

# Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen

Bodenschutzmassnahmen auf Baustellen.  
Ein Modul der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen».



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

# **Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen**

Bodenschutzmassnahmen auf Baustellen.  
Ein Modul der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen».

# Impressum

## Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

## Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

## Autoren

Corsin Lang, BAFU, Sektion Boden

Matias Laustela, Basler & Hofmann AG, Esslingen

Bruno Grünenfelder, Basler & Hofmann AG, Esslingen

## Begleitung Fachexperten

Harald Bentlage, (BAFU, Rechtsdienst 3), Andreas Chervet (Amt für Landwirtschaft und Natur, BE), Dominique Gärtner (Amt für Landwirtschaft, FR), Rolf Gsponer (Amt für Landschaft und Natur, ZH), Bastien Guex (Amt für Umwelt, GE), Elena Havlicek (BAFU, Sektion Boden), Harry Ilg (Amt für Umweltschutz, UR), Marco Lanfranchi (Amt für Natur und Umwelt, GR), Dominik Müller (Departement Bau, Verkehr und Umwelt, AG), Ruedi Stähli (BAFU, Sektion Boden), Christiane Vögeli Albisser (Amt für Landwirtschaft und Natur, BE)

## Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2022: Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen. Bodenschutzmassnahmen auf Baustellen. Ein Modul der Vollzugshilfe Bodenschutz beim Bauen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2112: 36 S.

## Titelbild

Baupiste und Tensiometermessfläche.

© Fotoarchiv BAFU, Sektion Boden

## PDF-Download

[www.bafu.admin.ch/uv-2112-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-2112-d)

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>
<b>Vorwort</b>	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1 Ausgangslage	7
1.2 Geltungsbereich	7
<b>2 Rechtliche Grundlagen</b>	<b>9</b>
<b>3 Projektspezifischer Umgang mit Boden</b>	<b>11</b>
3.1 Bodenkundlicher Ausgangszustand	12
3.2 Zielzustand des Bodens	14
3.3 Art der baulichen Eingriffe und Umfang der Eingriffsfläche	15
3.4 Bodenprojekt	15
3.5 Bodenkundliche Baubegleitung (BBB)	16
3.6 Abnahmen	17
<b>4 Bautechnisch sachgerechter Umgang mit Boden</b>	<b>18</b>
4.1 Vorbereitung des Bodens	19
4.2 Boden befahren oder einer anderen Auflast aussetzen	20
4.3 Erschliessung und Installationsflächen	23
4.4 Abtrag und Umlagerung von Boden	25
4.5 Zwischenlagerung von abgetragenen Boden	26
4.6 Bodenauftrag und Bodenrekultivierung	28
4.7 Nachsorge	30
<b>Anhang</b>	<b>32</b>
A1 Konventioneller Grabenbau kleiner Dimensionen (U-Gräben)	32
A2 Einsatzgrenzen für das Befahren und den Abtrag von Boden	34

---

# Abstracts

The “Sustainable use of soils on construction sites” is one of the modules composing the guidelines “Soil protection on construction sites”. It provides guidance pertaining to soil management on construction sites in accordance with the current soil protection legislation and is based on the knowledge gained in the field since the mid-1990s. It is essentially about the proper handling of the topsoil and subsoil during all construction-related interventions, such as stripping, temporary stockpiling and respreading the soil. More consideration is now being paid to the initial quality of the soil: in other words, a soil survey is mandatory if a construction project involves soil resources. Therefore, a construction soil management plan should take into account not only the desired target state of soil at the end of the project but also the results of the initial soil survey.

Das Modul «Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen» der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen» erläutert den Umgang mit Boden beim Bauen gemäss dem aktuellen Bodenschutzrecht und baut auf den Erkenntnissen auf, die seit Mitte der 1990er-Jahre in der Praxis gemacht wurden. Im Fokus steht der sachgerechte Umgang mit Ober- und Unterboden bei allen baulichen Eingriffen wie Abtrag, Zwischenlagerung und Auftrag von Boden. Neu wird stärker auf den bodenkundlichen Ausgangszustand fokussiert, entsprechend sind Bodeninformationen bei Bauvorhaben mit Bodenbeanspruchung zwingend. Auf Basis des Ausgangszustands und des geplanten Zielzustands können die für das Bauvorhaben notwendigen Bodenschutzmassnahmen abgeleitet werden.

Le module « Gestion respectueuse des sols lors de travaux de génie civil » de l'aide à l'exécution « Construire en préservant les sols » indique comment manier le sol dans le cadre de travaux de construction conformément à la législation en vigueur sur la protection des sols et s'appuie sur les connaissances acquises sur le terrain depuis le milieu des années 1990. Il s'agit essentiellement du maniement approprié de la couche supérieure et de la couche sous-jacente du sol durant toutes les interventions liées à la construction telles que le décapage du sol ainsi que l'entreposage provisoire et la remise en place des matériaux terreux. Désormais, l'accent est davantage mis sur l'état initial du sol. Aussi les informations pédologiques sont-elles obligatoires si un projet de construction prévoit une emprise sur les sols. Les mesures de protection des sols durant la phase de chantier sont déterminées en fonction de l'état initial et l'état cible souhaité.

Il presente modulo «Corretta gestione del suolo nei progetti di costruzione» dell'aiuto all'esecuzione «Costruire proteggendo il suolo» illustra come gestire il suolo nella fase di cantiere conformemente alla legislazione vigente in materia di protezione del suolo e si basa sulle conoscenze acquisite nella pratica dalla metà degli anni '90. Al centro vi è la corretta gestione dello strato superiore e dello strato inferiore del suolo durante tutte le fasi di costruzione come l'asportazione, il deposito temporaneo e il riporto di suolo. Il modulo pone inoltre maggiore attenzione allo stato iniziale del suolo, rendendo obbligatorie le informazioni pedologiche per i progetti di costruzione che prevedono un'occupazione del suolo. Sulla base dello stato iniziale e di quello previsto si possono così determinare le misure di protezione del suolo da applicare al progetto.

**Keywords:**

*Soil, building, soil conservation, soil specialist on construction sites (SSCS)*

**Stichwörter:**

*Boden, Bauen, Bodenschutz, Bodenkundliche Baubegleitung (BBB)*

**Mots-clés:**

*Sols, chantiers, protection des sols, spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (SPSC)*

**Parole chiave:**

*Suolo, cantieri, protezione del suolo, specialista della protezione del suolo sui cantieri (SPSC)*

---

# Vorwort

Die Bautätigkeit für Infrastrukturen aller Art ist anhaltend hoch. Baustellen liegen immer häufiger auch in Berggebieten oder im Wald. Beim Bauen werden oft grosse Kubaturen an Boden abgetragen und bewegt, gelagert und wieder eingebaut. Oft werden Böden auch temporär für Bauinstallationen wie Baupisten oder Bodenzwischenlager beansprucht.

Zerstörte oder belastete Böden können nicht einfach repariert, gereinigt oder neu hergestellt werden. Die Entwicklung eines Bodens erfordert viel Zeit. Es dauert 200 bis 300 Jahre, bis ein Zentimeter Boden entstanden ist; also vom Beginn der Industrialisierung bis heute. Beim Bauen wird meist Boden abgetragen und später z.B. für Rekultivierungen oder Bodenaufwertungen wiederverwendet. Durch den unsachgemässen Umgang mit Boden kann die Bodenstruktur geschädigt werden, was Verdichtungen nach sich zieht und damit die Bodenfunktionen gefährdet. Doch Boden wird, gestützt auf das Umweltschutzgesetz, qualitativ geschützt und der Bodenschutz auf Baustellen ist in der Verordnung über Belastungen des Bodens konkretisiert. Es ist deshalb von zentraler Bedeutung, dass dem Bodenschutz nicht nur bei der Realisierung von Bauwerken und der anschliessenden Rekultivierung von beanspruchten Flächen genügend Rechnung getragen wird, sondern auch bereits in der Planungsphase von Bauprojekten nachgekommen wird. Gesetzliche Grundlagen, Vollzugshilfen, Ausbildungsprogramme und die zunehmende Einsicht, dass Boden eine nicht vermehrbare und immer knapper werdende Ressource ist, haben dazu geführt, dass der Bodenschutz beim Bauen mittlerweile breit akzeptiert ist. Wenn ein Projekt den Umgang mit Boden, den Einsatz von Baumaschinen oder die Verschiebung grosser Mengen abgetragenen Bodens vorsieht, verlangen die Behörden zumeist den Einbezug einer bodenkundlichen Baubegleitung, und zwar schon ab der Planungsphase.

Die Sektion Boden des Bundesamts für Umwelt BAFU hat zusammen mit den kantonalen Fachstellen für den Bodenschutz und Fachleuten aus der Praxis das vorliegende Modul «Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen» als Teil der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen» erarbeitet. Diese Publikation soll dazu beitragen, den sachgerechten Umgang mit Boden beim Bauen zu fördern und bleibende Belastungen der Bodenfruchtbarkeit zu verhindern. Sie trägt den Veränderungen in der Gesetzgebung Rechnung und berücksichtigt die Kenntnisse, die beim Bodenschutz beim Bauen seit dessen Etablierung als gängige Praxis Mitte der 1990er-Jahre gesammelt wurden.

Das BAFU dankt allen, die zum Gelingen dieser Publikation beigetragen haben, speziell der Begleitgruppe.

Bettina Hitzfeld, Abteilung Boden und Biotechnologie  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die vorliegende Publikation ist Teil der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen», welche alle wesentlichen Aspekte für den schonenden Umgang mit der Ressource Boden beim Bauen abdeckt. Die Vollzugshilfe ist in drei Module gegliedert:

- Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen
- Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung<sup>1</sup>
- Terrainveränderungen zum Zweck der Bodenaufwertung<sup>2</sup>

Das vorliegende Modul «Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen» erläutert den Umgang mit Boden auf Baustellen gemäss dem aktuellen Bodenschutzrecht und dem gesammelten Erfahrungswissen. Es löst den bestehenden Leitfaden Umwelt Nr. 10 «Bodenschutz beim Bauen» (2001) ab. Im Fokus dieses Moduls steht der sachgerechte Umgang mit Ober- und Unterboden bei allen baulichen Eingriffen, wie Abtrag und Auftrag, oder der Zwischenlagerung von Boden sowie beim Befahren des gewachsenen Bodens, bei der Erstellung von Installationsplätzen oder von Bau- und Transportpisten. In dieser neuen Publikation werden die technischen Aspekte in Bezug gesetzt zu dem vor dem Baueingriff bestehenden bodenkundlichen Zustand, welcher damit zur zentralen Beurteilungsgrundlage für den sachgerechten Umgang wird.

In Kapitel 2 werden die massgebenden bundesrechtlichen Vorgaben zum sachgerechten Umgang mit Boden bei Bauvorhaben mit Bodeneingriff dargelegt. Informationen, die während der Projektierung eines Bauprojekts zu erheben und der zuständigen Bewilligungsbehörde eingereicht werden müssen, damit diese ein Bauvorhaben bodenschutzrechtlich beurteilen und ggfs. bewilligen kann, sind in Kapitel 3 dargelegt. In Kapitel 4 werden Standardmassnahmen vorgestellt, mit denen ein sachgerechter Umgang mit Boden sichergestellt werden kann. Ausführliche fachliche Hintergrundinformationen zum aktuellen Stand der Technik und den aktuellen Praktiken bei Bauvorhaben finden sich insbesondere in der Publikation Umwelt-Wissen «Boden und Bauen – Stand der Technik und Praktiken»<sup>3</sup> des BAFU.

## 1.2 Geltungsbereich

Die vorliegende Vollzugshilfe bezieht sich auf Ober- und Unterboden. Als Oberboden gilt dabei die humusreiche oberste Bodenschicht; sie entspricht meist dem A-Horizont. Der Unterboden, bodenkundlich auch B-Horizont genannt, umfasst die weniger belebten Bodenschichten. Unterhalb des Bodens folgt der Untergrund (C-Horizont). Gemäss Art. 7 Abs. 4<sup>bis</sup> Satz 2 des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG) gilt nur die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können, als Boden (siehe Abbildung 1, linke Darstellung). Nicht durchwurzelter, unverwitterter Untergrund gilt nicht als Boden.

<sup>1</sup> Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung. Verwertungseignung von Boden. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2021. Umwelt-Vollzug Nr. 2112.

<sup>2</sup> Terrainveränderungen zum Zweck der Bodenaufwertung. Bundesamt für Umwelt (BAFU). In Erarbeitung.

<sup>3</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508.

Die folgende Abbildung 1 illustriert unterschiedliche Definitionen von Boden. Die bodenkundlich definierten Horizonte sind massgebend für die Herleitung der Eigenschaften als Grundlage für die Festlegung der erforderlichen Bodenschutzmassnahmen. Wurzeln von Pflanzen (z.B. von Bäumen oder von invasiven gebietsfremden Pflanzenarten) können bis in den unverwitterten Untergrund reichen, weshalb die Bodendefinition des USG auch dafür gelten kann.

**Abbildung 1**  
**Die verschiedenen Definitionen des Bodens und der Geltungsbereich des USG**





---

## 2 Rechtliche Grundlagen

Im vorliegenden Modul werden auf Basis des bestehenden Umweltschutzrechts konkrete Vorschläge gemacht, wie Boden bei Bauarbeiten geschont und mit diesem sachgerecht umgegangen werden kann. Insbesondere die folgenden bundesrechtlichen Grundlagen sind massgebend:

- Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Umweltschutzgesetz, USG, SR 814.01)
- Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998 (VBBo, SR 814.12)

### *Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit*

Der qualitative Bodenschutz zielt auf die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ab. Die Vorsorge (Art. 1 Abs. 2 USG) steht dabei im Vordergrund. Gemäss Art. 33 Abs. 2 Satz 1 des Umweltschutzgesetzes (USG) darf Boden nur so weit physikalisch belastet werden, dass seine Fruchtbarkeit nicht nachhaltig beeinträchtigt wird. Dies gilt nicht bei der Nutzung des Bodens als Baugrund, womit ausschliesslich die Versiegelung des Bodens zu verstehen ist (Art. 33 Abs. 2 Satz 1 Halbsatz 2 USG).<sup>4</sup> Unversiegelter Boden hingegen wird vom Geltungsbereich der Gesetzesartikel zum Bodenschutz erfasst. Insbesondere unüberbaute Flächen in Bauzonen, die bei Bauvorhaben als Baupisten oder für Bauinstallationen vorübergehend beanspruchten Böden und auch unversiegelte Böden im Bereich von Bauten oder Anlagen, gelten im Sinne des USG nicht als baulich genutzt und fallen damit in den Geltungsbereich des Bodenschutzes nach USG.<sup>5</sup>

Die Definition des Begriffs «Bodenfruchtbarkeit» geht weit über die Ertragsfähigkeit von Böden im agronomischen Sinne hinaus. Gemäss Art. 2 Abs. 1 Bst. a VBBo gilt Boden als fruchtbar, wenn u.a. die biologisch aktive Lebensgemeinschaft, die Bodenstruktur, der Bodenaufbau und die Mächtigkeit für seinen Standort typisch sind und er eine ungestörte Abbaufähigkeit aufweist. Mit Boden ist so umzugehen, dass allfällige Belastungen keine irreversiblen Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit bewirken.

### *Physikalische Bodenbelastung*

Physikalische Bodenbelastungen sind gemäss Art. 2 Abs. 4 VBBo Belastungen des Bodens durch künstliche Veränderungen der Struktur, des Aufbaus oder der Mächtigkeit des Bodens. Das bedeutet in der Praxis, dass nahezu jeder bauliche Eingriff einer physikalischen Belastung entspricht. Solange die Belastungen nur kurze Zeit dauern und nicht schwerwiegend sind, vermag sich der Boden auf natürliche Weise wieder zu erholen. Daher untersagt Art. 33 Abs. 2 Satz 1 USG nur solche physikalischen Bodenbelastungen, die eine nachhaltige Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit bewirken.

Wer Anlagen erstellt, den Boden bewirtschaftet oder anders beansprucht, muss unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften und der Feuchtigkeit des Bodens Fahrzeuge, Maschinen und Geräte so auswählen und einsetzen, dass Verdichtungen und andere Strukturveränderungen des Bodens vermieden werden, welche die Bodenfruchtbarkeit langfristig gefährden (Art. 6 Abs. 1 VBBo). Ausserdem muss gemäss Art. 7 Abs. 1 VBBo beim Abtrag von Boden damit so umgegangen werden, dass dieser wieder als Boden verwendet werden kann, insbesondere müssen Ober- und Unterboden getrennt abgetragen und gelagert werden.

<sup>4</sup>Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2001. Vollzug Umwelt Nr. 4809. S. 14.

<sup>5</sup>Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2001. Vollzug Umwelt Nr. 4809. S. 7.

---

Bei der Wiederverwendung von abgetragenem Ober- und Unterboden (z.B. für Rekultivierungen oder Terrainveränderungen) muss dieser so auf- oder eingebracht werden, dass die Fruchtbarkeit des vorhandenen und die des auf- oder eingebrachten Bodens durch physikalische Belastungen höchstens kurzfristig (max. für 3–5 Jahre<sup>6</sup>) beeinträchtigt wird (Art. 7 Abs. 2 Bst. a VBBo) sowie der vorhandene Boden chemisch und biologisch nicht zusätzlich belastet wird (Art. 7 Abs. 2 Bst. b VBBo).

### *Chemische und biologische Belastung*

Unter chemischen Bodenbelastungen sind Belastungen des Bodens durch natürliche oder künstliche Stoffe (Schadstoffe) zu verstehen (Art. 2 Abs. 2 VBBo). Biologische Bodenbelastungen sind Belastungen des Bodens, insbesondere durch gentechnisch veränderte, pathogene oder gebietsfremde Organismen (Art. 2 Abs. 3 VBBo). Detaillierte Vorgaben und Beurteilungsgrundlagen für den Umgang mit unterschiedlich belasteten Böden finden sich im Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen».

### *Grundsatz*

Der Zustand des Bodens vor der baulichen Beanspruchung ist die zentrale Beurteilungsgrundlage für den sachgerechten Umgang mit dem Boden. Bodenschutzmassnahmen müssen zum Zweck haben, die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten oder nach einer baulichen Beanspruchung zumindest wiederherzustellen.

<sup>6</sup> Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2001. Vollzug Umwelt Nr. 4809. S. 15.

---

## 3 Projektspezifischer Umgang mit Boden

Das Umweltschutzgesetz bezweckt u.a., die Fruchtbarkeit des Bodens dauerhaft zu erhalten (Art. 1 Abs. 1 USG). Zudem sind im Sinne der Vorsorge Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen (Art. 1 Abs. 2 USG).

Dem vorsorglichen Bodenschutz kann im Rahmen von Bauvorhaben mit folgenden Grundsätzen Rechnung getragen werden:

### *Grundsätze für den Bodenschutz beim Bauen*

- Minimierung der durch das Bauvorhaben betroffenen Bodenfläche (Eingriffsfläche<sup>7</sup>).
- Bodeneingriffe, wenn möglich, auf Flächen mit bereits bestehender Belastung oder anthropogener Prägung lenken.
- Beschränkung der Beanspruchung auf das notwendige Minimum, wie der Dauer der Beanspruchung und der Intensität (z.B. Anzahl Umlagerungen oder Häufigkeit des Befahrens).

### *Projektierung und behördliche Bewilligung*

Die Vollzugsbehörde stellt sicher, dass sie über die Angaben verfügt, welche für die bodenschutzrechtliche Beurteilung eines Bauvorhabens notwendig sind. Sie ist gemäss Art. 46 Abs. 1 USG ermächtigt, die Angaben oder deren Ermittlung von der Bauherrschaft<sup>8</sup> einzufordern oder diese vorgängig selbst zu erheben.

Um beurteilen zu können, ob die für ein Bauprojekt geplanten Bodenschutzmassnahmen sachgerecht sind, sind die für die Bauvorhaben zuständigen Behörden auf folgende Informationen angewiesen, über:

- den bodenkundlichen Ausgangszustand (Bodeneigenschaften, Bodenbelastungen, Bodenzustand)
- den Zielzustand des Bodens
- die Art der baulichen Eingriffe und den Umfang der Eingriffsfläche

Baubewilligungen und Plangenehmigungen beinhalten regelmässig Angaben zum Zielzustand des Bodens sowie daraus resultierende Auflagen und die entsprechenden Messgrössen (z.B. Rekultivierungsziele mit Angabe der pflanzennutzbaren Gründigkeit).

<sup>7</sup> Die «Eingriffsfläche» umfasst den gesamten Baustellenperimeter, also alle vom Bauvorhaben betroffenen Flächen, wie Flächen mit Bodenabtrag, Flächen mit Bodenauftrag sowie temporär beanspruchte Flächen auf gewachsenen Böden (z.B. Installationsplätze und Zufahrten mit oder ohne Baupiste).

<sup>8</sup> Die Bauherrschaft ist die oberste Entscheidungsträgerin eines Bauvorhabens. Sie kann Grundeigentümerin und/oder Investorin sein. Sie ist die Gesuchstellerin in den erforderlichen Bewilligungsverfahren. Analog SIA-Norm 112:2014 Bauwesen. Modell Bauplanung. Verständigungsnorm (SN 509 112). Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA). 2014.

### 3.1 Bodenkundlicher Ausgangszustand

Der bodenkundliche Ausgangszustand kann z.B. in Bodenkarten abgebildet sein. Bodenkarten stellen den Bodenaufbau im Allgemeinen für den Bereich 1–2 m unter der Geländeoberfläche in seiner räumlichen Verbreitung nach bodenkundlichen Gesichtspunkten dar. Darin werden die Abfolge der unterschiedlichen Bodenschichten (Horizonte), das Ausgangsmaterial der Bodenbildung sowie eine Vielzahl von physikalischen und chemischen Eigenschaften (Substratmerkmale) beschrieben.<sup>9</sup>

Fehlen Bodenkarten in ausreichendem Detaillierungsgrad für Bereiche mit geplanten baulichen Eingriffen, sind die notwendigen Bodeneigenschaften und Parameter projektspezifisch zu erheben (z.B. mit Spaten- oder Baggerprofilen, Handbohrungen mit Flügelbohrer). Der Detaillierungsgrad der Erhebung ist dann so zu wählen, dass flächig interpretierbare Grundlagen für die Festlegung von projektspezifischen Bodenschutzmassnahmen und eine Beurteilung über den sachgerechten Umgang mit Boden möglich sind. Einzelne kantonale Merkblätter enthalten Vorgaben zum Detaillierungsgrad von bodenkundlichen Erhebungen. Diese können nebst der gutachterlichen Einschätzung zur Bestimmung der Erhebungsdichte hinzugezogen werden. Insbesondere die Variabilität der Bodeneigenschaften sowie die Art der baulichen Eingriffe und der Umfang der Eingriffsfläche des Bauvorhabens beeinflussen den Detaillierungsgrad der von fachkundigen Personen auszuführenden notwendigen bodenkundlichen Erhebungen.

#### 3.1.1 Bodeneigenschaften

Die Struktur, der Aufbau und die Mächtigkeit des Bodens an einem Standort sind abhängig vom Ausgangsmaterial, von der Lage des Bodens im Gelände, von der Dauer der Bodenentwicklung und von den klimatischen Voraussetzungen sowie der bisherigen Nutzung. Sie widerspiegeln sich u.a. in der Gründigkeit des Bodens und damit in dessen Kapazität, pflanzenverfügbare Nährstoffe, Wasser und ausreichenden Wurzelraum zur Verfügung zu stellen. Je nach Bodenstruktur ist ein Boden gegenüber physikalischen Belastungen unterschiedlich empfindlich. Für die Beurteilung der Böden sind folgende Bodeneigenschaften und Parameter relevant: Skelettgehalt, Textur, pH-Wert, Gehalt an organischer Substanz, Wasserhaushalt (stau-, fremd-, grundnass) und pflanzennutzbare Gründigkeit.<sup>10</sup> Für die Beurteilung der Bodeneigenschaften eignen sich die Schriftenreihe Nr. 24 «Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden»<sup>11</sup> der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau und das Handbuch «Waldbodenkartierung»<sup>12</sup> des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft.

#### *Erhebung der Bodeneigenschaften*

Die projektspezifische Erhebung von Bodeneigenschaften soll mit einer Kombination von Methoden erfolgen, sodass etwaige spezifische Fehler einer einzelnen Methode weniger relevant werden. Es empfiehlt sich, Bohrungen mit Handgeräten (Hohlmeissel, Flügelbohrer) mit Profilen (von Hand mit Spaten oder maschinell mit Bagger) zu kombinieren. Dabei kann von einer Hypothesenkarte ausgegangen werden, d.h. es werden anhand von z.B. Landschaftsform, Geologie, Geomorphologie, Nutzungs- und Baugeschichte unterschiedliche Bereiche festgelegt und anschliessend die Bodeneigenschaften pro Bereich erhoben. So kann in einem grossflächigen

<sup>9</sup> Bodenkartierung Schweiz. ENTWICKLUNG und AUSBLICK. Arbeitsgruppe Bodenkartierung der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS). 2014. Kapitel 12.2 «Bodenkartierung und Bodenkarten». S. 90.

<sup>10</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.2 «Beschreibung des Ausgangszustands und des Empfindlichkeitsgrads der Böden». S. 51 ff.

<sup>11</sup> Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe FAL 24. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL, heute Agroscope). Zürich-Reckenholz. 1997. Kapitel 3 «Untersuchungen am Profil». S. 3.1–1 ff.

<sup>12</sup> Handbuch Waldbodenkartierung. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 1996. Kapitel 6 «Untersuchungen am Profil (Profilskizze)». S. 56 ff.

---

Projektperimeter eine Hypothesenkarte zu guten Ergebnissen führen. Die Erhebung kann alternativ in einem bestimmten Raster mit einer fixen Bohrdichte pro Fläche erfolgen. Bei einem Bauvorhaben mit mehreren unterschiedlich grossen Teilperimetern ist eine Rastererhebung i.d.R. zielführend; gleichzeitig soll eine Mindestanzahl an Bohrungen pro Teilperimeter definiert werden, sodass auch in kleinen Teilperimetern eine genügend repräsentative Erhebung stattfindet.

Die projektspezifische Erhebung soll gezielt bestimmte Aspekte abdecken, sodass geeignete Bodenschutzmassnahmen für die Ausführung des Bauvorhabens festgelegt werden können. In Bereichen mit Bodenabtrag soll die Erhebung so erfolgen, dass die Verwertungseignung und die Volumenbilanz geklärt ist und die Verwendung des Bodenüberschusses ausgeschrieben und gegenüber der zuständigen Behörde deklariert werden kann. Bereiche mit temporärer Beanspruchung ohne tiefbaulichen Eingriff sollen soweit untersucht werden, dass für die Erfolgskontrolle nach Ende des Bauvorhabens eine geeignete Referenz vorliegt. Bei Linienbaustellen (z.B. Grabenbau) kann die Referenz für eine spätere Erfolgskontrolle auch neben der beanspruchten Fläche liegen.

Bei der Protokollierung der erhobenen Eigenschaften sind die Lage aller erhobenen Punkte mit einer ausreichenden Genauigkeit (i.d.R. +/- 0,5 m) in der horizontalen Lage einzumessen und idealerweise als Geodaten zu erfassen. Geodaten sind insbesondere in grossen und mehrjährigen Projekten wichtig, um diese allenfalls weiteren Projektbeteiligten weiterreichen zu können.

### 3.1.2 Bodenbelastungen

Neben den Bodeneigenschaften sind insbesondere bestehende Belastungen für die Bestimmung des sachgerechten Umgangs mit Boden einzubeziehen. Bei der Erhebung des Ausgangszustands sind daher auch bestehende Belastungen zu berücksichtigen. Boden kann chemische, biologische oder physikalische Belastungen aufweisen oder Fremdstoffe enthalten. Chemische Bodenbelastungen können entstehen z.B. durch Emissionen von Anlagen, durch Abfallentsorgung und durch die Bewirtschaftung von Böden. Die biologischen Bodenbelastungen umfassen insbesondere Belastungen durch gentechnisch veränderte, pathogene oder gebietsfremde Organismen. Physikalische Bodenbelastungen sind Belastungen des Bodens durch künstliche Veränderungen der Struktur (z.B. Verdichtung), des Aufbaus oder der Mächtigkeit des Bodens. Unter Fremdstoffen im Boden sind Siedlungsabfälle, biogene Abfälle oder andere nicht mineralische Bauabfälle zu verstehen.

#### *Untersuchung von Bodenbelastungen*

Unterschiedlich stark belastete Bereiche (chemische Belastungen oder Anteil an Fremdstoffen) oder durch unterschiedliche Organismen belastete Bereiche sind getrennt zu untersuchen. Damit durch die Untersuchungen aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden können, bedarf es einer Abgrenzung der horizontalen und vertikalen Ausdehnung der Belastungen sowie einer Abschätzung der anfallenden Kubaturen. Ausserdem sind die standörtlichen Faktoren zu berücksichtigen (z.B. kleinräumige Variabilität).

In mehreren Kantonen liegen bereits Karten mit Hinweisen zur Lage von chemisch belasteten Flächen vor (siehe auch Kapitel 3.2 «Chemische Bodenbelastung» im Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen»). Die Erhebung von chemischen Bodenbelastungen erfolgt nach dem Handbuch «Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden»<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Handbuch Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2003. Vollzug Umwelt Nr. 4814. Kapitel 3 «Grundlagen der Probenahme». S. 19 ff.

---

des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft. Das Handbuch erläutert die Vorgehensweise bei der Entnahme von Proben (Probenahmestrategie, unterschiedliche Arten von Proben) und insbesondere auch betreffend der räumlichen Abgrenzung von schadstoffbelasteten Böden. Wichtig bei der Schadstoffhebung ist, dass die Untersuchung repräsentativ für die gesamten Flächen ist und nicht nur Klein- oder Teilflächen abdeckt.

Insbesondere bei Bauvorhaben mit Bodenabtrag innerhalb des Siedlungsgebiets ist die Erhebung von Fremdstoffen unerlässlich (siehe Kapitel 3.3 «Fremdstoffe» im Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen»). Unterschieden werden mineralische Bauabfälle (z.B. Ziegel- oder Backsteinbruchstücke) und andere Fremdstoffe (z.B. Stücke von Altmetall, Kunststoff).

Die Erhebung von biologischen Bodenbelastungen setzt voraus, dass die relevanten Organismen erkannt werden können. Eine Kartierung ist in Lebensräumen besonders relevant, in denen bevorzugt invasive gebietsfremde Organismen auftreten (siehe Kapitel 3.4 «Biologische Bodenbelastung bzw. invasive gebietsfremde Organismen» im Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen»). Ein wichtiges Hilfsmittel bei der Erhebung von biologischen Belastungen sind insbesondere die Geoportale der Kantone und das Online-Feldbuch für invasive Neophyten von Info Flora<sup>14</sup>.

### 3.1.3 Bodenzustand

Zusätzlich zu den Eigenschaften des Bodens und dessen Belastungen soll der aktuelle Bodenzustand beschrieben werden. Wichtig hierfür sind Informationen über die anthropogene Prägung, den Bewuchs (z.B. vorhandene Kulturen), die Jahreszeit (z.B. Schneebedeckung, Schneeschmelze, Niederschlagsmengen) und den Zustand der Bodenoberfläche (z.B. bereits vorhandene tiefe Fahrspuren). Diese Informationen sind vor Baubeginn zu erheben.

## 3.2 Zielzustand des Bodens

Aus Art. 33 Abs. 2 USG und Art. 2 Abs. 1 VBBo leitet sich ab, dass der Zustand eines temporär oder tiefbaulich beanspruchten Bodens langfristig mindestens dem Zustand vor der Beanspruchung (Ausgangszustand) entsprechen muss. Der Zielzustand wird vom Ausgangszustand abgeleitet und hat sich demnach an der Struktur, dem Aufbau und der Mächtigkeit des Bodens an diesem Standort auszurichten. Lässt sich der Zielzustand nicht vom Ausgangszustand ableiten, kann ein Referenzboden auf einer vergleichbaren Fläche als Massstab hinzugezogen werden. Für die Festlegung des Zielzustands können insbesondere Messgrößen wie die pflanzennutzbare Gründigkeit und die Nutzungseignungsklasse<sup>15</sup> hinzugezogen werden.

<sup>14</sup> Das Online-Feldbuch für invasive Neophyten von der Stiftung Info Flora zeigt sämtliche Beobachtungen, Bekämpfungen und Erfolgskontrollen zu den Arten der «Schwarzen Liste». Die Stiftung Info Flora bildet das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora und arbeitet mit den Behörden in allen Artenschutzfragen zusammen.

<sup>15</sup> Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe FAL 24. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL, heute Agroscope). Zürich-Reckenholz. 1997. Kapitel 5.3 «Wasserhaushalt/Pflanzennutzbare Gründigkeit». S. 5.3–1 ff.; Kapitel 9 «Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung». S. 9.1-1 ff.

### *Hinweis*

*Die Nutzungsziele von Böden im Siedlungsgebiet unterscheiden sich oft von solchen, die sich auf ausserhalb der Siedlungen vorhandene Böden richten. Die Rekultivierungsziele für Böden im Siedlungsgebiet werden meist nutzungsspezifisch definiert.<sup>16</sup>*

## **3.3 Art der baulichen Eingriffe und Umfang der Eingriffsfläche**

Um die Auswirkungen der baulichen Eingriffe auf Böden beurteilen zu können, bedarf es an Informationen über die Art und den Umfang der baulichen Beanspruchung. So kann es sich etwa um eine temporäre (z.B. Zwischenlagerflächen) oder um eine dauerhafte Bodenbeanspruchung handeln. Art und Umfang der baulichen Bodenbeanspruchung können auf einem Plan dargestellt werden. Wichtig sind ausserdem konkrete Angaben zur Eingriffs- und Abtragsfläche sowie zu den zu bewegenden Bodenmengen (Ober- und Unterboden).

## **3.4 Bodenprojekt**

Die in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten Projektierungs- und Bewilligungsgrundlagen lassen sich in einem «Bodenprojekt»<sup>17</sup> zusammenfassen. Dieses enthält alle Angaben zum bautechnischen Umgang mit Boden. In welchen Fällen ein Bodenprojekt notwendig wird, zeigt beispielhaft das Stufenmodell in Tabelle 1 auf. Für Projekte, die einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterliegen, sollen diese Inhalte in das Fachkapitel Boden des Umweltverträglichkeitsberichts (UVB) integriert werden.<sup>18</sup>

### *Inhalt des Bodenprojekts*

Zur Sicherstellung des sachgerechten Umgangs mit Boden soll das Bodenprojekt mindestens Informationen zu folgenden Aspekten beinhalten:

- Bodeninformationen (Ausgangszustand)
- Art und Umfang der Bodenbeanspruchung
- Zeitraum des baulichen Eingriffs
- projektspezifische Massnahmen zum sachgerechten Umgang und zum Schutz des Bodens
- Volumenbilanz zu Ober- und Unterboden
- gesetzekonforme Verwertung des überschüssigen Ober- und Unterbodens (ggfs. gesetzekonforme Ablagerung)
- Zielzustand des Bodens (z.B. Rekultivierungsziel bei wiederherzustellenden Böden)

Der Detaillierungsgrad des Bodenprojekts richtet sich nach der Projektphase des Vorhabens.<sup>19</sup> Die bodenkundlichen Aspekte werden in der Abfolge von «Machbarkeitsstudie–Vorprojekt–Bauprojekt–

<sup>16</sup> Hinweise auf Rekultivierungsziele inkl. Schichtstärken für unterschiedliche Nutzungen finden sich z.B. in der SIA-Norm 318:2009. Bauwesen. Garten- und Landschaftsbau (SN 568 318). Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA). 2009. S. 13.

<sup>17</sup> Der Begriff «Bodenschutzkonzept» wird durch den Begriff «Bodenprojekt» ersetzt. Mit Boden wird gebaut, d.h. er ist Teil des Bauvorhabens, weshalb der sachgerechte Umgang mit Boden gezielt projektiert und bautechnisch in das Bauvorhaben integriert werden muss. Schutzkonzepte hingegen dienen dem Schutz von Objekten oder Bereichen z.B. vor baulicher Beanspruchung.

<sup>18</sup> UVP-Handbuch. Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2009. Umwelt-Vollzug Nr. 0923. Modul 5 «Inhalt der Umweltberichterstattung», Kapitel 3 «Bericht». S. 12 ff.

<sup>19</sup> Die Phasen und Teilphasen sind beschrieben in der SIA-Norm 112:2014 Bauwesen. Modell Bauplanung. Verständigungsnorm (SN 509 112). Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA). 2014. S. 9 ff.

---

Auflageprojekt–Ausführungsprojekt» in ihrem Detaillierungsgrad stufengerecht vertieft. Details hierzu sind dem Kapitel 2 «Planung der Bodenschutzmassnahmen» der Publikation Umwelt-Wissen «Boden und Bauen – Stand der Technik und Praktiken»<sup>20</sup> des BAFU zu entnehmen. Verschiedene Kantone haben die Anforderungen an ein Bodenprojekt konkretisiert. Diese Informationen sind im Internet zugänglich.

### 3.5 Bodenkundliche Baubegleitung (BBB)

In der Vollzugspraxis hat sich die Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) seit den späten 1990er Jahren etabliert. Die Bodenkundliche Baubegleitung unterstützt meist die Bauherrschaft in allen Phasen eines Bauvorhabens und stellt den sachgerechten Umgang mit Boden sicher, indem sie z.B. die Umsetzung der baustellenspezifischen Schutzmassnahmen sicherstellt, Beratungsarbeit leistet und zusammen mit der Bauleitung und der Bauunternehmung Lösungen bei unvorhergesehenen Problemen entwickelt. Die BBB wird wie in anderen Umweltbereichen (z.B. Lärm, Altlasten, Gewässer oder Natur und Landschaft) durch eine beauftragte fachkundige Person wahrgenommen. Ihre Stellung und ihre Aufgaben können je nach Projekt und Baustellenorganigramm variieren.<sup>21</sup> Bodenkundliche Baubegleiterinnen und Baubegleiter benötigen umfassende Kenntnisse über Böden, können deren Eigenschaften sowie Belastungen erheben und interpretieren und daraus den sachgerechten und rechtskonformen Umgang mit Boden ableiten sowie in die unterschiedlichen Phasen von Bauvorhaben integrieren und deren Umsetzung begleiten.<sup>22</sup>

Da der Bodenschutz in den meisten Fällen nur vorsorglich funktionieren kann (weil die nachträgliche Sanierung des Bodens nicht möglich, zu teuer oder zu langwierig wäre), bedarf es i.d.R. einer speziellen Expertise, um die bodenschutzrechtlichen Anforderungen in die jeweiligen Projekte sachgerecht und frühzeitig einzubringen. Zu diesem Zweck kann eine BBB als Beratungsinstanz beigezogen werden. Soweit es für den Vollzug der bodenschutzrechtlichen Anforderungen notwendig ist, kann gestützt darauf der Einbezug einer BBB angeordnet werden, etwa mittels Auflage in der Baubewilligung (bzw. Plangenehmigung). Verschiedene Kantone haben die Anforderungen an ein Pflichtenheft der bodenkundlichen Baubegleitung weiter konkretisiert und im Internet zugänglich gemacht.

#### *Rollen- und Aufgabenverteilung*

In der Praxis sollen die BBB innerhalb eines Projekts i.d.R. die gestalterische und konstruktive Planung für den Bereich des Bodens (z.B. Fachplanung) übernehmen. In der Ausführungsphase eines Bauvorhabens leitet, koordiniert und beaufsichtigt die BBB dann regelmässig die bodenrelevanten Arbeiten auf der Baustelle (z.B. Fachbauleitung).<sup>23</sup>

Es hat sich bewährt, bei Bauvorhaben ab einer bestimmten Eingriffsfläche (i.d.R. 2'000–5'000 m<sup>2</sup> oder 1'000 m bei einer Linienbaustelle<sup>24</sup>) eine BBB beizuziehen. Dies sowohl für die Projektierungsphase (z.B. Fachplanung)

<sup>20</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 2 «Planung der Bodenschutzmassnahmen». S. 38 ff.

<sup>21</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 2.2 «Rolle und Aufgaben der bodenkundlichen Baubegleitung (BBB)». S. 48 f.

<sup>22</sup> Eine Liste der durch die Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS) anerkannten Bodenkundlichen Baubegleiterinnen und Baubegleiter ist auf der Website der BGS aufrufbar: [www.soil.ch](http://www.soil.ch).

<sup>23</sup> Diese Aufgabewweisungen sind auch beschrieben in der SIA-Norm 112:2014 Bauwesen. Modell Bauplanung. Verständigungsnorm (SN 509 112). Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA). 2014. S. 6 ff.

<sup>24</sup> Kleine Grabenbaustellen mit konventionellen U-Gräben beanspruchen i.d.R. einen rund 5 m breiten Streifen Boden für den Graben selbst, den Fahrbereich der Baumaschine und die Zwischenlager für den Grabenaushub. Über eine Länge von 1'000 m Graben ergibt sich damit eine Flächenbeanspruchung von rund 5'000 m<sup>2</sup>.



wie auch für die Ausführungsphase (z.B. Fachbauleitung). Für die Entscheidung über den Beizug einer BBB soll nebst der Eingriffsgrösse auch die Eigenschaften der betroffenen Böden und das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Bodeninformationen berücksichtigt werden. Empfohlen wird ein Stufenmodell wie in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1**

**Stufenmodell für den Beizug einer fachkundigen Person für den sachgerechten Umgang mit Boden sowohl in der Projektierungsphase (Fachplanung) wie auch in der Ausführungsphase (Fachbauleitung)**

Eingriffsfläche, Bodeneigenschaften und Bodenbelastungen		Detaillierungsgrad der bodenkundlichen Planung und Beizug einer Bodenkundlichen Baubegleitung
Eingriffsfläche: klein Bodeneigenschaften: einheitlich und tragfähig Bodenbelastungen: keine Hinweise		<ul style="list-style-type: none"> <li>• pauschale Bodenschutzmassnahmen in der Bewilligung</li> <li>• keine Fachplanung</li> <li>• keine Fachbauleitung</li> </ul>
Eingriffsfläche: klein Bodeneigenschaften: ungünstig oder heterogen Bodenbelastungen: Hinweise vorhanden		<ul style="list-style-type: none"> <li>• pauschale Bodenschutzmassnahmen in der Bewilligung</li> <li>• keine Fachplanung</li> <li>• Fachbauleitung in der Ausführungsphase</li> </ul>
Eingriffsfläche: mittel bis gross		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis des Ausgangszustands erforderlich</li> <li>• Fachplanung in der Projektierungsphase</li> <li>• Fachbauleitung in der Ausführungsphase</li> </ul>

### 3.6 Abnahmen

Dafür, dass die bodenbezogenen Auflagen einer Bewilligung erfüllt werden, haben sich «Abnahmen» des «Bauwerks Boden» (Werkabnahme, Schlussabnahme) zwischen der zuständigen Behörde, dem Bewilligungsinhaber und der Bodenkundlichen Baubegleitung fachlich bewährt. Auch zwischen den unterschiedlichen Phasen der Wiederherstellung (Ausführung, Nachsorgephase, Betriebsphase) werden sinnvollerweise entsprechende Abnahmen durchgeführt. In Tabelle 2 werden die in Betracht kommenden Abnahmen aufgezählt, inkl. der Nennung möglicher Beteiligter.<sup>25</sup>

**Tabelle 2**

**Vorschlag für Prüfungen und Abnahmen sowie für Beteiligte**

Prüfungen und Abnahmen	Beteiligte
Mögliche Prüfungen: z.B. Rohplanie, technische Entwässerungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unternehmung</li> <li>• Bauleitung</li> <li>• Fachbauleitung</li> </ul>
Abnahme nach Fertigstellung der Rekultivierung (Werkabnahme)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauherrschaft</li> <li>• Unternehmung</li> <li>• Bauleitung</li> <li>• Fachbauleitung</li> <li>• Grundeigentümerschaft</li> <li>• Bewirtschafter</li> </ul>
Abnahme Zielzustand nach Abschluss der Nachsorge (Schlussabnahme)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Behörde</li> <li>• Bauherrschaft</li> <li>• Fachbauleitung</li> <li>• Grundeigentümerschaft</li> <li>• Bewirtschafter</li> </ul>

<sup>25</sup> Vorschläge für Abnahmeprotokolle und Stichworte zu den prüfenden Inhalten sind beschrieben in der Richtlinie für den sachgerechten Umgang mit Boden. Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB). 2021. Anhang 2 «Abnahmeprotokolle». S. 78 ff.

---

## 4 Bautechnisch sachgerechter Umgang mit Boden

Der sachgerechte Umgang mit Boden bei Bauvorhaben hat sich seit Mitte der 1990er-Jahre entwickelt und konkretisiert. Für diesen lassen sich aus Art. 6 Abs. 1 und Art. 7 Abs. 2 Bst. a in Verbindung mit Art. 2 Abs. 1 Bst. a VBBo folgende Anforderungen ableiten:

### *Anforderungen an den Bodenschutz bei Bauvorhaben*

- Der Boden muss nach jeder Beanspruchung langfristig die gleichen Funktionen (z.B. Lebensraum-, Produktions-, Regulierungsfunktion) wie vor der Beanspruchung erfüllen können.
- Das Porensystem muss sich wieder bilden können, und zwar sowohl betreffend Diversität (Fein- bis Grobporen) wie auch Kontinuität (durchgehendes System).
- Die Mächtigkeit der Schichten und deren Abfolge sind beizubehalten oder mindestens wiederherzustellen.
- Böden, die wassergesättigt sind, werden nicht beansprucht.

### *Standardmassnahmen für einen sachgerechten Umgang mit Boden bei Bauvorhaben*

Die geltende Umweltschutzgesetzgebung schützt alle Böden vor Belastungen. Wie dieser Schutz bestmöglich erfolgt, hängt von den Eigenschaften und der Nutzung der Böden ab. Nachstehend werden Standardmassnahmen für einen sachgerechten Umgang mit Boden beschrieben und – vorbehältlich der Besonderheiten des Einzelfalls – zur Umsetzung empfohlen.

Die Standardmassnahmen beziehen sich primär auf Acker- und Grünlandböden mit entwickeltem Unterboden. Sie treffen auch für Böden in Siedlungen und Gartenböden zu. Bei der baulichen Beanspruchung dieser Böden soll insbesondere der Erhalt der Bearbeitungsschicht und der nachhaltige Schutz des tiefgründigen Unterbodens im Fokus stehen. Abweichungen von den Standardmassnahmen können aufgrund der Eigenschaften und der Nutzung der Böden in Frage kommen. Bei Bauvorhaben, bei denen z.B. mineralische Nassböden, organische Böden, Alluvialböden, Böden im Wald oder Böden im Berg- und Hügellgebiet betroffen sind, können von den Standardmassnahmen abweichende Vorkehrungen sinnvoll sein oder gar notwendig werden. In welchen Fällen vom Standard abweichende Massnahmen angezeigt sind, wird in den entsprechenden Kapiteln im Abschnitt «Abweichungen vom Standard» erläutert.

Vorhaben zur Verlegung von Kabeln und Leitungen kleiner Dimensionen betreffen meist über weite Distanzen unterschiedliche Böden hinsichtlich Eigenschaften, Nutzung und aktuellem Zustand. Typische Massnahmen für diesen Baustellentyp werden in Anhang A1 dieses Vollzugshilfe-Moduls vorgeschlagen.

## 4.1 Vorbereitung des Bodens

### *Ziele der Vorbereitung*

Mit der Ansaat einer Begrünung soll die Tragfähigkeit des Bodens durch Entzug von Wasser erhöht und die Stabilität der Bodenstruktur durch ein dichteres Wurzelwerk verbessert werden. Sowohl bei temporärer Bodenbeanspruchung wie auch vor dem Bodenabtrag hat sich die Begrünung der Böden bewährt.<sup>26</sup>

In der Phase unmittelbar vor der baulichen Beanspruchung sollten aus fachlicher Sicht die ertragsorientierten Ziele der landwirtschaftlichen Nutzung grundsätzlich eine untergeordnete Bedeutung haben. Die Bewirtschaftung dient dann in erster Linie dazu, den Boden für die bauliche Beanspruchung optimal vorzubereiten. Deshalb sollen neben den Grundeigentümern auch die Bewirtschafter rechtzeitig ins Bauvorhaben miteinbezogen werden.

### 4.1.1 Standardmassnahmen

Regelmässige Massnahmen zur Vorbereitung des Bodens vor dem baulichen Eingriff:

#### *Vorbereitung des Bodens*

- Ansaat einer (tiefwurzelnden) Klee-Gras-Mischung idealerweise wenige Monate, jedoch spätestens sechs Wochen vor der baulichen Beanspruchung, sodass sich eine durchgehende Pflanzendecke und Durchwurzelung bis zum Beginn der baulichen Beanspruchung etablieren kann.
- Mähen der Kulturen kurz vor der baulichen Beanspruchung (Schnittgut entfernen). Alternativ Mulchen inkl. Liegenlassen des Schnittguts, z.B. unterhalb temporärer Baustellenerschliessung.
- Überwinternde Ackerkulturen (Getreide, Raps) können zur Vorbereitung des Bodens vor dem baulichen Eingriff tauglich sein, sofern dieser direkt nach der Ernte erfolgen kann.

### 4.1.2 Abweichungen vom Standard

Aufgrund der vorherrschenden klimatischen und geomorphologischen Bedingungen unterliegen *Böden im Berggebiet* einer anderen Dynamik als diejenigen in tiefen Lagen. Die kurze Vegetationsdauer, die damit einhergehende spärliche Vegetation sowie geringmächtige Horizonte und hohe Skelettgehalte bei oft geneigtem Gelände erschweren den Umgang, die Wiederherstellung und die Begrünung von Gebirgsböden.<sup>27</sup>

In Hochlagen ist die Bodenbildung ein äusserst langwieriger Prozess, jede Beeinträchtigung hat langfristige Folgen. Die meist kleinräumige Variabilität des Ausgangsmaterials der Böden sowie der Vegetation prägen das Landschaftsbild. Die Hauptgefährdung für Böden in Hochlagen stellt die Erosion dar. Eine gestörte Bodenstruktur und das damit einhergehende verringerte Vegetationswachstum kann zur Destabilisierung der Hänge beitragen.<sup>28</sup> Deshalb sollen Böden im Berggebiet möglichst nicht abgetragen werden. Wenn ein Abtrag notwendig wird, sind die Böden idealerweise als Rasenziegel abzutragen.

<sup>26</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.5 «Vorgängige Begrünung der Eingriffsflächen». S. 56 f.

<sup>27</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 1.6.2 «Baustellen in subalpinen und alpinen Gebieten». S. 29 f.

<sup>28</sup> Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidungsbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2013. Umwelt-Vollzug Nr. 1322. Kapitel 8.2 «Bodenschutz». S. 155 f.

---

Der Baubeginn geht *im Wald* meist mit der Entfernung von Gehölzen einher. Dies soll immer mit Rücksicht auf die bestehenden Bodeneigenschaften (z.B. lockere Strukturen, tiefere pH-Werte, unterschiedlich mächtige Streuschichten<sup>29</sup>), die Art der bevorstehenden baulichen Beanspruchung und den vorgesehenen Umgang mit den vorhandenen Böden erfolgen. Z.B. können bei temporärer Beanspruchung die Stämme tief unten abgesägt und die Wurzeln im Boden belassen werden, denn diese unterstützen die Lastverteilung in den Boden. Flächiges Fräsen vor dem Bodenabtrag hat sich hingegen nicht bewährt.

## 4.2 Boden befahren oder einer anderen Auflast aussetzen

### *Tragfähigkeit*

Im Rahmen von Bauvorhaben werden Böden mit Baumaschinen befahren oder einer anderen Auflast (z.B. Installationen, Materiallager) ausgesetzt. Für die Erhaltung der Bodenstruktur ist die Tragfähigkeit des Bodens (mechanische Belastbarkeit) massgebend. Die Tragfähigkeit des Bodens wird von den folgenden Faktoren beeinflusst:

- Bodeneigenschaften (insbesondere Körnung und Skelettgehalt)
- Bodenfeuchte
- Wurzelmasse und Vegetationsdichte

Je feuchter ein Boden ist, desto geringer ist seine mechanische Belastbarkeit. Je feinkörniger der Boden ist, umso eher neigt er zur plastischen Verformung und gleichzeitiger Verdichtung. Mit jeder Verformung ist ein Verlust an Porenvolumen und eine Verringerung der Porendurchgängigkeit verbunden. Mit zunehmender Bodentiefe kann dieser Verlust weniger schnell regeneriert werden.

### *Bestimmung der Bodenfeuchte*

Der Feuchtezustand des Bodens kann anhand der Saugspannung bestimmt werden. Die Saugspannung wird mit einem Tensiometer gemessen. Die tensiometrischen Messwerte bilden die fachliche Grundlage zur Beurteilung, ab welchem Feuchtezustand der Boden befahren oder ohne Schaden umgelagert werden kann (siehe Anhang A2-1). Für eine zuverlässige Messung auf Baustellen empfiehlt es sich fachlich, auf einer repräsentativen Messfläche fünf Tensiometer im Umkreis von 4 m<sup>2</sup> zu installieren und den Medianwert der Messung als Ergebnis zu berücksichtigen. Die Messtiefe beträgt standardmässig 30–35 cm (Spitze der Keramikkerze bei 35 cm Bodentiefe). Details zur Funktionsweise, zur Vorbereitung und zur Handhabung der Tensiometer finden sich in einschlägiger Literatur<sup>30</sup> und teilweise auf den Websites der kantonalen Fachstellen für den Bodenschutz.

Je nach Witterungsverlauf (z.B. vorherrschende Trockenheit) und Bodeneigenschaften haben Niederschläge einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Bodenfeuchte. In der Praxis werden deshalb nebst der Saugspannung auch die Niederschlagsmengen zur Beurteilung der mechanischen Belastbarkeit hinzugezogen.

<sup>29</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 1.6.1 «Baustellen im Wald». S. 26 ff.; Kapitel 4.1 «Baustelle mit temporärer Eingriffsfläche im Wald». S. 78 ff.

<sup>30</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.6 «Messung der Bodenfeuchte». S. 57 ff.

Mehrere Kantone betreiben permanente Bodenfeuchte-Messstationen.<sup>31</sup> Die Messungen liefern wertvolle Angaben zur zeitlichen Entwicklung des Feuchtezustands der Böden. Solche permanenten Messstationen können eine baustellenspezifische Messstation ergänzen.

Die Feuchte des Bodens kann in bestimmten Fällen oder bei kleinflächiger Beanspruchung von kurzer Dauer auch anhand der Wetterentwicklung und der Fühlprobe (von Hand) an Material aus dem Ober- und Unterboden abgeschätzt werden.<sup>32</sup> Mit wenig Aufwand kann dabei das Abtrocknungsverhalten des Bodens beurteilt werden. Diese Methode eignet sich auch ausserhalb der Vegetationsperiode im Winterhalbjahr.

### *Befahren mit Raupenbaumaschinen*

Die Druckübertragung von Fahrwerken auf und in den Boden wird hauptsächlich durch den Kontaktflächendruck und das Gesamtgewicht der Maschine sowie die Bodenfeuchte bestimmt. 1993 wurde im Rahmen der Erarbeitung der «Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen» des Bundesamts für Energiewirtschaft ein Nomogramm<sup>33</sup> erstellt, mit dem der bodenverträgliche Einsatz von Maschinen in Abhängigkeit dieser Faktoren abgeschätzt werden kann. Mit der Tensiometer-Messung und dem Nomogramm liegt eine etablierte und praxistaugliche Methode zur Abschätzung der Tragfähigkeit des Bodens beim Einsatz von Raupenbaumaschinen vor. Das Nomogramm inkl. Anwendungsbeispiele zur Bestimmung der Einsatzgrenze von Raupenbaumaschinen für das Befahren des Bodens finden sich in Anhang A2-2.

#### **4.2.1 Standardmassnahmen**

Beim Befahren von Böden oder wenn diese einer anderen Auflast ausgesetzt werden, werden die folgenden Bodenschutzmassnahmen regelmässig als sachgerecht eingestuft:<sup>34</sup>

#### *Boden befahren oder einer anderen Auflast aussetzen*

- < 10 cbar Saugspannung: Boden nicht befahren und keiner Auflast aussetzen.
- ≥ 10 cbar Saugspannung: Boden kann einer Auflast ausgesetzt oder mit Raupenbaumaschinen befahren werden. Die tatsächliche Einsatzgrenze einer Maschine lässt sich anhand der entsprechenden Maschinenkennwerte direkt errechnen oder mit Hilfe des Nomogramms für die Beurteilung des zulässigen Einsatzes von Raupenbaumaschinen auf dem Boden herleiten (siehe Anhang A2-2). Falls die berechnete maschinenspezifische Einsatzgrenze höher ist als die Saugspannung im Boden, werden temporäre Schutzkörper (z.B. Matratzen aus Holzbohlen) verwendet. Beim Einsatz von temporären Schutzkörpern unter Maschinen-Fahrwerken sind auch die Einsatzgrenzen zu berücksichtigen.
- Der gewachsene Boden wird von Raupenbaumaschinen, deren Kontaktflächendruck über 0,5 kg/cm<sup>2</sup> liegt, nicht direkt (d.h. nicht ohne Schutzkörper) befahren.
- Transportfahrzeuge, die für das Befahren von Strassen oder Baupisten vorgesehen sind, werden nicht direkt auf dem Boden eingesetzt.

<sup>31</sup> Der Cercle Sol, der Verbund der kantonalen Bodenschutzfachstellen, verlinkt mit centibar.ch die in der Schweiz vorhandenen Bodenfeuchte-Messstationen und stellt sie auf einer gemeinsamen Einstiegsseite dar: [www.centibar.ch](http://www.centibar.ch).

<sup>32</sup> Bodenverdichtung vermeiden – so funktioniert's! Agridea. 2014. S. 7.

<sup>33</sup> Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen (Bodenschutzrichtlinien). Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW; heute Bundesamt für Energie, BFE). 1993, revidiert 1997. Anhang 6 «Nomogramm Einsatzgrenzen von Baumaschinen».

<sup>34</sup> vgl. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.7 «Wahl der Maschinen und Abtragsverfahren». S. 60 ff.

- Der gewachsene Boden wird von Baumaschinen mit konventionellen Reifen (z.B. kleine Raddumper) nur befahren, wenn die Saugspannung  $\geq 25$  cbar beträgt, die Radlast 2,5 t nicht überschreitet und der Kontaktflächendruck nicht über  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  liegt.
- Baumaschinen werden so eingesetzt, dass i.d.R. nur der Oberboden befahren wird.
- Das Befahren des Bodens ist auf das notwendige Minimum zu beschränken, d.h. die Anzahl Überfahrten ist möglichst gering zu halten und auf eine kleine Fläche zu konzentrieren, anstelle von flächigem Befahren. Wiederholtes Befahren (mehr als 3–5 Überfahrten) erfolgt an gleicher Stelle erst ab 25 cbar oder mit Schutzkörper.
- Bodenzwischenlager werden i.d.R. nicht mit Baumaschinen befahren. Nur gesetzte, flächig begrünte und abgetrocknete Zwischenlager können unter Beachtung der vorstehenden Massnahmen, z.B. mit einem Raupenbagger für den Abtrag des Zwischenlagers, auf der Grasnarbe befahren werden (fachliche Prüfung vorausgesetzt).
- Das zur Bewirtschaftung notwendige Befahren von Bodenzwischenlagern und von umgelagerten oder rekultivierten Böden zur Inkulturnahme oder Nachsorge (Folgebewirtschaftung) wird nur bei gut abgetrocknetem Boden mit geeigneten Landwirtschaftsmaschinen (niedriges Gewicht, evtl. mit Niederdruckbereifung) durchgeführt.<sup>35</sup>

#### 4.2.2 Abweichungen vom Standard

Eine *Erhöhung der minimal erforderlichen Saugspannung* für das Befahren des Bodens soll dann erfolgen, wenn dies aufgrund ungünstiger Bodeneigenschaften (z.B. tonreiche Böden) als notwendig erachtet wird.

*Mineralische Nassböden* trocknen kaum ab, sind meist feinkörnig und die Bodenstruktur stark verdichtungsempfindlich. I.d.R. werden die Anforderungen an den Feuchtezustand für das Befahren oder die bauliche Beanspruchung auch in trockeneren Phasen des Jahres nicht erreicht. Aufgrund der langsamen Abtrocknung kann sich die temporäre Abdeckung der Böden bei erwarteten Niederschlagsereignissen (z.B. mit einer Kunststoffolie) lohnen. Insbesondere Massnahmen zur Minimierung der betroffenen Bodenfläche (Eingriffsfläche) sind wichtig.

Auf den meisten Nassböden ist die Verwendung von lastverteilenden Massnahmen (z.B. starre Plattensysteme) unabdingbar. Falls solche Böden dennoch direkt befahren werden, sollen leichte Maschinen mit breitem Fahrwerk eingesetzt werden (Maschinen mit besonders geringem Kontaktflächendruck).

Beim Befahren von *organischen Böden* oder wenn diese einer anderen Auflast ausgesetzt werden, ist mit einer schwammartigen Reaktion des Bodens zu rechnen, vor allem dann, wenn das Grundwasser dessen unteren Bereiche prägt (instabiler Baugrund). Zu berücksichtigen sind ggfs. deutliche Setzungen, sobald für tiefbauliche Eingriffe Entwässerungsmassnahmen ausgeführt werden. Ausserdem kann bei der Überschüttung von organischen Böden der Untergrund nachgeben (Grundbruch), weshalb es sich lohnen kann, nebst bodenkundlichen auch geologische oder geotechnische Untersuchungen zur Stabilität des Untergrunds auszuführen.

Auch wenn die Vegetationszeit *im Gebirge* kurz ist, sollen Bauvorhaben während der Vegetationszeit ausgeführt werden. Die Projektierung der Baustelle sowie die Bodenschutzmassnahmen sollen so gewählt werden, dass

<sup>35</sup> Ein Instrument zur Abschätzung der Befahrbarkeit eines Bodens mit landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten ist das Simulationsmodell Terranimo®. Hierbei wird die mit landwirtschaftlichen Maschinen erzeugte Bodenbelastung (Bodendruck) mit der Widerstandsfähigkeit des Bodens (Bodenfestigkeit) verglichen. Siehe: [www.terranimo.ch](http://www.terranimo.ch).

möglichst unabhängig von der Bodenfeuchte gearbeitet werden kann und man nicht auf abgetrocknete Böden angewiesen ist. Die Messung der Bodenfeuchte mit Tensiometern ist aufgrund der geringen Bodenmächtigkeiten und der hohen Skelettgehalte im Gebirge oft nicht möglich. Alternativ erfolgt die Beurteilung des Feuchtezustandes mittels Beobachtung des Wetterverlaufs und mittels der Fühlprobe.

In steilem Gelände kann der Einsatz eines Schreitbaggers in Betracht kommen, vorausgesetzt der Boden ist gut abgetrocknet. Bei einsetzenden Niederschlägen sind die Arbeiten einzustellen.

Der Wasserhaushalt und das Abtrochnungsverhalten von *Böden im Wald* ist aufgrund des Bodenaufbaus inkl. organischer Auflage, der starken Durchwurzelung, der Transpiration der Bäume sowie der Interzeption nur bedingt mit denjenigen in Böden ausserhalb des Waldes vergleichbar. Dennoch können die üblichen Saugspannungswerte als Einsatzgrenze für das Befahren hinzugezogen werden.<sup>36</sup> Für das Befahren sollen grundsätzlich Rückegassen mitberücksichtigt werden.

Falls Boden im Wald nicht abgetragen, sondern lediglich temporär beansprucht wird, können die Stämme tief unten abgesägt und die Wurzeln im Boden belassen werden. Die im Boden verbliebenen Stämme und Wurzeln unterstützen die Lastverteilung in den Boden.

### 4.3 Erschliessung und Installationsflächen

Die durch Baustellenerschliessungen sowie -installationen beanspruchten Flächen werden i.d.R. ohne tiefbaulichen Eingriff nur temporär beansprucht (z.B. für Installations- und Montageplätze, für Bau- und Transportpisten oder für Zwischenlagerflächen für abgetragenen Boden oder Aushub- und Ausbruchmaterial). Für temporäre Installationen sollen, wenn immer möglich, bereits versiegelte Flächen oder bestehende Kiesplätze genutzt werden. Falls für temporäre Installationen Flächen mit Boden beansprucht werden, sollen die Ausführungen zur Auflast auf Böden (siehe Kapitel 4.2) und die nachfolgend erläuterten Aspekte zur Lastverteilung berücksichtigt werden.

#### *Lastverteilende Massnahmen*

Schutzkörper können aus unterschiedlichen Materialien bestehen.<sup>37</sup> Bewährt haben sich insbesondere:

- Schutzkörper aus ungebundenem Kiesgemisch<sup>38</sup> oder gebrochenem Gesteinsmaterial, evtl. ergänzt mit Belag
- Matratzen aus Holzbohlen, Holzschnitzel-Schüttung (v.a. im Wald)
- starre Beton- oder Metallplatten
- sich verzahnende Verbundplatten

<sup>36</sup> Physikalischer Bodenschutz im Wald. Waldbewirtschaftung im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Erhaltung der physikalischen Bodeneigenschaften. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2016. Umwelt-Wissen Nr. 1607. Kapitel 6.4.2 «Befahrbarkeit des Waldbodens». S. 122 ff.

<sup>37</sup> vgl. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.8 «Baustellenerschliessung und Baupisten». S. 66 ff.; Merkblatt Lastverteilende Massnahmen. Fachstelle Bodenschutz, Kanton Zürich. Amt für Landschaft und Natur (ALN). 2008.

<sup>38</sup> Für die Erstellung eines Schutzkörpers aus ungebundenem Kiesgemisch wird i.d.R. ein Kiesgemisch 0/45 und eine Schichtstärke von 0,5 m nach dem Walzen, über einem Gewebe (Funktion Trennung) auf dem gewachsenen Boden angelegt. Als sachgerecht wird eine Schichtstärke von 0,5 m eingestuft für Schutzkörper aus ungebundenem Kiesgemisch auf Böden mit entwickelten Unterböden, die durch Transportfahrzeuge für den Strassenverkehr befahren werden. Bei anderen Nutzungen kann projektspezifisch von dieser Schichtstärke abgewichen werden. Das Anlegen von Kiespisten auf dem gewachsenen Boden kann allenfalls bei hohem Gras (und damit genügend trennender Biomasse) auch ohne Trenngewebe erfolgen. Die saubere Trennung von Schüttmaterial vom darunterliegenden Boden muss beim Rückbau jedoch gewährleistet bleiben. Beim Rückbau von Kiespisten bleiben immer Reste von Kies (oder auch Gewebe) auf dem Boden zurück, die von Hand entfernt werden sollen.

---

Alle Schutzkörper sind in Abhängigkeit von der Bauweise und Nutzungshäufigkeit zu unterhalten, damit die Schutzfunktion gewährleistet bleibt. Z.B. bei Kiespisten bedeutet dies, dass der Erhalt der Mindestschichtstärke über den Zeitraum der Nutzung sichergestellt wird.

#### 4.3.1 Standardmassnahmen

Folgende Standardmassnahmen lassen sich bei der Erschliessung und bei Installationsflächen regelmässig als sachgerecht einstufen:

##### *Erschliessung und Installationsflächen*

- Zum Schutz der bestehenden Böden werden Schutzkörper verwendet, insbesondere wenn die Lasten die Tragfähigkeit des Bodens übersteigen, Transporte mit Pneufahrzeugen (Gesamtgewicht > 10 t) notwendig werden oder Flächen mehrfach oder bei allen Witterungsbedingungen genutzt werden müssen. Die Schutzkörper bezwecken, die Lasten flächig zu verteilen, um damit den Boden vor Strukturveränderungen, insbesondere im Unterboden, zu schützen.
- Schutzkörper werden auf dem gewachsenen Boden eingesetzt ohne vorgängigen Bodenabtrag.
- Die Dimensionierung erfolgt projektspezifisch in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften und der vorgesehenen Nutzung.

#### 4.3.2 Abweichungen vom Standard

An die Erschliessung und Logistik werden im *Berggebiet und an Hanglage* meist andere Anforderungen gestellt als in ebenen oder leicht geneigten Flächen im Mittelland. Baupisten mit zugeführtem Material sind oftmals nicht realisierbar oder nicht verhältnismässig. Deshalb sind an die lokalen Gegebenheiten angepasste Lösungen notwendig, sowohl betreffend Art der Baupiste wie auch deren Lage. Bewährt haben sich Pisten aus dem anstehenden Untergrundmaterial. Auch der Abtrag der dünnen Bodenschicht inkl. Wurzelraum (als Rasenziegel oder -soden) kann sinnvoll sein. Die Art und die Lage der Erschliessung kann meist aufgrund der kleinräumig variablen naturräumlichen und baubedingten Anforderungen nur direkt vor Ort mit allen Beteiligten festgelegt werden.

Bei der Installation von Baupisten an Hanglage können sich Probleme ergeben, wie das seitliche Wegrutschen von Kiespisten, die reduzierte Festigkeit von Kiespisten aufgrund verringerter Traktion von Transportfahrzeugen oder auch das Abrutschen von Fahrzeugen auf nassen Matratzen aus Holzbohlen. Zur Reduktion dieser negativen Begleiterscheinungen können insbesondere eine Anpassung der Hangneigung mittels seitlichen Bodenabtrags oder die Befestigung der Kiespiste mit einer Belagsschicht in Erwägung gezogen werden.

Zum Schutz der Böden ausserhalb des Bauperimeters sollen je nach Neigung Sicherungsmassnahmen getroffen werden, wie temporäre Dämme, das Aufstellen von Schaltafeln oder Abdeckungen, welche an Hanglage das Abrutschen oder Wegschwemmen von Boden oder Steinen verhindern.<sup>39</sup>

Insbesondere bei Baustellenerschliessungen auf *Böden, die nur aus Oberboden direkt über dem Untergrund bestehen (A/C-Böden) oder bei Installations- und Montageplätzen mit tiefbaulichen Eingriffen* (z.B. fundierte Montagegerüste) kann es Sinn machen, den zu schützenden Boden (Ober- und allenfalls Unterboden) vollständig abzutragen und bis zur späteren Rekultivierung zwischenzulagern.

<sup>39</sup> Richtlinien Hochlagenbegrünung. Ingenieurbiologie. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Kapitel 5.1 «Vorbereitung Baustelle». S. 33.



## 4.4 Abtrag und Umlagerung von Boden

Beim Abtrag und auch bei der Umlagerung von Boden ist es wichtig, dass die Arbeiten mit möglichst wenig Beanspruchung der Bodenstruktur umgesetzt werden können. Für zahlreiche Bodenarbeiten einsetzbar und i.d.R. sachgerecht ist der Einsatz von Raupenbaggern. Für einzelne Arbeitsschritte kommen auch andere Baumaschinen in Frage.<sup>40</sup> Deren Einsatz kann projektspezifisch und in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften, verbunden mit allenfalls erforderlichen zusätzlichen Bodenschutzmassnahmen, in Betracht gezogen werden.

Der sachgerechte Bodenabtrag erfolgt schicht- und streifenweise, wobei Ober- und Unterboden getrennt abgetragen werden müssen.<sup>41</sup> Für den grossflächigen Abtrag von Ober- oder Unterboden hat sich die Verwendung eines Raupenbaggers mit einem Löffel mit glatter Kante bewährt. Die abhebende Arbeitsweise mit einem Bagger ist grundsätzlich der schiebenden Arbeitsweise (z.B. mit einem Dozer oder einem Raupenlader) vorzuziehen.

### *Hinweis*

*Abgetragener Boden kann mit Schadstoffen belastet sein sowie invasive gebietsfremde Organismen (z.B. unerwünschte Pflanzenarten) und Fremdstoffe enthalten. Falls bei einem Bauvorhaben abgetragener Boden überschüssig wird, muss dessen Verwertungseignung geklärt werden. Grundlagen für die Beurteilung der Verwertungseignung von abgetragenen Boden können dem Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung» der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen» entnommen werden.*

### 4.4.1 Standardmassnahmen

Folgende Bodenschutzmassnahmen zum Abtrag und zur Umlagerung von Boden lassen sich als sachgerecht einstufen:<sup>42</sup>

#### *Abtrag und Umlagerung von Boden*

- < 6 cbar Saugspannung: Boden wird nicht bewegt, da seine mechanische Belastbarkeit für die Umlagerung zu gering ist.
- ≥ 6 cbar Saugspannung: Boden kann bearbeitet und umgelagert werden.
- Ober- und Unterboden werden getrennt abgetragen (nicht abgestossen).

### 4.4.2 Abweichungen vom Standard

*Mineralische Nassböden* sollen aufgrund der empfindlichen Bodenstruktur möglichst nicht abgetragen werden, insbesondere nicht bei temporären Installationen. Ist ein Abtrag zwingend, dürfen die Abtragsarbeiten keinesfalls mit Baumaschinen ausgeführt werden, die mit Scherkräften auf die Bodenstruktur wirken.

Auch *organische Böden* sollen möglichst nicht abgetragen werden, insbesondere nicht bei temporären Installationen. Beim Abtrag von organischen Böden kann sich die Unterscheidung von Schichten auf den Anteil

<sup>40</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.7.1. «Raupenbaumaschinen – Auswahlkriterien für die Ausschreibung». S. 62 ff.

<sup>41</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.7.2. «Abtragsverfahren für Eingriffsflächen». S. 65 f.

<sup>42</sup> vgl. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.7 «Wahl der Maschinen und Abtragsverfahren». S. 60 f.

---

der organischen Substanz, auf das Vorhandensein von mineralischen Anteilen (organo-mineralische Horizonte oder mineralische Zwischenschichten) sowie auf den Zersetzungsgrad beziehen.

Insbesondere die bei *Alluvialböden* meist kleinräumig auftretenden unterschiedlichen Bodeneigenschaften (z.B. Schichtstärken, Körnungen, Skelettanteile) können beeinflussen, welche Bodenschutzmassnahmen erforderlich sind. So sind z.B. sandige Böden bei temporären Beanspruchungen deutlich weniger empfindlich und können vermehrt an Ort belassen und einer Auflast ausgesetzt werden.

In *hohen Lagen* ist der Erhalt der bestehenden Vegetation aufgrund der kurzen Vegetationszeit und der spezifischen Vegetation (z.B. Zwergsträucher) besonders schwierig. In Abhängigkeit der Bodenmächtigkeit und der Vegetation sollen entweder Rasenziegel mit dem gesamten Wurzelraum inkl. Boden (v.a. in höheren Lagen und bei geringen Bodenmächtigkeiten) oder dann der Ober- und Unterboden getrennt abgetragen werden.<sup>43</sup> Vorteile bei der Arbeit mit Rasenziegeln im Hochgebirge sind insbesondere die geringe physikalische Belastung des Bodens (Arbeiten auch bei feuchtem Boden möglich), der Erhalt der standorttypischen Vegetation inkl. Wurzelraum und Bodenorganismen und der Erosionsschutz bei der Rekultivierung, auch ohne ingenieurbioologische Massnahmen in Lagen mit mehr als 30% Neigung.<sup>44</sup> Zudem kann die Fläche mit Bedarf für eine Neuansaat minimiert werden.

Beim Abtrag von *Boden im Wald* kann je nach Bodeneigenschaften und Schichtstärken von einer strikten Trennung von Ober- und Unterboden abgewichen werden. Beim Vorhandensein einer organischen Auflage (oder bei nach der Entfernung von Gehölzen zurückbleibenden Holz- und Rindenreste) kann es zielführend sein, die organische Auflage inkl. des meist geringmächtigen Oberbodens abzutragen und so vom Unterboden zu separieren. Bei Böden ohne Auflagehorizonte, geringmächtigem Ober- und mächtigem, mehrschichtigem Unterboden (z.B. solche, die mit zunehmender Tiefe feinkörniger oder skelettreicher werden), kann der Oberboden zusammen mit einer oberen Schicht Unterboden abgetragen und vom restlichen Unterboden getrennt werden.

## 4.5 Zwischenlagerung von abgetragenen Boden

Beim Bauen kommt es häufig vor, dass abgetragener Ober- oder Unterboden nicht sofort wieder Verwendung findet und eine Zwischenlagerung notwendig wird. Mit einer geeigneten Ausführung (Lage, Form, Höhe) und Bewirtschaftung der Zwischenlager kann die Struktur des Bodens auch bei mehrjähriger Lagerung erhalten werden.

<sup>43</sup> Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2013. Umwelt-Vollzug Nr. 1322. Kapitel 8.2 «Bodenschutz», S. 155 f.

<sup>44</sup> Richtlinien Hochlagenbegrünung. Ingenieurbioogie. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Kapitel 6.3 «Begrünungsverfahren» S. 39 ff.

#### 4.5.1 Standardmassnahmen

Folgende Bodenschutzmassnahmen für die Zwischenlagerung von abgetragenem Boden werden regelmässig als sachgerecht eingestuft:<sup>45</sup>

##### *Zwischenlagerung von abgetragenem Boden*

- Bodenzwischenlager werden direkt auf den gewachsenen Boden angelegt (auch bei längerer Lagerdauer)<sup>46</sup>.
- Ober- und Unterboden, Böden mit relevanten unterschiedlichen Bodeneigenschaften (z.B. organischer Anteil, Skelettanteil) oder Belastungen (chemische, biologische oder Fremdstoffe) werden getrennt zwischengelagert und eindeutig gekennzeichnet. Sofern belastete Böden zwischengelagert werden, ist sicherzustellen, dass durch die Zwischenlagerung der darunterliegende Boden nicht zusätzlich belastet wird.
- Die Standardhöhe (im gesetzten Zustand) für Zwischenlager wird eingehalten. Bewährt hat sich für Oberboden eine Höhe von 1,5 m und für Unterboden eine Höhe von 2,5 m. Sie kann in Abhängigkeit der Lagerungsdauer, der Bodeneigenschaften und der Form des Zwischenlagers geringfügig variiert werden.
- Die Unterlage der Zwischenlager weist ein Drainagepotential auf (keine Muldenlage, ansonsten mit Entwässerung). Oberflächenwasser muss vom Zwischenlager ungehindert abfliessen können.
- Die Zwischenlager sollen so erstellt werden, dass ihre Bewirtschaftung möglich ist (z.B. Lage, Zufahrt).
- Bei der Erstellung von hangparallelen Zwischenlagern werden Sickerhilfen angelegt und, soweit nötig, weitere Massnahmen zum Auffangen des Oberflächenwassers oberhalb des Zwischenlagers getroffen.
- Bodenzwischenlager werden umgehend begrünt. Die Ansaat soll einen raschen, flächigen Bewuchs und eine tiefreichende Durchwurzelung gewährleisten. Damit kann ein rasches Abtrocknen des Zwischenlagers erreicht und das Aufkommen von unerwünschten Pflanzen (z.B. problematische Unkräuter) verhindert werden. Bei sehr kurzer Lagerdauer sind Ausnahmen möglich.
- Bodenzwischenlager werden bewirtschaftet und gepflegt. Die Bewirtschaftung von Bodenzwischenlagern beinhaltet regelmässiges Mähen inkl. Entfernen des Schnittguts.
- Bodenzwischenlager werden auf unerwünschte Pflanzen hin überwacht. Beim Aufkommen von Unkraut wird dieses bekämpft und beim Aufkommen von invasiven gebietsfremden Pflanzen werden spezifische Massnahmen getroffen.
- Die Ansaat und die Bewirtschaftung von Zwischenlagern wird bei gut abgetrocknetem und tragfähigem Boden mit möglichst leichten Landwirtschaftsmaschinen bis 3 t Gesamtgewicht durchgeführt (siehe auch Kapitel 4.2). Kleinere und wallförmige Zwischenlager können von Hand angesät und mit Motorsensen bewirtschaftet werden. Kleinvieh (z.B. Schafe) kann bei mehrjährigen Zwischenlagern zur Pflege der Kultur eingesetzt werden (angepasste Beweidungsdauer), sobald auf dem Zwischenlager ein geschlossener Bewuchs vorhanden ist (i.d.R. ab der 3. Vegetationsperiode).
- Beim Abtrag von verunkrauteten Zwischenlagern werden die vorhandenen Unkräuter vorgängig (inkl. Wurzeln) entfernt oder mit einer flächigen Unkrautbekämpfung minimiert.

<sup>45</sup> vgl. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 3.9 «Verfahren zur Zwischenlagerung von abgetragenem Boden» S. 68 ff.

<sup>46</sup> Bei der Zwischenlagerung anderer Schüttmaterialien als Ober- und Unterboden, wie Aushub- und Ausbruchmaterial, ist die Schütthöhe für die Lagerung direkt auf dem gewachsenen Boden auf 3,5–4 m zu begrenzen. Herleitung: flächige Auflast begrenzen bei ca. 8 t/m<sup>2</sup> (4 m<sup>3</sup> × ca. 1,8 t), bei gleichzeitigem Kontaktflächendruck von max. 0,8–1 kg/cm<sup>2</sup> kann der darunterliegende Boden ab 10 cbar einer Auflast ausgesetzt werden.

#### 4.5.2 Abweichungen vom Standard

*Böden mit organischen Anteilen von über 30 %* sollen bevorzugt nach dem Abtrag direkt verwertet oder maximal einen Monat zwischengelagert werden. Zusätzliche Massnahmen sind zu prüfen, z.B. die Erhöhung der Zwischenlager<sup>47</sup> oder das Anlegen von Zwischenlagern in vernässten Mulden. Da sich solche Böden bei der Zwischenlagerung stark verändern können, soll möglichst auf den Abtrag verzichtet werden (z.B. bei temporärer Beanspruchung). Eine lang dauernde Zwischenlagerung kann zu einem unerwünschten Abbau der organischen Substanz führen.

Im *Berggebiet* können Zwischenlager von abgetragenen Ober- und Unterboden aufgrund der kurzen Vegetationsdauer kaum begrünt und müssen in Hanglage meist mit technischen Massnahmen vor Erosion geschützt werden. Deshalb wird Boden meist zusammen mit dem am Standort vorhandenen (autochthonen) Pflanzenmaterial inkl. Samenpool als Rasenziegel zwischengelagert. Rasenziegel werden fachgerecht in Zwischenlager kompakt gestapelt, schonend behandelt und vor Austrocknung geschützt. Es hat sich in der Praxis bewährt, unterhalb der Zwischenlager zum Schutz der bestehenden Oberflächen ein Geotextil (Funktion Trennung) zu verwenden. Mit einer Wiederverwendung der Rasenziegel ohne Zwischenlagerung kann einerseits die Vegetation am besten erhalten werden, andererseits kann mit der Direktumlagerung von Boden oder Rasenziegeln die Flächenbeanspruchung reduziert werden, da keine Zwischenlagerflächen notwendig werden.

#### 4.6 Bodenauftrag und Bodenrekultivierung

Nach einem tiefbaulichen Eingriff oder einer temporären Beanspruchung werden die ursprünglich vorhandenen Böden wiederhergestellt. Für den Auftrag von Boden hat sich die Verwendung eines Raupenbaggers mit einem Löffel mit glatter Kante bewährt. Für einzelne Arbeitsschritte bei Bodenrekultivierungen kommen auch andere Baumaschinen in Frage. Deren Einsatz kann projektspezifisch und in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften mit allenfalls zusätzlichen Bodenschutzmassnahmen ermöglicht werden.

##### *Tiefbaulich veränderte Böden*

Bei einem Neuaufbau des Bodens bildet die tragfähige Rohplanie die Unterlage, bestehend aus Untergrund, Aushub- oder Ausbruchmaterial. Darauf werden in Abhängigkeit des Rekultivierungsziels (z.B. Schichtstärke in Abhängigkeit der pflanzennutzbaren Gründigkeit oder Eigenschaften des Oberbodens in Abhängigkeit der Nutzungseignungsklasse) Unter- und Oberboden aufgetragen. Untergrund kann auch als geringmächtige Zwischenschicht (ggfs. nicht tragend) unterhalb des Unterbodens eingebaut werden, z.B. zur Erhöhung des Abstands zum darunterliegenden Grundwasser. Die Anforderungen an solch eine Zwischenschicht können sich von denjenigen an eine Rohplanie deutlich unterscheiden und müssen projektspezifisch festgelegt werden.

##### *Temporär beanspruchte Böden*

Temporär beanspruchte Böden, d.h. einer Auflast ausgesetzte, tiefbaulich nicht veränderte Böden, müssen in der Nachsorgephase ebenso rekultiviert werden. Auch wenn die Auflast sachgerecht erfolgte, ist die oberste Schicht des Bodens meist verdichtet und muss mechanisch gelockert werden. Die Lockerungstiefe ist dabei abhängig von der Tiefe des verdichteten Bereichs und ist projektspezifisch zu bestimmen, meist beschränkt sich die Verdichtung auf einen Teil des Oberbodens. Zur Lockerung eignen sich landwirtschaftliche Maschinen und

<sup>47</sup> Die Erhöhung kann dazu beitragen, dass weniger organisches Material mit Luft in Kontakt kommt und so der Abbauprozess verlangsamt wird (z.B. bei organisch faserigem, wenig zersetztem Material, das auch eine geringe Lagerungsdichte aufweist).

Geräte wie Eggen oder Grubber. Eine Lockerung, z.B. mit dem Baggerlöffel, kann die Lockerung mit einem landwirtschaftlichen Gerät nicht zielführend ersetzen.

#### 4.6.1 Standardmassnahmen

Folgende Bodenschutzmassnahmen lassen sich beim Auftrag und bei der Rekultivierung von Böden regelmässig als sachgerecht einstufen:<sup>48</sup>

##### *Bodenauftrag und Bodenrekultivierung*

- Bei einem Bodenneuaufbau wird eine tragfähige Rohplanie mit einem Drainagepotential vorausgesetzt, sodass die Ableitung von Oberflächenwasser gewährleistet ist. Das Drainagepotential kann z.B. über eine durchlässige Rohplanie, eine genügend geneigte Oberfläche der Rohplanie oder über Sickerhilfen sichergestellt werden.
- Je nach Entwässerungskonzept wird die Rohplanie zur besseren Verzahnung von Untergrund und Boden vor dem Auftrag des Bodens mechanisch aufgerissen.
- Unter- und Oberboden werden schicht- und streifenweise ohne aktive Verdichtung mit einem Raupenbagger (seitlich des Bodens auf der Rohplanie stehend) aufgetragen.
- Je nach Bodeneigenschaften und Abtrocknung des Bodens (z.B. bei grobkörnigem und sehr trockenem Boden) werden lose aufgetragene Bodenschichten mit der flach abgestellten Baggerschaufel leicht angedrückt. Damit wird differentiellen Setzungen entgegengewirkt und der Erosion vorgebeugt.
- Temporär beanspruchte Böden werden vor Inkulturnahme mit geeigneten landwirtschaftlichen Geräten und Maschinen gelockert, sodass keine verdichteten Bereiche bestehen bleiben.

#### 4.6.2 Abweichungen vom Standard

In *kleinräumig strukturierten Gebirgslandschaften* soll die Rohplanie den Anforderungen der Rekultivierung und der Umgebung angepasst werden. Sie kann entsprechend unregelmässig geneigt und mit oberflächlichen Strukturelementen angereichert werden. Dazwischen lassen sich z.B. Rasenziegel inkl. Wurzelraum aufbringen. Vor dem Auftrag von Rasenziegeln soll die Unterlage so hergerichtet werden, dass ein rasches Anwachsen erfolgen kann. Die verpflanzten Rasenziegel inkl. Vegetationsteilen müssen fest einwurzeln. Ausserdem sollen die Hohlräume zwischen den Rasenziegeln mit losem autochthonen Boden verfüllt und die Rasenziegel auch nach dem Auftrag vor Austrocknung geschützt werden.<sup>49</sup>

Der Bodenauftrag soll auf das Begrünungsziel ausgerichtet werden. Eine raue Oberfläche bietet Keimlingen schützende Nischen, beugt der Erosion vor und verlangsamt die Austrocknung. Der Feinerdeanteil soll im Gebirge für eine Begrünung bei mindestens 30 % liegen. Ist dies nicht der Fall, kann eine Schicht mit feinkörnigem Material oder auf Flächen mit intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auch Kompost, Mist, Heu und Stroh aufgebracht werden. Das Saatgut soll optimal an die Höhenlage, den Bodentyp (alkalisch oder sauer) und den Einsatzort angepasst sein und aus «Strukturbildnern» (zumeist Poaceae – Gräser) und einigen Leguminosen (Fabaceae – Schmetterlingsblütler) bestehen.<sup>50</sup> Eine Initialdüngung kann sinnvoll sein.<sup>51</sup> Zum

<sup>48</sup> vgl. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. 2015. Kapitel 3.10 «Verfahren zur Wiederherstellung oder zum Wiedereinbringen der Böden nach den Arbeiten». S. 70 ff.

<sup>49</sup> Richtlinien Hochlagenbegrünung. Ingenieurbiologie. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Kapitel 6.3 «Begrünungsverfahren». S. 39 ff.

<sup>50</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. S. 86.

<sup>51</sup> Richtlinien Hochlagenbegrünung. Ingenieurbiologie. Mitteilungsblatt Nr. 3/2019. Kapitel 6.4 «Zusatzstoffe». S. 42 ff.

Schutz vor Erosion soll eine rasche Verfestigung des neu angelegten Bodens sichergestellt werden. Die Abschwemmung von Boden kann mittels Abdeckung verhindert werden (z.B. mit Erosionsschutzmatten); allenfalls kann auch das Stechen von kleinen Drainagegräben notwendig sein.<sup>52</sup> Der Erosionsschutz kann durch eine rasche Etablierung der Vegetation, inkl. Tiefwurzler, gefördert werden. Eine Bearbeitung von steinigten Böden mit einer Fräse würde hingegen die Erosionsanfälligkeit erhöhen.<sup>53</sup> Zur Vermeidung von Erosionsschäden soll die Bodenbedeckung nach dem Wiederaufbringen von Oberboden und Vegetation mindestens 70 % betragen.<sup>54</sup>

Bei der *Verwertung von Boden einer Baustelle im Wald auf Flächen ausserhalb des Waldes*, sind die bodenchemischen Aspekte zu berücksichtigen. Böden im Wald weisen meist Bodeneigenschaften auf, welche sich deutlich von denen von landwirtschaftlich genutzten Böden unterscheiden (z.B. pH-Wert). Wurzeln im abgetragenen Boden mindern seine Verwertungseignung nicht. Jedoch sind Wurzelstöcke, armdicke Wurzeln und Astholz im Boden, der verwertet wird, unerwünscht, da sie je nach Grösse die maschinelle Bearbeitung behindern und der Aufwand bei der Umlagerung so grösser werden kann. Zudem sind bei Rekultivierungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen Wurzeln in der Bearbeitungsschicht unerwünscht und sollen deshalb vorgängig entfernt werden (z.B. durch Aussieben). Wenn Boden nicht landwirtschaftlich genutzt wird, sind Wurzelanteile im Oberboden meist unproblematisch.

In seltenen Fällen erfolgt der *Bodenauftrag mit einer Zwischenbegrünung* des Unterbodens, d.h. mit einem zeitlich getrennten Auftrag von Unter- und Oberboden. Dabei wird zuerst der Unterboden flächig eingebaut, im Anschluss daran angesät (Zwischenbegrünung) und frühestens ein Jahr später der Oberboden aufgetragen.<sup>55</sup> Die Zwischenbegrünung hat den Vorteil, den Unterboden vor dem Auftrag des Oberbodens zu strukturieren und biologisch zu aktivieren. Die Wurzeln hinterlassen senkrechte Poren, welche den Luft- und Wassertransport unterstützen. Da heutzutage mehrheitlich Raupenbagger für Bodenumlagerungen verwendet werden und diese den Bodenauftrag von mehreren Schichten ohne Befahren des frisch geschütteten Bodens ermöglichen, ist der Bodenauftrag mit Zwischenbegrünung des Unterbodens nur noch in vereinzelt Fällen anzutreffen, v.a. dann, wenn Unterboden ab langjährigen Zwischenlagern rekultiviert wird.

## 4.7 Nachsorge

Nach Fertigstellung der Bodenrekultivierung oder nach Abschluss der temporären Beanspruchung beginnt die Nachsorge (Folgebewirtschaftung).<sup>56</sup> Sie hat zum Ziel, frisch geschüttete Böden zu stabilisieren, das Porensystem wiederherzustellen und die biologische Aktivität zu fördern und wiederaufzubauen. Die Nachsorge dauert bis zur Erreichung des Rekultivierungsziels (meist 3–5 Vegetationsperioden). Die während der Nachsorge notwendigen Bodenbearbeitungs- und Bewirtschaftungsmassnahmen hängen von den Bodeneigenschaften, der

<sup>52</sup> Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2013. Umwelt-Vollzug Nr. 1322. S. 155.

<sup>53</sup> Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Kapitel 1.6.3 «Baustellen in den Berggebieten des Juras». S. 30 f.;  
Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2013. Umwelt-Vollzug Nr. 1322. S. 156.

<sup>54</sup> Das Stabilitätspotential alpiner Geoökosysteme gegenüber Bodenstörungen durch Skipistenbau. Mosimann T. 1984. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie. Band 12. S. 167–176.

<sup>55</sup> Richtlinie für den sachgerechten Umgang mit Boden. Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB). 2021. Kapitel 7.5.3 «Bodenauftrag mit Zwischenbegrünung». S. 55 f.

<sup>56</sup> Detaillierte Empfehlungen zur Nachsorge finden sich in kantonalen Merkblättern sowie in der Richtlinie für den sachgerechten Umgang mit Boden. Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie (FSKB). 2021. Kapitel 9 «Nachnutzung – Folgebewirtschaftung». S. 65 ff.

---

Art und dem Umfang der Bodeneingriffe sowie dem Bodenzustand nach der Fertigstellung des Bodenauftrags ab. Wie bei der Phase vor Baubeginn sind während der Nachsorge die ertragsorientierten Ziele der landwirtschaftlichen Nutzung von untergeordneter Bedeutung.

#### 4.7.1 Standardmassnahmen

Folgende Bodenschutzmassnahmen lassen sich während der Nachsorge regelmässig als sachgerecht einstufen:

##### *Nachsorge*

- Böden werden nur im trockenen Zustand und mit leichten Maschinen befahren (siehe Kapitel 4.2).
- Es wird eine Saatmischung mit tiefwurzelnden und möglichst rasch bodendeckenden Pflanzen angesät. Die Wahl der Saatmischung erfolgt in Abhängigkeit des Rekultivierungsziels, der geplanten Bewirtschaftung während der Nachsorge und der klimatischen und bodenspezifischen Voraussetzungen (i.d.R. eine Klee-Gras-Mischung mit einem hohen Anteil an tiefwurzelnden Leguminosen).
- Die Ansaat erfolgt i.d.R. unmittelbar nach Fertigstellung der Rekultivierung. Bei einer Rekultivierung per Ende Herbst ist ein Zuwarten bis im Frühjahr nicht zweckmässig, denn nach einer intensiven Niederschlagsperiode im Frühjahr kann der Boden meist über Wochen nicht maschinell bewirtschaftet werden. Auch mehrjährige Futterbaumischungen können noch im Herbst angesät werden. Das Ansäen von Zwischen- oder Übergangskulturen ist dem gegenüber nur in wenigen Fällen sinnvoll.
- Ansaaten und Kulturen werden bewirtschaftet und gepflegt. Die Bewirtschaftung beinhaltet den Säuberungsschnitt nach der Ansaat, anschliessend regelmässiges Mähen. Nach dem Mähen wird das Schnittgut entfernt und im Herbst gemulcht. Unkraut und invasive gebietsfremde Pflanzen werden bekämpft.
- In der ersten (evtl. auch zweiten) Vegetationsperiode erfolgt keine Stickstoffdüngung (z.B. mit Mist). Auf den Eintrag von Gülle wird i.d.R. während der gesamten Nachsorge verzichtet, um das Wurzelwachstum in die Tiefe zu fördern. Andere Nährstoffe oder Spurenelemente können zugegeben werden, falls dies aufgrund von Bodenuntersuchungen als notwendig erachtet wird.
- Während den ersten drei Vegetationsperioden erfolgt keine Beweidung mit Grossvieh. Ab der dritten Vegetationsperiode kann eine extensive Beweidung mit Kleinvieh (z.B. Schafe) in Betracht gezogen werden.
- Die Dauer der Nachsorge richtet sich nach dem Umfang des Bodeneingriffs. Für neu aufgebaute Böden haben sich mindestens drei Vegetationsperioden schonende Grünlandbewirtschaftung bewährt. Bei ackerbaulich genutzten Standorten erfolgt danach ein ebenso schonender Übergang zu Ackerbaukulturen (vorzugsweise Getreide oder Raps nach dem ersten Umbruch anstelle von z.B. Hackfrüchten, Feldgemüse, Zuckerrüben oder Silomais).
- Die Dauer der Nachsorge von temporär beanspruchten, nicht umgelagerten Böden wird individuell in Abhängigkeit des tatsächlichen Zustands bestimmt; sie kann im Vergleich zu neu aufgebauten Böden deutlich reduziert sein.
- Die Ziele und Massnahmen während der Nachsorge werden mit der Eigentümerschaft und den Bewirtschaftenden schriftlich vereinbart und durch die Bewilligungsinhaber (meist Bauherrschaft) kontrolliert.
- Die Dauer der Nachsorge wird verlängert, falls Mängel bestehen. Massnahmen zur Behebung von Mängeln sollen nicht zu früh ausgeführt werden, da sich z.B. Nassstellen in den ersten beiden Vegetationsperioden in Lage und Ausdehnung noch deutlich ändern können.

---

# Anhang

## A1 Konventioneller Grabenbau kleiner Dimensionen (U-Gräben)

Vorhaben zur Verlegung von Kabeln und Leitungen kleiner Dimensionen (bis ca. 1,2 m Tiefe und ca. 0,6 m Grabenbreite) finden bevorzugt während der Vegetationsperiode statt. Die Besonderheit bezüglich Boden liegt darin, dass diese Linienbaustellen über weite Distanzen unterschiedliche Böden hinsichtlich Eigenschaften, Nutzung und aktuellem Zustand betreffen und meist nur kleine Bereiche einer Bewirtschaftungseinheit beanspruchen.

Der Bau von Werkleitungen mit kleinen konventionellen Gräben in landwirtschaftlich genutzten Flächen findet manchmal mit Rücksicht auf die Kulturen ausserhalb der Vegetationsperiode statt. Solche Eingriffe in den gewachsenen Boden können auch bei geringer Saugspannung in Betracht gezogen werden, wenn die Beanspruchung randlich der Bewirtschaftungseinheiten liegt und diese mit Kleingeräten und -maschinen (< 5 t Einsatzgewicht) ausgeführt werden können. Die Beurteilung der Bodenfeuchte für die Bestimmung der Einsatzgrenze der eingesetzten Maschinen kann dabei mit der Fühlprobe erfolgen (siehe Kapitel 4.2).

Bei schmalen Gräben und kurzer Dauer des Bodeneingriffs kann auf die Nachsorge verzichtet werden und eine landwirtschaftliche Nutzung ohne Einschränkungen anschliessen.

Mit folgenden Massnahmen kann ein sachgerechter Umgang mit Boden bei der Verlegung von Kabeln und Leitungen kleiner Dimensionen oder ähnlichen Grabenarbeiten (z.B. Drainagen) regelmässig sichergestellt werden<sup>57</sup>:

### *Massnahmen für den konventionellen Grabenbau kleiner Dimensionen (U-Gräben)*

- Die wechselnden Eigenschaften der Böden sind bei der Wahl des Trassees, bei der Festlegung der Installationsplätze und bei der Planung der Baustellenorganisation zu berücksichtigen.
- Für Fahrten entlang dem Baustellenverlauf (z.B. Transporte) werden möglichst bestehende Strassen und Wege genutzt.
- Der Bodenabtrag erfolgt nur im Bereich des Grabens (Gabenbreite), die Raupenbaumaschinen stehen auf dem gewachsenen Boden.
- Der Grabenaushub wird getrennt nach bodenkundlich relevanten Schichten vorgenommen, zwischengelagert und wieder verfüllt. I.d.R. sind dies Ober- und Unterboden sowie Untergrundmaterial (3-schichtig).
- Zwischenlager werden neben dem Graben und Fahrbereich der Baumaschinen wallförmig getrennt nach Schicht angeordnet.
- Falls durch Rohrverdrängung und Bettungsmaterial ein Materialüberschuss entsteht, wird Untergrundmaterial abgeführt (kein Ober- oder Unterboden).
- Das Verfüllen des Grabens erfolgt in der ursprünglichen Schichtfolge.

<sup>57</sup> vgl. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2015. Umwelt-Wissen Nr. 1508. 2015. Kapitel 4.4 «Linienbaustellen zum Verlegen von unterirdischen Leitungen». S. 95 ff.



- 
- Unter- und Oberboden werden ohne aktive Verdichtung verfüllt, der Oberboden wird dabei im Grabenbereich überhöht angelegt (selbständig setzen lassen); eine aktive Verdichtung wird nur für den Untergrund ausgeführt.

**Hinweis**

*Bei der Planung und Verlegung von Leitungen grösserer Dimensionen mit tieferen Gräben, V-Gräben oder Gräben, die mit Spezialmaschinen (z.B. Leitungspflug, Grabenfräse) hergestellt werden, sind die Bodenschutzmassnahmen projektspezifisch auf die bestehenden Bodeneigenschaften und die zur Ausführung vorhandenen Maschinen abzustimmen. Als Grundlage dienen die Ausführungen in Kapitel 4 zum bautechnisch sachgerechten Umgang mit Boden.*

## A2 Einsatzgrenzen für das Befahren und den Abtrag von Boden

### A2-1 Minimale Saugspannungswerte für den bodenschonenden Maschineneinsatz

Der Grad der Entwässerung des Bodens kann mit der Saugspannung gemessen werden. Das am häufigsten verwendete Messgerät ist das Tensiometer. Im Zustand der Wassersättigung ist der Boden spannungsfrei (als Dauerzustand z.B. im Grundwasserbereich). Sobald Wasser unterirdisch abfließt, verdunstet oder durch Pflanzen verbraucht wird, die Bodenhohlräume (Poren) also entwässern, wird eine sogenannte Saugspannung (Unterdruck) aufgebaut. Diese Spannung wird für die Bestimmung der Befahrbarkeit einheitlich in einer Tiefe von 30–35 cm (Spitze der Keramikkerze bei 35 cm Bodentiefe) gemessen.

Für den Abtrag und die Umlagerung sowie für das Befahren des Bodens gelten die in Tabelle 3 gelisteten minimalen Saugspannungswerte. In der Praxis sollen nebst der Saugspannung auch die Niederschlagsmengen zur Beurteilung der mechanischen Belastbarkeit hinzugezogen werden.

**Tabelle 3**

**Minimale Saugspannung (in  $c_{bar}$ ) für den Abtrag, die Umlagerung und das Befahren des Bodens**

$c_{bar}$	Feuchte- und Bodenzustand	Einsatzmöglichkeiten
< 6	Boden ist nass und klebt im Baggerlöffel	Die mechanische Belastbarkeit des Bodens ist zu gering: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boden wird nicht abgetragen oder umgelagert.</li> <li>• Boden wird nicht befahren oder einer Auflast ausgesetzt.</li> </ul>
6–10	Boden ist feucht und knetbar, klebt nicht im Baggerlöffel	Der Boden ist nicht tragfähig genug um befahren werden zu können, eine schonende Bearbeitung ist möglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boden kann abgetragen oder umgelagert werden.</li> <li>• Boden wird nicht befahren oder einer Auflast ausgesetzt.</li> </ul>
≥ 10	Boden ist feucht und bricht leicht, ist im Baggerlöffel rieselfähig	Mit Raupenbaumaschinen kann der Boden befahren werden. Die tatsächliche Einsatzgrenze einer Maschine wird anhand des Nomogramms (siehe Anhang A2-2) und der entsprechenden Maschinenkennwerte hergeleitet.
≥ 25	Boden ist trocken	Der gewachsene Boden kann von Baumaschinen mit konventionellen Reifen (z.B. kleine Raddumper) befahren werden, wenn die Radlast 2,5 t nicht überschreitet und der Kontaktflächendruck nicht über 0,5 kg/cm <sup>2</sup> liegt.

## A2-2 Bestimmung der Einsatzgrenze von Raupenbaumaschinen für das Befahren des Bodens

Das Nomogramm für die Beurteilung des zulässigen Einsatzes von Raupenbaumaschinen auf dem Boden (siehe Abbildung 2)<sup>58</sup> zeigt die Einsatzgrenzen aufgrund des Kontaktflächendrucks und dem Einsatzgewicht der Maschine in Abhängigkeit der mit Hilfe von Tensiometern gemessenen Saugspannung in einer Bodentiefe von 30–35 cm (Spitze der Keramikkerze bei 35 cm Bodentiefe) auf. Der Schnittpunkt aus Kontaktflächendruck (horizontale Linien) und Einsatzgewicht (vertikale Linien) ergibt die maschinenspezifische Einsatzgrenze in cbar (minimal erforderliche Saugspannung; schräge Linien).

Die Einsatzgrenze einer Raupenbaumaschine lässt sich neben der Bestimmung mittels Nomogramm auch anhand der folgenden Formel errechnen (Beispiele siehe Tabelle 4):

### Berechnung der Einsatzgrenze von Raupenbaumaschinen

$$\text{Minimal erforderliche Saugspannung [cbar]} = \text{Einsatzgewicht der Raupenbaumaschine [t]} \times \text{Kontaktflächendruck [kg/cm}^2\text{]} \times 1,25$$

Tabelle 4

#### Beispiele der maschinenspezifischen Einsatzgrenze von Raupenbaumaschinen

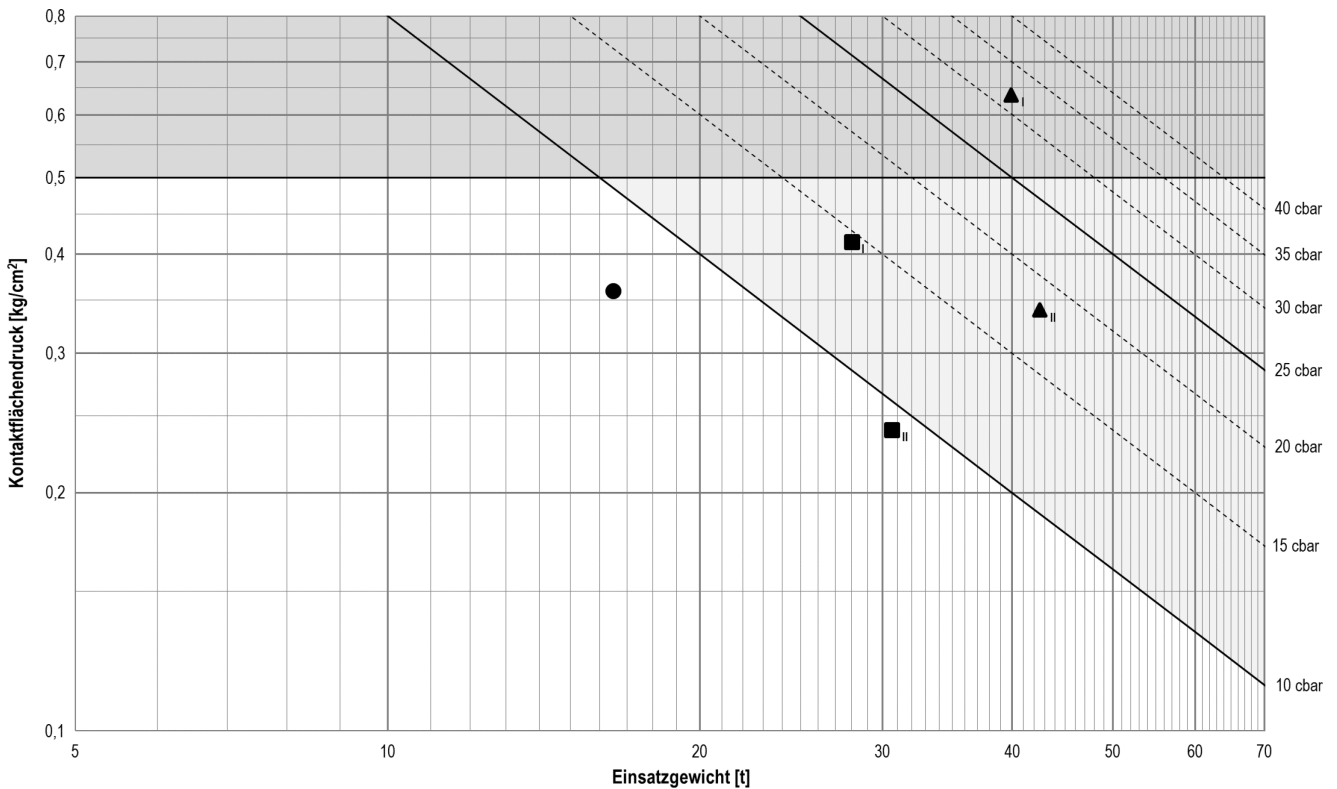
	Einsatzgewicht [t]	Raupenbreite [mm]	Kontaktflächendruck [kg/cm <sup>2</sup> ]	Maschinenspezifische Einsatzgrenze [cbar]	Einsatzmöglichkeiten
●	16,5 t	700 mm	0,36 kg/cm <sup>2</sup>	7,4 cbar	Ab 10 cbar Saugspannung auf dem Boden einsetzbar. Diese Raupenbaumaschine hat eine berechnete Einsatzgrenze von 7,4 cbar Saugspannung, jedoch ist der gewachsene Boden unter 10 cbar Saugspannung nicht tragfähig genug um befahren werden zu können.
■ <sub>I</sub>	28,0 t	800 mm	0,415 kg/cm <sup>2</sup>	14,5 cbar	Ab 14,5 cbar Saugspannung auf dem Boden einsetzbar.
■ <sub>II</sub>	30,63 t	800 mm	0,24 kg/cm <sup>2</sup>	9,2 cbar	Bei der Verwendung eines Elements Matratze aus Holzbohlen <sup>a)</sup> als Schutzkörper ist diese Raupenbaumaschine ab 10 cbar Saugspannung einsetzbar.
▲ <sub>I</sub>	39,9 t	700 mm	0,64 kg/cm <sup>2</sup>	31,7 cbar	Der Kontaktflächendruck dieser Raupenbaumaschine beträgt mehr als 0,5 kg/cm <sup>2</sup> . Somit kann diese Raupenbaumaschine auch beim Einhalten der berechneten Einsatzgrenze nicht direkt auf dem gewachsenen Boden zum Einsatz kommen. Der Einsatz darf nur auf einem Schutzkörper stehend erfolgen.
▲ <sub>II</sub>	42,53 t	700 mm	0,34 kg/cm <sup>2</sup>	18,0 cbar	Bei der Verwendung eines Elements Matratze aus Holzbohlen <sup>a)</sup> als Schutzkörper ist diese Raupenbaumaschine ab 18 cbar Saugspannung einsetzbar.

<sup>a)</sup> Verwendung von einem Element Matratze aus Holzbohlen: 6 Holzbohlen (5 m × 2,5 m × 0,3 m) zu 700 kg/m<sup>3</sup> ergibt 2,63 t Eigengewicht. Die Auflagefläche beträgt 12,5 m<sup>2</sup>.

<sup>58</sup> Richtlinie zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen (Bodenschutzrichtlinien). Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW; heute Bundesamt für Energie, BFE). 1993, revidiert 1997. Anhang 6 «Nomogramm Einsatzgrenzen von Baumaschinen».

Abbildung 2

## Nomogramm zur Beurteilung des zulässigen Einsatzes von Raupenbaumaschinen auf dem Boden



- Weiss:** Die aufgrund der Maschinenkennwerte berechnete Einsatzgrenze der Raupenbaumaschine liegt bei  $< 10 \text{ cbar}$  Saugspannung. Der Boden ist jedoch erst ab  $10 \text{ cbar}$  Saugspannung tragfähig genug um befahren werden zu können. Die Raupenbaumaschine ist demnach ab einer Saugspannung von  $10 \text{ cbar}$  auf dem Boden einsetzbar (siehe Beispiel ●).
- Hellgrau:** Die berechnete maschinenspezifische Einsatzgrenze liegt bei  $\geq 10 \text{ cbar}$  Saugspannung. Die Raupenbaumaschine ist folglich ab der berechneten maschinenspezifischen Einsatzgrenze auf dem Boden einsetzbar (siehe Beispiel ■<sub>i</sub>).  
Liegt die gemessene Saugspannung im Boden unter der berechneten maschinenspezifischen Einsatzgrenze, kann mit temporären Schutzkörpern (z.B. Matratzen aus Holzbohlen; siehe Kapitel 4.3) der Kontaktflächendruck reduziert und damit der Einsatz der Maschine bei tieferer Saugspannung ermöglicht werden (siehe Beispiel ■<sub>ii</sub>).
- Dunkelgrau:** Liegt der Kontaktflächendruck der Baumaschine über  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  (siehe Beispiel ▲<sub>i</sub>), kann diese nur mit einem Schutzkörper zum Einsatz kommen (z.B. Matratzen aus Holzbohlen; siehe Kapitel 4.3). Bei Maschinen mit einem niedrigen Einsatzgewicht kann ggfs. von dieser Vorgabe abgewichen werden (fachliche Prüfung vorausgesetzt). Auch bei der Verwendung von temporären Schutzkörpern ist die minimal erforderliche Saugspannung zu beachten (siehe Beispiel ▲<sub>ii</sub>).

**Hinweis**

Raupenbaumaschinen mit einem Einsatzgewicht  $< 5 \text{ t}$  liegen ausserhalb des sinnvollen Einsatzbereichs des Nomogramms. Der Einsatz von entsprechenden Maschinen auf dem Boden soll projektspezifisch durch eine fachkundige Person beurteilt werden.

Für die Installation von Schutzkörpern gelten die gleichen fachlichen Vorgaben bezüglich dem Feuchtezustand des Bodens, wie für dessen Befahren (siehe Kapitel 4.2). Das Verlegen von temporären Schutzkörpern (z.B. Matratzen aus Holzbohlen, starre Plattensysteme) oder das Schütten von Schutzkörpern aus ungebundenem Kiesgemisch darf nur dann erfolgen, wenn der Boden genügend tragfähig ist, d.h. ab einer Saugspannung von  $10 \text{ cbar}$ . Bei Arbeiten stehend auf einem temporären Schutzkörper ist die minimal erforderliche Saugspannung ebenso zu beachten.