BUWAL (2001; heute BAFU); Handbuch «Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden» BUWAL (2005; heute BAFU)
	Um welche Art von Neophyten handelt es sich? Gibt es weitere Einschränkungen?	Geländeaufnahmen und Kartieren der Zonen, in denen Neophyten vorhanden sind.	Genaue Standorte sind bekannt und dienen als Basis für die Formulierung von Massnahmen (Triage und Entsorgung).	Merkblätter der Kantone für den Umgang mit Neophyten
Ausführungsprojekt	Welche Böden trocknen schneller ab als andere im Baustellenperimeter (Abtrocknungszeit)?	Wasserhaushaltsgruppe, Textur, Situation im Relief (z. B. Mulden)	Kriterium für den Standort der temporären Anlagen und der Tensiometermessstationen.	
	Welches sind die Fruchtbarkeitsstufe und die Bodenzahl (agronomische Bewertung der Böden)? Wie tief ist die pflanzennutzbare Gründigkeit in cm?	Agronomische Bewertung der Böden (1 bis 100 Punkte) oder ungefähre Wert, der anhand der Wasserhaushaltsgruppe zu beurteilen ist.	Wichtig für die Festlegung der Ziele für die Rekultivierung der Landwirtschaftsböden.	«Bewertung von Kulturland und naturnahen Flächen bei Landumlegungen» suissemelio und BLW (2004)
	Welche Arten von Kulturen finden sich auf den abzutragenden Flächen und wann werden sie geerntet?	Auf Ebene der Parzelle zu erhebende Informationen: Kulturart, Einbezug in ein ökologisches Vernetzungsprojekt.	Festlegung des Entschädigungsbetrags für das Management der Kulturen vor dem Bodenabtrag.	«Wegleitung für die Schätzung von Kulturschäden» des Schweizerischen Bauernverbands (SBV)

Gemäss der Wegleitung des BAFU³⁴ muss der durch Schwermetalle oder organische Schadstoffe belastete abgetragene Boden nach seinem Belastungsgrad klassifiziert und sortiert werden. Zur Erinnerung, der abgetragene Boden wird in drei Kategorien unterteilt:

Chemische Bodenbelastung

- > *Unbelasteter Boden:* kann uneingeschränkt unter Einhaltung der im Modul 1 beschriebenen Grundsätze verwendet werden.

³³ VSS-Norm SN 640 582 «Erdbau, Boden: Erfassung des Ausgangszustandes, Triage des Bodenaushubes». Tabelle 2, S. 16. VSS Zürich. 1999.

³⁴ Verwertung von ausgehobenem Boden. BUWAL (heute BAFU). 2001.

- > *Schwach belasteter Boden*: muss im Perimeter der Baustelle verwertet werden (Herkunftsort), damit die Belastung nicht verdünnt wird. Für die Zwischenlagerung dieses Materials sieht die gute Praxis vor, dass unter der Lagerstätte eine Schutzmatte oder ein Trennvlies angebracht wird, um den unbelasteten Boden zu schützen. Falls das Material vor Ort nicht verwertet werden kann, muss es gemäss der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) als Abfall behandelt werden.
- > *Stark belasteter Boden*: darf nicht verwertet werden und ist gemäss der TVA als Abfall zu behandeln.

Gemäss Artikel 15 Absatz 3 der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV) ist abgetragener Boden, der mit unerwünschten Pflanzen verunreinigt ist, am Entnahmeort zu verwerten oder zu sanieren. Falls dies nicht möglich ist, muss er entsorgt werden, um eine weitere Ausbreitung dieser Organismen auszuschliessen. Es soll verhindert werden, dass unerwünschte Pflanzen durch Erdbewegungen freigesetzt werden und neue ökologische Nischen besetzen. Es wird zwischen Neophyten (exotischen Pflanzen, die nach dem Jahr 1492 in die Schweiz gelangt sind) und einheimischen Problempflanzen unterschieden. Einige Neophyten können invasiv sein, Gesundheitsprobleme verursachen (allergene Pflanzen), einheimische Pflanzen verdrängen und für Infrastruktureinrichtungen problematisch sein.

Neophyten und andere
unerwünschte Pflanzen

Invasive Pflanzen: Japanischer Staudenknöterich und Essigbaum³⁵

*Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass das Verbreitungsrisiko invasiver Pflanzen durch Erdbewegungen beim Japanischen Staudenknöterich (*Reynoutria japonica*, vgl. Abb. 19) und beim Essigbaum (*Rhus typhina*, vgl. Abb. 20) besonders gross ist, weil sie sich durch Rhizomteilung vermehren können. Die Bekämpfung dieser zwei Arten gestaltet sich sehr schwierig; die Entsorgung des kontaminierten Bodenmaterials kann sich als notwendig erweisen und sehr kostenintensiv sein.*

Am Lagerort (z. B. Deponien, Steinbrüche) muss das mit Japanischem Staudenknöterich kontaminierte Material mit einer bis zu 5 m hohen Schicht von nicht kontaminiertem Material bedeckt werden, bei allen anderen Arten mit einer Schicht von mindestens 1 m.

Abb. 19 > Japanischer Staudenknöterich



Abb. 20 > Essigbaum



Quelle: Info Flora

³⁵ Bruno Grünenfelder. Kursunterlagen Bodenkundliche Baubegleitung. sanu future learning ag. 2012.

Beispiel einer allergenen Pflanze: das Aufrechte Traubenkraut³⁶

Das Aufrechte Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) ist eine äusserst allergene und invasive Pflanze, die aus Nordamerika stammt (vgl. Abb. 21). Die Gefahr bei der Ambrosie geht von der extrem starken allergenen Kraft ihres Pollens aus. Die Pflanze bewirkt allergische Reaktionen an Augen und Luftwegen und löst häufig Asthma aus. Sie wächst an Wegrändern oder auf Baustellen, überall, wo sich abgedeckte Böden befinden. Um ihre Verbreitung in der Schweiz zu verhindern, hat sie die Verordnung über den Pflanzenschutz im Jahr 2010 als «besonders gefährliches Unkraut» klassifiziert. Ambrosienherde sind den kantonalen Fachstellen für Pflanzenschutz zwingend zu melden, und es sind Massnahmen zur Ausrottung zu treffen. Der an Baustandorten bearbeitete Boden bietet eine Umgebung, die die Entwicklung der Ambrosie begünstigt. Eine dichte Pflanzenbedeckung kann ihr Wachstum beträchtlich hemmen – und damit auch die Produktion von Samen. Eine Begrünung der Zwischenlager muss daher möglichst rasch erfolgen (mit Konkurrenzpflanzen der Ambrosie), und befallener abgetragener Boden darf nicht ohne vorherige Sanierung abgeführt werden.

Abb. 21 > Aufrechtes Traubenkraut (Ambrosie)



Quelle: B. Guex, Dienststelle für Bodenschutz des Kantons Genf

3.3

Planung der Erdarbeiten und Formulierung von Zielen

Die gute Praxis nutzt die Vegetationsperioden (Sommermonate) und die Trockenperioden optimal und meidet die Wintermonate. Die Klimastatistiken von MeteoSchweiz ermöglichen eine Beurteilung der Häufigkeit von Niederschlagsereignissen. Indem die für die Verdunstung und die Abtrocknung der Böden günstigsten Perioden gewählt werden, wird das Verdichtungsrisiko für den Unterboden stark gesenkt. Es ist daher für die Vorbereitungsarbeiten (z. B. Zufahrten und Abtragsarbeiten) genügend Zeit einzuplanen, wobei allfällige Arbeitsunterbrüche infolge starker Niederschläge berücksichtigt werden müssen.

Gestützt auf die Untersuchungen des Ausgangszustands kann man das Pflichtenheft für die durchzuführenden Studien präzisieren und – spätestens beim Ausführungsprojekt – die Ziele für die Wiederherstellung der temporär genutzten Flächen formulieren. Diese Ziele müssen bei der Abnahme der Arbeiten messbar und überprüfbar sein. Zu den

Planung

Zielformulierung für den Umgang mit dem Boden und die Wiederherstellung

³⁶ Leitlinien für den Umgang mit der Beifussblättrigen Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*). Euphresco. www.euphresco.org.

vom Gesetzgeber festgelegten Bodenschutzzielen (VBBo) können weitere Einschränkungen hinzukommen wie z. B. solche aus Sicht des Gewässer- oder Naturschutzes. In diesem Fall ist genauer zu definieren, wie die temporär genutzten Flächen rekultiviert werden. Der Bauherr muss bei der Planung der Erschliessung der Baustelle, der Abtragsarbeiten, der Erdbewegungen und des Befahrens von begrünten Böden darauf achten, die Eingriffsflächen auf das absolute Minimum zu beschränken und Beeinträchtigungen des Bodens zu vermeiden. Der Abtrag von Ober- und Unterboden kann die Bodenaggregate und die natürliche Porosität zerstören. Daher müssen die Abtragsflächen möglichst gering gehalten und bodenschonende Methoden bevorzugt werden. Der Abtrag des Oberbodens nimmt dem Boden seine wichtigste Schutzhülle. Der freigelegte Unterboden ist instabil und der Witterung schutzlos ausgesetzt. Falls abgetragener Boden von der Baustelle weggeführt wird, ist darauf zu achten, einen Zeitplan für dessen Verwertung zu erstellen, und zwar unter Berücksichtigung der Bodenschutzziele³⁷. Dabei sollte man nicht vergessen, rechtzeitig die notwendigen Bewilligungsverfahren einzuleiten.

3.4 Reduktion der Eingriffs- und der Abtragsflächen

Eine gut organisierte Baustelle wählt diejenigen Baumethoden, die möglichst wenige Abtragsflächen erfordern und temporäre Eingriffsflächen begrenzen. So lassen sich auch Kosten sparen. Die gute Praxis sieht vor, dass die Böden nur auf Flächen, die von Erdbewegungen und Aushubarbeiten betroffen sind, abgetragen werden.

Bei der Standortwahl für langfristige Einrichtungen ist sehr auf den Empfindlichkeitsgrad der Böden hinsichtlich Verdichtung zu achten. Für langfristige Einrichtungen sehen die Empfehlungen der 1990er-Jahre einen Bodenabtrag vor. Die VSS-Norm SN 640 583 definiert «langfristig» als über ein Jahr. Die Praxis der letzten Jahre zeigt jedoch, dass diese Dauer auf mindestens drei Jahre erhöht werden kann, ohne dass die Regeneration des Bodens dadurch beeinträchtigt würde.

Die bodenkundliche Baubegleitung prüft die Situation im Detail und betrachtet z. B. folgende Kriterien:

- > Merkmale und Empfindlichkeit der Böden;
- > Beanspruchungsgrad der Böden (Maschinen, Materialien usw.);
- > Kulturart vor den Eingriffen;
- > Topografie und genaue Lage der Eingriffsflächen;
- > Wiederherstellungsziele;
- > verfügbarer Platz für die Lagerung des Materials.

Für die Rekultivierung nach Abschluss der Arbeiten können Methoden zur Lockerung und zur Belüftung des Oberbodens (z. B. Spatenpflug) vor der Begrünung erforderlich werden (siehe auch Kapitel 3.11).

³⁷ Z. B. Richtlinien Terrainveränderungen zur Bodenaufwertung ausserhalb Bauzonen. Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR), Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT), Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern. 2015.

Zusammenfassung der Empfehlungen:

- > Die temporären Baustellenflächen und die Bodenempfindlichkeit sind prüfen zu lassen.
- > Eine vorgängige Begrünung der Eingriffsflächen ist zu planen (vgl. Kapitel 3.5).
- > Die für die Baustelle (Installationen, Materiallager usw.) verwendeten Flächen werden nicht abgetragen, sondern der gewachsene Boden wird mit einem Trennvlies und einem Gemischkoffer (ungebundenes Gemisch 0/45) abgedeckt (vgl. Kapitel 3.8), sofern keine erhöhte Verdichtungsempfindlichkeit oder eine nur geringe Bodenmächtigkeit auf einem festen Untergrund vorliegt. Nach dem Aufbringen der Schutzschicht kann der Boden über mehrere Jahre starke Belastungen aushalten.
- > Bei der Lokalisierung der beanspruchten Flächen wird ausserdem darauf geachtet, die von den Baustellenaktivitäten nicht betroffenen gewachsenen Böden abzugrenzen. Der Zugang zu diesen kann mit Barrieren blockiert und ihr Standort mit Schildern gekennzeichnet werden, um das Befahren ungeschützter Gebiete und eine direkte Verschmutzung zu verhindern. Das Gelände in der Nähe der Baustelle, insbesondere Landwirtschaftsflächen, darf nur nach Genehmigung der Behörden und nach einer Vereinbarung mit den Benutzern/Bewirtschaftern für Installationsplätze oder Lager verwendet werden.

Empfehlungen – Eingriffs- und Abtragsflächen

Beispiel für Anforderungen der Dienststelle für Strassen des Kantons Waadt³⁸

Hauptziel des Bauherrn ist es, die abgetragenen Flächen möglichst klein zu halten. Dazu hat er beim Projekt folgende Vorkehrungen getroffen:

- > *Realisierung der Baupisten auf bestehenden Wegen oder auf der Fläche der Aufschüttung;*
- > *Bau von Sickergruben auf beiden Seiten der Aufschüttung ohne vorgängigen Bodenabtrag mit Anlegung provisorischer Pisten direkt auf dem Oberboden;*
- > *Lagerung von Ober- und Unterboden direkt auf dem begrünten Oberboden. Die Zufahrten zum Lagerort werden ebenfalls auf dem begrünten Oberboden eingerichtet;*
- > *Einrichtung der Installationsplätze nach Möglichkeit ohne vorgängigen Bodenabtrag.*

H144: Rennaz (VD) –
Les Evouettes (VS)

3.5

Vorgängige Begrünung der Eingriffsflächen

Die Begrünung der Böden vor den Erdarbeiten hat sich bewährt. Dies gilt für alle Böden und alle Eingriffsflächen, seien sie temporärer oder definitiver Art. Werden Flächen begrünt, trocknen sie rascher ab (Evapotranspiration). Dadurch können sie schneller von Maschinen für den Bodenabtrag befahren werden (vgl. Abb. 22). Die mögliche Einsatzdauer der Maschinen verlängert sich dadurch. Begrünte Böden bieten somit sowohl hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses der Arbeiten als auch hinsichtlich des Bodenschutzes einen Vorteil.

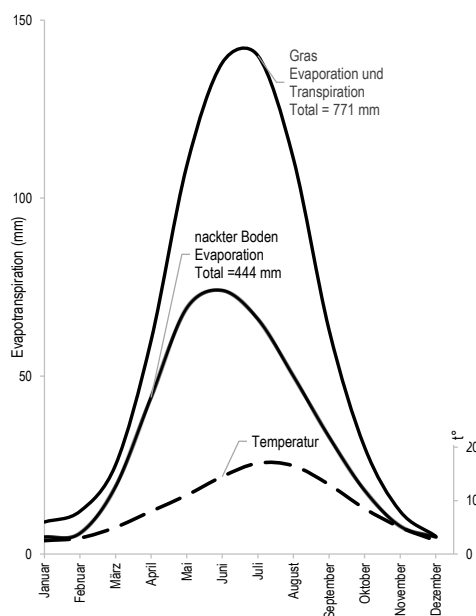
Stand des Wissens –
Vorgängige Begrünung der Eingriffsflächen

³⁸ Claude Kündig, François Petriccioli. Gestion des terres végétales. Exigences du service des routes du canton de Vaud. 2010.

Eine begrünte Fläche verfügt über eine gut verwurzelte Pflanzendecke, die den Boden stabilisiert und die Abtrocknung beschleunigt. Bei heissem Wetter kann eine Wiese bis zu fünf Liter Wasser pro Quadratmeter und Tag verdunsten. Ein Vergleich zwischen Naturwiesen und gepflügten Flächen zeigt, dass die nackten Böden verdichtungsempfindlicher sind (verringerte Porosität und Wasserdurchlässigkeit). Die Bodenstruktur der Wiesen ist stabiler und widerstandsfähiger gegenüber physikalischen Belastungen. Abbildung 23 zeigt, dass Wiesenflächen während der ganzen Vegetationsperiode besser abtrocknen und dass Getreide nach der Ernte keinen Abtrocknungseffekt mehr hat, während das Gras – wenn es regelmässig gemäht wird – bis in den Herbst hinein spriessen kann und dadurch eine Abtrocknung der Böden über einen längeren Zeitraum im Jahr ermöglicht (erneuter Anstieg der durchgezogenen Kurve nach dem 31. August 2010).

Abb. 22 > Vergleich der Evapotranspiration

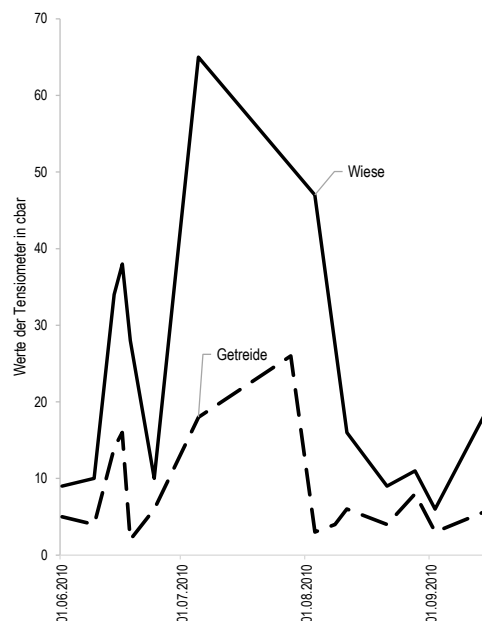
Ein begrünter Boden trocknet in der Vegetationsperiode rascher ab.



Quelle: www.u-picardie.fr

Abb. 23 > Überwachung mit Tensiometer – Einfluss der Kulturart auf die Tensiometerwerte

Vergleich zwischen zwei Arten von Bodenbedeckung am gleichen Standort



Quelle: A9 Waadt Nord 2010, Dienststelle für Strassen des Kantons Waadt

3.6 Messung der Bodenfeuchte

Der Feuchtezustand des Bodens kann durch Messungen des Wassergehalts oder der Saugspannung (oder des Matrixpotenzials) quantifiziert werden. Der zweite Wert kann nur mit dem Tensiometer ermittelt werden. Die Verdichtungsempfindlichkeit der Böden hängt nicht vom Wassergehalt ab, sondern von der Saugspannung, deren Messung im Übrigen genauer ist. Die Feuchtigkeitssonden des Typs Watermark® messen die Saugspannung indirekt und ziemlich ungenau. Die TDR-Sonde misst den Wassergehalt. Diese beiden Sondentypen sind also für den Bodenschutz nicht geeignet.

**Stand des Wissens –
Bodenfeuchte**

Die tensiometrische Messung soll angeben, ab welchem Feuchtezustand (Saugspannung) der Boden von Baufahrzeugen befahren und ohne Schaden bewegt werden kann. Das Messergebnis erlaubt es zu bestimmen, ob der Eingriff zulässig oder zu vermeiden ist, und gegebenenfalls die Methode für die Erdbewegungen sowie den erlaubten Maschinentyp anzugeben. Die Einsatzgrenze der Raupenfahrzeuge wird mithilfe eines Nomogramms berechnet, das das Gewicht des Fahrzeugs und die Bodenpressung mit der Saugspannung in Relation setzt (siehe Abb. 27). Letztere lässt sich mit einem Tensiometer bestimmen, dem Hauptmessinstrument der bodenkundlichen Baubegleitung auf den Baustellen. Dank der Erfahrungen aus der Praxis und einer Umfrage, die bei Spezialisten durchgeführt wurde, konnten die Stärken, aber auch die Schwächen und Fehlfunktionen dieses Instruments aufgezeigt werden, die hauptsächlich auf die Zerbrechlichkeit der Keramikkerze und die hohen Anforderungen an den Unterhalt zurückzuführen sind³⁹. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren Forschungen durchgeführt, um weniger zerbrechliche und zuverlässigere Tensiometer zu entwickeln (Modell Quickdraw[®], Prototyp TensiOsol⁴⁰).

Die Bodenfeuchte verzeichnet in der Regel sehr grosse Schwankungen, insbesondere wegen der kleinräumigen Variabilität der Böden, des Bewuchses, des Einflusses des Grundwassers und der Witterung (lokale Gewitter im Sommer). Daher dürfen tensiometrische Daten, die an einem bestimmten Standort erhoben wurden, nur mit Vorsicht auf einen anderen Standort übertragen werden.

Es stehen hauptsächlich drei Quellen für tensiometrische Daten zur Ermittlung der Saugspannung der Böden zur Verfügung:

1. *punktueller Messungen* an einem bestimmten Ort auf der Baustelle;
2. *temporäre Messfläche* auf der Baustelle;
3. *permanente Messstationen* für die Bodenfeuchte (kantonale Bodenmessnetze).

Mithilfe von mobilen, schnell ansprechenden Tensiometern können punktuelle Messungen (vgl. Abb. 24) an den jeweiligen Einsatzorten der Maschinen durchgeführt werden, um – falls nötig – zusätzlich zu den Daten der temporären Messflächen ergänzende Vergleichsdaten zu sammeln. Das ist z. B. nötig, wenn unvorhergesehene Ereignisse beim Baustellenablauf eintreten, die Repräsentativität der temporären Messfläche nicht gegeben ist oder Tensiometer auf einer Messfläche defekt sind. In diesem Fall müssen die Messungen für das Gebiet, wo der Einsatz stattfindet, repräsentativ sein und je nach Schwankungen der Bodenqualität oder der Bodenfeuchte im betreffenden Perimeter wiederholt werden. Eine einfache Strategie besteht darin, die empfindlichsten Bereiche (höhere Feuchte, grösserer Tongehalt) zu bevorzugen.

**Punktuelle tensiometrische
Messung**

³⁹ Luzius Matile, Roman Berger und Rolf Krebs. Tensiometermessung beim Bodenschutz auf der Baustelle. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). 2011.

⁴⁰ Pascal Boivin, François Füllemann, Alice Johannes. Développement d'un tensiomètre incassable pour la protection des sols sur les chantiers (TensiOsol). Hochschule für Landwirtschaft, Technik und Architektur Genf (hepia). Gruppe Agronomie, Boden und Substrate. 2012.

Abb. 24 > Messung mit schnell ansprechendem Tensiometer*TensiOsol – Hochschule für Landwirtschaft, Technik und Architektur Genf (hepia)*

Quelle: J.-P. Clément, BAFU

Für jede Messfläche auf Baustellen wird empfohlen, fünf Tensiometer auf einer Fläche von 2 Quadratmetern zu installieren und den Medianwert der Messung als Ergebnis zu berücksichtigen (vgl. Abb. 25). Die Messtiefe beträgt standardmässig 35 cm. Alle Details zur Funktionsweise, zur Vorbereitung und zur Handhabung der Tensiometer finden sich in Merkblättern.

Temporäre
Tensiometermessfläche

Abb. 25 > Temporäre Messfläche mit 5 Tensiometern auf einer Baustelle im St. Galler Rheintal*Golfplatz, Rheintal (SG)*

Quelle: J.-P. Clément, BAFU

Abb. 26 > Permanente kantonale Messstation*Bodenmessnetz Nordwestschweiz*

Quelle: bodenmessnetz.ch

Mehrere Kantone betreiben ein eigenes permanentes Messstationennetz (vgl. Abb. 26). Die Saugspannung wird im Allgemeinen auf zwei Tiefen gemessen: im Oberboden (20 cm) und im Unterboden (35–40 cm). Es ist wichtig, die Besonderheiten der Mess-

Bodenfeuchtemessnetze der
Kantone

stationen (Klimaregion, Art und Nutzung des Bodens, Mikrotopografie, Grundwasser usw.) mit denjenigen des Baustellenstandorts zu vergleichen. Die tensiometrischen Daten der Messstationen können nicht direkt auf ein anderes Gebiet oder eine bestimmte Baustelle übertragen werden, doch sie liefern wertvolle Angaben zur zeitlichen Entwicklung des Feuchtezustands der Böden sowie zu ihrer Abtrocknungszeit. Dadurch können die Abtragsarbeiten je nach den klimatischen Besonderheiten einer Region besser geplant werden. Sie sind daher sehr nützlich für die Planungsphase (Bauprogramm).

Hinweis: Bei der Entscheidung, welche Maschinen eingesetzt werden sollen, sind die Messungen auf der Baustelle massgeblich.

Bei gefrorenen, flachgründigen (< 50 cm), sehr steinigen oder grobsandigen Böden kann sich die Verwendung eines Tensiometers als unmöglich erweisen. In solchen Fällen ist die Verdichtungsempfindlichkeit der Böden mithilfe der Niederschlagsdaten, die auf der Baustelle mit dem Pluviometer erhoben werden, und durch Abschätzung der Abtrocknung des Bodens, z. B. von Hand, zu beurteilen. Diese Situation tritt in alpinen Gebieten häufig auf.

Rolle der BBB: Die BBB ist auf der Baustelle bei allen Arbeiten präsent, die den Boden belasten könnten. Anhand der tensiometrischen Werte und anderer Geländetests kann sie – unter Berücksichtigung der momentanen Bedingungen auf der Baustelle und der betroffenen Bodentypen – beurteilen, ob der Einsatz einer Maschine sinnvoll ist.

Grenzen der Verwendung
von Tensiometern

3.7

Wahl der Maschinen und der Abtragsverfahren

Die dauerhafte Verdichtung des Unterbodens wird in der Umweltgesetzgebung⁴¹ als Belastung betrachtet. Der Leitfaden «Bodenschutz beim Bauen» des BUWAL (2001; heute BAFU) und die VSS-Norm SN 640 583 empfehlen Folgendes:

Stand des Wissens –
Wahl der Maschinen und
der Abtragsverfahren

- > Der gewachsene Boden darf von Baumaschinen, deren Bodenpressung über 0.5 kg/cm² liegt, nicht befahren werden.
- > Der gewachsene Boden darf von Baumaschinen mit Industriereifen nicht befahren werden, ausser wenn die Saugspannung über 25 cbar beträgt, die Radlast 2,5 t pro Rad nicht überschreitet und die Bodenpressung unter 0.5 kg/cm² liegt.
- > *Über 10 cbar Saugspannung:* Mit geeigneten Raupenbaumaschinen kann der Boden befahren werden.
- > *Zwischen 6 und 10 cbar Saugspannung:* Ab 6 cbar können Abtragungen am Ober- und Unterboden vorgenommen werden, aber das (sehr feuchte) Gelände ist nicht tragfähig genug, damit Fahrzeuge den begrünten gewachsenen Boden befahren können.
- > *Unter 6 cbar Saugspannung:* Der Boden darf nicht bewegt werden, da seine Struktur für den Bodenabtrag zu instabil ist. Auch der gewachsene Boden darf nicht befahren werden, da er in diesem Befeuchtungsgrad (nasser Zustand) zu feucht und nicht tragfähig ist.

Bodenpressung und Gewicht

Saugspannung

⁴¹ Art. 6 Abs. 1 VBBö.

Im Jahr 1993 wurde im Rahmen der Erarbeitung der Gasleitungsrichtlinie⁴² ein Nomogramm erstellt, das den Einsatz von Maschinen aufzeigt, und zwar je nach Bodenpressung, dem Gesamtgewicht der Maschine und der mithilfe von Tensiometern gemessenen Saugspannung an der Basis der Furche (30–35 cm). Dieses Nomogramm wurde u. a. in den Leitfaden «Bodenschutz beim Bauen» des BUWAL (heute BAFU) und in die VSS-Norm SN 640 583 übernommen. Es dient als Referenz zur Berechnung der Einsatzgrenzen der Raupenbaumaschinen und basiert auf den tensiometrischen Messungen, die auf der Baustelle vorgenommen werden (vgl. Abb. 27).

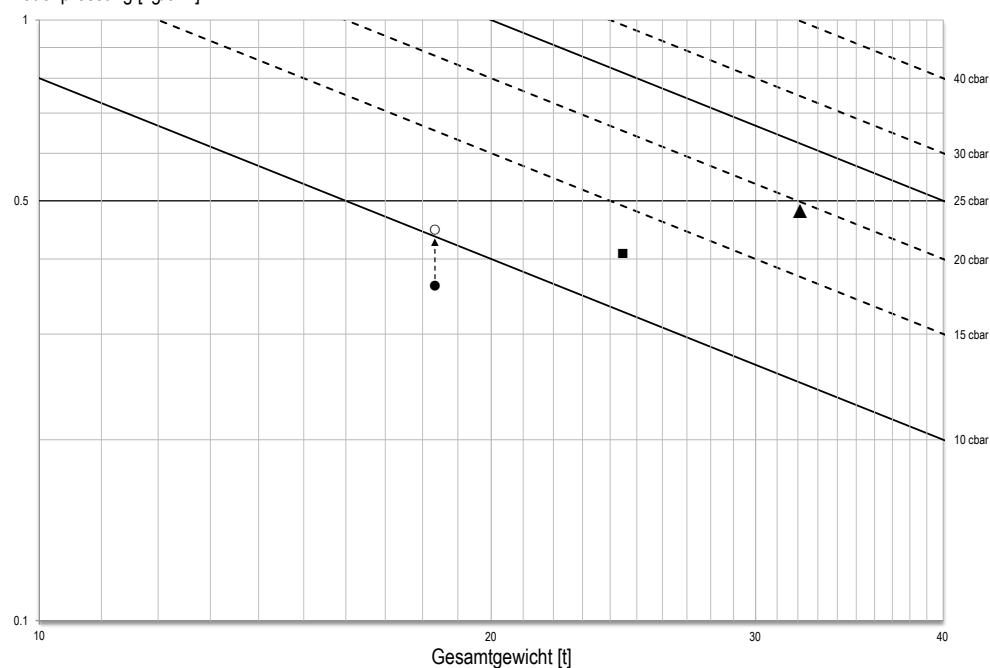
Nomogramm – Einsatzgrenzen von Baumaschinen

Abb. 27 > Einsatzgrenze einer Raupenbaumaschine je nach Bodenfeuchte

Die Einsatzgrenze lässt sich anhand der folgenden Formel errechnen:

$\text{Gesamtgewicht der Raupenbaumaschine [t]} \times \text{Bodenpressung [bar]} \times 125 = \text{minimal erforderliche Saugspannung [cbar]}.$

Bodenpressung [kg/cm²]



Beispiele von Raupenbaggern (vgl. Abb. 27):

- = Gesamtgewicht 18,2 t, Raupenbreite 700 mm, Bodenpressung 0,38 kg/cm²;
- = Gesamtgewicht 24,5 t, Raupenbreite 750 mm, Bodenpressung 0,41 kg/cm²;
- ▲ = Gesamtgewicht 32 t, Raupenbreite 750 mm, Bodenpressung 0,49 kg/cm².

Der Raupenbagger mit 18,2 t Gesamtgewicht kann ab 10 cbar zum Einsatz kommen (○; siehe SN-VSS 640 583 (2001), 5.2 «Angepasster Maschineneinsatz»), der Raupenbagger mit 24,5 t Gesamtgewicht ab 13 cbar und der Raupenbagger mit 32 t Gesamtgewicht ab 20 cbar.

⁴² Richtlinie zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen (Bodenschutzrichtlinien). Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW; heute Bundesamt für Energie, BFE). 1993, revidiert 1997.

3.7.1 Raupenbaumaschinen – Auswahlkriterien für die Ausschreibung

Für die Abtragsarbeiten vertreten die Bodenschutzfachleute einstimmig die Ansicht, dass ein Raupenbagger mit einem Löffel mit glattem Rand am besten geeignet ist, um Abtragsarbeiten ohne Bodenbelastungen auszuführen (vgl. Abb. 28). Idealerweise hat dieser Raupenbagger ein Gewicht von unter 25 t und übt eine Bodenpressung von unter 0.5 kg/cm^2 aus.⁴³ Für Abtragsarbeiten kommen auch andere Raupenbaumaschinen wie Schürfraupen und Laderaupen (Trax) zum Einsatz (vgl. Abb. 29). Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass sie nur unter restriktiven Bedingungen und für ganz bestimmte Bodenarten eingesetzt werden können. Abgesehen von der Verdichtung können sie Verknetungen und Scherungen bewirken, die die Struktur des Bodens beeinträchtigen (vgl. Abb. 30). Einige kantonale Fachstellen, die mit der Umsetzung der VBBo betraut sind, verbieten diese Art von Maschinen im Rahmen der Bewilligungsverfahren. Dasselbe gilt für Baufahrzeuge mit Industriereifen oder Baumaschinenreifen⁴⁴, die nicht geeignet sind, die gewachsenen Böden zu befahren (Kontaktfläche, Reifendruck und die Steifigkeit der Armaturen).

Bodenabtrag

Abb. 28 > Linearer Aushub mit Raupenbagger auf gewachsenem begrüntem Boden



Quelle : J.-P. Clément, BAFU

⁴³ Bodenkundliche Baubegleitung BBB. Leitfaden für die Praxis. Bundesverband Boden (BVB). 2013. Vom Autor nach den Expertenworkshops präzisiert und angepasst.

⁴⁴ Vgl. Bodenschutz beim Bauen. Leitfaden Umwelt Nr. 10. BUWAL (heute BAFU). 2001. S. 68.

Abb. 29 > Raupentrax und Schürfraupe

Quelle: M. Vogt, Vogt Planer



Quelle: J.-P. Clément, BAFU

Abb. 30 > Bodenwiederherstellung mit Planierfraupe unter feuchten Bedingungen

Schäden an der Bodenstruktur durch Verdichtung, Verknetung und Verschmierung führen zu einer verschlechterten Infiltration von Niederschlagswasser in den Boden.



Quelle: J.-P. Clément, BAFU



Das Unternehmen legt bei der Unterbreitung eines Angebots nach der Ausschreibung eine Liste der Maschinen bei, die auf der Baustelle im Rahmen aller Arbeiten auf dem gewachsenen Boden und für die Bewegungen von abgetragenem Boden eingesetzt werden sollen. Die Liste enthält das Gesamtgewicht, die Bodenpressung und die Breite der Raupen der Maschinen. Auf der Grundlage dieser Liste wird festgelegt, ab welchem Saugspannungswert eine Maschine auf dem gewachsenen Boden für Abtragsarbeiten und Erdbewegungen eingesetzt werden darf und ab welchem Wert sie den gewachsenen Boden befahren darf.

Hinweis: Die Maschinen, die für das Befahren von Strassen oder Baupisten oder für Erdarbeiten vorgesehen sind, werden nicht auf dem gewachsenen Boden eingesetzt und befahren diesen auch nicht.

Die Verwendung von Wannenkippern (Radlast von 3500 kg und mehr) für den Transport von Bodenabtrag oder Aushubmaterial anstelle von Raupendumpfern ist nicht sinnvoll. Ihre Bodenpressung liegt weit über derjenigen von Raupendumpfern⁴⁵, und die wiederholten Durchfahrten zerstören die Aggregate durch Verknetungen und Verschmierung.

Maschinenliste

Einsatz von Landwirtschaftsmaschinen auf Baustellen

⁴⁵ Bodenschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Umwelt-Vollzug Nr. 1313. BAFU und BLW. 2013.

Die Arbeiten zur Folgebewirtschaftung wiederhergestellter oder rekultivierter Böden müssen bei optimalem Feuchtezustand des Bodens mit leichten Landwirtschaftsmaschinen mit Niederdruckbereifung (< 1 bar) durchgeführt werden. Der Bauherr ist für die vorschriftsgemässe Ausführung dieser Arbeiten verantwortlich. Falls der Bewirtschafter des wiederhergestellten oder rekultivierten Geländes nicht ideal ausgerüstet ist, wird empfohlen, ein Landwirtschaftsunternehmen beizuziehen.

Landwirtschaftsmaschinen und Verdichtung des gewachsenen Bodens

Aus dem Baugewerbe verlautet häufig, dass die Landwirtschaftsmaschinen bei Schlechtwetter nicht denselben Einschränkungen unterliegen wie die Baumaschinen. Die folgenden Erläuterungen über die Einsatzmerkmale der betreffenden Fahrzeuge können diese ungleiche Behandlung erklären: In den letzten 20 Jahren hat die landwirtschaftliche Mechanisierung enorme Fortschritte bei den Niederdruckreifen (< 1 bar) sowie bei der Anzahl Achsen und der Radstellung (Hundegang) erzielt, um die Böden vor Verdichtung zu schützen. Bei den Baumaschinen war keine solche Entwicklung zu beobachten, auch wenn die Raupenbaumaschinen ebenfalls zur Verhinderung der Verdichtung beitragen. Dazu kommt, dass die Landwirtschaftsarbeiten mit schweren Fahrzeugen hauptsächlich auf die Periode von Juli bis Oktober beschränkt sind, während die Baumaschinen das ganze Jahr im Einsatz sind. Ausserdem befahren die Landwirtschaftsmaschinen bei der Bestellung des Bodens, der Aussaat oder der Ernte den Boden meist nur einmal. Die Baumaschinen hingegen führen auf derselben Fläche innerhalb kurzer Zeit mehrmalige Fahrten durch⁴⁶.

In den letzten Jahren wurden Untersuchungen durchgeführt, um Entscheidungshilfen zur Verhinderung von dauerhaften Verdichtungen durch die Landwirtschaftsmaschinen zu entwickeln. In der Schweiz werden zwei computergestützte Modelle verwendet, um das Verdichtungsrisiko beim Befahren eines Bodens in einem bestimmten Zustand durch eine Landwirtschaftsmaschine mit Reifen zu ermitteln: TASC[®] und Terranimo[®]. Das Terranimo[®]-Modell ist im Internet frei zugänglich und liegt in zwei Versionen vor: eine Version Terranimo light[®], die eine einfache und rasche Beurteilung des Verdichtungsrisikos ermöglicht, und Terranimo expert[®], mit dem eine präzisere Bestimmung der Bodenfestigkeit sowie eine Evaluierung der technischen Massnahmen zur Verringerung der Bodenbelastung möglich sind.

Das Modell Terranimo berechnet das Risiko der nachhaltigen Verdichtung ab einer Tiefe von 35 cm in einem gewachsenen Boden. Da das Modell für Landwirtschaftsreifen mit Niederdruck oder ähnliche Reifen konzipiert wurde (nicht starr, nicht armiert) sowie für Landwirtschaftsböden mit einer Mächtigkeit von mindestens 50 cm (insbesondere für Fruchtfolgeflächen FFF), kann es nicht direkt auf Raupenbaumaschinen übertragen werden.

⁴⁶ Bodenschutz beim Bauen. Leitfaden Umwelt Nr. 10. BUWAL (heute BAFU). 2001. Teil 6 und Kapitel 7.

3.7.2 Abtragsverfahren für Eingriffsflächen

Es geht darum, ein Verfahren für den Abtrag und die Bewegung von Bodenmaterial zu finden, das möglichst schonend für den Boden ist. Die Arbeitsschritte sollen auf ein Minimum reduziert und die Kosten optimiert werden. Die Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich hat rund 20 Abtragsmethoden und etwa 30 Folgebewirtschaftungsmethoden dokumentiert und dabei die Vor- und Nachteile jeder einzelnen Vorgehensweise sowie der verwendeten Maschinen kommentiert.⁴⁷ Dieses Projekt hat gezeigt, dass es zahlreiche Möglichkeiten gibt, den Bodenschutz während solcher Arbeiten zu optimieren, und dass diese Massnahmen gleichzeitig eine bessere Wirtschaftlichkeit und Effizienz ermöglichen.

Das Grundprinzip besagt, dass der Abtrag von Bodenmaterial streifenweise vom gewachsenen Boden oder von einer temporären Baupiste aus zu erfolgen hat. Der verdichtungsempfindliche Unterboden darf keinesfalls befahren werden.

Bei den definitiven oder temporär abgetragenen Eingriffsflächen werden für den Beginn des streifenweisen Abtrags zwei Verfahren empfohlen. Es wird entweder eine temporäre Baupiste angelegt und der erste Streifen wird von der Piste aus abgetragen, oder der Raupenbagger fährt auf dem gewachsenen Boden des ersten Abtragsstreifens und legt den Oberboden auf den zweiten abzutragenden Streifen ab. Der Unterboden wird auf der Seite der Eingriffsfläche deponiert (vgl. Abb. 31).

Stand des Wissens –
Abtragsverfahren für
Eingriffsflächen

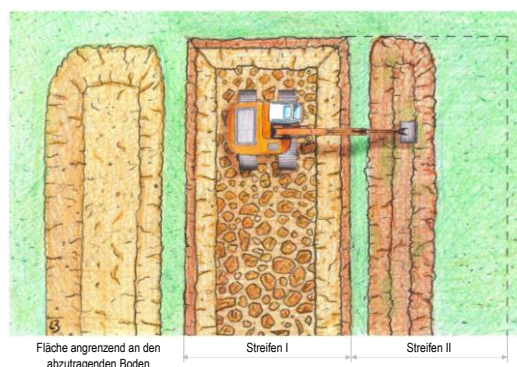
Streifenweiser Bodenabtrag

Abb. 31 > Streifenweiser Abtrag

Streifenweiser Abtrag des Ober- und Unterbodens von einer temporären Baupiste aus



Streifenweiser Abtrag des Ober- und Unterbodens vom Untergrund aus ohne temporäre Baupiste



Zeichnung: L. Bourban

Zusammenfassung der Empfehlungen für den Bauherr und/oder den Planer:

- > Er legt mithilfe der BBB ein Verfahren für den Bodenabtrag und die Wiederherstellung fest (Pflichtenheft für die Maschinen), um über eine genügend detaillierte Grundlage für die Ausschreibung zu verfügen.

Empfehlungen –
Abtragsverfahren für
Eingriffsflächen

⁴⁷ Methodenblätter zu den Arbeitsarten «Abtrag», «Auftrag» und «Leitungsbau». Kanton Zürich, Baudirektion. Amt für Landschaft und Natur (ALN). Die Methodenblätter können auf der Website des Kantons heruntergeladen werden.

- > Er erstellt bei einer chemischen und/oder biologischen Belastung des abgetragenen Bodens ein Bodenschutzkonzept, in dem die Standorte, die Abtragsverfahren, die Zwischenlagerung und die Entsorgung dieses Materials festgehalten werden. Die Entsorgung kann sich als sehr kostspielig erweisen, die entsprechenden Kosten sind möglichst früh im Projektablauf abzuschätzen.
- > Er sieht bei Abtragsarbeiten den Einsatz von leichten Raupenbaggern vor, die ein möglichst geringes Gesamtgewicht und eine möglichst kleine Bodenpressung haben. Ausserdem soll in der Ausschreibungsphase die Möglichkeit genutzt werden, die Abtragsarbeiten von den Erdarbeiten zu trennen. Die Ausschreibung enthält spezifische Artikel für diese beiden Anforderungstypen⁴⁸.
- > Er plant die Abtragsarbeiten während der Vegetationsperiode ein.
- > Er lässt die abzutragenden Flächen im Vorjahr oder mindestens drei bis sechs Monate vor den Abtragsarbeiten begrünen. Auf jeden Fall müssen die Bewirtschafter der betroffenen Flächen spätestens bis Ende Juni des Jahres vor den Bauarbeiten über Begrünungsmassnahmen oder über das Verbot, die Böden zwischen der Ernte und den Abtragsarbeiten zu bearbeiten, informiert werden. Dieses Verbot gilt auch für minimale Bodenbearbeitungen (z. B. Einarbeiten von Kulturrückständen).
- > Er lässt die abzutragenden Flächen periodisch mähen.
- > Er erstellt einen Zeitplan für die Arbeiten, der das Risiko von Schlechtwetter im Gebiet berücksichtigt.
- > Er legt im Werkvertrag eine Anzahl Tage mit Schlechtwetter fest, ab der der Unternehmer Anspruch auf eine Entschädigung und/oder eine Fristverlängerung hat.

3.8

Baustellenerschliessung und Baupisten

Gemäss der guten Praxis wird versucht, möglichst viele bestehende Zufahrtswege zu benutzen sowie bereits versiegelte Flächen als Zwischenlager und Bauinstallationsplätze zu verwenden. Mit Baupisten kann man die Lasten verteilen und die Bodenverdichtung verringern. Beim Anlegen solcher Pisten stellen sich in der Regel Fragen zur Materialwahl, zu den Abmessungen (Dicke und Breite) sowie zum Unterhalt. Detaillierte Verfahren finden sich in den kantonalen Merkblättern. Die Baupiste aus ungebundenem Gemisch 0/45⁴⁹ wird momentan als die am besten geeignete Lösung für fast alle Boden- und Baustellentypen betrachtet (vgl. Abb. 32). Weitere Pistenarten werden nachfolgend vorgestellt. Es sei in diesem Zusammenhang daran erinnert, dass der Aufbau dieser provisorischen Installationen erst beginnen kann, wenn die Böden genügend abgetrocknet sind und wenn das Nomogramm für den Einsatz der Maschinen berücksichtigt wurde.

Stand des Wissens –
Baustellenerschliessung und
Baupisten

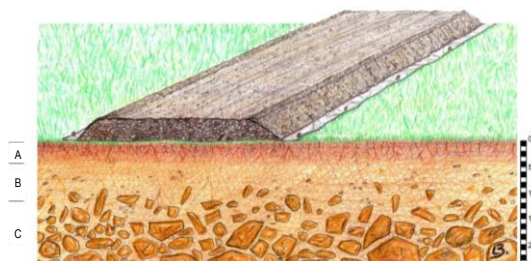
⁴⁸ Claude Kündig, François Petriccioli. Gestion des terres végétales. Exigences du service des routes du canton de Vaud. 2010; SIA-Norm 118. Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten.

⁴⁹ SN-VSS 670 119-NA.

Abb. 32 > Baupisten mit Kiesgemisch 0/45

Baupiste mit Kiesgemisch 0/45 mit einer Dicke von 0,5 m nach dem Walzen über Trennvlies auf bewachsenem Boden

Versuche der HTA Freiburg, Grangeneuve



Quelle: L. Bourban



Quelle: J.-P. Clément, BAFU

Das Kiesgemisch wird rückwärtsfahrend auf dem natürlichen, begrünten und mit einem Trennvlies geschützten Boden aufgebracht. Das Vlies wird entsprechend seiner Funktion, d. h. Trennung, Filtrierung, Entwässerung oder Verstärkung, ausgewählt. Es ist festzulegen, wozu dieses Vlies primär dient. Die Piste muss nach dem Walzen eine Mächtigkeit von mindestens 50 cm aufweisen⁵⁰. Damit die Kiespisten während der gesamten Baustellendauer funktionstüchtig bleiben, müssen sie regelmässig gewartet werden. Diese Unterhaltsarbeiten sind in den Ausschreibungsunterlagen zu erwähnen. Je nach Standort der Piste wird ein Regenwasserauffang- und Entwässerungssystem eingerichtet.

Ungebundene Gemische

Piste mit Aushubmaterial direkt von der Baustelle: Aushubmaterial eignet sich nicht immer für die Errichtung von Baupisten oder Anlagen. Je gröber die Körnung, desto schlechter ist die Verteilung der Auflast. Korngrössendurchmesser von über 15 cm sind zu vermeiden.

Pisten mit Holzschnitzeln: Sie stellen eine gute Lösung für Baustellen im Wald dar, wo Holzschnitzel aus der Rodung direkt wiederverwendet werden können. Es gilt zu beachten, dass an feuchten Standorten der Fäulungsprozess rasch voranschreiten kann. Dadurch gelten höhere Anforderungen an den Unterhalt und an das Recycling der Piste. Die Schichthöhe muss nach dem Walzen zwingend 50 cm betragen.

Verbundplatten: Die Platten müssen sich genügend überlappen, um die Festigkeit der Piste und damit den Bodenschutz zu gewährleisten (vgl. Abb. 33). Sie sind mit Stiften zu sichern. Ihr Vorteil ist ihre Leichtigkeit und die gute Transportfähigkeit⁵¹. Dieses Verfahren eignet sich neben dem Anlegen von temporären Baupisten insbesondere für Abtragsarbeiten auf weichen Böden (z. B. auf organischen Böden).

Baggermatratzen aus Rundhölzern: Für die Abtragsarbeiten, die nur von kurzer Dauer (eine Saison ohne Überwinterung) oder punktueller Art sind, eignet sich diese effiziente und kostengünstige Methode (vgl. Abb. 34). Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass die Rundhölzer bei häufigem Befahren rasch zersplittern.

⁵⁰ Je nach Gewicht der Maschinen wird eine Schichthöhe von 40 bis 60 cm Kies nach dem Walzen empfohlen. Merkblätter «Lastverteilende Massnahmen». Kanton Zürich, Baudirektion. Amt für Landschaft und Natur (ALN). Die Merkblätter können auf der Website des Kantons heruntergeladen werden.

⁵¹ Test de l'efficacité de trois pistes de protection des sols sur chantier à préserver les propriétés physiques des sols. Rapport technique. Hochschule für Landwirtschaft, Technik und Architektur Genf (hepia) und Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR). 2010.

Abb. 33 > Mobile Verbundplatten*Versuche der HTA Freiburg, Grangeneuve***Abb. 34 > Baggermatratzen aus Rundhölzern***Versuche der HTA Freiburg, Grangeneuve*

Quelle: J.-P. Clément, BAFU

Starre Plattensysteme aus Metall oder Beton: Diese Platten haben den Vorteil, dass sie starr sind und grosse Lasten auszuhalten vermögen. Ihr hohes Gewicht führt jedoch dazu, dass ihre Handhabung schwierig und ihr Transport teuer ist. Auf dem Gelände neigen diese Platten dazu, sich am Rand zu senken und die Böden zu verdichten.

3.9 Verfahren zur Zwischenlagerung von abgetragem Boden

Dank der Erfahrungen, die bei der Zwischenlagerung von abgetragem Boden über lange Zeiträume gesammelt wurden, können zur Schütthöhe der Zwischenlager, zur Dauer der Zwischenlagerung und zum Empfindlichkeitsgrad der Böden nun genauere Aussagen gemacht werden. Tabelle 9 hält die Kriterien fest, die momentan verwendet werden, und ergänzt und präzisiert sie. Die Erfahrung auf den Baustellen hat gezeigt, dass Lagerungen von bis zu sieben Jahren unproblematisch waren. Bei verdichtungsempfindlichen Böden wird empfohlen, das Bodenmaterial nicht länger als sechs Monate zu lagern und eine Überwinterung zu vermeiden (Lagerung von April bis Oktober). Böden, die reich an organischem Material sind (über 30 Prozent organisches Material), sollen bevorzugt sofort verwertet oder weniger als einen Monat zwischengelagert werden. Für langfristige Zwischenlagerungen wird empfohlen, die gewachsenen Böden unter den Zwischenlagern nicht abzutragen und die Schütthöhe der Lager zu reduzieren.

Eine begrenzte Höhe und eine Dreiecks- oder Trapezform verbessern die Belüftung des Zwischenlagers, verringern die luftdichten Zonen im Innern (Kern) und erhalten gleichzeitig die Aggregatsstruktur und den Gehalt an organischem Material (vgl. Abb. 35 und Tab. 9). Eine Begrünung begünstigt die Bodenbelüftung über die Wurzeln und stellt eine Abtrocknung des Bodens sicher. Es sollte folglich eine Pflanzenmischung mit tiefwurzelnden Pflanzen (z. B. Luzerne) gewählt werden.

**Stand des Wissens –
Zwischenlagerung von
abgetragem Boden**

**Schütthöhe, Form und Begrünung
der Zwischenlager**

Tab. 9 > Empfohlene Massnahmen für die Zwischenlagerung von Ober- und Unterboden je nach Bodenart und Dauer der Zwischenlagerung

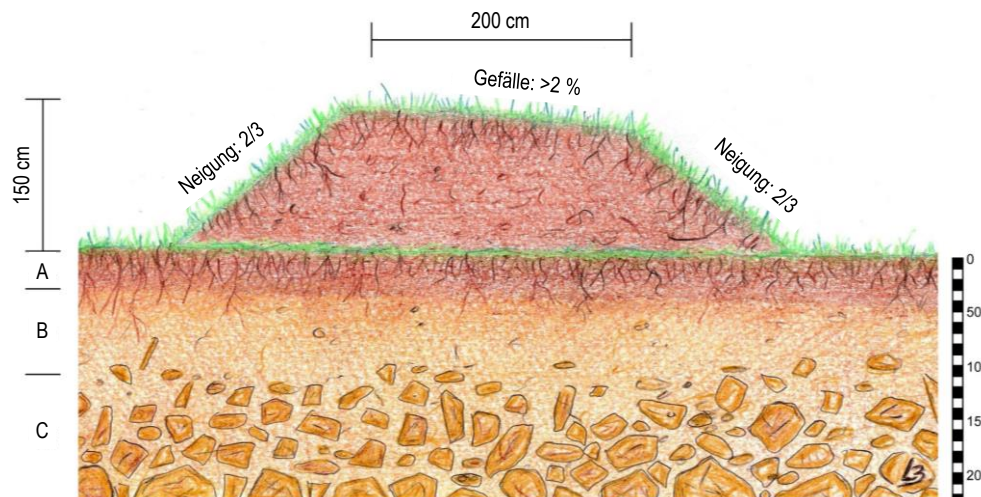
Die Schütthöhe bezieht sich immer auf loses Material.

Oberboden (A-Horizont)	Zwischenlagerung ohne Überwinterung	Zwischenlagerung mit Überwinterung
Ist eine Begrünung notwendig?	Ja, falls die Dauer 5 Monate übersteigt. Achtung: Unerwünschte Pflanzen könnten sich ausbreiten. Falls dieses Risiko besteht, wird eine rasche Ansaat empfohlen.	Ja.
Schütthöhe des Lagers je nach Tongehalt und Empfindlichkeit des Bodens	1,5 m; 1 m, falls der Tongehalt 30 % übersteigt	1,5 m; 1 m, wenn der Tongehalt 30 % übersteigt
Unterboden (B-Horizont)	Zwischenlagerung ohne Überwinterung	Zwischenlagerung mit Überwinterung
Ist eine Begrünung notwendig?	Ja, falls die Dauer 5 Monate übersteigt. Falls unerwünschte Pflanzen vorhanden sind, ist frühzeitig anzusäen.	Ja.
Schütthöhe des Lagers je nach Tongehalt und Empfindlichkeit des Bodens	2,5 m; 2 m, wenn der Tongehalt 30 % übersteigt	2,5 m; 2 m, wenn der Tongehalt 30 % übersteigt

Autor: E. Bellini, IC Infraconsult AG

Abb. 35 > Zwischenlagerung von abgetragenen Boden

*Zwischenlagerung von abgetragenen Oberboden (in Trapezform);
Dauer: 1 Jahr und mehr*



Zeichnung: L. Bourban

Falls schwach belasteter abgetragener Boden zwischengelagert werden muss, damit er am selben Standort bei der Wiederherstellung verwertet werden kann (Konzentrationen zwischen den Richtwerten und den Prüfwerten der VBBo), ist darauf zu achten, dass er auf Flächen gelagert wird, die keinerlei Risiken der Auswaschung von Stoffen in den Boden und der diffusen Verschmutzung über Oberflächenabfluss aufweisen. Es sollen folglich bevorzugt entwässerte Installationsplätze oder undurchlässige Flächen verwendet werden.

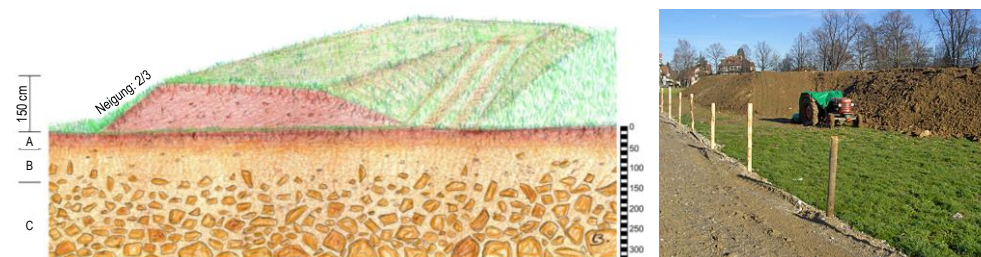
**Schwach belastetes
Bodenmaterial**

Zusammenfassung der Empfehlungen:

- > Bei der Planung und der Realisierung des Bauwerks muss der Unterhalt der Zwischenlager (Pflegeschnitt, Unkrautbekämpfung) berücksichtigt werden (vgl. Abb. 36).
- > Zwischenlager mit mindestens einer Überwinterung können auf einem Trennvlies errichtet werden.
- > Beim Aufbau des Zwischenlagers ist darauf zu achten, dass die Belüftung und das Wachstum der Einsaat nicht durch Verschmierungen oder Verdichtungen beeinträchtigt werden.
- > Die Lagerung darf niemals in einer Mulde erfolgen, da bei Starkregen eine Durchnässung und eine Erstickung drohen. Bei Oberflächenabflüssen am Hang muss das Regenwasser abfließen können, und es sind allenfalls Entwässerungen vorzusehen.
- > Das abgelagerte Material darf nicht von Baumaschinen befahren werden. Insbesondere darf der Bagger nicht auf die Zwischenlager hochfahren, um sie abzuböschen oder um sie wieder abzubauen.
- > Je nach Lagerdauer, Typ des abgetragenen Bodens und dem Vorhandensein unerwünschter Pflanzen ist eine Begrünung vorzusehen.

Empfehlungen – Zwischenlagerung von abgetragenem Boden

Abb. 36 > Alternative Form für eine längere Zwischenlagerung



Zeichnung: L. Bourban

Quelle: R. Quartier, BAFU

3.10 Verfahren zur Wiederherstellung oder zum Wiedereinbringen der Böden nach den Arbeiten

Am Ende der baulichen Eingriffe – bei der Übergabe des Bauwerks an den Bauherrn – veranlasst die Bauleitung die Wiederherstellung der Böden (z. B. über einer Überdeckung, über einer Auffüllung oder bei Grünflächen) oder die Wiedereinbringung des Bodens der temporär genutzten Eingriffsflächen. Die Wiederherstellung der Böden wird von Tiefbauunternehmen durchgeführt und in einem Abnahmeprotokoll des «Bauwerks Boden» festgehalten, sodass die ordnungsgemäße Durchführung der Wiederherstellungsarbeiten bestätigt und eventuell nötige Sanierungen festgelegt werden können, ehe die Böden definitiv abgenommen werden.

Zuständigkeiten

Nach der Abnahme der wiederhergestellten Böden oder des beanspruchten gewachsenen Bodens beginnt die Phase der Folgebewirtschaftung, die zur Schlussabnahme und zur Rückgabe der Flächen an die Nutzer führt. Erst mit dem unterzeichneten Schlussabnahmeprotokoll über die Rückgabe der Flächen an die Nutzer wird der Bauherr von

jeglicher Verantwortung betreffend wiederhergestellten als auch für instand gestellte gewachsene Böden befreit.

Häufig werden spezialisierte Gartenbau-, Landwirtschafts- oder Forstwirtschaftsunternehmen mit der Folgebewirtschaftung betraut. Bei kleinen Eingriffsflächen kann der Bauherr diese Unterhaltsarbeiten den künftigen Nutzern übertragen, doch bleibt er für die Einhaltung der Auflagen in der Baubewilligung allein verantwortlich.

Die Wiederherstellung von Böden muss sorgfältig geplant werden, ebenso die Folgebewirtschaftung. Für Baustellen mit grossen temporär genutzten Flächen und Wiederherstellungen wird empfohlen, ein «Wiederherstellungs- bzw. ein Folgebewirtschaftungskonzept» zu erstellen, das den Prozess und die einzuhaltenden Auflagen detailliert beschreibt.

Die Wiederherstellung der Böden fängt mit der Erstellung der Rohplanie an und endet mit der Schlussabnahme und der Rückgabe der Böden an die Nutzer (vgl. Tab. 10). Sie umfasst zahlreiche Regeln und Empfehlungen, die wie folgt zusammengefasst werden können:

Etappen der Wiederherstellung

- > *Rohplanie:* Die Fläche der Rohplanie und die Schnittstelle zwischen Rohplanie und wiederhergestelltem Boden müssen Gegenstand von Vorschriften bezüglich der Versickerung und der Ableitung des Entwässerungswassers sein. Die Kontinuität der hydraulischen Leitfähigkeit an der Basis des wiederhergestellten Bodens ist zu gewährleisten.
- > *Festlegung der Wiederherstellungsziele:* Die Kriterien, die bei der Wiederherstellung der Böden festgelegt wurden, sind abhängig von den Nutzungszielen nach der Rückgabe dieser Flächen an die Bewirtschafter.
- > *Wiederherstellungskriterien:* Die Wiederherstellungskriterien legen die bodenkundlichen Eigenschaften des verwendeten Bodenmaterials und die Mächtigkeit der einzubringenden Schichten je nach der geplanten Verwendung (z. B. Grünfläche, produktiver FFF-Landwirtschaftsboden, produktiver Waldboden, extensiv genutzte Böden) fest. Sie bestimmen die Dauer der Folgebewirtschaftung und dienen als Referenz für das Abnahmeprotokoll des Bauwerks.
- > *Folgebewirtschaftung:* Diese Phase erfordert eine gute Information der Nutzer, denn häufig gibt es einen Interessenkonflikt zwischen der Ungeduld des Nutzers, sein Terrain wieder vollständig zurückzuerhalten, und der Notwendigkeit, die wiederhergestellten Böden zu stabilisieren und zu restrukturieren. Für Flächen von 5000 m² und mehr wird die Erstellung einer Vereinbarung über die Folgebewirtschaftung und die Entschädigung gemäss den Normen des Schweizerischen Bauernverbands empfohlen. Am Ende dieser Phase wird ein Abnahmeprotokoll erstellt, das den Bauherrn von seiner Verantwortung entbindet.

Tab. 10 > Begrünung und Folgebewirtschaftung – Planung und Ausführung*Ablauf von oben nach unten*

	Massnahmen auf den beanspruchten Eingriffsflächen		Landkäufe, Verträge mit Bewirtschaftern	Wichtigste Dokumente in Bezug auf Böden	
Planungsphase	Bewirtschaftung und normale Fruchtfolge ausser im Fall von archäologischen Ausgrabungen		Erste Kontakte mit den Bewirtschaftern Übereinkunft mit den Bewirtschaftern	Konzept für Erdbewegungen und Folgebewirtschaftung	Pflichtenheft für die BBB
Ausschreibungsphase	Der Bauherr ist in allen diesen Phasen für den Bodenschutz verantwortlich. Der Auftrag der bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) betrifft ebenfalls alle diese Phasen.	Vorgängige Begrünung der definitiv und der vorübergehend beanspruchten Flächen		Ausschreibungsunterlagen: besondere Bedingungen, Leistungsverzeichnis (NPK) Beilagen zu den Ausschreibungsunterlagen: Detailpläne der beanspruchten Flächen, Karten der Bodenabtragungen	
Realisierungsphase		Bodenabtragungen und Zwischenlagerungen Unterhalt der Zwischenlager Wiederherstellung der abgetragenen und der vorübergehend beanspruchten Flächen	Modalitäten der Folgebewirtschaftung wenn nötig anpassen und nachführen	Abnahmeprotokoll der Rohplanie	
Inbetriebnahme und Bewirtschaftung des Bauwerks		Folgebewirtschaftung zu sanierender Flächen oder von wiederhergestellten Böden Eventuelle Verlängerung der Übergangsphase		Abnahmeprotokoll des «Bauwerks Boden» Schlussabnahmeprotokoll	
	Bewirtschaftung der Landwirtschaftsflächen mit normaler Fruchtfolge				

Autor: E. Bellini, IC Infraconsult AG

3.10.1 Realisierung und Abnahme der Rohplanie

Der Zustand der Rohplanie, auf der der Boden wiederhergestellt wird, hat einen grossen Einfluss auf die Morphologie des Bodens und auf den Wasserabfluss durch den Boden (Vernässung an der Bodenbasis wegen eines Barriereneffekts oder Mulden im Schüttmaterial sowie Unterbrechung der hydraulischen Leitfähigkeit an der Schnittstelle Rohplanie/Boden). Die Stabilität des Schüttmaterials soll das Auftreten von Wasseransammlungen verhindern. Die Bestimmung der Neigung der Rohplanie, der Einbau von Entwässerungsrinnen, die mit grobem Kies oder Steinen gefüllt sind, sowie der Aufbau einer Schicht, die die hydraulische Leitfähigkeit zwischen Boden und Rohplanie sicherstellt, sind Massnahmen, die berücksichtigt und geplant werden müssen. Die Neigung wird je nach mittleren Niederschlagsvolumen in der Region bestimmt:

- > mehr als 1000 mm Jahresniederschlag: mindestens 5 % Neigung der Rohplanie;
- > weniger als 1000 mm Jahresniederschlag: zwischen 2 und 3 % Neigung empfohlen.

Der wiederhergestellte Boden darf keinesfalls zur definitiven Regulierung des Niveaus und der Morphologie des Geländes dienen. Die Ziele, die für die Rohplanie definiert wurden, müssen detailliert und genau angegeben und bei der Abnahme der Rohplanie überprüft werden (Bauleitung, Unternehmen und BBB), bevor zur Phase der Wiederherstellung des Bodens übergegangen wird. Es empfiehlt sich, ein Protokoll zu verfassen, um die verbleibenden Aufgaben sowie die zu behebenden Mängel festzuhalten.

3.10.2 Wiederherstellung des Bodens

Es wird empfohlen, nach Fertigstellung der Rohplanie den Unter- und den Oberboden mithilfe eines Raupenbaggers in einem einzigen Arbeitsschritt aufzutragen, und zwar in aufeinanderfolgenden Streifen (vgl. Abb. 37) und in der Richtung der Hangneigung. Die Wiederherstellung erfolgt vom Untergrund aus (Rohplanie). Der rekultivierte Boden darf keinesfalls von Baumaschinen befahren werden.

Abb. 37 > Wiederherstellung des Bodens in aufeinanderfolgenden Streifen in einem Arbeitsgang



Quelle: R. Quartier, BAFU

Das Verfahren des streifenweisen Bodenauftrags hat folgende *Vorteile*:

- > der Zeitgewinn ist offensichtlich, da dieses Verfahren effizienter ist und weniger anfällig in Bezug auf die Wetterbedingungen;
- > die Maschinen befahren den Unterboden und den wiederhergestellten Boden nicht;
- > der Unterboden muss nicht zwischenbegrünt werden.

Die *Nachteile* oder Risiken des Auftrags in einem einzigen Schritt (oder streifenweise) sind:

- > diese Technik erfordert eine anspruchsvollere Baustellenlogistik (vgl. Abb. 38), da das Heranbringen von Material aus dem Oberboden und aus dem Unterboden gleichzeitig erfolgen muss (Risiko, dass die beiden Materialien verwechselt werden);

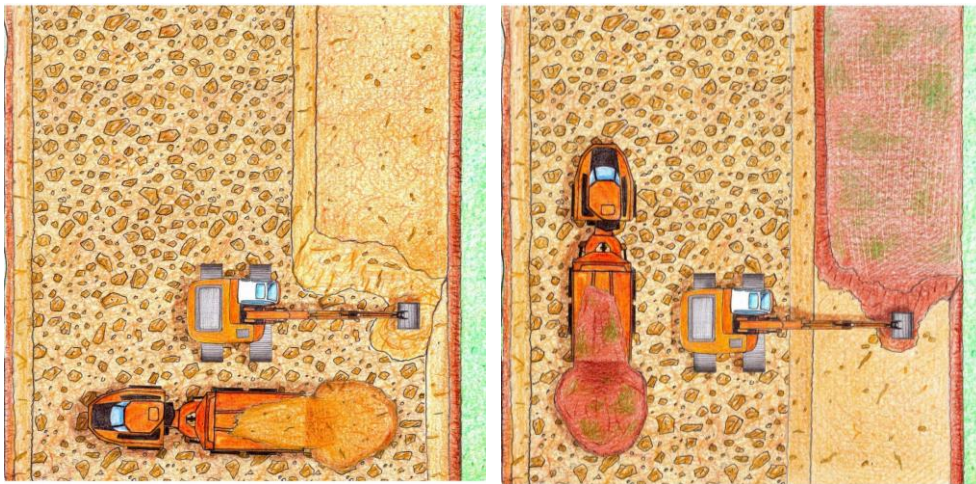
**Streifenweiser Bodenauftrag –
Vor- und Nachteile**

- > die Höhenhorizonte von Unter- und Oberboden müssen ständig überprüft werden (Niveaumarken).

Abb. 38 > Streifenweiser Auftrag von Unter- und Oberboden

Streifenweiser Auftrag von Unterboden

Streifenweiser Auftrag von Oberboden



Zeichnung: L. Bourban

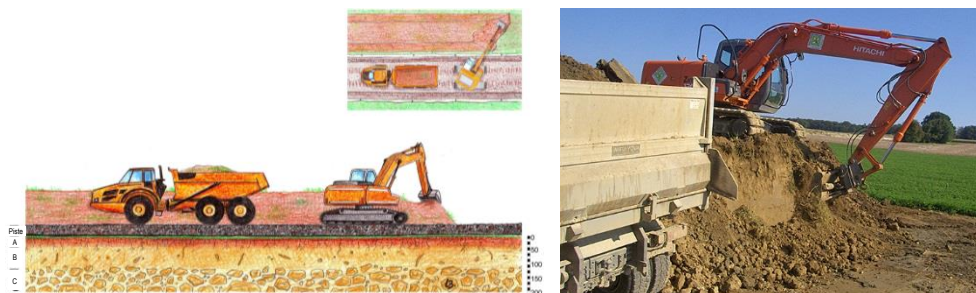
Für den Rückbau der Zwischenlager sollte der Raupenbagger das wallförmige Lager vom gewachsenen Boden oder von einer Baupiste aus und nicht auf dem Zwischenlager stehend abtragen (vgl. Abb. 39), da sonst das Risiko von Verdichtung und Verschmierung besteht.

Rückbau der Zwischenlager

Abb. 39 > Rückbau der Zwischenlager von Ober- und Unterboden

Rückbau der Zwischenlager von einer Baupiste aus

Rückbau der Zwischenlager von oben (nicht erwünscht!)



Zeichnung: L. Bourban

Quelle: J.-P. Clément, BAFU

3.10.3 Abnahme des «Bauwerks Boden»

Die Zielsetzung für den wiederhergestellten Boden muss klar und detailliert formuliert und auch bei der Abnahme des wiederhergestellten Bodens vor dem Übergang zur Folgebewirtschaftung kontrolliert werden (Bauleitung, Unternehmen, BBB). Es empfiehlt sich, ein Abnahmeprotokoll des «Bauwerks Boden» zu erstellen, in dem zu korrigierende Mängel festgehalten werden können.

3.11

Instandstellung der Eingriffsflächen auf Böden, auf linearen Baugruben oder auf wiederhergestellten Böden

Die Phase der Wiederherstellung des Bodens und die Phase der Folgebewirtschaftung finden für Grossbaustellen nach der Abnahme des Bauwerks im engeren Sinne statt. Das heisst, dass die Bauleitung in diese Arbeiten nicht mehr involviert ist, ausser für eine allfällige Behebung von Mängeln, die bei der Abnahme des Bauwerks festgestellt wurden. Die Beseitigung solcher Mängel sowie die Eingriffe zur Wiederherstellung und/oder Folgebewirtschaftung werden von spezialisierten Unternehmen (oder durch den Nutzer) übernommen.

Zuständigkeiten

Der Bauherr bleibt bis zur Schlussabnahme für die temporär genutzten Flächen verantwortlich, einschliesslich der versteckten Mängel des «Bauwerks Boden» oder der Mängel, die von Einsätzen der spezialisierten Subunternehmen stammen. Er muss darauf achten, dass die Einschränkungen und Vorsichtsmassnahmen betreffend Bodenschutz eingehalten werden und dass ein angepasster Wiederaufbau des Bodens gefördert wird. Der künftige Nutzer kann diese Einschränkungen und Vorsichtsmassnahmen, die von der Umweltgesetzgebung vorgeschrieben werden, nicht unter dem Vorwand ignorieren, einen rascheren Zugang zu seinem Gelände zu erhalten. Werden diese Vorschriften nicht eingehalten, kann dies zum Verlust des Entschädigungsanspruchs für Ertragsausfall oder für versteckte Mängel führen.

Es ist im Interesse des Bauherrn, für diese Arbeitsphasen mit der beauftragten BBB oder einer Fachperson für Folgebewirtschaftung einen Vertrag abzuschliessen. Bei Baustellen mit erheblichen temporär genutzten Flächen sollte der Bauherr schon in der Planungsphase des Projekts sicherstellen, dass diese Fragen von den Spezialisten im Detail untersucht und in einem Wiederherstellungs- und Folgebewirtschaftungskonzept für die temporär genutzten Flächen festgehalten werden.

Der Planer muss sich bezüglich der Wiederherstellung drei Fragen stellen:

Planung

- > *Welche Flächen sind von einer Instandstellung betroffen?* Es handelt sich einerseits um die temporären Eingriffsflächen der Baustelle auf gewachsenen Böden, z. B. Installationsplätze und Zufahrten mit oder ohne Baupiste. Betroffen sind andererseits Baugruben für unterirdische Leitungen (<1,25 m breit), Baugruben von 1,25 bis 2,50 m, abgetragene Flächen mit Bodenauftrag auf dem ursprünglichen Untergrund sowie die Flächen mit wiederhergestelltem Boden auf der Rohplanie.
- > *Welche Böden sind Gegenstand einer Folgebewirtschaftungsphase?* Für breite lineare Baustellen und abgetragene oder wieder aufgebaute Böden wird die Folgebewirtschaftung von der Planungsphase an detailliert festgehalten. Beim Abschluss der Baustelle beurteilt die BBB den Zustand der oberflächlichen Verknüpfung und der Verdichtung des gewachsenen Bodens.
- > *Welche Massnahmen sind empfehlenswert?* Die während der Folgebewirtschaftung vorzunehmenden Massnahmen (vgl. Abb. 40) hängen von den bodenkundlichen Merkmalen der betroffenen Böden, ihrer Strukturstabilität (natürliche Setzung, Restrukturierung durch Wurzeln und Bodenorganismen) und von ihrer künftigen Nutzung ab.

Abb. 40 > Lockerung mit Spatenpflug



Quelle: Amt für Umweltschutz und Energie (AUE), Kanton Basel-Landschaft

Tabelle 11 enthält Massnahmen der Folgebewirtschaftung während der Übergangsphase, und zwar je nach Art der Eingriffsfläche und der bodenkundlichen Merkmale der betroffenen Böden.

Die Schlussabnahme der Flächen mit oder ohne Folgebewirtschaftung (nach der Übergangsphase) wird in einem Abnahmeprotokoll über die Rückgabe an den Nutzer festgehalten. Dieses wird von einer Fachperson Boden (z. B. BBB oder Bodenkundler) in Anwesenheit des Nutzers, des Bodeneigentümers und des Bauherrn erstellt. In einigen Kantonen muss der Verantwortliche für die Umsetzung der VBBo auf den Baustellen bei der Rückgabe wichtiger Flächen oder von Flächen mit besonderen Nutzungen (z. B. FFF) anwesend sein. Der Bodenschutz auf den Baustellen endet mit der Genehmigung des Abnahmeprotokolls durch alle betroffenen Akteure. Ausser bei versteckten Mängeln ist der Bauherr ab diesem Zeitpunkt von jeglicher Verantwortung und jeglichen Geldansprüchen befreit.

Der Bund, die Kantone und Organisationen haben diverse Planungshilfen publiziert. Diese Dokumente sind auf der Website des BAFU durch entsprechende Links zugänglich. Zudem wurden im Rahmen der Ausarbeitung der vorliegenden Publikation Hilfsmittel für Planer entwickelt. Diese Hilfsmittel können auf der Website <http://soletconstruction.ch> der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA Freiburg) heruntergeladen werden.

Folgebewirtschaftung

Definitive Rückgabe der vorübergehend beanspruchten Böden

Planungshilfen

Tab. 11 > Massnahmen während der Übergangsphase der Folgebewirtschaftung

	Art der Eingriffsfläche	Eingriffe/Massnahmen	Kontrollen/Unterlagen
Lineare Baugruben und temporär genutzte Flächen	Temporär genutzte Flächen auf gewachsenen Böden, die nicht oder kaum verdichtungsempfindlich sind	Keine, falls der Zustand nach den Arbeiten zufriedenstellend ist. Der Nutzer wird über die empfohlenen Vorsichtsmassnahmen für die Bewirtschaftung der Böden nach den Arbeiten informiert.	• Zustandsgutachten durch die Fachperson Boden und bei zufriedenstellendem Zustand Schlussabnahmeprotokoll und sofortige Rückgabe an den Nutzer
	Temporär genutzte Flächen auf gewachsenen Böden, die mässig verdichtungsempfindlich sind, sowie lineare Baugruben von <1,25 m	Die Fachperson Boden stellt allfällige Belastungen sowie ihre Reichweite und Intensität fest. • Sind Massnahmen zur Behebung der Verdichtung (Spatenpflug) nötig? • Ist eine Begrünung mit extensiver Mahd mit mindestens einer Überwinterung nötig?	• Vereinbarung über die zu treffenden Massnahmen und die Entschädigungen für den Nutzer • Ausführungsvertrag mit einem spezialisierten Unternehmen (oder dem Nutzer) • Protokoll der Schlussabnahme nach durchgeführten Massnahmen
	Temporär genutzte Flächen auf gewachsenen Böden, die stark verdichtungsempfindlich sind sowie lineare Baugruben von >1,25 bis 2,00 m	Die Fachperson Boden stellt allfällige Belastungen sowie ihre Reichweite und Intensität fest. • Sind Massnahmen zur Behebung der Verdichtung (Spatenpflug) nötig? • Ist eine Begrünung mit extensiver Mahd mit mindestens zwei Überwinterungen nötig?	• Vereinbarung über die zu treffenden Massnahmen und die Entschädigungen für den Nutzer • Ausführungsvertrag mit einem spezialisierten Unternehmen (oder dem Nutzer) • Protokoll der Schlussabnahme nach durchgeführten Massnahmen
Bodenabtragungen	Abgetragene Böden, die auf dem ursprünglichen Untergrund wiederhergestellt wurden	Gutachten zur Wiederherstellung: • Feststellung der zu behebenden Mängel (Steine, Abfälle, Vernässungen oder Unebenheiten der Oberfläche) • Überprüfung der Konformität des Bodens (Abnahme des «Bauwerks Boden»: Qualität des Materials, Mächtigkeit der Schichten) • Bestimmung der Anzahl Überwinterungen der Begrünung, die für die Stabilisierung des rekultivierten Bodens erforderlich sind	• Abnahmeprotokoll des «Bauwerks Boden» • Vereinbarung über die zu treffenden Massnahmen, die Dauer der Folgebewirtschaftung und die Entschädigungen für den Nutzer • Ausführungsvertrag mit einem spezialisierten Unternehmen (oder dem Nutzer) • Protokoll der Schlussabnahme nach durchgeführten Massnahmen
Auffüllungen	Wiederhergestellte Böden auf Aufschüttungen	Gutachten zur Wiederherstellung: • Feststellung der zu behebenden Mängel (Steine, Abfälle, Vernässungen oder Unebenheiten der Oberfläche) • Überprüfung der Konformität des Bodens (Abnahme des «Bauwerks Boden»: Qualität des Materials, Mächtigkeit der Schichten) • Bestimmung der Anzahl Überwinterungen der Begrünung, die für die Stabilisierung des rekultivierten Bodens gemäss dem FSKB-Ordner Kapitel «Nachnutzung – Folgebewirtschaftung» erforderlich sind	• Abnahmeprotokoll des «Bauwerks Boden» • Vereinbarung über die zu treffenden Massnahmen, die Dauer der Folgebewirtschaftung und die Entschädigungen für den Nutzer • Ausführungsvertrag mit einem spezialisierten Unternehmen (oder dem Nutzer) • Schlussabnahmeprotokoll nach erfolgten Massnahmen

Autoren: E. Bellini, IC Infraconsult AG und J.-P. Clément, BAFU (gestützt auf Workshops von sanu future learning ag, 2013)

4 > Fallbeispiele mit Empfehlungen für den Bodenschutz

Im Rahmen der Vorarbeiten zu dieser Publikation erschien es sinnvoll, einigen Fachleuten die Möglichkeit zu bieten, Typen von Baustellen zu präsentieren, die besondere «neue» Problemstellungen aufweisen. Die folgenden fünf Beiträge widerspiegeln den persönlichen Standpunkt der Verfasser in Bezug auf besondere Baustellensituationen auf der Grundlage ihrer praktischen Erfahrungen und der Schlussfolgerungen, die sie daraus gezogen haben. Die Beiträge sollen die Diskussion über den Bodenschutz auf Baustellen vorantreiben.

4.1

Baustelle mit temporärer Eingriffsfläche im Wald

Der Bau der Nationalstrasse A16 «Transjurane» – ein Beispiel für den Abtrag von Wurzelstöcken und die Wiederherstellung von Eingriffsflächen im Wald.

Die Nationalstrasse A16 verbindet von Norden nach Süden die französisch-schweizerische Grenze bei Delle-Boncourt (Territoire de Belfort, Kanton Jura) mit Biel (Kanton Bern). Die Gesamtlänge der Nationalstrasse beträgt 85 km, das Trassees ist abwechselnd zwei- und vierspurig. Das definitive Projekt war Gegenstand einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP, 3. Etappe), die die Auswirkungen des Trassees untersuchte und die Ersatzmassnahmen festhielt.

Verfasser:

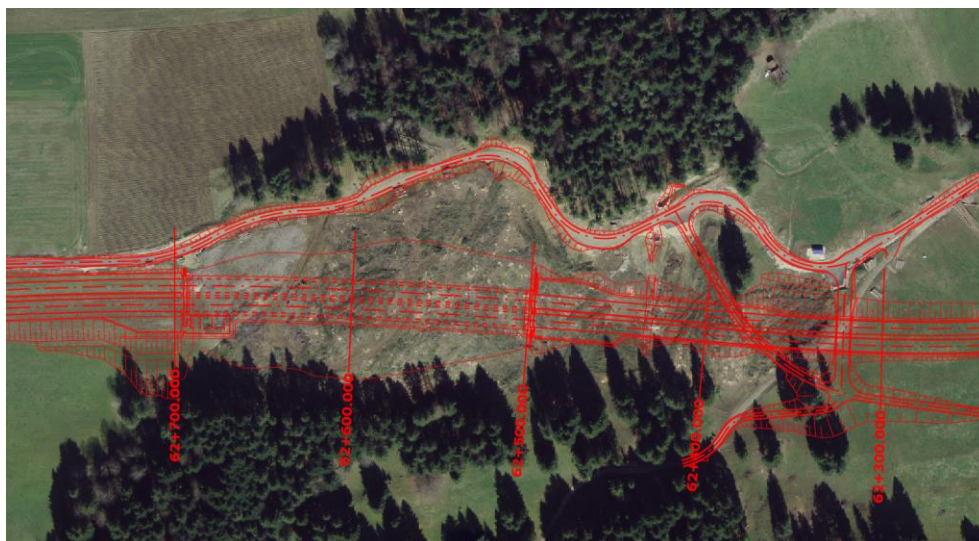
Bruno Holenstein, dipl.

Forstingenieur ETHZ

Projekt- und

Situationsbeschreibung

Abb. 41 > Situationsplan mit Orthofoto – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)



Quelle: A16 Transjurane

Das vorliegende Beispiel erforderte eine temporäre Eingriffsfläche im Wald. Das Autobahntrasse wurde in einer überdeckten Galerie mit je einer Röhre für die beiden Richtungen (vier Spuren) gebaut. Für den Bau der überdeckten Galerie mussten zwei Hektar Wald gerodet werden, damit das Bauwerk im Tagebau gebaut werden konnte (vgl. Abb. 41).

Für eine Rodungsbewilligung ist eine quantitative und qualitative Ausgangsbilanz in Bezug auf die Rodung und die Ersatzaufforstung erforderlich. Beim Boden besteht das Ziel darin, den Waldhumus abzutragen und zwischenzulagern, damit er später verwertet werden kann. Die Qualität des Waldhumus wurde für eine Verwertung als genügend gut eingestuft. Der beabsichtigte Bodenabtrag sah eine Vermischung von Oberboden (A-Horizont) und Unterboden (B-Horizont) des Waldbodens vor und wird auf Flächen verwertet, die zur Wiederherstellung eines Waldbodens vorgesehen sind. So wird ein günstiges Umfeld geschaffen, in dem Waldbäume direkt gepflanzt werden können, wodurch der Anteil an Pionierarten verringert werden kann.

Bodenkundliche Besonderheiten

Zur Vorbereitung des Bodens für den Abtrag musste erst gerodet werden, was den Einsatz von Maschinen wie Forstraktor, Prozessor und Forwarder erforderte. Diese Arbeiten erfolgten ausserhalb der Vegetationsperiode. Bei der Ausführung der genannten Arbeiten vermischten sich Ober- und Unterboden auf einem grossen Teil der Eingriffsfläche.

Das Bodenschutzkonzept enthält einen Plan der abzutragenden Zonen und definiert für jede Zone die Mächtigkeit des abzutragenden Waldhumus, dessen Fläche sowie das geschätzte Volumen. Ausserdem wurde die für die Zwischenlagerung erforderliche Fläche und deren Standort angegeben und die spätere Verwertung präzisiert (Ort, Mächtigkeit, Volumen). Auf diese Weise liess sich ein Plan erstellen, der über allfällige Defizite oder Überschüsse von Waldhumus Auskunft gibt. Ein Zeitplan der Arbeiten legte die einzelnen Schritte fest.

Bodenschutzkonzept

Eine Baubewilligung muss die Auflagen in Bezug auf den Bodenabtrag, die Zwischenlagerung, und die Verwertung des Waldbodens enthalten. Für die Submission der Arbeiten «Bodenabtrag und Zerkleinerung der Wurzelstöcke» müssen genaue Angaben über die Anzahl der Wurzelstöcke und die Eingriffsfläche vorliegen. Darüber hinaus ist die Arbeitsmethode inklusive der entsprechenden Maschinen mit dem geforderten Endergebnis festzulegen. So weiss das Unternehmen, das ein Angebot einreicht, wie und mit welcher Ausrüstung es arbeiten muss. Zudem ist der offerierte Preis genauer sowie besser vergleichbar. Die Rodungsfläche wird im Eingriffsplan oder im Rodungsplan festgehalten, der Teil des Rodungsdossiers ist (vgl. Abb. 42).

Planungsphase

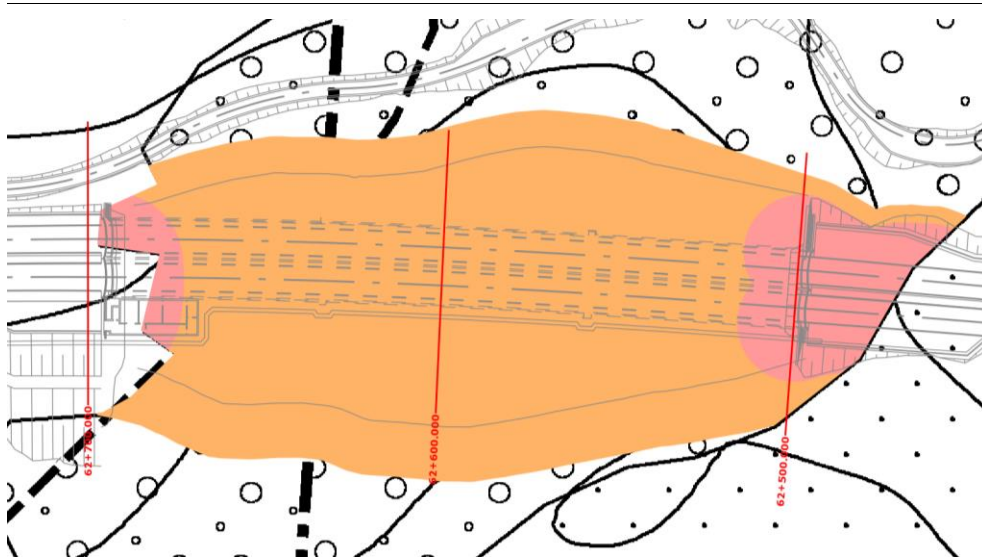
Nach Beendigung der Holzfällerarbeiten, einschliesslich des groben Aufnehmens von Ästen und Kleinholz für die Verwertung als Energieholz, ist das Gelände bereit für die Extraktion der Wurzelstöcke sowie für die Zerkleinerung der Wurzelstockreste und der übrigen Reste des Holzschlags.

Realisierungsphase

Die angewandte Methode umfasst zwei Durchgänge mit einer Raupenmaschine, die einem Löffelbagger gleicht. Im ersten Durchgang werden die Wurzelstöcke mit einer Schraube (ähnlich einem Korkenzieher) extrahiert, und beim zweiten Durchgang wird alles Holzmaterial an der Oberfläche oder im Boden zerkleinert. Mit diesem Raupen-

fahrzeug kann man eine Fläche von zehn Metern rund um die Maschine bearbeiten. Anschliessend wird der Standort verschoben und der nächste Bereich bearbeitet. Beim zweiten Durchgang mit dem Mulcher werden die Holzspäne mit dem Waldhumus vermischt (Ober- und Unterboden). Diese Mischung wird mit einem Löffelbagger je nach Mächtigkeit von Ober- und Unterboden abgetragen und zwischengelagert. Die Waldhumushaufen haben eine Schütthöhe von zwei bis drei Metern. Die Dauer der Lagerung beträgt etwa drei Jahre (vgl. Abb. 43).

Abb. 42 > Rodungsplan – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)



Quelle: A16 Transjurane

Wie sich die Qualität des gelagerten Waldhumus entwickelt, hängt stark von der Belüftung des Zwischenlagers ab. Einerseits verhindern die mit dem Waldhumus vermischten Holzschnitzel eine Verdichtung des Haufens und stellen eine Belüftung sicher, andererseits haben sie aber auch eine entwässernde Wirkung. So kann die Lagerdauer ohne Weiteres mehr als drei Jahre betragen. Je länger die Lagerdauer, desto grösser ist die Mineralisierungsrate. Mit einer Pflanzendecke kann dieser Prozess vermindert werden (Stabilisierung des organischen Materials).

Die Wiederherstellung sieht einen Auftrag des Waldhumus mit einer Mächtigkeit von rund 30 cm vor. Damit werden für die Rekultivierung sehr günstige Bedingungen geschaffen, sodass direkt Waldbäume gepflanzt werden können inklusive eines Anteils an Pionierarten, die den Boden verbessern. Unter Berücksichtigung des Standorts (Höhe 600 m ü. M., Hang nördlich der Montoz-Kette im Vallée de Tavannes, BE) ist geplant, ein Drittel Pionierarten (Grauerle, Birke, Weide) und zwei Drittel Waldbaumarten zur Holzproduktion (Weisstanne, Fichte, Ahorn, Ulme) zu pflanzen. Es ist keine vorgängige Ansamung vorgesehen. Da der Waldhumus wieder aufgetragen wird, können wurzelnackte Setzlinge eingepflanzt werden.

Dank diesem Abtragsverfahren sowie der Entfernung der Wurzelstöcke können die Schäden an der Bodenstruktur begrenzt werden, da die Raupenmaschine für diese Art spezialisierter Arbeit entwickelt wurde. Sie verfügt über grosse Raupen, was die Bo-

Erfahrungen

denpressung verringert. Ihr Gewicht beträgt 25 Tonnen. Sie hat den Vorteil, dass sie Bereich für Bereich bearbeitet und dabei in den jeweiligen Bereichen stationär bleibt. Mit dem «Korkenzieher» können Wurzelstöcke von beliebigem Durchmesser in der Tiefe extrahiert werden. So kommen die Überreste der Wurzelstöcke an die Oberfläche, bereit für die Zerkleinerung. Mit ihrem zehn Meter langen Arm kann die Maschine nicht befahrbare Flächen bearbeiten, und die breiten Raupen erlauben das Befahren jeglichen Bodenarten wie Moorboden, empfindlicher Boden oder Boden mit hohem organischem Gehalt. Sogar ein steiniger Boden kann mit dem Mulcher bearbeitet werden.

Empfehlungen für ähnliche Baustellen:

- > Für jegliche Extraktions- und/oder Zerkleinerungsarbeiten an Wurzelstöcken sind Raupenmaschinen besser geeignet als Pneufahrzeuge.
- > Mit den Arbeiten ist ein spezialisiertes Unternehmen auf der Grundlage einer direkten Ausschreibung zu betrauen und nicht als Subunternehmer.
- > Für die Ausschreibung ist die zu bearbeitende Fläche klar zu definieren, ansonsten muss die Anzahl Wurzelstöcke pro Durchmesserklasse bekannt sein.
- > Die Zwischenlager müssen überwacht werden, um festzustellen, ob sich dort unerwünschte Pflanzen ausbreiten. In diesem Fall sind Unterhaltsarbeiten erforderlich. Eine Einsaat kann sinnvoll sein, um das Keimen von Weiden und anderen unerwünschten Pflanzen auf der Lagerstätte zu verhindern. Mögliche Mischungen sind: UFA Queen GOLD, UFA 323 GOLD, UFA Queen GOLD + Luzerne, UFA Rekultivierung GOLD und Schweizer 323. Die Einsaat erfolgt zwischen März und September. Im Allgemeinen muss zwei- bis dreimal jährlich gemäht werden. Trockene Jahre und Lagerhalden mit weniger organischem Material erfordern weniger Eingriffe.
- > Je länger die Lagerdauer, desto sinnvoller ist eine Einsaat, um das Keimen unerwünschter Pflanzen zu verhindern.
- > Die für die Zwischenlagerung notwendigen Flächen müssen eingeplant werden. Im Rahmen des Bewilligungsprojekts sind möglichst in der Nähe der Baustelle provisorische Eingriffsflächen vorzusehen (Frage der Transportkosten).
- > Die Abtragsarbeiten sind von der Bauleitung zu überwachen, und zwar durch einen Spezialisten, in diesem Fall durch die BBB.

Empfehlungen

Der Einsatz von Baumaschinen auf gerodeten Flächen ist abhängig von der Bodenempfindlichkeit (Hydromorphie, Mächtigkeit, Tongehalt usw.) und von der Zerkleinerung der Wurzelstöcke. Denn der so gebildete Waldteppich sollte die Befahrbarkeit des Bodens steigern und folglich seine Empfindlichkeit senken. Tabelle 12 fasst die Regeln für den Einsatz zusammen.

Einsatz von Baumaschinen

Tab. 12 > Empfehlungen für den Maschineneinsatz in Bezug auf die Bodenempfindlichkeit

Empfindlichkeit des Bodens	Einsatzgrenze	Bodenpressung	Gewicht der Maschinen
wenig empfindlich (z. B. Rendzina)	min. 10 cbar	max. 0.5 kg/cm ²	max. 30 t
normal (z. B. Braunerde)	min. 10 cbar	max. 0.5 kg/cm ²	max. 25 t
empfindlich (z. B. Gley)	min. 20 cbar	max. 0.4 kg/cm ²	max. 20 t

Quelle: B. Holenstein, Forstingenieur ETHZ

Die Waldböden sind kostbar, es ist daher wichtig, sie zu erhalten. Das Beispiel zeigt eine temporäre Eingriffsfläche im Wald, wo der abgetragene Waldhumus vor Ort verwertet wird. Bei den definitiven Eingriffsflächen muss der Waldhumus ebenfalls gesammelt und zwischengelagert werden. Bei der Rekultivierung von Deponien oder Steinbrüchen ist nämlich häufig zu wenig davon vorhanden.

Abgetragener Waldhumus

Abb. 43 > Temporär genutzte Fläche im Wald – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)

Kahlschlag – Rodung



Wurzelstöcke



Zerkleinerung mit Mulcher



Extraktion der Wurzelstöcke mit einem Raupenbagger



Waldhumusdepot



Detailansicht der «Korkenzieherschraube»



Quelle: B. Holenstein, P. Studer, P.-A. Gogniat

4.2

Baustellen in alpinen Gebieten

Mit dem Projekt «Reisseck II» erweiterte das österreichische Unternehmen Hydro Power AG das Pumpspeicherwerk Reisseck II (Kärnten, Österreich). Die Kraftwerksgruppen Malta und Reisseck/Kreuzeck wurden erweitert, um die Produktionskapazität von Spitzenstrom um rund 40 Prozent zu steigern.

Die bestehenden Kraftwerksanlagen wurden durch ein unterirdisches Kavernenkraftwerk und entsprechende unterirdische Druckleitungen ergänzt. Obwohl Ober- und Unterbecken bereits vorhanden waren, mussten ungefähr 260 000 m³ Felsausbruch (konventioneller Ausbruch und Fräsmaterial einer Tunnelbohrmaschine) in einer Höhenlage zwischen 2200 und 2300 m ü. M. abgelagert werden. Die mit dem Projekt verbundenen vorübergehenden Eingriffe in den Boden in einer Höhenlage zwischen 2100 und 2400 m ü. M. betrugen rund 50 000 m².

Die Böden im Bereich der für die Ablagerung des Felsmaterials vorgesehenen Flächen waren mehrheitlich alpine Braunerden, zum Teil mit relativ mächtigem Unterboden. Lokal lagen auch alpine Ranker vor. Abschnittsweise waren Skeletthumusböden ausgebildet, und zwar auf alten Ablagerungen von Baustellenbereichen, die der Errichtung der bestehenden Kraftwerksanlage vor etwa 60 Jahren dienten. Hier war auf dem mineralischen Unterbodenhorizont aus Schutt und Geröll zum überwiegenden Teil Humusmaterial nur in geringem Ausmass auf- und eingelagert; teilweise hat dort aufgrund des Hohlraumsystems der ehemaligen Haldenbereiche und der damit verbundenen Erosion der Feinanteile die Bodenbildung überhaupt noch nicht eingesetzt. Vegetationskundlich lagen Vegetationseinheiten vom Typ des Sieversio-Nardetums (Bürstling-Weiderasen) vor, grössere Flächenanteile wurden auch von Zwergstrauchgesellschaften mit *Rhododendron ferrugineum* und anderen Zwergsträuchern eingenommen. In den alten Haldenbereichen war eine Pioniervegetation mit diversen Polsterpflanzen und Arten der alpinen Rasen mit nur geringer Vegetationsdeckung entwickelt.

Einschränkungen bzw. Rahmenbedingungen für die Bauarbeiten waren insofern gegeben, als im unmittelbaren Umfeld der für die Ablagerung vorgesehenen Bereiche keine ausreichenden Flächen für die Zwischenlagerung von Oberboden und Vegetation zur Verfügung standen. Darüber hinaus fielen in den Jahren 2011 und 2012 sehr grosse Mengen an Material in sehr kurzer Zeit an, während eine Endrekultivierung bzw. Renaturierung erst nach völligem Abschluss des Gesamtprojekts möglich war.

Gewisse Einschränkungen waren auch durch die in dieser Höhenlage relativ lang andauernden winterlichen Verhältnisse gegeben. So konnte mit den Bergungsarbeiten für Vegetation und Oberboden erst frühestens Ende Mai, nachdem die Entnahmeflächen schneefrei waren, begonnen werden. Durch die relativ steile Hanglage sowohl der Entnahme- als auch der Wiedereinbringungsflächen und die Südexposition war die Situation im Hinblick auf die Bodenfeuchte vergleichsweise unproblematisch. Da vor allem die Wiederaufbringung mit relativ umfangreicher Handarbeit verbunden war, wurde bei Schlechtwetter (Regen, Schneefall usw.) nicht begrünt. Wegen der Grösse der Baustelle hat der zeitweise Begrünungsstopp den generellen Bauablauf nicht behindert.

Wiederherstellungs- und Rekultivierungsziele waren nicht nur ein entsprechender Bodenaufbau, sondern die Neuetablierung einer dauerhaft pflegefreien Vegetation, die

Verfasser:

Dr. Helmut Wittmann, IfÖ Institut
für Ökologie OG, Technisches
Büro für Ökologie

Projekt- und**Situationsbeschreibung****Bodenkundliche Besonderheiten**

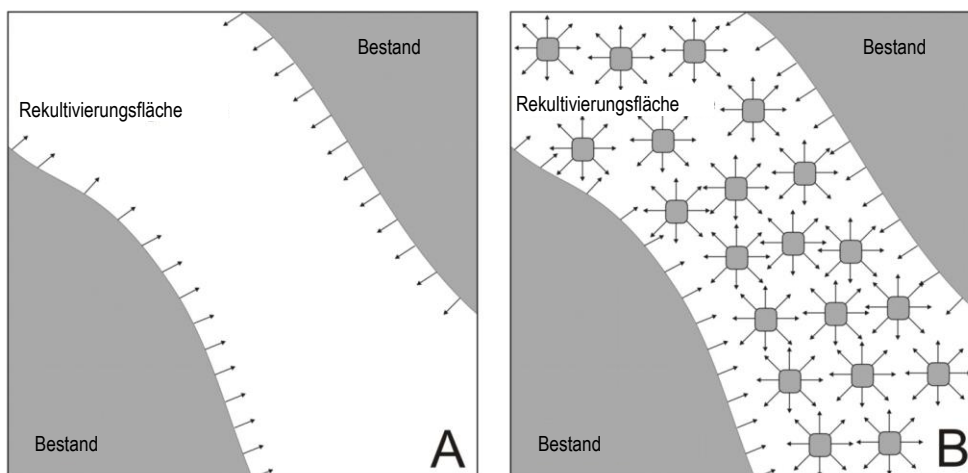
mit der ursprünglichen Rasenvegetation weitgehend identisch sein sollte und die nach einer entsprechenden Entwicklungszeit auch vom Fachmann nicht mehr von der Ursprungsvegetation zu unterscheiden ist. Auch eine Begrünungstechnik, die darüber hinaus sofort einen erosionsfreien Zustand herstellt, der die Entwicklung der Vegetation uneingeschränkt zulässt, war ein Planungsziel. Nur unter der Voraussetzung, dass diese Parameter eingehalten werden können, wurde von der Behörde eine Ablagerung derart grosser Materialmengen in dieser Höhenlage bewilligt.

Das Bodenschutzkonzept umfasst im vorliegenden Fall eine vollständige flächige Bergung der vorhandenen Vegetation und ergänzend dazu des feinanteilreichen Unterbodens. Zu einem gewissen Anteil war geplant, die Fraktionen (humoser Oberboden mit Vegetation und feinanteilreicher Unterboden) im Umfeld der Eingriffsflächen zu lagern. Grösstenteils war vorgesehen, diese Fraktionen an geeigneten Lokalisationen in der Montanstufe (in ca. 1500 m ü. M.) zu lagern, um sie nach Abschluss der Deponiearbeiten des Ausbruchmaterials von diesen Zwischenlagerflächen wieder zu entnehmen, in die Hochlagen zu verführen und hier für die Rekultivierung bzw. Renaturierung wiederzuverwenden. Generell war geplant, die Ablagerungsbereiche entweder durch vollflächiges Andecken von Vegetation oder durch das Saat-Soden-Kombinationsverfahren zu begrünen. Bei diesem Verfahren werden auf einer dünnen Oberbodenschicht (oder über die aufgedüngten feinanteilreichen Fraktionen des Unterbodens) rasterartig Vegetationsteile aufgelegt und dazwischen wird mit speziellem Hochlagen-saatgut eingesät. Durch die geringen Ausbreitungsdistanzen der in den abgedeckten Rasensoden produzierten Samen entsteht – in Kombination mit dem auflaufenden Saatgut – vergleichsweise rasch eine naturidentische Vegetation. Zur Sicherung gegen Erosion und zur Stabilisierung der feinanteilreichen Oberbodenfraktionen war durchwegs das Aufbringen und Vernageln eines Kokosgewebes vorgesehen.

Bodenschutzkonzept

Abb. 44 > Kombinierte Vorgehensweise der Saat-Soden-Kombinationstechnik

Grundsatz der Saat-Soden-Kombinationstechnik (die Pfeile veranschaulichen den Entwicklungsraum der Vegetation): Das Einpflanzen von rasterartig angeordneten Soden alpinen Rasens erlaubt es, das mit Pflanzen zu bedeckende Gelände zu beschränken und so eine rasche natürliche Ausbreitung zu erhalten.



Das Bodenschutzkonzept und die Strategien der Wiederbegrünung waren bereits in den Einreichunterlagen detailliert vorgegeben. In den Auflagen zur Bewilligung wurde daher – im Hinblick auf den Bodenschutz – nur die vollinhaltliche Umsetzung der Planung vorgeschrieben. Die in der Planung enthaltenen Detailpläne zeigten und verdeutlichten die Vorgehensweise der Saat-Soden-Kombinationstechnik (vgl. Abb. 44) und illustrierten diese anhand von Bildbeispielen.

Planungsphase

Der Abtrag des Oberbodens erfolgte durch einen Raupenbagger mit entsprechendem Löffel, mit dem sich der Oberboden samt Vegetation im Regelfall gut abziehen liess. In sehr steinigten Bereichen kamen kleinere Bagger und entsprechend angepasste Baggerlöffel zum Einsatz. Der Transport der Bodenfraktionen wurde generell mittels Muldenkipper bewerkstelligt. Nach dem Transport wurde der feinanteilreiche Unterboden zuerst gelagert, um auf Flächen mit einer Maximalhöhe von einem Meter den ebenfalls geborgenen Oberboden mit der Vegetation andecken zu können. Das Aufbringen der Bodenfraktionen und auch der geborgenen Rasensoden wurde mit einem 4,5-Tonnen-Kleinbagger vorgenommen, wobei im Regelfall zwei Mann manuell die Baggerarbeiten unterstützten. Beim Aufbringen der Fraktionen erfolgte ein entsprechendes Entsteinen, insbesondere in den Oberbodenbereichen.

Realisierungsphase

In Teilbereichen war es möglich, sowohl den Unterboden als auch den vegetationsbewachsenen Oberboden an einer Stelle zu entnehmen und ihn, an anderen bereits fertiggestellten Bereichen der Felslagerstätte, direkt wieder einzubringen. Für derartige Vorgehensweisen war eine entsprechende Logistik der Baustellenabwicklung notwendig. Insbesondere war diesbezüglich die Sicherung der Entnahmeflächen (diese liegen ja bereits im Baubereich) durch teilweises Auszäunen unumgänglich. Für die Flächen, bei denen eine direkte Umlagerung nicht möglich war, wurde auf das in der Montanstufe gelagerte Material (feinanteilreicher Unterboden und darauf liegender Oberboden mit Vegetation) zurückgegriffen. Dieses wurde nach eineinhalbjähriger Zwischenlagerung entnommen, wieder in die Höhenlage verführt und aufgebracht. Bis zum Abschluss der Bauarbeiten kam es zu einer Zwischenlagerung von Vegetation in den Depots in der Montanstufe von bis zu vier Jahren. Nennenswerte Probleme bei der Lagerung (Verbuschung, Aufkommen von Gehölzpflanzen usw.) waren nicht zu beobachten, die gelagerten Bodenfraktionen und die Vegetation bedürfen – ausser dem «Schutz vor Baumaschinen» – keiner Pflege.

Das Wiederaufbringen von Oberboden und Vegetation erfolgte schrittweise, gleichzeitig mit der Schüttung der Felslagerstätte. Die Dimension der jeweils zu rekultivierenden bzw. renaturierenden Bereiche richtete sich in erster Linie nach der Erreichbarkeit der Deponieoberfläche durch den Baggerarm. Dies bedeutet, es wurde nur so hoch geschüttet, als die Fläche mittels Bagger noch erreichbar war, damit Oberboden und Vegetation appliziert werden konnten. Durch diese Vorgehensweise kam es zu einem sukzessiven Höherwachsen sowohl der Felslagerstätte als auch gleichzeitig der begrüntten Bereiche.

Ergänzend zu den Bodenschutz- und Begrünungsmassnahmen erfolgte eine optische Gestaltung der Rekultivierungsfläche mit Felsmaterial unterschiedlicher Grösse und abgestorbenen Einzelbäumen in Anlehnung an die Natursituation im Umfeld. Durch diese ergänzenden «Requisiten» konnte eine optimale Einbindung auch aus Sicht des Landschaftsbildes erfolgen (vgl. Abb. 45).

Mit der gewählten Vorgehensweise konnten gute bis sehr gute Erfahrungen gemacht werden. Die Entwicklung sowohl des Bodens als auch der Vegetation hin zu sehr naturnahen bis fast natürlichen Verhältnissen geht – trotz der extremen Höhenlage – verhältnismässig rasch vor sich. Durch die völlige Verhinderung der Oberbodenerosion durch die verwendete Kokosmatte war ein Nacharbeiten nirgends notwendig. Mit Ausnahme einer gering dosierten zwei- bis dreimaligen Ergänzungsdüngung waren keine weiteren Massnahmen erforderlich.

Erfahrungen

Die Akzeptanz der Bodenschutz- und Begrünungsmassnahmen durch den Bauherrn war durchwegs in hohem Masse gegeben. So hatte der Bauherr bereits Erfahrungen mit den verwendeten Methoden bei anderen alpinen Baustellen gesammelt. Die erhöhten Kosten des Bodenschutzes und der Begrünung waren aufgrund folgender zwei Aspekte gut vertretbar:

1. Möglichkeit der Ablagerung grosser Materialmengen im unmittelbaren Nahbereich ihres Anfalls; ein teurer Abtransport ins Tal konnte unterbleiben.
2. Die entstehenden Begrünungen sind pflegefrei, nach Abschluss des Projekts braucht sich der Bauherr nicht mehr um die Begrünungsflächen zu «kümmern».

Probleme gab es keine und negative Erfahrungen wurden im vorliegenden Projekt ebenfalls nicht gemacht.

Folgende Empfehlungen erscheinen aus Sicht der Praxis notwendig:

Empfehlungen

- > Erteilung guter und umfassender Informationen an die ausführenden Firmen über die verwendeten Bodenschutz- und Begrünungstechniken mit dem Hinweis, dass die Oberboden- und Vegetationsteile «unersetzbar» sind.
- > Erstellen einer relativ detaillierten Ausschreibung, am besten mit einer genauen und durch Bilder illustrierten Darstellung der Vorgehensweise, da die Umsetzung derartiger Techniken für viele Baufirmen «Neuland» ist. Ergänzend dazu ist eine fachkundige Erläuterung der Vorgehensweise in den Bietergesprächen sinnvoll.
- > Ausarbeiten einer entsprechenden Baustellenlogistik, mit dem die Oberboden- und Vegetationssicherung uneingeschränkt – auch während des sonstigen Baugeschehens – durchgeführt werden kann. Am sinnvollsten ist es im Regelfall, einen entsprechend grossen Bereich für die Baustellenabwicklung von wiederzuverwertendem Material «freizumachen». Dadurch können die technischen Bauabläufe rasch, zügig und ohne permanente Rücksichtnahme auf wertvolle Boden- und Vegetationsbereiche abgewickelt werden.
- > Bestehen darauf, dass die Firmen für diese Tätigkeiten wirklich höchstqualifizierte Mitarbeiter (insbesondere Baggerfahrer) einzusetzen.
- > Einsatz von qualitativ hochwertigem Saatgut, das durch entsprechende Fachleute für den jeweiligen Einsatzort zusammengestellt wurde. Dieses Saatgut hat aus einer abgestimmten Mischung von optimal an die Höhenlage und den Einsatzort angepassten «Strukturbildnern» (zumeist Poaceae – Gräser) und einigen Leguminosen (Fabaceae – Schmetterlingsblütlern) als Bodenbildner zu bestehen. Höhen- und Standorttauglichkeit sind viel wichtiger als Artenfülle! Die Vielfalt kommt ohnehin aus den mitverpflanzten Oberbodenteilen.

- > Verwendung von Langzeitdüngern und Applizieren derselben in geringeren Mengen als nach den Angaben der Hersteller, dafür eher öfter düngen, um eine kontinuierliche Unterstützung der Vegetationsausbildung sicherzustellen.
- > Freihalten der Begrünungsflächen von jeglicher Beweidung für mindestens drei Vegetationsperioden nach Abschluss der Arbeiten; je nach Höhenlage, Exposition, Dauer der Schneelage und Vegetationsentwicklung kann auch ein längerer Zeitraum notwendig sein. Die Beweidung ist durch Trittwirkung und das Abfressen von samenproduzierenden Pflanzenteilen höchst kontraproduktiv für die Entwicklung der Vegetationsschicht.
- > Betreuung der Massnahmen durch eine bodenkundliche und/oder ökologische Bauaufsicht, die an der Vorinformation der Firmen mitarbeitet, ihre Erfahrung in die Baustellenlogistik einbringt, erklärend vor Ort die Ausführungen begleitet und eine entsprechende, zumindest periodische Überwachungstätigkeit der Umsetzung vornimmt.

Abb. 45 > Verschiedene Etappen einer alpinen Baustelle – Reisseck II (Kärnten, A)

Rund 260 000 m³ Felsausbruch wurden auf einem Felsrücken in einer Höhe von 2200 bis 2300 m ü. M. abgelagert.



Beginn der Arbeiten zur Entnahme der Soden des alpinen Rasens mit Vegetation des Oberbodens und Vorbereitung für den Transport.



Einbau und Erschliessung des Oberbodens: Die Rasensoden werden rasterartig auf einer dünnen Oberbodenschicht (ca. 10 bis 15 cm) aufgelegt, die abgelegten Teile werden mit einer Kokosmatte stabilisiert, und Steine verschiedener Grössen werden auf die Oberfläche abgeladen, um den Boden an das umliegende Gelände anzupassen.



Arbeiter fixieren die Kokosmatte mit Heringen. Im Vordergrund ist der aufgetragene Oberboden mit den rasterartig angeordneten Rasensoden erkennbar.



Das Gelände nach Abschluss der Begrünung und weiterer Gestaltungsmassnahmen



Schema der Vegetationsentwicklung im Jahr 2012: Die Verbreitung der Begrünung ist gut sichtbar.



Vegetationsentwicklung im Jahr 2012 mit den verschiedenen Stadien je nach Einbaudatum



Vegetationsentwicklung nach rund vier Monaten. Ganz links im Bild wurde die Oberfläche des Geländes vollständig mit Rasensoden bedeckt. Nach einer relativ kurzen Zeitspanne sieht sie schon sehr ähnlich aus wie die umgebende Vegetation.



Luftaufnahme des Felsrückens im Sommer 2012 mit der Grenze des Materialdepots (rote Pfeile), dem 2012 begrüneten Teil (grüne oder graue Fläche vorne) und den 2012 renaturierten und rekultivierten Flächen (hellbraun)



Die begrüneten Flächen im Jahr 2013 (rechts und oberhalb der gelben gestrichelten Linie). Trotz der extremen Höhenlage und der relativ kurzen Vegetationsperiode ist bereits sichtbar, dass das Rekultivierungsziel erreicht wurde.



Dank der richtigen Erschliessung des Geländes und der Anordnung des Felsmaterials kommt die Optik der begrünt Oberfläche sehr nah an diejenige der Umgebung heran (links der gelben Linie).



Nach einer Entwicklung von weniger als zwei Jahren sieht das Gelände bereits wieder wie eine Alpwiese aus.



Weniger als zwei Jahre nach dem Anbringen ist die Kokosmatte, die der Erosion entgegenwirken soll, nur noch an wenigen Orten sichtbar.



Flächen nach etwas weniger als zwei Jahren (im Vordergrund) bzw. nach etwas über einem Jahr der Vegetationsentwicklung (im Hintergrund)



Depot, bestehend aus dem Unterboden mit einer Mächtigkeit von etwa einem Meter mit auf der Oberfläche aufgelegten Soden alpinen Rasens (Oberboden), nach zwei Jahren Zwischenlagerung in der Montanstufe



Lage des Projekts – Kärnten, Österreich



Quelle: Helmut Wittmann, IfÖ Institut für Ökologie OG, Technisches Büro für Ökologie

Zunächst mussten die Zonengrenzen angepasst werden. Die Landwirtschafts- und Grünzone wurde in Bau- und Sportgebiet umgezont. Anschliessend war das Projekt Gegenstand eines Quartierrichtplans (QRP) mit einer Strategischen Umweltprüfung (SUP). Gestützt darauf entstand ein Quartierplan (QP; vgl. Abb. 48), und letztlich wurden die verschiedenen Baubewilligungen erteilt. Die Richtplan- und Genehmigungsverfahren umfassten auch eine zweistufige Umweltverträglichkeitsprüfung.

Abb. 48 > Quartierplan des Stadtteils «Les Vergers» in Meyrin (GE)



Quelle: République et canton de Genève, Département du territoire, commune de Meyrin

Der Standort liegt am Südhang des Vallon du Nant-d'Avril. Das Bodensubstrat besteht aus den tonig-schluffigen Moränenablagerungen, die sich beim Gletscherrückzug gebildet haben. Entsprechend wurde eine Abfolge von Böden – vom Pseudogley am Talgrund bis zur Braunerde ganz oben – festgestellt und im Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) beschrieben.

In Anbetracht der Einschränkungen für die Bauarbeiten bedingte das grosse Volumen an abgetragenen Boden, dass eine Fläche für die temporäre Zwischenlagerung ausserhalb des Gebiets des neuen Quartiers gefunden werden musste. Die Etappierung und die Anforderungen an die Baustelle erlaubten es nicht, das gesamte für die Wiederherstellung erforderliche Volumen vor Ort zwischenzulagern. Im Stadtzentrum hätte dies eine grosse Hürde für die Verwertung des abgetragenen Bodens dargestellt. In diesem Fall haben die Projektleiter für die Zwischenlagerung des abgetragenen Bodens eine Fläche von 2,1 ha in der Landwirtschaftszone gepachtet. Folglich wurde diese Fläche in die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und in die Baubewilligungen mit einbezogen, sodass landwirtschaftliche Bodenschutzmassnahmen in die Verfahren einflossen. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich wegen der Grösse des Projekts und weil dieses folglich einer UVP untersteht, um eine Ausnahmesituation handelt. Die Nutzung

Bodenkundliche Besonderheiten

von Flächen in der Landwirtschaftszone für einen Installationsplatz erfolgt allerdings häufig ohne Bewilligung.

Das Rekultivierungsziel der Böden besteht im Allgemeinen darin, die Qualität der Böden des überbauten Gebiets zu verbessern. Da die Böden für Grünflächen wiederhergestellt werden sollen, bezog sich das Rekultivierungsziel auf die Wiederherstellung von Böden mit zwei Horizonten (Ober- und Unterboden), und zwar unter der Bedingung, dass der Unterboden verwertet wird. Obwohl vom UVB eine Standardmächtigkeit des Bodens festgelegt und in die Baubewilligungen übernommen worden war, verfügten die Architekten bei der geplanten Umgebungsgestaltung über einen gewissen Spielraum.

Ziele für den Bodenaufbau und die Wiederherstellung

Die im UVB empfohlenen Bodenschutzmassnahmen wurden vollständig als Auflagen in die einzelnen Baubewilligungen übernommen. Zudem wurde ein regelmässig nachzuführender Bodenschutzplan verlangt. Insbesondere wurde eine Abhumusierung mit Löffelbagger gefordert.

Planungsphase

Die Umweltverträglichkeitsprüfung, die Umweltbaubegleitung sowie die Überwachung der temporären Lager in der Landwirtschaftszone wurden von drei unterschiedlichen Planungsbüros übernommen. Ihre Aufgabe bestand darin, sowohl den Bauherrn als auch die Unternehmen im Rahmen ihrer jeweiligen Aufträge zu beraten und zu begleiten.

Der Baustellenbeginn war 2013, die ersten Gebäude befinden sich im Bau (vgl. Abb. 49). Der Bodenabtrag ist mit Raupenbaggern mit einem Löffel erfolgt, und der abgetragene Boden wurde mit Lastwagen, die auf Baupisten fahren, abtransportiert. Die Zwischenlagerung in der Landwirtschaftszone wurde korrekt umgesetzt, unter Einhaltung der empfohlenen Schütthöhe des Zwischenlagers von 2,5 m.

Realisierungsphase

Da es eine Kontamination des Bodens mit dem Aufrechten Traubenkraut (Ambrosie) gab, wurde zunächst ein selektiver Bodenabtrag der betroffenen Gebiete vorgenommen und das biologisch belastete Material in einer Deponie entsorgt.

Da die Umsetzungsphase noch nicht abgeschlossen ist, sind die Erfahrungen im Moment noch unvollständig. Doch folgende Punkte können bereits erwähnt werden:

Erfahrungen

- > dank der Richtplanung (QP und QRP) konnten die Auswirkungen des Projekts auf den Boden sowie die daraus resultierenden Einschränkungen weit im Voraus identifiziert werden (SUP und UVP);
- > diese Einschränkungen sind in die Ausschreibungsunterlagen eingeflossen, sodass die Regeln für die Unternehmen eindeutig festgelegt werden konnten;
- > die Auflage, eine Umweltbaubegleitung (UBB) beizuziehen, ist für die Umsetzung der Massnahmen gemäss UVP vorteilhaft;
- > eine Koordination der diversen Beteiligten in der Umsetzungsphase, die in diesem Fall von der Gemeinde sichergestellt wurde, ist für die Umsetzung und die Kohärenz der Bodenschutzmassnahmen unabdingbar. Beim Bau eines neuen Quartiers führt eine mangelnde Abstimmung zwischen den verschiedenen Baubewilligungen häufig dazu, dass die Bodenschutzmassnahmen mangelhaft umgesetzt werden.

Das Projekt des neuen Quartiers «Les Vergers» verfügt dank der Koordination durch die Gemeinde und die Begleitung von Umweltschutzexperten über die erforderlichen Ressourcen, damit die gute Praxis in Bezug auf den Bodenschutz auch angewandt wird.

Im Übrigen kontaktierte die Dienststelle für Geologie, Böden und Abfälle das Unternehmen, das mit den Erdarbeiten betraut war, um eine gute Kommunikation zwischen den Beteiligten sicherzustellen. In diesem Sinne wird empfohlen, mit den Ingenieuren und den Unternehmen einen guten Kontakt zu pflegen, um zu überprüfen, ob die Bodenschutzziele erreicht werden.

Spezifische Empfehlungen für sehr grosse Baustellen, die sich aus mehreren kleineren, aufeinanderfolgenden Baustellen zusammensetzen, sind:

Empfehlungen

- > Die Umsetzungsphase koordinieren. Es ist unerlässlich, dass eine öffentliche oder eine private Einrichtung sowohl die übergeordneten Baustellen (z. B. Parkgarage, Strassen, Kanalisation, Installationsplätze, Lagerzone) als auch den Bau der einzelnen Bauten (z. B. Wohnbauten, Schule) koordiniert.
- > Der Flächenbedarf für die temporäre Zwischenlagerung von abgetragenem Boden ist im Voraus abzuklären, damit diese Angaben in die Verfahren einfließen können. Eine Lagerzone kann die Umwelt belasten. Daher müssen im Vorfeld, z. B. in der UVP der ersten Etappe, die abgetragenen und zwischengelagerten sowie die wiederhergestellten Bodenvolumen abgeschätzt werden.
- > Die Bewegungen von abgetragenem Boden sind im Voraus zu planen und zu organisieren, ein dynamischer Bodenschutzplan muss erstellt werden, der von allen Bauträgern und Bauherren des neuen Quartiers verwendet werden kann. Bei Bedarf sind die für die Wiederherstellung erforderlichen Bodenvolumen zu präzisieren, und der Bodenschutzplan muss aktualisiert werden.

Die Verdichtung der Bauzone oder die Nutzung von eingeschlossenen landwirtschaftlichen Parzellen erlaubt es einerseits, die Ausdehnung der Siedlungsfläche und die Zersiedelung der Landschaft zu begrenzen. Andererseits verkleinert sie die freie Baufläche, die für einen Installationsplatz in der Stadt genutzt werden kann. Ausserdem verringern die neuen Gesetze, die eine Erhöhung der bebauten Fläche je nach Energiestandard des Bauwerks zulassen, die freie Fläche auf einer Parzelle entsprechend. Diese Entwicklung wirkt sich in zweierlei Hinsicht aus: Erstens gibt es ausserhalb der Landwirtschaftszone kaum mehr Flächen für die temporäre Zwischenlagerung von abgetragenem Boden, und zweitens wird dieser ohne Zwischenlagerungsflächen nicht vor Ort verwertet. Anhand des Beispiels des neuen Quartiers «Les Vergers» zeigt sich, dass trotz einer Gesamtfläche von 19,5 ha weitere 2,1 ha für die temporäre Zwischenlagerung von Bodenvolumen für die Wiederherstellung benötigt wurden.

Allgemeine Bemerkungen

Abb. 49 > Baustelle «Les Vergers» in Meyrin (GE)

Temporäre Baupiste für die Zufahrt von Pneufahrzeugen.



Baustellen im Siedlungsgebiet erfordern eine detaillierte Planung der Eingriffsflächen und der Bauinstallationen.



Aufbringen des abgetragenen Bodens am Ort des Zwischenlagers. Der Raupenbagger befährt den Boden.



Bei einer Zwischenlagerung von mehr als fünf Monaten Dauer müssen Zufahrten für den Unterhalt der Erdwälle vorgesehen werden.



Bei Zwischenlagern, die mehr als fünf Monate bestehen bleiben, muss eine sofortige Begrünung vorgesehen werden, ansonsten besteht das Risiko des Auftretens unerwünschter Pflanzen.

Besondere Beachtung gilt dem Risiko des Auftretens unerwünschter Pflanzen (hier Ambrosia) auf umgestalteten Flächen.



Quelle: B. Guex, Dienststelle für Bodenschutz des Kantons Genf

4.4

Linienbaustellen zum Verlegen von unterirdischen Leitungen

Linienbaustellen zum Verlegen von unterirdischen Leitungen oder Kabeln wie Glasfaserkabeln, Stromkabeln, Telefonleitungen oder Trinkwasserleitungen erfordern besondere Schutzmassnahmen. Dieser Beitrag basiert auf den Erfahrungen und Beobachtungen, die die Verfasserin und der Verfasser im Rahmen von solchen Projekten gesammelt haben. Es geht dabei nur um Baugräben mit einer geringen Tiefe (< 2 m), bei denen die Breite des Grabens nicht mehr als 1,25 m beträgt.

Diese Baustellen stellen besondere Bedingungen an die Arbeitsabläufe:

- > Sie bedingen ein regelmässiges Vorrücken der Baumaschinen von Parzelle zu Parzelle. Folglich treffen diese auf unterschiedliche Flächen hinsichtlich Nutzung, Eigenschaften und Feuchtezustand des Bodens.
- > Die Inanspruchnahme von gewachsenem Boden (nicht abgetragene Fläche) ist beträchtlich.
- > Der gewachsene Boden wird häufig und wiederholt befahren.

Die Baustelle muss in erster Linie gut geplant werden. Während den Arbeiten ist eine Anpassung an die Wetterbedingungen und an andere unvorhergesehene Ereignisse zwingend.

Bei Linienbaustellen bestand einst eine gängige Technik darin (auch für die Transporte und das Befahren), dass auf einer abgetragenen Fläche gearbeitet wurde. Dieser Abtrag war auf den Oberboden (30 bis 50 cm) beschränkt. Man ging dabei vom Grundsatz aus, dass kein Verdichtungs- oder Belastungsrisiko mehr bestehe und dass alle Massnahmen zur Verhinderung der Verdichtung der freigelegten Fläche unnötig seien (z. B. Arbeitsstopp bei nassen Wetterbedingungen). In Wirklichkeit wird der Unterboden jedoch stark verdichtet, was das Wurzelwachstum und die Wasserversickerung nach den Bauarbeiten behindert.

Die praktische Erfahrung in Sachen Bodenschutz auf Baustellen hat gezeigt, dass es viel weniger schädlich für den Boden ist, wenn direkt auf dem gewachsenen Boden gearbeitet wird. Denn der gewachsene Boden weist wegen seiner Struktur und des Wurzelgefüges eine viel höhere Widerstandsfähigkeit gegen Verdichtungen auf als freigelegter Unterboden. Ausserdem kann er sich weit besser erholen (biologische Aktivität von Organismen und Wurzeln sowie Wechsel von Gefrieren und Auftauen). Nach den Arbeiten können die Schäden am Oberflächenhorizont mit landwirtschaftlichen Geräten repariert werden, während Verbesserungsarbeiten am Tiefenhorizont viel teurer und wenig wirksam sind.

Basierend auf weiteren Erfahrungen mit Linienbaustellen wird empfohlen, die Breite der abgetragenen Eingriffsfläche auf das notwendige Minimum für das Vergraben der Leitungen zu beschränken. Daher ist die Gesamteingriffsfläche der Baustelle vom Baugraben zu unterscheiden. Bei den Arbeiten für diese beiden Arten von Eingriffen sowie während der Instandstellung kommen jeweils spezifische Bodenschutzmassnahmen zum Tragen. Die geforderte Technik für den auf den Grabenbereich beschränkten Abtrag ist in der Ausschreibung anzugeben, ebenso die Anforderungen bezüglich Maschinen und Vorgehensweisen.

Verfasser:

Véronique Maître, bureau

pEaudSol, und

Jean-Pierre Clément, BAFU

Besondere Arbeitsbedingungen

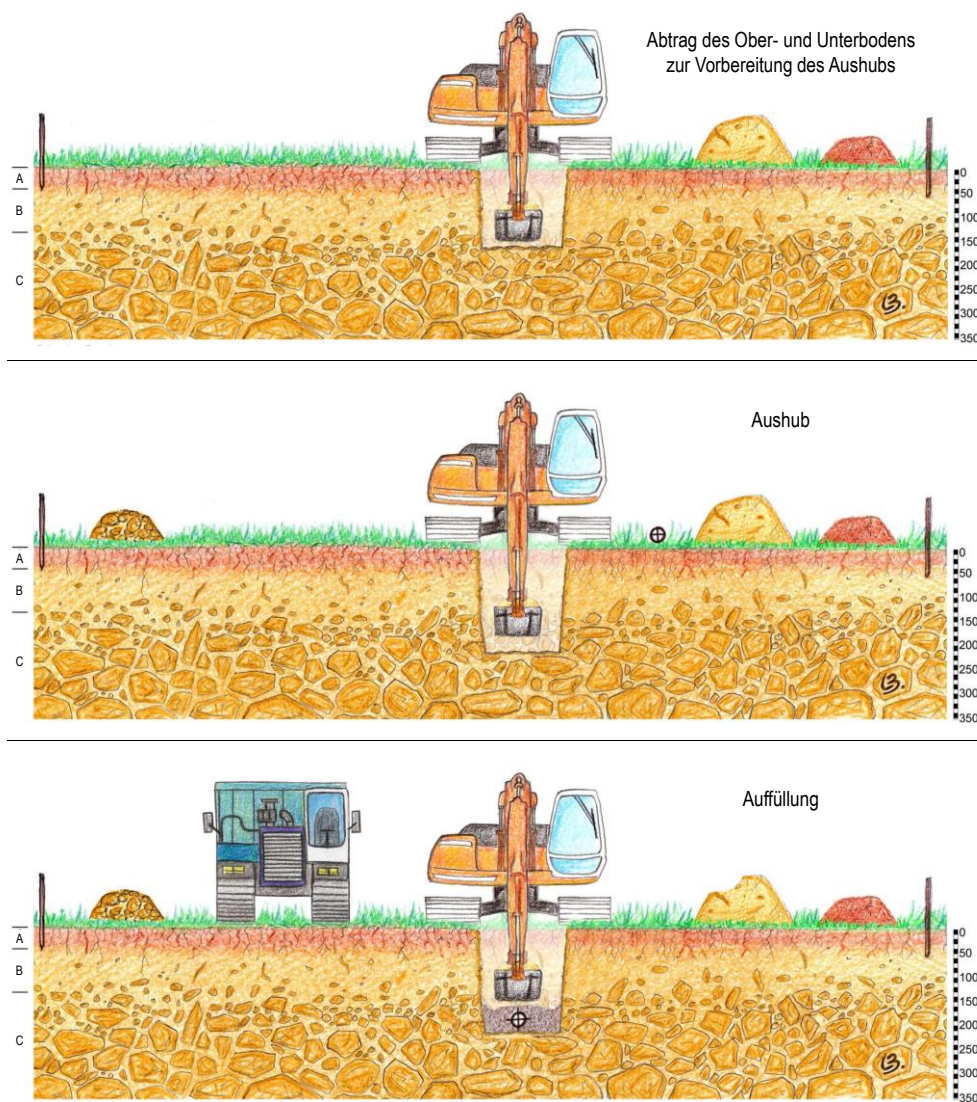
Bodenabtrag auf den Graben beschränken

Planungsphase

Das Projekt soll von einer bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) betreut werden. Vor Beginn der Arbeiten beteiligt sich die BBB an der Wahl des Trassees, an der Festlegung der Installationsplätze und an der Planung der Baustellenorganisation, unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit der Böden. Die Rolle des Planers ist von ausserordentlicher Bedeutung. Die Wahl des Trassees und die Berücksichtigung einer genügend grossen Eingriffsfläche sind zwei Entscheidungen, die an sich schon zu den Bodenschutzmassnahmen zählen. Diese umfassen aber auch die Schweissarbeiten an den Leitungen; der Planer legt die dafür vorgesehenen Standorte fest.

Abb. 50 > Linienbaustellen – Baustellenetappen

Breite: < 2 m; Tiefe: < 2 m. Die beiden Pfosten deuten die Breite der Baustelle an.



Zeichnung: L. Bourban

Eine vorgängige Begrünung der gesamten durch die Baustelle in Anspruch genommenen Flächen wird empfohlen (Streifen von 6 bis 18 m; vgl. Abb. 50):

Empfehlungen

- > vorgängige Begrünung (mindestens 3 Monate Wachstum während der Vegetationsperiode einplanen, Aussaat möglichst im Vorjahr);
- > falls eine Begrünung nicht möglich ist, mit dem landwirtschaftlichen Bewirtschafter vereinbaren, dass er keine Bodenbearbeitung vornimmt (Pflügen, Stoppelbearbeitung, Tieflockerung usw.).

Die Entschädigungen der landwirtschaftlichen Bewirtschafter betreffen nicht nur den Ertragsausfall infolge der eigentlichen Arbeiten, sondern umfassen auch:

- > die Vorbereitung der Baustellenfläche zur Verbesserung der Befahrbarkeit des Bodens vor den Arbeiten;
- > die Rücknahme der abgetragenen Fläche, um die Wiederherstellung der Bodenstruktur zu fördern und die ursprünglich vorhandene Entwässerungsfähigkeit wiederzuerlangen.

Entschädigt wird der Bewirtschafter vom Bauherrn für all diese Einschränkungen gemäss der «Wegleitung für die Bemessung des Einkommensausfalles für mehrjährig beanspruchtes Kulturland» des Schweizerischen Bauernverbands in Brugg (AG).

Das Trasse wird unter Berücksichtigung der folgenden Punkte gewählt:

- > Strassen- und Wegränder bevorzugen und lange Abschnitte ohne Zugang vermeiden. Falls nicht möglich, ein Trasse wählen, das parallel zu den Kulturen und an den Parzellenrändern verläuft;
- > Niederungen und ehemalige Flachmoore meiden.

Die Arbeiten müssen während der Vegetationsperiode stattfinden, um die Wirkung der Verdunstung auf die Abtrocknung der Böden zu nutzen. Zudem sind genügend Maschinen und Personal einzuplanen, damit Schönwetterperioden genutzt werden können und um so unter optimalen Bedingungen zu arbeiten.

Die Technik des Abtrags, der nur im Grabenbereich erfolgt, beruht auf dem Grundsatz, dass alle Befahrungen auf dem gewachsenen Boden stattfinden (vgl. Abb. 51). Wenn es die Verhältnisse ermöglichen, soll natürlich das Befahren in erster Linie auf hartem Untergrund (Strasse, Weg) erfolgen. Dieser Grundsatz bedeutet, dass die folgenden Anforderungen eingehalten und von der beauftragten BBB überprüft bzw. validiert werden müssen. Es müssen Raupenmaschinen eingesetzt werden, die eine Bodenpressung $< 0,5 \text{ kg/cm}^2$ aufweisen. Bei Arbeiten auf dem gewachsenen Boden sind die Einsatzgrenzen (Bodenfeuchte) einzuhalten, die aus dem Nomogramm je nach Gewicht und Bodenpressung der Maschine hervorgehen. Dies bedingt die Installation von tensiometrischen Messstationen durch die BBB. Um möglichst viele Arbeitstage zur Verfügung zu haben (Saugspannung $> 10 \text{ cbar}$), sind Raupenmaschinen mit einem Gewicht von unter 20 Tonnen zu verwenden. Für wiederholte Befahrungen (Anlieferung von Material, Ziehen der Leitung, Verlegen der Leitung, Abtransport des überschüssigen Materials usw.) wird der Einsatz von leichten Raupenmaschinen empfohlen (z. B. Raupendumper).

Maschinen und Techniken

Die Verwendung einer Baupiste am Rand des Grabens ist erforderlich, wenn:

- > schwerere Raupenmaschinen eingesetzt werden;
- > Fahrzeuge mit Industriereifen verwendet werden;
- > lange Abschnitte (< 500 m) ohne seitlichen Zugang vorliegen, was bedeutet, dass zahlreiche Hin- und Rückfahrten notwendig sind.

Abb. 51 > Linienbaustellen

Ein Abtrag des gesamten Oberbodens auf der ganzen Eingriffsfläche beeinträchtigt die Bodenfruchtbarkeit.



Zwischenlagerung der Bodenschichten ohne Vermischung (von rechts nach links: Oberboden, Unterboden, Aushub)



Lockeres Wiederauftragen des Bodens ohne Verdichtung



Arbeiten auf dem gewachsenen Boden



Wegführen des überschüssigen Aushubmaterials und Wiedereinbringen von Unter- und Oberboden



Einsaat des aufgefüllten Grabens



Unabhängig vom Feuchtezustand und den angetroffenen Bodentypen ist für die Schweissarbeiten und die Lagerung des schweren Materials auf den als Installationsplatz vorgesehenen Gebieten eine Schutzschicht anzulegen. Diese kann unterschiedlicher Art sein: Kiesgemisch- oder Holzschnitzelschicht, Schutzplatten, Baggermatratzen aus Holz. Die Bedingungen für die Installation und die Demontage sind strikt einzuhalten, falls die Wirksamkeit dieser Schutzeinrichtungen gewährleistet sein soll (vgl. Modul 3, Kapitel 3.8).

Die Arbeiten für die Grabenabhumusierung und den Aushub, die Zwischenlagerung und die Aufschüttung werden ausgeführt, ohne die Schichten zu durchmischen. Die Erdwälle sind gut zu trennen. Der abgetragene Boden wird vollständig wiederaufgetragen. Das Volumen, das der Leitung und der Ummantelung entspricht, muss durch den Abtransport von überschüssigem Aushubmaterial ausgeglichen werden. Beim Wiederauftragen des Materials dürfen der Ober- und der Unterboden nicht verdichtet werden. Zudem soll der Bodenauftrag in Form einer Erhöhung bzw. Wölbung erfolgen, damit begrünt werden kann. Die endgültige Oberfläche darf nicht planiert werden, da sich die leichte Wölbung infolge der lockeren Auftragung mit der Zeit verfestigt und senkt.

Die Bauleitung und die BBB organisieren vor Ort ein Treffen mit den Bewirtschaftern zwecks Rückgabe der Eingriffsfläche. Die BBB erstellt nach den Bodenarbeiten eine Bestandsaufnahme. Je nach deren Ergebnissen wird die Parzelle entweder dem Bewirtschafter ohne Einschränkungen zurückgegeben oder es werden Korrekturmassnahmen vereinbart (vgl. Modul 3, Kapitel 3.11). In einem solchen Fall werden die Entschädigungsbedingungen für den Bewirtschafter festgelegt.

Rückgabe an den Bewirtschafter

4.5

Hochwasserschutz Linth 2000: «Qualitative Bodenverbesserung statt quantitativer Flächenersatz»

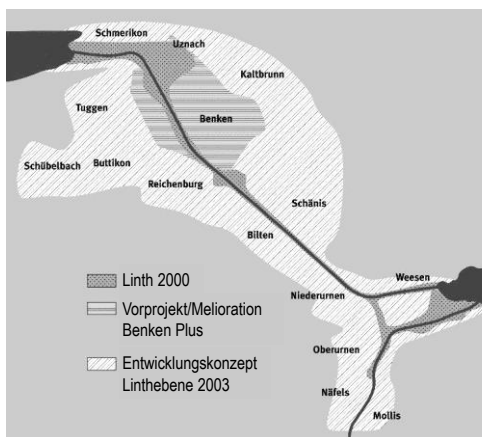
Die Ausarbeitung des Projekts «Hochwasserschutz Linth 2000» erfolgte in Anlehnung an übergeordnete Planungen, wie das Entwicklungskonzept Linthebene 2003 (EKL 2003 der Kantone GL, SG, SZ und ZH) sowie das landwirtschaftliche Vorprojekt Benken Plus (vgl. Abb. 52). Die Grundlagen für die Realisierung der Hochwasserschutzmassnahmen sowie der Rekultivierungsmassnahmen wurden im Rahmen dieser übergeordneten Planung erarbeitet. Dies gilt insbesondere für die Abstimmung der verschiedenen Nutzungsansprüche wie Hochwasserschutz, Siedlungsentwicklung, Freizeit, landwirtschaftliche Nutzung und Naturschutz. Im Bereich des Naturschutzes sind ökologische Ersatzmassnahmen eine wichtige Einfluss- und Entscheidungsgrösse. Im Fall des genannten Hochwasserschutzprojekts wurden deshalb verschiedene ökologische Ersatzmassnahmen umgesetzt, die zusammen mit der umweltgerechten Verwertung von abgetragenen Boden die gemäss UVP verlangte Ökopunktebilanz positiv beeinflussten.

Verfasser:

Stefan Zeller, Klaus Büchel
Anstalt, Ingenieurbüro für
Agrar- und Umweltberatung,
Mauren (FL)

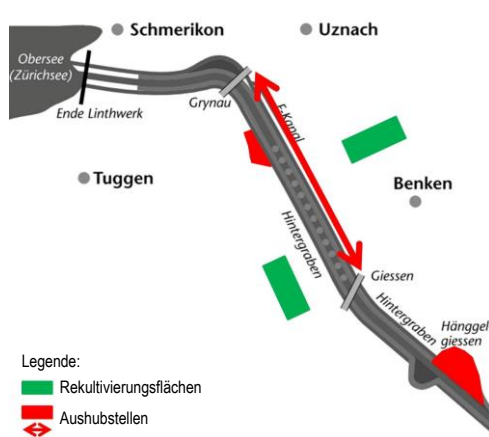
Abb. 52 > Projekt «Hochwasserschutz Linth 2000»

Einbettung des Projekts «Hochwasserschutz Linth 2000» in die übergeordneten regionalen Planungen (EKL 2003 und Benken Plus)



Quelle: Hochwasserschutz Linth 2000

Schematische Darstellung des Projekts «Hochwasserschutz Linth 2000, Teilprojekt Linthkanal» (www.linthwerk.ch). Die Rekultivierungsflächen und die Aushubstellen sind farbig gekennzeichnet.



Im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts fielen rund 300 000 m³ mineralischer Bodenabtrag (Ober- und Unterboden) als Überschuss an. Mit der Umsetzung von zwei Rekultivierungsprojekten konnten rund 220 000 m³ umweltverträglich und bodenschonend verwertet sowie eine qualitative Standortverbesserung erreicht werden. Die zwei Projekte umfassen eine Fläche von rund 25 ha. Die Bewirtschaftung der Projektflächen wurde mit dieser Massnahme nachhaltig für die landwirtschaftliche Nutzung gesichert. Dies erlaubte einen teilweisen Ersatz des quantitativen Flächenverlustes durch qualitative Bodenverbesserung. Ausserdem konnten das Gesamtverkehrsaufkommen des Hochwasserschutzprojekts massiv reduziert sowie das Deponievolumen entlastet werden.

Projekt- und Situationsbeschreibung

Die Rekultivierungsprojekte wurden auf entwässerten Gley- und Halbmoorböden realisiert. Diese Böden sind typischerweise durch eine schleichende Bodendegeneration geprägt (Torfsetzungen und -sackungen). Häufig sind die Drainagesysteme veraltet und sanierungsbedürftig. Periodische Vernässungen an der Bodenoberfläche als Folge des hohen Grundwasserstands, des geringen Flurabstands sowie der ausgeprägten Niveauabsenkungen verunmöglichen eine «normale» landwirtschaftliche Bewirtschaftung. Ein mittelintensiver bis intensiver Futterbau ist somit langfristig gefährdet. Falls keine bodenverbessernden Massnahmen umgesetzt werden, ist langfristig eine Extensivierung unumgänglich. In Gebieten von hohem landwirtschaftlichem Interesse («strategische Kerngebiete») ist jedoch eine Standortsicherung für mindestens eine futterbauliche Nutzung unumgänglich.

Bodenkundliche Besonderheiten

Als Handlungsmaxime in der Planung und Realisierung wurden die nachhaltige Flächensicherung, die Erreichung einer Boden- und Standortverbesserung sowie die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit (vgl. Abb. 53) formuliert. Ausserdem galt es, den Überschuss an abgetragenem Boden aus ökologischen Überlegungen sinnvoll zu verwerten, damit die Umweltauswirkungen des Hochwasserschutzprojekts im Bereich

Rekultivierungsziele

Boden minimiert, das knappe Deponievolumen entlastet und das Verkehrsaufkommen reduziert werden konnten.

Die Projektplanung umfasste eine Machbarkeitsbeurteilung inklusive Variantenstudium sowie eine detaillierte bodenkundliche Situationsbeurteilung inklusive Massenbilanzierung. Die bodenkundliche Ausgangslage wurde mittels Kartierung der Rekultivierungsflächen und der Aushubstellen sowie einer Beurteilung diverser Bohrprofile und Siebkurven analysiert. Im Bereich korrosionsgeschützter Strommasten und schützenswerter Vegetationstypen waren vertiefte Abklärungen notwendig. Bezüglich der Erneuerung des Drainagesystems erfolgte eine separate Detail- und Ausführungsplanung (vgl. Abb. 54). Die Projektbewilligungen wurden über die Projektbewilligung des Hochwasserschutzprojekts (Kanton St. Gallen) bzw. im üblichen Baubewilligungsverfahren (Kanton Schwyz) erteilt.

Planungsphase

Die Einbettung des Bodenschutzes erfolgte primär über die «Auflagen Umwelt» (Umweltverträglichkeitsprüfung des Hochwasserschutzprojekts; vgl. Abb. 55). Die Massnahmen wurden hinsichtlich der Rekultivierungsprojekte im «Umsetzungskonzept Umwelt» (Phase Projektplanung), im «Begleitdokument Bodenschutz» (Phase Submission) und im «Bodenschutzprogramm» (Phase Ausführungsplanung) konkretisiert. Folgende technischen Details bedurften einer vertieften Planung: Baustellenerschliessung (Transportpisten mittels Hackschnitzeln, Fahrgassen für Raupenbagger auf Baggermatratzen), Geländemodellierung, Rekultivierungstechnik und Bodenaufbau (20 cm Oberboden, rund 50–70 cm Unterboden).

Bodenschutzkonzept

Abb. 53 > Sanierung drainierter Halbmoorböden

Drainierter Halbmoorboden (Zustand vorher)

Überdeckter Boden (Zustand nachher)



Quelle: Sektion Boden, BAFU

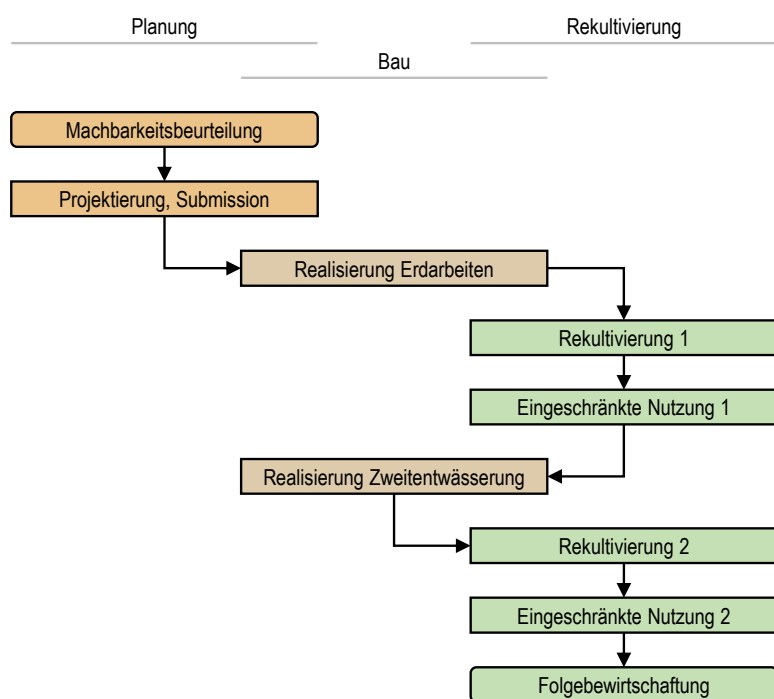
Die Rekultivierungsprojekte wurden als separate Baulose im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts bearbeitet. Sie wurden nach bodenkundlichen Gesichtspunkten geplant und in der Realisierung überführt (vgl. Abb. 57). Die Bauleitung erfuhr durch eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) eine Erweiterung. Auch die Bauarbeiten an der Zweitentwässerung wurden durch eine BBB überwacht. Zur Vergabe gelangte das Mandat für diese Funktionen als Gesamtauftrag an ein bodenkundliches Fachbüro.

Der abgetragene Boden wurde im Direktumlagerungsverfahren auf den Rekultivierungsflächen eingebaut (d. h. ohne vorgängiges Abhumusieren). Der lose Einbau des Unter- und Oberboden erfolgte streifenweise mittels Raupenbagger (Einsatz GPS-gesteuerter Maschinen).

Realisierungsphase

Abb. 54 > Ablauf der zwei Rekultivierungsprojekte

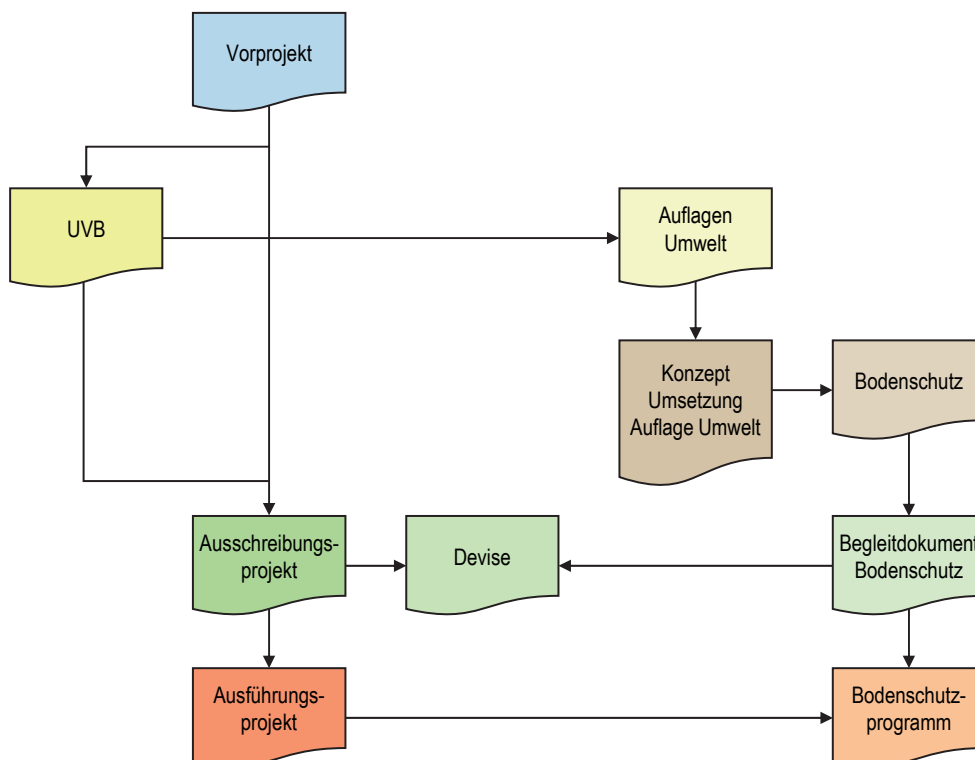
Weil das Entwässerungssystem im Rahmen der Rekultivierungsprojekte ersetzt werden musste, waren für den Übergang zur Folgebewirtschaftung zwei Schritte notwendig (eingeschränkte Nutzung 1 und 2). Die Bewirtschaftung wurde für rund fünf Jahre unterbrochen.



Quelle: Klaus Büchel Anstalt 2013

Abb. 55 > Planung für Umwelt- und Bodenschutz im Rahmen des Projekts «Hochwasserschutz Linth 2000»

Struktur der Anforderungen an den Umwelt- und Bodenschutz im Rahmen des Projekts «Hochwasserschutz Linth 2000». Die schematische Darstellung veranschaulicht die vereinfachte Projektstruktur, die die Genehmigung des Rekultivierungsprojekts im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts umfasst. In diesem Fall wurde kein Detailprojekt (Ausführungsprojekt) erarbeitet.



Quelle: Klaus Büchel Anstalt 2013

Die Überwachung von Witterung und Bodenkennwerten (v. a. Saugspannung) erfolgte mit automatischen und autonomen Bodenmessstationen. Dank Datenübertragung auf FTP-Server und SMS-Alarm war die bodenkundliche Baubegleitung laufend über die lokale Baustellensituation informiert und konnte «just in time» die notwendigen Entscheidungen treffen. Zusätzlich erfolgten laufende Vor-Ort-Kontrollen mittels manueller Tensiometer und Piezometer.

Im Baufortschritt wurde eine systematische Qualitätskontrolle des abgetragenen Bodens durchgeführt (vgl. Abb. 56). Auf der Einbaufäche wurde eine Bodenprobe je Einbaucharge genommen und bezüglich Körnungszusammensetzung analysiert (Archivierung Rückstellprobe). Einbau und Flächenentwicklung wurden mittels GPS eingemessen und auf einem Flächenentwicklungsplan festgehalten. Die Rückverfolgbarkeit des eingebauten abgetragenen Bodens je Einbaufäche ist somit gewährleistet.

Die Rekultivierungsfläche wurde etappenweise im Baufortschritt begrünt (Klee-Gras-Mischungen). Die Folgebewirtschaftung erfolgte mittels Schnittnutzung. Nach einer einjährigen Konsolidierungsphase wurde eine Beweidung freigegeben (Esel, Schafe, Jungvieh bis max. 200 kg). Dies geschah insbesondere aufgrund der erschwerten Bewirtschaftung durch die Erdwälle entlang des Leitungsverlaufs der Zweitentwässerung. Rund zwei Jahre nach Abschluss der Zweitentwässerung erfolgten die Bodenbearbeitung und die Neuansaat. Die Flächenfreigabe wurde fünf Jahre nach Baubeginn der Erdarbeiten erteilt.

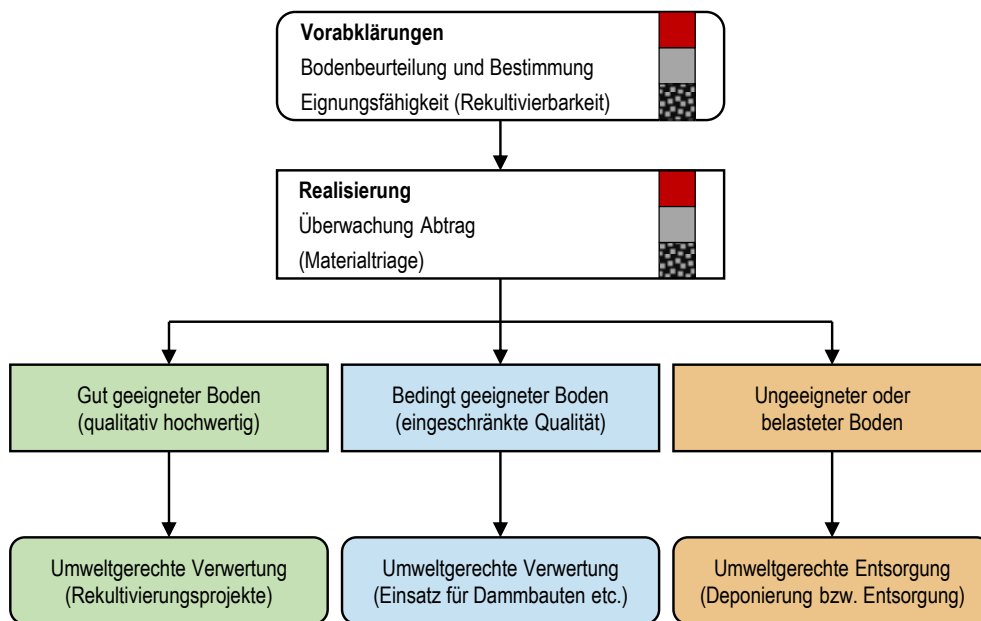
Rekultivierung

Die (bodenkundliche) Projektplanung soll so früh wie möglich erfolgen. Insbesondere sind frühzeitig eine Machbarkeitsbeurteilung (technisch, wirtschaftlich und gesetzlich) und ein provisorisches Bauprogramm auszuarbeiten, damit genügend Spielraum für die Detailplanung und das Handling von Schnittstellen besteht. Rekultivierungstechnik, Leistungskapazität, mögliche Bauunterbrüche sowie die Dauer der Flächenbeanspruchung sind dabei wichtige Einflussgrößen.

Empfehlungen

Abb. 56 > Beurteilungsmodell abgetragener Boden

Modell zur Beurteilung des abgetragenen Bodens hinsichtlich der Bodenqualität, der Rekultivierungsmöglichkeiten und der Sortierung des Materials. Neben einer allgemeinen Kartierung im Rahmen der Vorstudien und der Planung wurde während der gesamten Dauer der Bauarbeiten eine Qualitätsüberwachung sichergestellt.



Quelle: Klaus Büchel Anstalt 2013

Trotz verschiedener Normen und Richtlinien existiert für die Realisierung von Rekultivierungsprojekten kein Standardverfahren. Ausgangssituation und Rekultivierungsziel sind in jedem Projekt neu zu beurteilen. Die technischen Umsetzungsdetails (v. a. Rekultivierungstechnik und Baustellenerschliessung) müssen an die spezifischen Standorteigenschaften eines Rekultivierungsprojekts angepasst werden. Die Notwendigkeit einer Kombination von Bodenverbesserung und Zweitentwässerung – wie sie auf den zwei Rekultivierungsflächen gewählt wurde – ist nicht zwingend gegeben. Die «richtige» Lösung ist von Fall zu Fall neu zu evaluieren.

Witterung und Bauprogramm sind die wesentlichen Einflussgrössen bezüglich Baufortschritt. Längerfristige Bauunterbrüche und Standzeiten sind deshalb in der Ausführungsplanung zu berücksichtigen und mit den Bauprogrammen in Verbindung stehender Projekte abzustimmen. Bezüglich Baustopp und Bauunterbruch ist in der Submission eine praktikable und transparente Lösung zu definieren. Bauherrschaft und Unternehmer sind bezüglich dieser zeitlichen Herausforderung zu sensibilisieren. Ausserdem ist eine Vorschrift der verlangten Leistungskapazität zur Sicherstellung eines minimalen Baufortschritts notwendig. Das Handling von Schnittstellen ist in diesem Zusammenhang ein zentraler Erfolgsfaktor zur Sicherstellung eines effizienten und kostengünstigen Projektablaufs.

Der Nutzungsunterbruch sowie die Umsetzung der Folgebewirtschaftung sind mit Bodeneigentümer und Bewirtschafter abzustimmen. Zeit ist der Erfolgsfaktor. Der Nutzungsunterbruch ist von verschiedenen Faktoren abhängig und dauert in der Regel mindestens vier bis fünf Jahre. Für diese Zeit ist eine Regelung für die betroffenen Bewirtschafter notwendig (Ersatzflächen oder Entschädigungszahlungen). Zur Koordination und Überwachung der Bewirtschaftungsvorgaben ist das Bestimmen eines Vertreters seitens Bodeneigentümer und/oder Bewirtschafter empfehlenswert. Somit werden diese in die Verantwortlichkeit miteinbezogen.

Nebst einer systematischen und lückenlosen Qualitätssicherung (vgl. Abb. 56) ist eine Erfolgskontrolle in jedem Fall empfehlenswert (Monitoring, v. a. physikalische und biologische Kennwerte). Mit der Umsetzung ausgewählter Untersuchungsmethoden kann der Nachweis über die effektiv erreichte Bodenverbesserung erbracht werden. Erfahrungsgemäss lässt sich eine erste Aussage zum Erfolg eines Rekultivierungsprojekts frühestens drei Jahre nach Abschluss der Erdarbeiten machen.

Abb. 57 > Etappen der Bodenverbesserung – Benken Plus

Transport des abgetragenen Bodens über die Holzschnitzelpiste, Einbau mit dem Löffelbagger



Einbau des abgetragenen Bodens, der locker mithilfe eines Raupenbaggers aufgebracht wird. Die Höhe der Schicht wurde mittels GPS reguliert.



Detailansicht eines Maschineneinsatzes auf einer Matratze (Metallplatten). Im Allgemeinen befinden sich die Maschinen auf Baggermatratzen. Die kleinen Maschinen (mit geringer Bodenpressung) wurden jedoch manchmal gemäss dem Nomogramm direkt auf dem gewachsenen Boden eingesetzt.



Folgebewirtschaftung – Produktion von Trockenfutter. Einsatz von Traktoren mit Zwillingsbereifung.



Die gesamte Baustelle in Vogelperspektive: Einbau des abgetragenen Bodens



Die gesamte Baustelle in Vogelperspektive: Installation der Zweitentwässerung



> Anhang

Liste der Teilnehmenden der thematischen und regionalen Workshops sowie der befragten Fachleute

Die Workshops wurden vom Team der sanu future learning ag organisiert und von Enrico Bellini und Valérie Parrat im Beisein von Jean-Pierre Clément und Roland von Arx von der Sektion Boden beim BAFU (Auftraggeber) moderiert. Ein Teil der Workshops wurde von Jürg Rohner (rohnerconsult) protokolliert.

Tab. 13 > Teilnehmerliste der thematischen Workshops

	Vertreter/innen der kantonalen Fachstellen für den Vollzug der VBBo (FABO)	Bodenkundliche Baube- gleiter/-innen BGS/SSP (BBB)	Beigezogene Fachleute
Waldböden	Dominik Mösch (AG) François Schnyder (ZH) Gaby von Rohr (SO)	Geri Kaufmann Martin Zürner	Andreas Freuler und Peter Lüscher, Eidg. Forschungsanstalt WSL Bruno Holenstein, selbstständiger Forstingenieur Robert Jenni, Amt für Wald, Wild und Fischerei (WALDA), Kt. Freiburg Andreas Ruef, Kartograf
Böden im Siedlungsgebiet	Bastien Guex und Christian Keimer (GE) Daniel Schmutz (BL) Remo Zanelli (ZH)	Martin Frei Mariann Künzi	Joël Amossé, Universität Neuenburg Pascal Boivin und Lionel Chabbey, Hochschule für Landwirtschaft, Technik und Architektur Genf (hepia) Silvia Tobias, Eidg. Forschungsanstalt WSL
Alluviale und organische Böden	Bastien Guex und Christian Keimer (GE) Daniel Schmutz (BL) Remo Zanelli (ZH)	Markus Günter	Joël Amossé, Université de Neuchâtel Pascal Boivin und Lionel Chabbey, Hochschule für Landwirtschaft, Technik und Architektur Genf (hepia) Claire Guenat, Eidg. Technische Hochschule Lausanne (EPFL) Roland Haab, Moorfachmann
Subalpine und alpine Böden	Alexander Imhof (UR) Marco Lanfranchi (GR) Roman Sutter (SG)	Nina von Albertini Bertrand Wüthrich	Stefan Julen und Regula Schild, UVP und Begleitung von alpinen Baustellen Christian Rixen, Eidg. Forschungsinstitut WSL
Landwirtschafts-böden	Christine Hauert (SO) Claude Kündig (VD) Dominik Mösch (AG) Wolfgang Sturny (BE)	Emmanuel Brandt Franca Ciocco Véronique Maître Marco Rossi Hans Sägesser Matthias Stettler Markus Vogt	Jürg Jaun, selbstständiger Berater im Bereich Sand und Kies

Quelle: E. Bellini, IC Infraconsult AG

Tab. 14 > Teilnehmerliste der regionalen Workshops

	Vertreter/innen der kantonalen Fachstellen für den Vollzug der VBBo (FABO)	Bodenkundliche Bauleiter/-innen BGS/SSP (BBB)	Beigezogene Fachleute
Olten	Daniel Schmutz (BL)	Christoph Abbegg Thomas Gasche Bruno Grünenfelder Martin Huber Marion Kaiser Matias Laustela Hans Pfister	Luzius Matile, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Freiburg	Jean Fernex (JU) Barbara Gfeller Laban (FR) Bastien Guex und Christian Keimer (GE) Claude Kündig (VD)	Irène Birolini Marc-André Dubath Véronique Maître Antoine Margot Gaëtan Mazza Adrian von Niederhäusern	Antoine Besson, Hochschule für Landwirtschaft, Technik und Architektur Genf (hepia) Fabienne Favre Boivin, Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR)
Luzern	Gérald Richner (NW) David Widmer (LU)	Daniele Moro Jan Sutter	
Landquart	Sven Bürzle (FL) Achim Kayser (TG) Gianfranco Tognina (GR)	Jens Bohne Franca Ciocco Andreina Reutemann Stefan Zeller	Helmut Wittmann, IfÖ Institut für Ökologie OG, Österreich

Quelle: E. Bellini, IC Infraconsult ag

Tab. 15 > Vorstellung des Textentwurfs vor interessierten Kreisen am 27. August 2013 in Biel

Institution	Vertreter/-innen
Bildungszentrum Bau des Schweizerischen Baumeisterverbandes (SBV)	Markus Enz
Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS/SSP)	Rolf Krebs
Bundesamt für Energie (BFE)	Yves Amstutz
Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)	Anton Stübi
Bundesamt für Strassen (ASTRA)	Marguerite Trocmé Maillard
Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB)	Beat Haller
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR)	Fabienne Favre Boivin
sanu future learning ag	Peter Lehmann
SBB Infrastruktur	Randy Koch und Thierry Marchon
Schweizerischer Bauernverband (SBV)	Martin Würsch
Schweizerischer Baumeisterverband (SBV)	Nicole Loichat
Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (sia)	Fritz Zollinger
Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)	Adrian Verasani
Seilbahnen Schweiz (SBS)	Maurice Rapin
Service cantonal d'archéologie (NE)	Judith Becze-Deak
Service des routes (VD)	François Petricioli

Quelle: E. Bellini, IC Infraconsult AG

Tab. 16 > Personen mit Beiträgen zu den Modulen 1–3

Vorname, Name	Funktion	Institution
Pascal Boivin	Professor, Studiengang Agronomie	Hochschule für Landwirtschaft, Technik und Architektur Genf (hepia)
Elisabeth Clément	Sektion Siedlung und Landschaft	Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Fabienne Favre Boivin	Professorin, Studiengang Bauingenieurwesen	Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HTA-FR)
François Füllemann	Protection des sols, Division Géologie, Sols et Déchets (GEODE)	Direction générale de l'environnement (DGE), Département du territoire et de l'environnement (DTE), VD
Bastien Guex	Ingénieur sols et sous-sols, Service de géologie, sols et déchets	Direction générale de l'environnement (DGE), Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture (DETA), GE
Luzius Matile	Professor, Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Zürich (ZHAW)
François Petriccioli	Chef de la section travaux de la division Infrastructure routière	Direction générale de la mobilité et des routes (DGMR), Département des infrastructures et des ressources humaines (DIRH), VD
Bertrand Wüthrich	Landwirtschaftlicher Berater	Fondation rurale interjurassienne (FRI), JU

Quelle: E. Bellini, IC Infraconsult AG

> Verzeichnisse

Abkürzungen

ARE

Bundesamt für Raumentwicklung

BAFU

Bundesamt für Umwelt

BBB

Bodenkundliche Baubegleitung bzw. anerkannte(r) Bodenkundliche(r)
Baubegleiter(in) BGS/SSP

BFE

Bundesamt für Energie

BGE

Bundesgerichtsentscheid

BGS/SSP

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz

BHU

Büro für Bauherrenunterstützung

BLW

Bundesamt für Landwirtschaft

BöB

Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen

BUWAL

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (heute BAFU)

CRB

Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB

EKL

Entwicklungskonzept Linthebene

FABO

Kantonale Fachstelle für Bodenschutz

FAL

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau
(heute INH)

FFF

Fruchtfolgefäche

FrSV

Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt
(Freisetzungsverordnung)

FSK

Fachverband Sand und Kies (heute FSKB)

FSKB

Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie

FTP

File Transfer Protocol

GPS

Global Positioning System

GVO

Gentechnisch veränderte Organismen

HTA-FR

Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

INH

Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften

NPK

Normpositionenkatalog

OR

Obligationenrecht

QP

Quartierplan

QRP

Quartierrichtplan

RPG

Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz)

RPV

Raumplanungsverordnung

SABA

Strassenabwasser-Behandlungsanlagen (SABA)

SBV

Schweizerischer Baumeisterverband

SIA-Normen

Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (sia)

SMS

Short Message Service

SN

Schweizer Norm

SUP

Strategische Umweltprüfung

TDR time domain reflectometry		Abb. 7 Die verschiedenen Definitionen des Bodens und der Geltungsbereich des USG	20
TVA Technische Verordnung über Abfälle		Abb. 8 Verwendete Terminologie bei Strassenböschungen oder Grünstreifen	21
UBB Umweltbaubegleitung		Abb. 9 Baustelle im Wald – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)	27
USG Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz)		Abb. 10 Baustelle in subalpinem Gebiet – Bodenverbesserung in Château d'Oex (VD), 1450 m ü. M.	29
UVB Umweltverträglichkeitsbericht		Abb. 11 Baustelle im Berggebiet des Juras – Verlegung einer unterirdischen Stromleitung der BKW Energie AG	31
UVP Umweltverträglichkeitsprüfung		Abb. 12 Darstellung verschiedener typischer Situationen im Siedlungsgebiet mit sehr variablen Bodenprofilen und -arten	33
VBBö Verordnung über Belastungen des Bodens		Abb. 13 Baustelle in städtischem Umfeld – Bau des ARE-Gebäudes in Ittigen (BE)	34
VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute		Abb. 14 GIS-Daten eines Geoportals	41
WaG Bundesgesetz über den Wald (Waldgesetz)		Abb. 15 Agro-meteorologische Daten	41
WaV Waldverordnung		Abb. 16 Plan für Lagerungszonen, Baupisten und Installationsplätze	42
Abbildungen		Abb. 17 Wiederherstellung des Bodens – Errichtung eines Erdgaslagers der Gasverbund Mittelland AG	46
Abb. 1 Kiesgruben: im Vordergrund wiederhergestellt, im Hintergrund im Abbau befindlich	8	Abb. 18 Organisationsmodell der BBB, angepasst anhand des Modells der UBB	49
Abb. 2 Bau der Transitgasleitung von Walbach (AG) nach Däniken (SO) im Jahr 1994	9	Abb. 19 Japanischer Staudenknöterich	53
Abb. 3 Jahresexkursion der BGS/SSP 2013 – zehn Jahre bodenkundliche Baubegleitung (BBB)	10	Abb. 20 Essigbaum	53
Abb. 4 Vertiefungs- und Austauschtagung für BBB 2014 – organisiert von der BGS/SSP und der sanu future learning ag	12	Abb. 21 Aufrechtes Traubenkraut (Ambrosie)	54
Abb. 5 Die Porosität des Bodens ist für die Erhaltung seiner Funktionen essenziell	16	Abb. 22 Vergleich der Evapotranspiration	57
Abb. 6 Die Bodenvielfalt in der Schweiz	18		

Abb. 23	Überwachung mit Tensiometer – Einfluss der Kulturart auf die Tensiometerwerte	57	Abb. 40	Lockerung mit Spatenpflug	76
Abb. 24	Messung mit schnell ansprechendem Tensiometer	59	Abb. 41	Situationsplan mit Orthofoto – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)	78
Abb. 25	Temporäre Messfläche mit 5 Tensimetern auf einer Baustelle im St. Galler Rheintal	59	Abb. 42	Rodungsplan – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)	80
Abb. 26	Permanente kantonale Messstation	59	Abb. 43	Temporär genutzte Fläche im Wald – A16 «Transjurane» von Boncourt (JU) nach Biel (BE)	82
Abb. 27	Einsatzgrenze einer Raupenbaumaschine je nach Bodenfeuchte	61	Abb. 44	Kombinierte Vorgehensweise der Saat-Soden-Kombinationstechnik	84
Abb. 28	Linearer Aushub mit Raupenbagger auf gewachsenem begrüntem Boden	62	Abb. 45	Verschiedene Etappen einer alpinen Baustelle – Reisseck II (Kärnten, A)	87
Abb. 29	Raupentrax und Schürfraupe	63	Abb. 46	Situationsplan «Les Vergers» in Meyrin (GE)	90
Abb. 30	Bodenwiederherstellung mit Planierdraupe unter feuchten Bedingungen	63	Abb. 47	Panoramabild der Baustelle «Les Vergers» in Meyrin (GE)	90
Abb. 31	Streifenweiser Abtrag	65	Abb. 48	Quartierplan des Stadtteils «Les Vergers» in Meyrin (GE)	91
Abb. 32	Baupisten mit Kiesgemisch 0/45	67	Abb. 49	Baustelle «Les Vergers» in Meyrin (GE)	94
Abb. 33	Mobile Verbundplatten	68	Abb. 50	Linienbaustellen – Baustellenetappen	96
Abb. 34	Baggermatratzen aus Rundhölzern	68	Abb. 51	Linienbaustellen	98
Abb. 35	Zwischenlagerung von abgetragenen Boden	69	Abb. 52	Projekt «Hochwasserschutz Linth 2000»	100
Abb. 36	Alternative Form für eine längere Zwischenlagerung	70	Abb. 53	Sanierung drainierter Halbmoorböden	101
Abb. 37	Wiederherstellung des Bodens in aufeinanderfolgenden Streifen in einem Arbeitsgang	73	Abb. 54	Ablauf der zwei Rekultivierungsprojekte	102
Abb. 38	Streifenweiser Auftrag von Unter- und Oberboden	74	Abb. 55	Planung für Umwelt- und Bodenschutz im Rahmen des Projekts «Hochwasserschutz Linth 2000»	103
Abb. 39	Rückbau der Zwischenlager von Ober- und Unterboden	74	Abb. 56	Beurteilungsmodell abgetragener Boden	104

Abb. 57			Tab. 14	
Etappen der Bodenverbesserung – Benken Plus	106		Teilehmerliste der regionalen Workshops	108
			Tab. 15	
			Vorstellung des Textentwurfs vor interessierten Kreisen am 27. August 2013 in Biel	109
Tabellen			Tab. 16	
			Personen mit Beiträgen zu den Modulen 1–3	110
Tab. 1				
Überblick über die je nach Situation und Sprache verwendete Terminologie	20			
Tab. 2				
Wichtigste ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Funktionen des Bodens	22			
Tab. 3				
Belastungen, Quellen und Auswirkungen	23			
Tab. 4				
Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten im Wald	28			
Tab. 5				
Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten in subalpinen und alpinen Gebieten	30			
Tab. 6				
Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten in Weiden des Juras	32			
Tab. 7				
Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung von Projekten im Siedlungsgebiet	35			
Tab. 8				
Checkliste für die Analyse des Ausgangszustands – Fragen, die der Planer beantworten muss	51			
Tab. 9				
Empfohlene Massnahmen für die Zwischenlagerung von Ober- und Unterboden je nach Bodenart und Dauer der Zwischenlagerung	69			
Tab. 10				
Begrünung und Folgebewirtschaftung – Planung und Ausführung	72			
Tab. 11				
Massnahmen während der Übergangsphase der Folgebewirtschaftung	77			
Tab. 12				
Empfehlungen für den Maschineneinsatz in Bezug auf die Bodenempfindlichkeit	81			
Tab. 13				
Teilnehmerliste der thematischen Workshops	107			