



**Vorarlberg**

*unser Land*



**Bodenarbeiten mit gutem Ergebnis  
Eine Kurzanleitung**

## VORWORT

Der Boden ist eine unserer wertvollsten Ressourcen – er bildet die Grundlage für unsere Lebensmittelerzeugung und die Naturlebensräume unseres Landes.

Diese Broschüre bietet eine praxisnahe Arbeitshilfe und zeigt auf, welche Risiken bei Bodenarbeiten bestehen, wie der Boden sachgerecht behandelt wird und welche Maßnahmen zum Bodenschutz beitragen können.

Mit einem fachgerechten Umgang stellen wir sicher, dass diese lebenswichtige Ressource auch für kommende Generationen erhalten bleibt.



Christian Gantner  
Landesrat

## DANKSAGUNG

Diese Broschüre basiert auf dem Booklet „ABC für Bodenarbeiten“ des Kies-, Beton- und Recyclingverbandes Baustoff Kreislauf Schweiz. Die Inhalte wurden unentgeltlich zur Verfügung gestellt, wofür wir uns herzlich bedanken!



**Baustoff Kreislauf** Schweiz

Kies-, Beton- und Recyclingverband

## INHALTSVERZEICHNIS

GRUNDLAGEN BODEN.....	4
UMGANG MIT BODEN.....	8
MASCHINENWAHL.....	14
BODENABTRAG, ZWISCHENLAGERUNG UND BODENAUFTRAG.....	15
FOLGEBEWIRTSCHAFTUNG.....	24
BODENKUNDLICHE BAUBEGLEITUNG.....	25
WEITERFÜHRENDE LITERATUR.....	26
IMPRESSUM.....	27

# GRUNDLAGEN BODEN

Als Boden wird die oberste Schicht der Erde, in der Pflanzen wachsen können, bezeichnet.



### ENTSTEHUNG VON BODEN

Die Entstehung von Boden ist ein langsamer Prozess, welcher großteils nach der letzten Eiszeit vor ca. 14.000 Jahren begann. Die Neubildung von Boden ist innerhalb eines Menschenlebens nicht möglich. Deshalb muss Boden wie eine nicht erneuerbare Ressource behandelt werden.

Ein fruchtbarer Boden

- hat mehrere Schichten,
- hat eine Krümelstruktur,
- ist durchlüftet und belebt.

Bodenschutz lohnt sich, denn geschädigte Böden regenerieren sich kaum und können jahrelang Sanierungskosten verursachen.



### ZUSAMMENSETZUNG VON BODEN

Ein intakter Boden besteht aus ca. 47 % mineralischen Bestandteilen (Steine, Kies, Sand, Schluff und Ton) sowie aus ca. 3 % organischem Material (abgestorbene Pflanzenteile, Bodenlebewesen usw.). Die restlichen 50 % sind Hohlräume in Form von Poren. Diese sind zu unterschiedlichen Anteilen mit Wasser und Luft gefüllt.

Die Bodenlebewesen wie Bakterien, Pilze, Algen und viele kleine Tiere sind wichtig, denn sie zerkleinern abgestorbene Organismen und wandeln sie in Humus um.

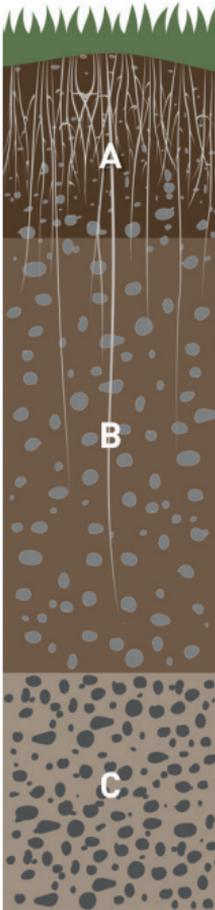
Ein Kubikzentimeter gesunder Oberboden (Humus) enthält ca. eine Milliarde Lebewesen.



Die Regenwürmer sind wichtige Vertreter der Bodenlebewesen: Durch ihre Grabtätigkeit entstehen neue Grobporen, welche für einen gesunden Wasser-/Lufthaushalt nötig sind.

## BODENAUFBAU

Vereinfacht lässt sich der Aufbau der meisten Böden in drei Horizonte (Schichten) unterteilen:



### A-Horizont (Oberboden)

- meist dunkle Farbe (humusreich)
- stark durchwurzelt
- wichtiger Wasser- und Nährstoffspeicher
- große Aktivität von Bodenlebewesen

### B-Horizont (Unterboden)

- meist heller als der Oberboden (humusarm)
- weniger durchwurzelt
- geringere Aktivität von Bodenlebewesen

### C-Horizont (Untergrund)

- besteht aus Lockergestein oder Fels
- meist keine Aktivität von Bodenlebewesen

Die Verdichtungsempfindlichkeit für Ober- und Unterboden ist unterschiedlich:

- Sandige, leichte Böden sind weniger verdichtungsempfindlich.
- Tonige, schwere Böden sind stark verdichtungsempfindlich.

# UMGANG MIT BODEN

## RISIKEN FÜR DEN BODEN BEI BODENARBEITEN

Boden ist ein komplexes, sensibles und belebtes Gebilde. Jeder Bodeneingriff birgt Risiken. Unsachgemäß durchgeführte Bodendarbeiten können zu Schäden am Bodengefüge, zur Zerstörung des Bodenlebens, zum Verlust von Humus und Nährstoffen und zum Eintrag von Fremd- und Schadstoffen führen.

Die häufigsten Folgen sind die Minderung der Ertragsfähigkeit, Erschwernisse bei der Bewirtschaftung durch Vernässung und Erosion sowie die Notwendigkeit von Sanierungen durch:

- unzureichende Trennung von Oberboden, Unterboden und Untergrundmaterial,
- Lagerung von Bodenmaterial in zu großer Schütthöhe oder die Befahrung von Bodendepots,
- Lagerung von Bodenmaterial auf nassen Standorten,
- Befahrung des Bodens bei zu nassen Bedingungen oder mit zu schweren Maschinen und
- Aufbringung von ungeeignetem oder kontaminiertem Bodenmaterial.



### WICHTIGSTE GRUNDSÄTZE

Zur Vermeidung von Bodenbeeinträchtigungen sollen folgende Grundsätze eingehalten werden:

- Planung der Bodenarbeiten, d.h. Vorbereitung der abzudeckenden Fläche (z.B. frühzeitige Begrünung der Fläche in der Landwirtschaft oder Rodung im Wald), Bereitstellen der Rohplanie oder von Zwischenlagerflächen, Anlegen von Pisten, etc.
- Bodenarbeiten nur bei abgetrocknetem Boden und trockener Witterung ausführen; je trockener der Boden, desto tragfähiger ist er
- Saubere Trennung der einzelnen Bodenschichten beim Abtragen, Zwischenlagern und Rekultivieren
- Wenn möglich, Boden direkt umlagern
- Eingriff in den Boden möglichst klein halten
- Gewachsenen und frisch angelegten Boden möglichst wenig befahren, zudem Raupenfahrzeuge mit geringem Bodendruck wählen
- Wenn nötig, lastverteilende Maßnahmen einsetzen (Baggermatratzen/Baupisten)
- Neu angelegten Boden rasch begrünen



### BODENFEUCHTIGKEIT

Werden Bodenarbeiten bei nassem Boden ausgeführt, besteht die Gefahr von Verdichtungen und Verformungen. Dabei werden die Hohlräume (Poren) und das Gefüge im Boden zerstört: Das Sickerwasser kann nicht mehr abfließen – der Boden „erstickt“, wird „blau“ und riecht übel.

### MESSUNG DER BODENFEUCHTIGKEIT MIT TENSIOMETER

Mit einem Tensiometer wird die Saugspannung (Verfügbarkeit von Wasser) im Boden gemessen. Je trockener der Boden, desto höher ist die Saugspannung. Der Messwert in Centibar (cbar) gibt Hinweise auf die Tragfähigkeit des Bodens.

Für eine aussagekräftige Messung werden pro Messstelle fünf Tensiometer – i.d.R. in 35 cm Tiefe – installiert und aus den Ablesungen wird der Median (Zentralwert) berechnet.



Je nach gemessener Saugspannung können Bodenarbeiten, beziehungsweise das Befahren des Bodens wie folgt ausgeführt werden:

SAUGSPANNUNG	BODENARBEITEN UND BEFAHREN DES BODENS
Kleiner 6 cbar	Nicht zulässig
6 – 10 cbar	Bodenarbeiten zulässig ab Baggermatratzen, Baustraßen oder C-Horizont, befahren des Bodens nichts zulässig
Größer 10 cbar	Bodenarbeiten zulässig, befahren des Bodens zulässig unter Einhaltung der Einsatzgrenze (siehe Seite 12)

Bei Böden mit > 30 % Tongehalt dürfen Bodenarbeiten erst ab 15 cbar ausgeführt werden. Der Boden soll grundsätzlich nicht direkt mit Radfahrzeugen befahren werden.

### BEURTEILUNG MITTELS SPATEN- UND FINGERPROBE

Die Feuchtigkeit des Bodens kann von Hand beurteilt werden. Dazu wird mit einem Spaten Boden aus der Tiefe von ca. 25 cm entnommen und zusammengedrückt:

- Erde ist nass, klebt am Spaten: kleiner 6 cbar
- Erde ist sehr feucht, klebt aber nicht am Spaten: 6 – 10 cbar
- Erdbrocken ist brüchig und zerbröseln zwischen den Fingern: 10 – 20 cbar
- Erdbrocken ist hart und kann nur mit Mühe auseinandergebrochen werden: größer 20 cbar



### BERECHNUNG DER EINSATZGRENZE

Jede Maschine drückt mit ihrem Eigengewicht über ihre Auflage-/Kontaktfläche auf den Boden. Aus diesen zwei Kenngrößen kann die Einsatzgrenze für jedes Raupenfahrzeug bestimmt werden. Die Einsatzgrenze wird in der Einheit Centibar (1 cbar = 10 hPa) mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Einsatzgrenze [cbar]} = \frac{\text{Gesamtgewicht [t]} \times \text{Bodenpressung [kg/cm}^2\text{]} \times 1,25}{\text{Kontaktfläche [cm}^2\text{]}}$$

Beispiel Raupenbagger:

- Gesamtgewicht: 30 Tonnen
- Bodenpressung: 0,4 kg/cm<sup>2</sup>
- Berechnete Einsatzgrenze: 15 cbar

Damit ein Raupenfahrzeug auf dem Boden fahren oder stehen darf, muss die gemessene Saugspannung größer sein als die berechnete Einsatzgrenze der Maschine.



## LASTVERTEILENDE MASSNAHMEN

Ist die gemessene Saugspannung kleiner als die Einsatzgrenze, können lastverteilende Maßnahmen eingesetzt werden.

### Baggermatratzen

Ideal für Geräte, die bei der Arbeitsausführung stehen (Rau-  
pnbagger). Die minimale Saugspannung für die Ausführung  
von Bodenarbeiten ab Baggermatratzen – inkl. Installation der  
Matratzen – beträgt generell 6 cbar, bei Böden mit Tongehalten  
> 30 % jedoch 15 cbar. Werden Baggermatratzen als Pisten für  
Radfahrzeuge verwendet, beträgt die minimale Saugspannung  
für das Verlegen und Befahren 10 cbar, bei Böden mit Tongehal-  
ten > 30 % jedoch 20 cbar. Diese lastverteilende Maßnahme  
wird meist für kurzfristige Einsätze gewählt.



### Baustraßen

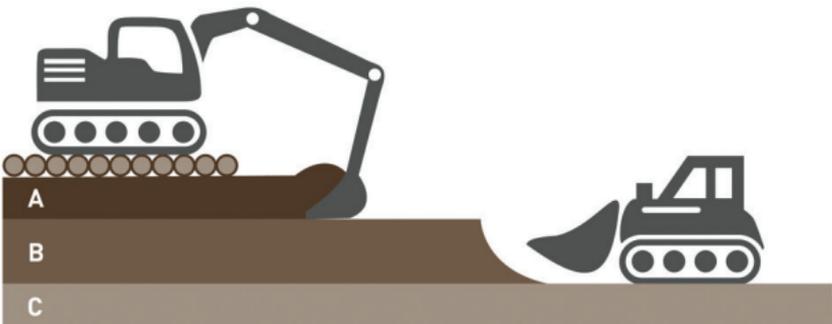
Mit Hilfe einer Baustraße werden die Lasten verteilt. Meistens  
werden Baustraßen erstellt, indem ein Kieskoffer direkt auf den  
gewachsenen Oberboden geschüttet wird (evtl. vorher Trenn-  
schicht aus Sand anlegen). Für die Erstellung von Baustraßen  
muss der Boden genügend abgetrocknet sein, d.h. mindestens  
10 cbar Saugspannung. Die minimale Saugspannung für das  
Ausführen von Bodenarbeiten ab Baustraßen beträgt generell 6  
cbar, bei Böden mit Tongehalten > 30 % jedoch 15 cbar. Diese  
lastverteilende Maßnahme ist für längerfristige Einsätze optimal.

### MASCHINENWAHL

Grundsätzlich sind Raupenbagger für den **Bodenabtrag** am besten geeignet.

Im steilen Gelände ist ein Schreitbagger das richtige Arbeitsgerät.

Die Laderaupe ist für den Bodenabtrag begrenzt geeignet, denn sie darf nur auf dem C-Horizont fahren.



Der **Bodenauftrag** wird vorzugsweise mit einem Raupenbagger ausgeführt.

Nur bei sehr gut abgetrockneten, wenig verdichtungsempfindlichen sowie skelettreichen Böden kann in Ausnahmefällen und nach Rücksprache mit der bodenkundlichen Baubegleitung eine Planierraupe (Dozer) für den Bodenauftrag eingesetzt werden.

**Radfahrzeuge wie Radbagger, Dumper und Lastwagen fahren nur auf dem C-Horizont oder auf einer Baustraße.**

# BODENABTRAG, ZWISCHENLAGERUNG UND BODENAUFTRAG

Grundsätzlich werden Unter- und Oberboden immer getrennt abgetragen, zwischengelagert und aufgetragen.

## BODENABTRAG

Steht der Raupenbagger für den Bodenabtrag auf dem Oberboden, muss die Einsatzgrenze (siehe Seite 12) eingehalten werden. Es werden immer die gesamten Ober- und Unterbodenschichten abgetragen (sofern möglich).

Idealerweise kann der abgetragene Ober- und Unterboden direkt auf die vorbereitete und abgenommene Rohplanie umgelagert werden.

Für den Abtransport von Boden fahren Radfahrzeuge stets auf dem C-Horizont oder auf lastverteilenden Maßnahmen (Baustraßen).



### ZWISCHENLAGERUNG

Ist eine Direktumlagerung nicht möglich, müssen Zwischenlager erstellt werden (Bodendepots).

Oberboden- und Unterboden-Zwischenlager werden direkt auf begrüntem Oberboden oder auf dem C-Horizont angelegt.

Für die Vorbereitung der Zwischenlagerflächen müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Beim Berechnen der benötigten Zwischenlagerfläche muss für den abgetragenen Ober- und Unterboden eine Auflockerung von 15 – 20 % miteinbezogen werden.
- Die Erschließung der Zwischenlagerflächen muss gewährleistet sein. Eventuell können bestehende Wege genutzt oder es müssen Zufahrtspisten erstellt werden.
- Die Entwässerung der Zwischenlagerfläche muss sichergestellt sein. Idealerweise ist die Fläche 2 – 4 % geneigt.
- Vor dem Schütten des Bodenmaterials auf den begrünten Oberboden soll die Fläche gemäht oder gemulcht werden.
- Das vorgängige Anlegen einer Trennschicht aus Sand auf dem Oberboden erleichtert den Rückbau der Zwischenlager.

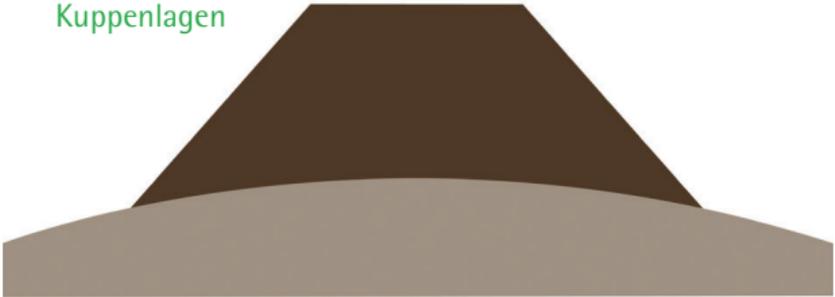


## IDEALE STANDORTE FÜR BODENZWISCHENLAGER

Hanglagen  
mit Drainage



Kuppenlagen



## UNGEEIGNETER STANDORT FÜR BODENZWISCHENLAGER

Mulden



## 18 BODENABTRAG, ZWISCHENLAGERUNG & BODENAUFTRAG

---

Beim Anlegen der Bodenzwischenlager gelten folgende Grundsätze:

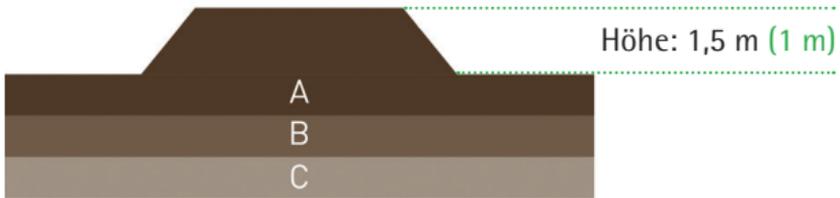
- Oberboden und Unterboden immer getrennt zwischenlagern
- Bodendepots locker mit dem Raupenbagger schütten; Depotoberfläche abziehen, aber nicht anpressen
- Maximale Schütthöhen einhalten (siehe Seite 19)
- Zwischenlager nicht befahren
- Erschließung mit landwirtschaftlichen Geräten für die Bewirtschaftung sicherstellen
- Sickerwasser am Depotfuß ableiten
- Zwischenlager umgehend ansäen
- Aufkommende Problempflanzen und invasive Neophyten regelmäßig entfernen



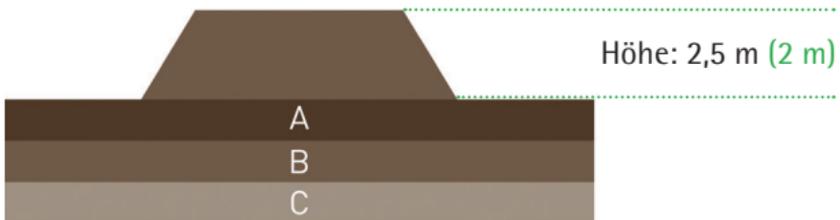
## SCHÜTTHÖHEN FÜR BODENZWISCHENLAGER

### Oberbodendepots (gesetzt)

Maximale Schütthöhe  
Wallmiete (Flächenmiete)



### Unterbodendepots (gesetzt)



Diese Schütthöhen gelten für Wall- und Flächenmieten. Je nach Verdichtungsempfindlichkeit und Bodeneigenschaften können die Schütthöhen nach Absprache mit der bodenkundlichen Baubegleitung angepasst werden.

### ROHPLANIE UND ENTWÄSSERUNG

Eine fachgerecht erstellte Rohplanie ist die wichtigste Grundlage für das Gelingen der Rekultivierung, da Vernässungen und Senkungen nicht mit Unter- und Oberbodenmaterial korrigiert werden können.

Die Endhöhe der Rohplanie bildet das im Endgestaltungsplan festgelegte Relief ab. Die Zielmächtigkeiten des anzulegenden Unter- und Oberbodens müssen bei der Festlegung der Rohplanie berücksichtigt werden.

Auf der fertiggestellten Rohplanie werden je nach Geländegestaltung Entwässerungen verlegt. Wichtig ist, Entwässerungssysteme einzumessen und auf einem Plan einzutragen, damit sie bei Bedarf später wieder gefunden werden.

Die Rohplanie kann bei Bedarf direkt vor dem Bodenauftrag aufgelockert werden.



### BODENAUFTRAG

Folgende Fragen sind vor Beginn des Bodenauftrags zu klären:

- Was ist das Rekultivierungsziel (Grünland, Acker, Wald, ökologischer Ausgleich)?
- Wie viel betragen die Zielmächtigkeiten (gesetzt) beim Anlegen von Oberboden und Unterboden?
- Ist genügend geeignetes Bodenmaterial vorhanden oder muss solches von extern zugeführt werden?

### PRÜFUNG DES BODENMATERIALS

Wenn Bodenmaterial von extern zugeführt wird, muss dieses auf seine Qualität und Eignung überprüft werden. Das Bodenmaterial soll auf die Verhältnisse des Einbaustandortes abgestimmt sein und muss die für das Rekultivierungsziel relevanten Bodenfunktionen erfüllen können.

Es ist darauf zu achten, dass zugeführtes Bodenmaterial nicht verunreinigt ist und die geltenden Fremd- und Schadstoffgrenzwerte (Vorsorgewerte laut Bodenqualitätsverordnung) eingehalten werden. Bei der Verwendung von Bodenaushubmaterial, das als Abfall einzustufen ist, sind zusätzlich abfallrechtliche Vorgaben einzuhalten.



Fremdstoffe wie Beton- und Ziegelreste sind häufig ein Indiz für erhöhte Schadstoffgehalte. Die Einhaltung der Grenzwerte sollte durch den Lieferanten bestätigt werden. Belastungen durch Kunststoffe sind oft von freiem Auge erkennbar.

### AUSFÜHRUNG DES BODENAUFTRAGS

- Bodenarbeiten nur bei trockener Witterung und bei abgetrocknetem Boden ausführen
- Unter- und Oberboden immer getrennt anlegen
- Vorgegebene Zielmächtigkeiten (gesetzt) einhalten und 15 – 20 % Setzung miteinberechnen
- Keine nährstoffreichen organischen Materialien wie beispielsweise Kompost oder Gärsubstrat in den Unterboden oder Untergrund einbringen und Oberboden nicht durch solche Materialien ersetzen



### BODENAUFTRAG IM STREIFENVERFAHREN

Bodenauftrag erfolgt idealerweise im Streifenverfahren. Der Vorteil des Streifenverfahrens besteht darin, dass nur ein Arbeitsgang erforderlich ist und kein Befahren von frisch angelegtem Boden erfolgt.

Der Raupenbagger steht dabei auf der Rohplanie. In Reichweite des Baggerarms wird der Unterboden in Streifen angelegt. Der Oberboden wird unmittelbar danach auf den Unterboden gelegt.



### FOLGEBEWIRTSCHAFTUNG

Sind die Rekultivierungsarbeiten abgeschlossen, beginnt die Folgebewirtschaftung. Frisch rekultivierte Flächen sollen möglichst bald nach dem Oberbodenauftrag angesät werden. Die Wahl des Saatgutes hängt von Aussaatzeitpunkt und Nutzung ab.

### LANDWIRTSCHAFT

In der Landwirtschaft wird nach der Rekultivierung eine schonende und extensive Folgebewirtschaftungsphase über mindestens 3 Vegetationsperioden durchgeführt. Frisch angelegter Boden ist sehr druckempfindlich und soll nur mit leichten Maschinen, in abgetrocknetem Zustand und möglichst wenig befahren werden. Auf Ackerbau und Beweidung soll in dieser Phase verzichtet werden.

### WALD

Bei der Rekultivierung von Wald werden die Ansaat und die Aufforstung in Absprache mit den zuständigen Forstfachleuten festgelegt. Im Wald ist die Dauer der Folgebewirtschaftung je nach Vertrag und Projektvorgaben unterschiedlich lang.



### BODENKUNDLICHE BAUBEGLEITUNG

Für die Durchführung von Bodenarbeiten kann eine bodenkundliche Baubegleitung vorgeschrieben sein. Die Aufgaben, Leistungen und Fachkenntnisse der bodenkundlichen Baubegleitung sind in der ÖNORM L 1211 definiert.

In der Planungsphase erfasst die bodenkundliche Baubegleitung den Ausgangszustand des Bodens. Aus den bodenkundlichen Feldaufnahmen können u.a. die Kubaturen berechnet und die Qualität/Eignung des Bodens für die Rekultivierung beurteilt werden.

Während der Umsetzung der Bodenarbeiten begleitet und dokumentiert die bodenkundliche Baubegleitung alle Arbeitsschritte wie Bodenabtrag, Zwischenlagerung, Rekultivierung, Ansaat und Folgebewirtschaftung. Muss Boden zugeführt werden, beurteilt die bodenkundliche Baubegleitung dessen Qualität.

Nach Abschluss der Erstellung der Rohplanie, dem Bodenauftrag, der Ansaat sowie nach Ablauf der Folgebewirtschaftungsphase werden i.d.R. Abnahmen durchgeführt und Dokumentationen erstellt.



### WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Richtlinien für die sachgerechte Bodenrehabilitierung land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen des Fachbeirats für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz
- ÖNORM L 1211: Bodenschutz bei der Planung und Durchführung von Bauvorhaben.



## IMPRESSUM

### Medieninhaber und Herausgeber:

Amt der Vorarlberger Landesregierung  
Abteilung Umwelt- und Klimaschutz  
Landhaus, Römerstraße 15, 6901 Bregenz

### Hersteller:

Amt der Vorarlberger Landesregierung  
Abteilung Vermögensverwaltung | Hausdruckerei  
Landhaus, Römerstraße 15, 6901 Bregenz

**Verlags- und Herstellungsort:** Bregenz

### Bildnachweise:

#### Fotos:

Seiten: Umschlag und 12  
©TERRE AG, Muhen

Seiten: 5, 12, 15, 16, 18, 20 und 26  
©Baustoff Kreislauf Schweiz

Seite: 6  
©Maryna Pleshkun, Shutterstock.com

Seiten: 8 und 21  
©Umweltinstitut des Landes Vorarlberg

Seiten: 9, 10, 11, 13, 22, 24 und 25  
©Hansueli Schärer, Fotograf, hansuelischaerer.ch

Seite: 23  
©Kieswerk Gunzgen AG, Gunzgen

#### Grafiken:

Seiten: 4, 7, 14, 17 und 19  
©furrerhugi. ag



**Amt der Vorarlberger Landesregierung**  
Abteilung Umwelt- und Klimaschutz  
Jahnstraße 13-15, 6900 Bregenz  
T +43 5574 511 24505  
[umwelt@vorarlberg.at](mailto:umwelt@vorarlberg.at)  
[www.vorarlberg.at/umwelt](http://www.vorarlberg.at/umwelt)