Amt für Umwelt

Amt für Umwelt, 8510 Frauenfeld

EINGEGANGEN
- 9 März 2026

Thurgau

Politische Gemeinde Kesswil
Hafenstrasse 1
8593 Kesswil

058 345 51 77, kerstin.frank@tg.ch
54.02 / Projekt-Nr. 116.00.4426.06 / Stellungnahme kantonale Fachstellen
Frauenfeld, 5. März 2026 kf/nr

Politische Gemeinde Kesswil / Oberflächenabfluss Kesswil Ost / Bauprojekt 2026 / Stellungnahme der kantonalen Fachstellen

Sehr geehrte Damen und Herren

Zur Beurteilung des Bauprojekts 2026 "Oberflächenabfluss Kesswil Ost" standen die Unterlagen vom 11. Dezember 2025 zur Verfügung.

Nachfolgend sind die Stellungnahmen der massgebenden kantonalen Fachstellen aufgeführt.

1. Schweizerische Bundesbahnen (SBB)

Die SBB weist das Projekt unter Anderem aufgrund

- unzureichender Pläne,
- der geplanten Ufermauer in der Parzelle der SBB,
- unzureichender Fliesstiefen- und Intensitätskarten,
- und unpassender Böschungsneigung bei Graben im Bereich der SBB Linie

zurück.

Weitere Punkte sowie die Ausführung zu den einzelnen Punkten sind der Stellungnahme der SBB in der Beilage zu entnehmen (Beilage 1).

2. Amt für Raumentwicklung, Abt. Natur und Landschaft (ARE N+L)

Die baulichen Massnahmen am SBB-Graben tangieren, wie im Kap. 4.1.7 des Planungsberichts festgehalten, schützenswerte Lebensräume nach Art. 14 der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1). Im Bericht werden ökologische Entwicklungsziele (Kap. 5.2), ökologische Massnahmen (Kap. 6.3.4) und Auswirkungen auf Natur und Landschaft (Kap. 7.4) festgehalten. Die Massnahmen können grundsätzlich als zielführend und angemessen betrachtet werden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Abt. ARE N+L dem Bauvorhaben unter Vorbehalt des folgenden Antrags zustimmt.

Antrag:

Da im SBB-Graben zumindest einseitig ein Flächenverlust von schützenswerten Lebensräumen zu erwarten ist, sind die vorgeschlagenen Massnahmen unter Kap. 6.3.4 zwingend umzusetzen, insbesondere die vorgesehenen Strukturen. Damit kann der Flächenverlust kompensiert werden. Andernfalls müssten, wie in Kap. 7.4 des Planungsberichts vermerkt, weitere Ersatzmassnahmen umgesetzt werden.

Gerne kann die Abteilung ARE N+L in der weiteren Planung und Ausführung beratend beigezogen werden.

3. Amt für Raumentwicklung, Abt. Bauen ausserhalb Bauzone (ARE BaB)

Keine Bemerkungen.

4. Amt für Raumentwicklung, Abt. Kantonale Planung (ARE KP)

Keine Bemerkungen.

5. Landwirtschaftsamt, Abt. Strukturverbesserung (LA)

Die Politische Gemeinde Kesswil hat ein Hochwasserschutzprojekt im Perimeter östlich des Dorfrandes bis an die Gemeindegrenze Uttwil ausgearbeitet. Das Hochwasserschutzprojekt umfasst mehrere Terrainveränderungen, um das Wasser vom Siedlungsgebiet abzuleiten. Auf den Parzellen Nrn. 373, 375 und 402 sind solche Terrainveränderungen geplant. Auf der Parzelle Nr. 373 ist ein Damm als Objektschutz der Gebäude geplant. Das Wasser wird in den Entwässerungsgraben des Bahngleises geleitet. Durch einen Einlauf wird das Wasser vom Entwässerungsgraben über eine Entwässerungsleitung in den Bodensee geführt.

Mit dem geplanten Hochwasserschutzprojekt gibt es keinen Kulturlandverlust. Mit den geplanten Terrainveränderungen wird die Bewirtschaftung der Flächen auch nicht eingeschränkt. Die Terrainveränderungen sind auf entwässerten Flächen geplant. Durch die geplanten Terrainveränderungen besteht die Gefahr, dass diese Entwässerungsleitungen nicht mehr genügend überdeckt sind.

Aus landwirtschaftlicher Sicht handelt es sich um ein vorbildliches Hochwasserschutzkonzept, bei dem kein Kulturland verbaut wird. Das Hochwasserschutzprojekt wird vom LA befürwortet, sofern folgende Punkte erfüllt werden:

- Mit dem geplanten Hochwasserschutzkonzept muss sichergestellt werden, dass die Entwässerungsleitungen genügend überdeckt sind und diese in ihrer Funktion nicht eingeschränkt werden.
- Des Weiteren dürfen im Projektperimeter nach den Ausführungen keine nassen Stellen in den Flächen entstehen. Ansonsten sind diese durch die Bauherrschaft zu beheben.

6. Amt für Archäologie (AA)

Im Projektperimeter sind – abgesehen vom Flachwasserbereich vor dem Uferverlauf – keine Zonen archäologischer Funde ausgeschieden. Ebenfalls sind keine Substanzabschnitte von historischen Verkehrswegen (gemäss Bundesinventar IVS) vom Vorhaben betroffen. Allerdings sind von unterschiedlichen Massnahmenbereichen mehrere Oberflächenfunde bekannt. Angesichts der vorgesehenen Geländeanpassungen ist daher mit archäologischen Funden und Befunden von bislang unbekannten Fundstellen zu rechnen.

Beim Vorhaben sind also archäologische Funde nicht auszuschliessen. Die Aushubarbeiten sind von einem Mitarbeiter des Amtes für Archäologie überwachen zu lassen. In diesem Zusammenhang sind folgende Auflagen zu beachten:

- Die Aushubarbeiten sind von einem Mitarbeiter des Amtes für Archäologie überwachen zu lassen. Sollte aufgrund der Befunde eine genauere Untersuchung notwendig sein, ist diese gestützt auf das Zivilgesetzbuch (ZGB; SR 210), Art. 724, zu dulden. Allfällige Kosten gehen zu Lasten des Kantons.
- Der Beginn der Arbeiten ist dem AA mindestens 10 Tage im Voraus anzuzeigen.
- Nach einem allfälligen Untersuch steht das Gelände zur Überbauung frei.

7. Tiefbauamt (TBA)

Für das vorgesehene Wasserbauprojekt ist keine Genehmigung des kantonalen TBA erforderlich.

Damit das Wasserbauprojekt die Vorgaben des kantonalen TBA erfüllt, sind nachfolgende Bedingungen zu berücksichtigen:

Technische Vorgaben:

- Die Unterquerung der Kantonsstrasse wird als Werkleitung eingestuft, da es sich nicht um ein Gewässer handelt. (vgl. Gewässerkataster).
  Die Zustimmung des TBA für die Hochwasserschutzmassnahme wird unter der Voraussetzung erteilt, dass die Gemeinde die Unterquerung der Kantonsstrasse in ihren Leitungskataster (Entwässerung) aufnimmt.
- Bei Neubauten ist deren Machbarkeiten nachzuweisen. Bestehende Werkleitungen und vorhandene Strassenkörper sind im Projekt zu berücksichtigen. Geplante Bauteilabmessungen sind an den massgebenden Stellen zu verifizieren.

Vor der öffentlichen Auflage sind mit dem kantonalen TBA abzusprechen:

- Projektierte Baumassnahmen im Bereich von Kantonsstrassen
- Die Unterquerung der GFK-Leitung muss einen lichten Abstand von 1 m gegenüber OK Strasse aufweisen (Reduktion nur in Absprachen mit TBA).

- Die bestehende Kantonsstrassenentwässerung ist im Projekt zu berücksichtigen.
- Das Auslaufbauwerk sowie die lichten Abstände gegenüber der Gasleitung sind durch die Gasversorgung Oberthurgau See als Werkeigentümerin freizugeben.
- Das Grabenprofil ist auf die erforderliche Rohrstatik abzustimmen.
- Die Koordination und die Kosten für die erforderlichen Werkleitungsumlegungen (Wasser, evtl. weitere) liegen beim Hochwasserschutzprojekt der Gemeinde.

- Vor der Ausschreibung von Baumassnahmen sind die Qualitätsanforderungen im Bereich von Kantonsstrassen mit dem kantonalen TBA abzusprechen und das Bauprojekt (insbesondere mit den vollständigen Akten bezüglich Tragwerksplanung nach SIA260:2013) abzugeben.
- Vor der Realisierung von Baumassnahmen sind sämtliche Projektpläne im Bereich von Kantonsstrassen dem kantonalen TBA zur Freigabe vorzulegen. Ohne Freigabe ist jegliche Bautätigkeit auf Kantonsstrassengebiet untersagt.
- Die Bauarbeiten der Hochwasserschutzmassnahmen müssen zwingend mit dem Strassenprojekt ausgeführt werden. Projektleiter TBA ist Patrick Haltner, Abt. Strassenbau, patrick.haltner@tg.ch, 058 34579 54.

Terminliche Vorgaben:

- Das kantonale TBA saniert im Jahr 2026 die betroffene Kantonsstrasse (H13) im Bereich der geplanten Unterquerung. Der Rohbau wird per Ende des Jahres 2026 abgeschlossen, die Deckschicht wird im Jahr 2027 eingebaut.

8. Gebäudeversicherung Thurgau (GVTG)

Keine Bemerkungen.

9. Amt für Umwelt, Abt. Abwasser und Anlagensicherheit (AfU AA)

Siedlungsentwässerung (AfU AA-SE)

Entlang der Rietwiesenstrasse soll eine neue Entlastungsleitung für den Oberflächenabfluss erstellt werden. Diese Leitung kreuzt die bestehende Abwasserleitung aus der Siedlungsentwässerung. In anderen Bereichen sind grundsätzlich keine Siedlungsentwässerungsleitungen betroffen. Im Zusammenhang mit der Abwasserleitung in der Reitwiesenstrasse sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Zugänglichkeit der Schächte muss für Unterhaltsarbeiten immer gewährleistet sein.
- Kommen Schächte neu im Hochwasserprofil zu liegen, müssen diese wasserdicht erstellt werden.

- Falls die Oberflächenabflussleitung entlang der Rietwiesenstrasse ein Bestandteil der Siedlungsentwässerung werden soll (seitens AfU AA empfohlen), müssen die Abflussregime nochmals hydrodynamisch überprüft und das Entwässerungskonzept entlang dieser Leitung überarbeitet werden (Änderung zu Trennsystem). Dies bedingt eine neue Teil-Genehmigung des Teilprojektes Entwässerungskonzept des Generellen Entwässerungsplan der Gemeinde Kesswil.
- Bei der Dimensionierung der Entlastungsleitung soll das Niederschlagsabwasser aus den Liegenschaften mitberücksichtigt werden.
- Der Leitungseigentümer muss klar definiert werden, damit auch die Unterhaltsarbeiten aus der richtigen Kasse finanziert wird (Abwassergebühren sind zweckgebunden). Bei einer gemeinsamen Nutzung der Leitung (Siedlungsentwässerung und Oberflächenabfluss) sollten die Unterhaltskosten auch dementsprechend aufgeteilt werden.

Biosicherheit (AfU AA-Bio)

Im Projektperimeter sind keine Standorte invasiver Neophyten verzeichnet (Deklaration Erdarbeiten + ThurGIS). Die Fachstelle AfU AA-Bio empfiehlt, da dies nicht im Technischen Bericht abgehandelt wurde, eine regelmässige Neophytenkontrolle im Projektperimeter durchzuführen. Im Weiteren hat die Fachstelle Neobiota keine Bemerkungen.

10. Amt für Umwelt, Abt. Abfall und Boden (AfU AB)

Boden

Vom Vorhaben betroffen, sind teilweise Fruchtfolgeflächen (FFF). Zudem sind im ThurGIS einige Bereiche in der Hinweiskarte für Bodenbelastungen vermerkt. Hierzu gehört die Bereiche entlang der Uttwilerstrasse, innerhalb von 5 m ab Fahrbahnrandes (Belastungsklasse Verkehr, stark belastet), sowie die Parzelle Nr. 373 (Belastungshinweis Rebberg, potenziell schwach belastet). In diesen Bereichen gilt, dass der ausgehobene Boden innerhalb des Bereichs mit Belastungshinweis wieder eingebracht werden darf. Muss das Bodenmaterial aus diesen Bereichen abgeführt werden, muss es in einer Deponie des Typs B entsorgt werden.

Des Weiteren sind folgende Auflagen zu beachten:

- Aufgrund der Flächengrösse ist eine Bodenprojekt (Bodenschutzkonzept), inkl. Bodenaufnahmen mit Beschreib nach Methode FAL24, erforderlich. Dieses Bodenprojekt ist durch ein Fachbüro erstellen zu lassen.
- Nach Art. 18 der Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (VVEA; SR 814.600) sind rekultivierbarer Ober- und Unterboden getrennt vom Aushub auszuheben und wieder als Boden im Sinne des Umweltschutzgesetzes zu verwenden.

- Es sind ausserdem die Vorgaben der FSKB-Rekultivierungsrichtlinie, Kap. 4.2.2, 5 und 6 zu berücksichtigen (Beilage 2).
- Gemäss den Unterlagen soll der Oberboden abgetragen, das Gelände mit Aushub modelliert und dann der Oberboden wieder aufgebracht werden. Die Überschüttung des gewachsenen Unterbodens mit unbelebtem Aushubmaterial ist jedoch nicht zuverlässig (Vgl. Vollzugskonzept Qualitativer Bodenschutz, AfU, 2025, Download unter umwelt.tg.ch)
- Die Kulturerdearbeiten sind durch eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) begleiten zu lassen.

11. Amt für Umwelt, Abt. Gewässerqualität und -nutzung (AfU GQ)

Gewässerbiologie (AfU GQ-GB)

Die Fachstelle AfU GQ-GB unterstützt eine möglichst ökologische Ausbildung des Oberflächenabflussgrabens entlang der SBB. Insbesondere ist während der Bauarbeiten nach Möglichkeit das Aushubmaterial während ein paar Tagen liegen zu lassen, sodass Kleinstlebewesen entweichen können.

12. Amt für Umwelt, Abt. Wasserbau und Hydrometrie (AfU WH)

Allgemein

Starkregenereignisse haben in der Vergangenheit im Siedlungsgebiet Kesswil Ost wiederholt zu Schäden aufgrund von Oberflächenabflüssen geführt. Das errechnete Schadenpotential im Projektperimeter liegt bei Fr. 8.31 Mio. Zur Verbesserung des Schutzes vor Oberflächenabfluss wurden grossflächig, aufeinander abgestimmte und robuste Massnahmen im Abschnitt Oberhof bis zum See ausgearbeitet. Diese umfassen:

- Geländemodellierungen im Bereich Awanger und Längler.
- Erstellung eines Oberflächenabflussdurchlasses (DN 800) unter der Kantonsstrasse.
- Erstellung eines Sammelgrabens entlang des SBB-Trassees über eine Länge von rund 500 m (SBB-Graben Ost und West).
- Erstellung Durchlass Einlaufbauwerk und Durchlass unter dem SBB-Trassee (DN1200, bereits im Zuge einer vorgezogener Massnahme aufgrund Nutzung von Synergien mit der SBB umgesetzt).
- Ableitung mittels Leitung (DN 1400) ab SBB-Trassee bis zum Bodensee.

Die Massnahmen tangieren neben der Landwirtschaft, die Kantonsstrasse, das Trasse der SBB, sowie schützenswerte Lebensräume nach Art. 14 der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1) im Bereich des geplanten SBB-Grabens. Dies erfordert eine Koordination und Abstimmung mit den entsprechenden Stellen.

Schutzziele und Bemessungsszenario

Die Dimensionierung der Massnahmen basiert auf einem 100-jährlichen, 30-minütigen Regenereignis. Mit der Realisierung der Massnahmen können je nach Projektperimeter der Oberflächenabfluss eines 50- (Landwirtschaft) bzw. 100-jährlichen (Siedlungsgebiet) Regenereignisses schadlos abgeführt werden (N_{50} = 2.7 m^3/s, N_{100} = 5.00 m^3/s). Damit wird dem Schutzziel für geschlossene Siedlungen gemäss Schutzzielmatrix des Kantons Thurgau entsprochen. Im Überlastfall (> N_{300}) kommt es zu einem Überströmen der Kantonsstrasse und nach Erreichen der Kapazität des Entwässerungsgraben entlang der SBB zu einem Durch- und Überströmen des Gleisschotters. Zudem kann es zu Schäden im Quartier Bonäggerli aufgrund des Überströmens der Mulde Längler kommen.

Intensitätskarten

Im Rahmen der Ausarbeitung des Auflageprojektes ist die Wirksamkeit des Hochwasserschutzes gemäss Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2025-2028, Programmvereinbarung Schutzbauten und Gefahrengrundlagen mit der Darstellung der Intensitätskarte Wasser vor und nach Massnahmen nachzuweisen.

Mit dem Projekt wurden Fliesstiefenkarten nach Massnahmen erstellt. Diese sind jedoch, nach Rückmeldung der SBB, insbesondere im Bereich der SBB-Gleise zu wenig genau. Die Karten müssen in diesen Bereichen aufzeigen, ob sich Wasser auf oder neben der Gleise befindet und sind in diesem Projektperimeter entsprechend mit höherer Auflösung zur Verfügung zu stellen.

Die überarbeiteten Fliesstiefenkarten sind dem Amt für Umwelt und der SBB zu Freigabe nachzureichen. Nach deren Freigabe sind diese als separater Plan zusammen mit dem Projektdossier öffentliche aufzulegen.

Ökologie

Ökologische Massnahmen sind insbesondere im Bereich des SBB-Grabens wo schützenswerte Lebensräume nach NHV tangiert werden, umzusetzen. Es sind die Massnahmen wie im Kap. 6.3.4 beschrieben, umzusetzen. Dadurch werden ökologisch wichtige Lebensräume geschützt und aufgewertet.

Fruchtfolgefläche (FFF)

Durch die baulichen Massnahmen des Wasserbauprojekts werden FFF tangiert, jedoch führen sie zu keinem dauerhaften Verlust von diesen (vgl. untenstehende Tabelle).

Parzelle	Fläche [m²]	FFF [m²]	FFF Verlust [m²]	FFF betroffen [m²]	FFF bleibend [m²]
222	3'256	3'039	0	Ca. 3'039	3'039
373	45'348	32'733	0	Ca. 1'360	32'733
375	10'694	10'694	0	Ca. 4'792	10'694
377	56'447	56'447	0	Ca. 261	56'447
402	74'135	74'135	0	Ca. 3'989	74'135

FFF = Fruchtfolgeflächen gemäss Sachplan (GIS-Datensatz ThurGIS)
FFF Verlust = durch bauliche Massnahmen unwiderruflich verlorene FFF im grundeigentümerverbindlichen Gewässerraum
FFF betroffen = durch das Projekt mit zusätzlichem Oberflächenabfluss beaufschlagte Fläche
FFF bleibend = gemäss Art. 41c^{bis} GSchV separat auszuweisende FFF im grundeigentümerverbindlichen Gewässerraum

Kostenteiler Bachkorrektion

Gemäss § 26 WBSNG leistet der Kanton Beiträge von 60 % an die anrechenbaren Kosten von Oberflächenabflussprojekten (übrige gravitative Naturereignisse), sofern die Massnahmen zweckmässig sind und den technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Anforderungen genügen und mit den öffentlichen Interessen aus anderen Sachbereichen koordiniert sind.

Für die drei Teiletappen sind drei provisorische Kostenteiler gemäss Vorlage des Amts für Umwelt zu erstellen und dem Amt für Umwelt zu Unterschrift nachzureichen. Die provisorischen Kostenteiler sind im Anschluss vollständig unterschrieben mit dem Projektdossier öffentlich aufzulegen.

Die Auszahlung der Subventionsbeiträge erfolgt nach Verfügbarkeit der finanziellen Mitteln.

13. Zusammenfassende Beurteilung

Die Vernehmlassung zeigt, dass es ein sinnvolles und gutes Projekt ist, welches den Anforderungen gemäss dem GSchG, WBG und dem WBSNG entspricht. Jedoch entsprechen die Unterlagen noch nicht allen Anforderungen. Insbesondere sind die Unterlagen im Projektperimeter des SBB-Trassees entsprechend der Stellungnahme der SBB anzupassen. Es sind folgende Punkte zu überarbeiten:

- In den Plänen sind die bestehenden Anlagen der SBB darzustellen.
- Im Vorhaben sind die Parzellengrenzen sowie die Interessenslinie der SBB zu berücksichtigen.

- Der Standort der Mauer des Grabens entlang des SBB-Trassees ist mit der SBB zu klären. Gemäss SBB soll das Bauwerk nicht AfU der SBB-Parzelle stehen. Anpassungen gegenüber dem vorliegenden Projekt sind aufgrund der schützenswerten Lebensräume in diesem Abschnitt auch mit dem Amt für Raumentwicklung rückzusprechen.
- Die Fliesstiefenkarten sind im Bereich der SBB-Anlagen in höherer Auflösung darzustellen, sodass die genaue Lage des Wassers klar ersichtlich ist.
- Die Böschungsneigung des SBB-Grabens ist in Rücksprache mit der SBB anzupassen. Anpassungen gegenüber dem vorliegenden Projekt sind aufgrund der schützenswerten Lebensräume in diesem Abschnitt auch mit dem Amt für Raumentwicklung rückzusprechen.
- Es sind provisorische Kostenteiler für die drei Etappen nach Vorlage des Amts für Umwelt zu erstellen.

14. Nächste Schritte

Die Unterlagen sind entsprechend obigen Punkten anzupassen. Nach erfolgter Anpassung sind die Unterlagen erneut dem Amt für Umwelt (Abt. Wasserbau und Hydrometrie, Kerstin Frank, kerstin.frank@tg.ch) und in Kopie dem Amt für Raumentwicklung (Abteilung Natur + Landschaft, Remo Morath, remo.morath@tg.ch) und der SBB (Tobias Nippe, tobias.nippe@sbb.ch und Johanna Hummer, johanna.hummer@sbb.ch) zur Freigabe zuzustellen. Wir empfehlen vor erneuter Einreichung der Unterlagen, die erforderlichen Anpassungen im Rahmen einer Besprechung mit dem Amt für Umwelt, dem Amt für Raumentwicklung und der SBB zu klären. Sobald die Unterlagen angepasst und vom Amt für Umwelt, Amt für Raumentwicklung und der SBB gutgeheissen werden, werden wir (Amt für Umwelt) das Projekt zur Auflage freigeben.

Nach erfolgter Auflage können die einzelnen Etappen separat zur Genehmigung und Zusicherung der Kantonsbeiträge direkt dem Amt für Umwelt, Abt. Wasserbau und Hydrometrie, eingereicht werden.

Freundliche Grüsse

Amt für Umwelt
Leiter Abt. Wasserbau und Hydrometrie

Philemon Diggelmann

Beilage
- Beilage 1: Stellungnahme SBB vom 11. Februar 2026
- Beilage 2: FSKB, Auszug aus "Richtlinie für den Bodenaufbau bei Terrainveränderungen"

Kopie
- NRP Ingenieure AG, Lindenstrasse 1, 8580 Amriswil
- SBB AG, Immobilien – Grundstückmanagement, Hilfikerstrasse 4, 3000 Bern 65
- Gebäudeversicherung Thurgau (via BOA)
- Amt für Raumentwicklung N+L, BaB (via BOA)
- Landwirtschaftsamt (via BOA)
- Tiefbauamt (via BOA)
- Intern: AA, AB, GQ (via BOA)

SBB CFF FFS

IM-GM-GBP, Hilfikerstrasse 4, 3000 Bern 65

Kanton Thurgau
Amt für Raumentwicklung
Verwaltungsgebäude Promenade
8510 Frauenfeld

Bern, 11. Februar 2026
Referenz: Marco Caggia, ID-Nr. 10007248
Politische Gemeinde Kesswil, Linie 0824 Romanshorn - Konstanz, KM 87.100 - 87.660

Baugesuch:	2026.01-077/09
Parzelle Nr.:	191
Bauvorhaben:	Schutz vor Oberflächenabfluss
Bauherrschaft:	Politische Gemeinde Kesswil, Postfach 35, 8593 Kesswil

Sehr geehrte Damen und Herren

Wir beziehen uns auf das obenerwähnte Bauvorhaben.

Nach Abschluss unserer internen Vernehmlassung können wir gemäss Art. 18m, Abs. 1 des Eisenbahngesetzes (SR 742.101) dem Bauvorhaben **nicht** zustimmen. Das Baugesuch wird aus folgenden Gründen abgelehnt:

a. Im November 2023 fand eine Besprechung vor Ort in Kesswil statt. Es wurden Anforderungen definiert und erläutert, die in den aktuellen Unterlangen nicht berücksichtigt wurden.

- Das Bauvorhaben ist entlang der Bahnanlage geplant, demzufolge die bestehenden Anlagen der SBB in den Plänen darzustellen sind (z.B. FL-Anlage, etc). Die Geodaten sind unter https://risgeoshop.sbb.ch/ zu bestellen.
- Im kantonalen Richtplan ist der Ausbau auf eine Doppelspur in diesem Perimeter vorgesehen. Es besteht aktuell kein Projekt oder ein Termin. Sowohl die aktuelle Parzellengrenze als auch die Interessenslinie ist zu berücksichtigen (Interessenslinie: 8.3m ab bestehender Gleisachse).

SBB AG
Immobilien – Grundstücksmanagement
Hilfikerstrasse 4, 3000 Bern 65
Telefon +41 51 286 89 92
grundstuecksmanagement.gbp@sbb.ch, www.sbb.ch/18m

- Die Ufermauer seitens Feldweg war in der Variante vom November 2023 nicht auf der SBB Parzelle, aktuell ist diese zu einem grossen Teil auf der SBB Parzelle. Dieses Bauwerk soll nicht auf der SBB-Parzelle stehen.
- Damit bestätigt werden kann, dass das Risiko der SBB nicht erhöht wird, müssen Intensitätskarten oder Fliesstiefenkarten vor und nach Massnahmen eingereicht werden. Die vorliegenden Karten sind zu wenig genau für diese Beurteilung (unklar ob Wasser auf oder neben Gleis). Bitte stellen Sie einen für die SBB relevanten Ausschnitt mit höherer Auflösung zur Verfügung.
- Die Böschungsneigung wurde damals vorgegeben, wird aktuell aber nicht eingehalten. Neben den eingezeichneten neuen Böschungsneigungen sind kurze blaue Striche dargestellt, deren Zweck nicht klar ist. Ein kurzer steiler Abschnitt der Böschung wäre zu instabil und kann nicht akzeptiert werden.
- Der Unterhalt ist in einem weiteren Schritt vertraglich zu regeln.

Aus den aufgeführten Gründen ist die von Ihnen vorliegende technische Lösung nicht möglich. Es wird vorgeschlagen eine Besprechung mit den Projektverfassern durchzuführen.

Kontaktperson bis 23.2.:
SBB Infrastruktur Ausbau und Erneuerungsprojekte
Bauportfolioplanung und Steuerung
Tobias Nippe
tobias.nippe@sbb.ch, Mobil 079 564 25 13

Kontaktperson ab 24.2.:
SBB Infrastruktur Netzdesign, Anlagen und Technologie
Netzentwicklung
Johanna Hummer
johanna.hummer@sbb.ch, Mobil 079 190 28 59

Wir bedauern, Ihnen keinen besseren Bescheid geben zu können und stehen Ihnen bei Rückfragen gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse

Sven Zollinger
Leiter Grundstückbestand und Potentiale

Marco Caggia
Spezialist Grundstückbestand und Potentiale

FSK Schweiz. Fachverband für Sand und Kies
ASG Association Suisse des Sables et Graviers

Kulturland und Kiesabbau

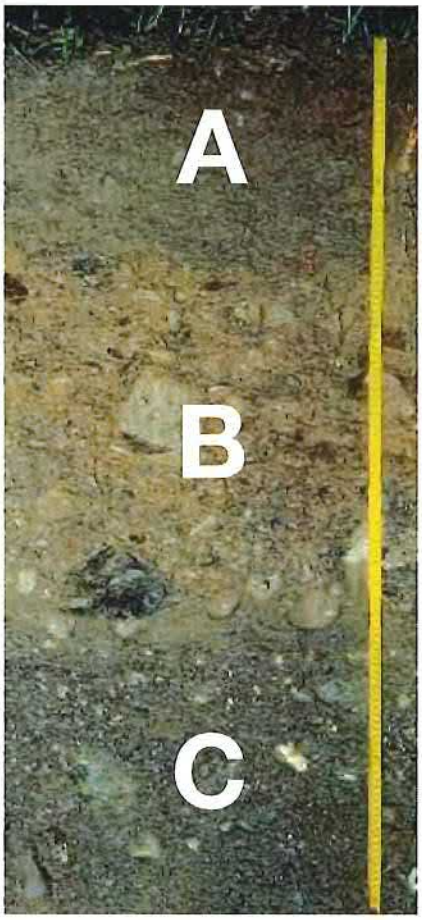


Richtlinie für den fachgerechten Umgang mit Böden

Auszug

3.2.8 Natürlicher Aufbau des Bodens

Vereinfacht lässt sich der Bodenaufbau in drei Horizonte einteilen.



A-Horizont, auch Oberboden oder "Humus"
Oberste, stark durchwurzelte, humusreiche Bodenschicht mit grosser Aktivität der Bodenlebewesen. Wegen des Humusgehaltes dunkel gefärbt. Die Mächtigkeit schwankt je nach Standort zwischen 10 und 40 cm.

B-Horizont, auch Unterboden oder "Roterde"
Die darunterliegende, verwitterte, humusarme Bodenschicht mit geringer Aktivität der Bodenlebewesen (Regenwürmer). Bedeutungsvoll als Wurzelraum und für die Sauerstoff-, Wasser- und Nährstoffversorgung.

C-Horizont, auch Untergrund oder Muttergestein
Die unterhalb des eigentlichen Wurzelraumes liegende Schicht ohne Bodenbildung und biologische Aktivität. Ausgangsmaterial für die weitere Entwicklung des darüberliegenden Bodens.

Abb. 03: Natürlicher Aufbau des Bodens

4.2.2 Ansprüche an die Lagerung von Bodenmaterial

Eine erfolgreiche Rekultivierung setzt voraus, dass bereits der getrennte Abtrag und die Zwischenlagerung von Oberboden und Unterboden fachgerecht erfolgen. Wenn der Boden zwischengelagert werden muss, dann sollen Depots mittel- bis langfristig angelegt werden (und nicht nur für wenige Monate). Weiter gelten folgende Grundsätze:

- Ober- und Unterboden müssen getrennt zwischengelagert werden.
- Bodendepots sind locker mit Bagger zu schütten, damit die biologische Aktivität und der Gasaustausch erhalten bleiben.
- Depots dürfen nicht von Lastfahrzeugen oder Baumaschinen befahren werden.
- Die Depots sind so zu gestalten, dass die Oberflächen eine Neigung von mindestens 4% aufweisen, damit das Niederschlagswasser abfliessen kann.
- Das Sickerwasser der Depots am Depotfuss muss abfliessen können. Auf schwer durchlässigen Depotflächen ist ein Entwässerungssystem vorzusehen. Bei einem Flächenfilter darf der Filterrand nicht überschüttet werden.
- Unter- und Oberbodendepots dürfen nur so hoch geschüttet werden, dass sie von der vorgesehenen Bepflanzung weitgehend durchwurzelt werden können (diese Forderung wurde den unten folgenden Schütthöhen zu Grunde gelegt).

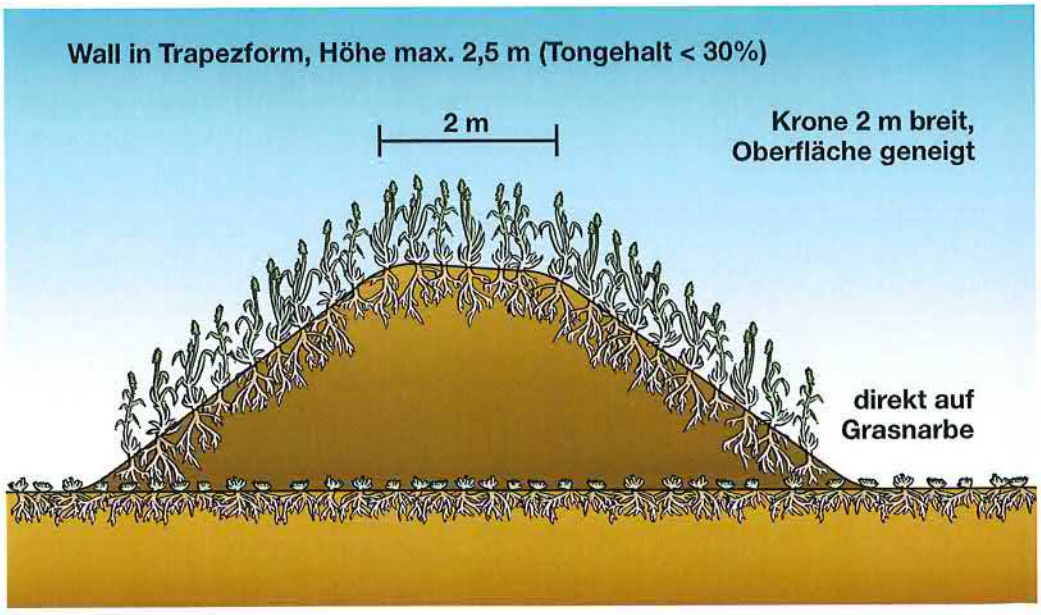


Abb. 08: Oberbodendepot, Wall in Trapezform, 2,5 m hoch, wird direkt auf Grasnarbe angelegt; dabei ergeben sich Böschungswinkel von ca. 2:3

*Material***	*Lagerart/Pflege*	*maximale Schütthöhe** *Tongehalt < 30%*	*Tongehalt > 30%*
Oberboden	**Flächendepot** Ansaat gemäss 5.8.5, bewirtschaftet gemäss 5.8.6	**2,0 m**	**1,5 m**
Oberboden	**Wall in Trapezform** Kronenbreite maximal 2 m, Ansaat gemäss 5.8.5, bewirtschaftet oder Säuberungsschnitt oder bebuscht gemäss 5.8.6, möglichst gute Durchwurzelung	**2,5 m**	**2,0 m**
Unterboden ***	**Flächendepot** Ansaat gemäss 5.8.5, jeden Herbst Säuberungsschnitt	**2,5 m**	**2,0 m**
Unterboden ***	**Wall in Trapezform** Kronenbreite maximal 2 m, Ansaat gemäss 5.8.5, keine Bewirtschaftung, tiefe Durchwurzelung notwendig, Höhe von 6 m gilt gemessen ab C-Horizont	**6,0 m**	**4,0 m**

*** Abweichungen sind im Einzelfall möglich und in Absprache mit der zuständigen Behörde zu regeln**
**** für tonreiche Böden siehe Kapitel 5.4**
***** auf abhumusierte Unterlage (A-Horizont vorher entfernen)**

Hinweis:
Ein Berechnungsbeispiel der Massenbilanz Oberboden-Unterboden findet sich in Anhang 2.

5. Arbeiten mit Boden

5.1 Vorbereitung

Bevor der Boden bewegt wird, sollten die Projektunterlagen nochmals eingesehen werden (Massenbilanz, Depotflächen). Dem Eigentümer oder Bewirtschafter ist der Einsatz im Vorjahr anzukündigen und das Abernten der Kulturen ist mit ihm zu vereinbaren. Vor den Abdeckarbeiten sind Leitungen im Boden aufzuspüren und zu verlegen. Auskunft geben die Versorgungswerke und/oder die Leitungskataster der Gemeinden. Die Leitungspläne sind oft nicht genügend präzise. Deshalb sollen die Leitungen im Zweifelsfall sondiert werden.

5.2 Die wichtigsten Grundsätze für den Umgang mit Boden

Der mechanische Eingriff in den Boden verändert seine natürliche Lagerung. Die gesetzlichen Vorgaben verlangen, dass die Bodenfruchtbarkeit langfristig nicht gefährdet wird und dass die physikalische Belastung die Fruchtbarkeit des Bodens höchstens kurzfristig beeinträchtigt. Der Boden ist ein Hohlraumsystem, welches zu 50% aus Poren (Grob-, Mittel-, Feinporen) besteht. Das Hohlraumsystem des Bodens wird geschont und bleibt erhalten, wenn die folgenden Grundsätze 5.2.1 bis 5.2.3 beachtet werden.

5.2.1 Arbeiten bei trockenem Boden

Je trockener ein Boden, desto tragfähiger ist er. Das bedeutet, ein gut abgetrockneter Boden erträgt Eingriffe und das Befahren besser als ein nasser Boden. Die Beurteilung, ob ein Boden abgetrocknet ist, beschränkt sich nicht auf die obersten Zentimeter. Die Bodenfeuchte der tieferliegenden Bodenschichten ist ausschlaggebend und schwieriger zu beurteilen. Das Abtrocknungsverhalten der Böden ist zudem unterschiedlich. Bei gewachsenen Böden kann auf die Beobachtungen und Erfahrungen der Eigentümer oder der Bewirtschafter zurückgegriffen werden. Wir empfehlen, vor dem Abtrag die Flächen zu begehen und mit dem Bewirtschafter die Abtrocknung und Tragfähigkeit des Bodens partiell zu beurteilen. Der Zustand des Bodens ist mindestens mit der Spatenprobe zu prüfen. Besser ist es, die Saugspannung mit Hilfe von Tensiometern zu ermitteln.

5.2.2 Möglichst geringes Gewicht und kleine Flächenpressung

Je höher das Gewicht einer Maschine ist, mit der Boden befahren wird, um so tiefer wirkt es. Maschinen und Fahrzeuge sollen möglichst leicht sein und eine geringe Flächenpressung aufweisen. Die Anzahl der Überfahrten soll möglichst klein gehalten werden. Die Verdichtung des Unterbodens, einhergehend mit der Zerstörung des Porensystems und der Struktur, führen zu Folgeschäden. Diese können dauerhaft wichtige Funktionen des Bodens (z. B. Luft- und Wasserleitfähigkeit, Wasserspeicher) beeinträchtigen.

Die Druckfortpflanzung im Boden ist einerseits vom Kontaktflächendruck (Bodenpressung) und andererseits vom Gesamtgewicht der Maschine abhängig. Werden gleichzeitig die Gesamtlast und die Kontaktfläche verdoppelt, verändert sich der Kontaktflächendruck nicht; trotzdem erreicht der Druck eine grössere Tiefe.

Bei feuchten Bodenverhältnissen verschärft sich die Situation erheblich. Die Verdichtung kann bis in Tiefen von 100 cm und mehr wirksam werden.

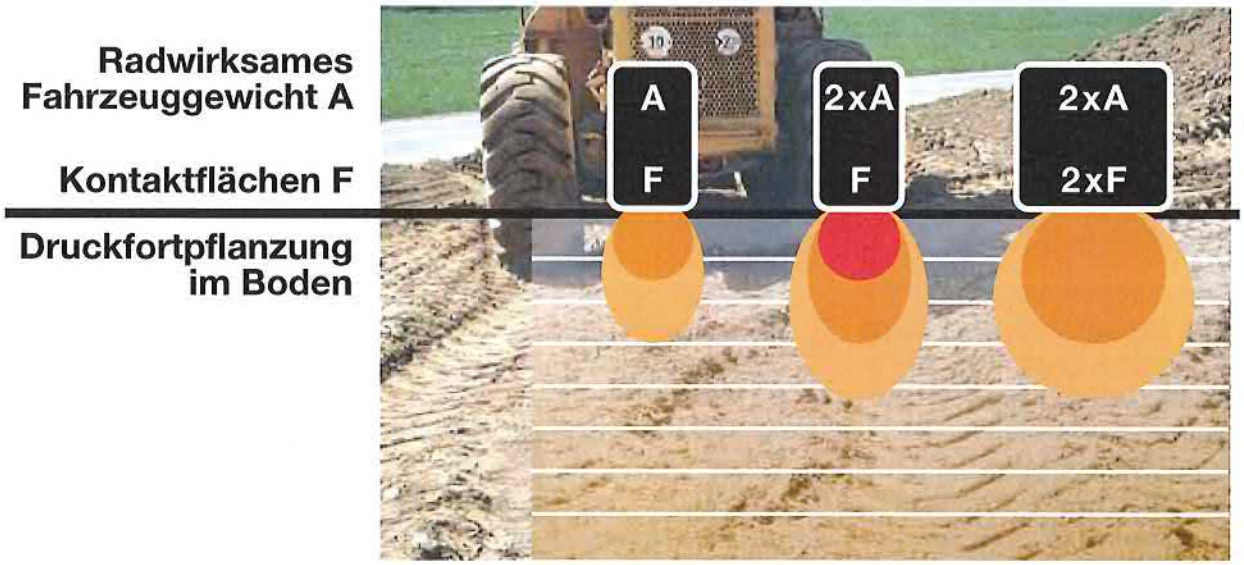


Abb. 09: Druckfortpflanzung in die Tiefe (Bereiche gleicher Farbe = schematische Zonen gleicher Druckintensität, diese nimmt von dunkel nach hell ab)

Links: Kontaktflächendruck = A : F

Mitte: doppeltes Gewicht; der Kontaktflächendruck verdoppelt sich = 2A : F

Rechts: doppeltes Gewicht (2A) und doppelte Kontaktfläche (2F) das heisst, der Kontaktflächendruck (2A : 2F) entspricht der Situation links, aber der Druck pflanzt sich in wesentlich grössere Tiefen fort.



Abb. 10: Baggermatratzen für die Verteilung des Gewichtes schwerer Maschinen

5.2.3 Boden immer begrünen

Dieser Grundsatz gilt für Flächen vor der Abdeckung und auch für frisch angelegte Böden. Begrünter Boden weist eine geschlossene Pflanzendecke auf. Diese stabilisiert den Boden mit ihren Wurzeln und der Boden trocknet rascher ab. Die Begrünung des Bodens erlaubt deshalb einen früheren Einsatz der Maschinen bei Abdeckarbeiten und kann die Einsatzzeit, welche abhängig ist von der Tragfähigkeit des Bodens, verlängern.

Unter- und Oberboden sollen nie längere Zeit ohne Begrünung liegen bleiben. Damit die Begrünung erfolgreich auflaufen kann, soll der Einbau dieser beiden Schichten vom Frühjahr bis zum letzten möglichen Saattermin im Herbst erfolgen. Durch diese Randbedingung wird das Anlegen von Boden auf den Zeitraum Frühjahr-Herbst beschränkt. Falls eine konventionelle Ansaat nicht mehr möglich ist (z. B. im Herbst), kann eine Hydrosaat (oder ähnliche Verfahren) aufgebracht werden.



Abb. 11: Ein geschlossener Wiesenbestand kann an einem Sommertag 5 Liter Wasser pro m² verdunsten. Dadurch steigt die Saugspannung, der Boden ist früher tragfähig; dies ist ein Vorteil für die Abdeckarbeiten.

5.3 Saugspannungswerte und ihre Bedeutung *(Messmethode siehe Anhang 4)*

Bevor Boden befahren oder bearbeitet wird, ist er bezüglich Feuchtigkeit und Tragfähigkeit zu beurteilen. Dazu eignen sich die Spatenprobe und die Fühlprobe. Messwerte, welche sich für die Berechnung der zulässigen Maschinengewichte eignen, liefert die Saugspannungsmessung mit Tensiometern.

Die Saugspannung ist ein Mass für die Entwässerung und damit für die Tragfähigkeit und Verformbarkeit des Bodens. Mit dem Tensiometer wird die Kraft gemessen, mit der das Wasser in den Poren zurückgehalten wird (siehe Anhang A4). Die Messwerte können als Entscheidungshilfe wie folgt beigezogen werden.

5.3.1 Saugspannung unter 6 cbar:

Erdarbeiten und Befahren des Bodens mit Maschinen sind nicht bodenverträglich!

Unterhalb 6 cbar ist der Boden zu nass und nicht tragfähig. Die Bodenstruktur ist zu wenig stabil, so dass der Boden nicht umgelagert werden kann. Aus diesen Gründen sind weder Erdarbeiten noch das Befahren des Unter- und Oberbodens mit Maschinen möglich.

5.3.2 Saugspannung 6 - 10 cbar:

Erdbewegungen sind möglich, wenn Maschinen auf Baggermatratzen oder auf C-Horizont eingesetzt werden!

Ab 6 cbar darf Ober- und Unterboden bewegt, aber nicht befahren werden, da seine Tragfähigkeit immer noch zu gering ist. Sofern Hilfsmittel wie Kiespisten und Baggermatratzen eingesetzt werden, oder sofern Maschinen auf dem C-Horizont (Untergrund) eingesetzt werden, sind Erdarbeiten möglich.

5.3.3 Saugspannung über 10 cbar:

Befahren möglich, je nach Saugspannung, Gewicht und Bodenpressung.

Über 10 cbar kann Boden mit den entsprechenden Maschinen auch befahren werden. Die Befahrbarkeit ergibt sich in Abhängigkeit von Saugspannung, Gesamtgewicht und Flächenpressung aus der folgenden Formel:

Saugspannung in cbar =
Gewicht in Tonnen x Flächenpressung in bar oder kg/cm² x 1,25

Das folgende Nomogramm stellt die Beziehung zwischen dem Gesamtgewicht einer Maschine, der Flächenpressung und den Saugspannungswerten her. Voraussetzung für das Befahren ist, dass die Saugspannung über 10 cbar angestiegen ist.

Nun soll die Rechnung oder die Benutzung des Nomogramms sicherstellen, dass nicht zu schwere Maschinen eingesetzt werden, die den Boden verdichten könnten.

In der Regel kann die Flächenpressung der Maschinen (Fahrwerklänge, Raupenbreite) und das Einsatzgewicht (Maschinengewicht + Zulast) einfach berechnet werden. Dies ist eine Voraussetzung für die Anwendung der Formel.

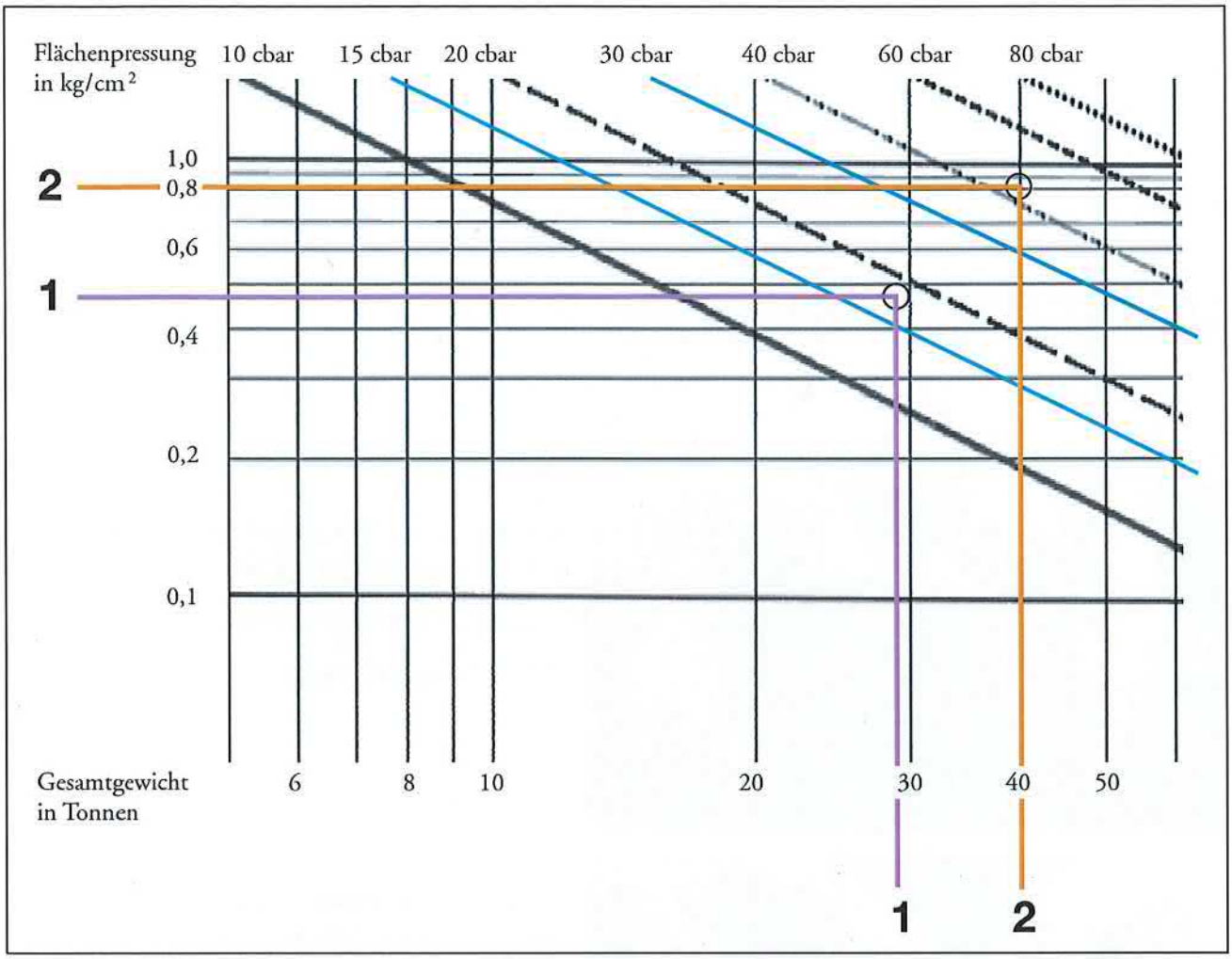


Abb. 12: Aus dem Nomogramm kann für eine vorgegebene Maschine (bekannt sind: Einsatzgewicht und Flächenpressung) die Mindest-Saugspannung abgelesen werden.

1 Beispiel: Der Bagger wiegt 29 Tonnen und ist für den Einsatz Bodenabtrag vorgesehen. Die Flächenpressung dieses Gerätes mit verlängertem Fahrwerk ist 0,45 kg/cm². Der Schnittpunkt der beiden Linien liegt zwischen 15 und 20 cbar, genau auf einer Zwischenlinie von 18 cbar. Das bedeutet, dass Sie unbedingt eine Saugspannung von 18 cbar erreichen müssen, damit dieser Bagger eingesetzt werden kann. Alternativen sind, sie warten bis die Saugspannung über 18 cbar gestiegen ist (nach einem weiteren Schönwettertag), oder sie nehmen (Annnahme: die Tensiometer zeigen 15 cbar) einen Bagger mit Einsatzgewicht 24 Tonnen.

2 Beispiel: Die Schürfraupe hat eine Flächenpressung von 0,82 kg/cm². Das Einsatzgewicht ist 40 Tonnen. Die Saugspannung muss auf 44 cbar ansteigen (z. B. nochmals weitere Schönwettertage abwarten) bis die Schürfraupe eingesetzt werden kann.

Einsatzgewicht = Maschinengewicht + Zulast	Flächenpressung	Minimale Saugspannung
10 to	0,25 bar oder 0,25 kg/cm²	10 cbar *
15 to	0,30 bar oder 0,30 kg/cm²	10 cbar *
18 to	0,50 bar oder 0,50 kg/cm²	10 cbar
20 to	0,40 bar oder 0,40 kg/cm²	10 cbar
20 to	0,50 bar oder 0,50 kg/cm²	12 cbar
25 to	0,60 bar oder 0,60 kg/cm²	18 cbar
30 to	0,80 bar oder 0,80 kg/cm²	30 cbar

* Gerechnete Werte wären tiefer, unter 10 cbar darf der Boden aber nicht befahren werden (5.3.2)

Beurteilung ohne Tensiometer



hart:
Erdbrocken können nur mit Mühe auseinandergebrochen werden.

Saugspannungswert >20 cbar

Der Boden ist tragfähig.



brüchig:
Erdbrocken "zerbröseln" zwischen den Fingern beim Drücken (Handfläche wird nicht feucht)

Saugspannungswert >10 cbar

Befahren möglich, der Boden ist aber verdichtungsgefährdet, wenn schwere Maschinen eingesetzt werden.



plastisch:
Die Erde ist knetbar bis breiig. Bodenteilchen bleiben an Hand und Fingern kleben.

Saugspannungswert < 6 cbar

Bearbeitung und Befahren unterlassen. Der Boden wird verdichtet.

Abb. 27: Beurteilung der Bodenfeuchtigkeit an Erdbrocken

5.4 Maschinenwahl

5.4.1 Stehende Geräte

Geräte, die zur Arbeitsverrichtung stehen (alle Arten von Baggern), können zur Verringerung der Bodenpressung auf Baggermatratzen gestellt werden. Dabei errechnet sich der neue Wert als Division von Einsatzgewicht durch Standfläche der Matratze. Aus dem ermittelten Wert kann die neue Einsatzgrenze errechnet werden. Damit sind Bagger auf Unter- und Oberboden wesentlich länger einsetzbar als fahrende Geräte.

5.4.2 Fahrende Geräte

Für Geräte, die bei der Arbeitsverrichtung fahren (Trax, Dozer, Schürfraupe, Transporter), kommt ein Einsatz auf Unter- und Oberboden in Frage, wenn die minimalen Saugspannungswerte erreicht sind. Müssen bei tieferen Werten Überfahrten durchgeführt werden, sind Transportpisten zu erstellen oder die Tätigkeiten auf den C-Horizont zu verlegen.

5.4.3 Abhebende Arbeitsweise

Der schonendste Umgang mit Boden erfolgt in der Weise, dass die ganze Schichtstärke in einem Arbeitsgang ab- bzw. aufgetragen wird, ohne den Boden zu befahren. Das ist vor allem mit allen Arten von Baggern und bei entsprechender Arbeitsvorbereitung möglich (fahren auf C-Horizont oder Rohplanie, notfalls kurze Überfahrten bei genügend trockenem Boden, ausnahmsweise auch mit dem Trax).

5.4.4 Stossende Arbeitsweise

Erfolgt der Bodenabtrag oder -auftrag durch Stossen (Dozer, Schürfkübel, ev. Trax), ergibt sich eine Verdichtungskraft auf das Bodenmaterial vor dem Schild bzw. Kübel und durch die Kraftübertragung der Raupen auf den Boden. Bei grösseren Flächen ist diese Arbeitsweise üblich und rationell. Wichtig ist, dass bei diesen Techniken die Saugspannungswerte beachtet werden und der Fahrer sehr sorgfältig arbeitet.

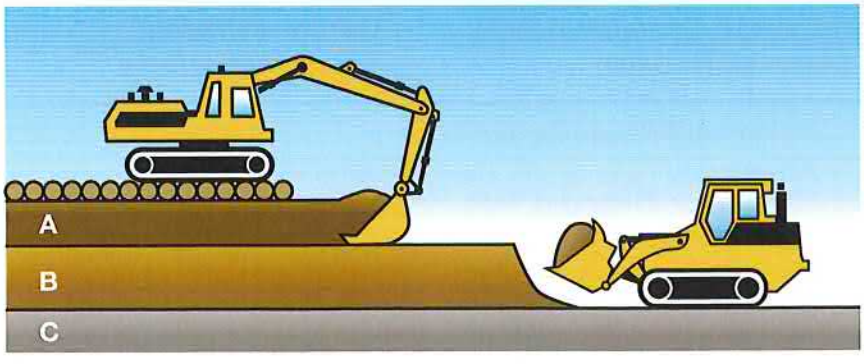


Abb. 13: Abhebende Arbeitsweise

5.5 Tonreiche Böden

Böden mit Tongehalt grösser 30% sind besonders anfällig auf Schäden. Eine erfolgreiche Rekultivierung ist aber auch hier möglich. Dazu sind bei solchen Böden zusätzliche Anforderungen an die Erdarbeiten nötig:

- Die minimale Saugspannung für Erdarbeiten ohne Befahren beträgt 15 cbar.
- Für die Befahrbarkeit mit Maschinen müssen zum errechneten minimalen Saugspannungswert jeweils 10 cbar hinzugerechnet werden. Der minimale Saugspannungswert für Erdarbeiten mit Befahren beträgt somit 20 cbar.
- Wenn immer möglich, sollten die tonreichen Böden im Streifenverfahren abgetragen und direkt wieder aufgetragen werden (siehe 5.7.1).
- Es ist ein Gefälle von mindestens 4% vorzusehen.
- Die Schütthöhen für die Lagerung von tonreichem Bodenmaterial (siehe 4.2.2) ist um ca. 1/3 zu reduzieren.

Diese höheren Anforderungen an die Bodentrockenheit bedingen ideale Wetterverhältnisse. Diese können unter Umständen längere Zeit nie eintreten. Das bedeutet, dass für die Rekultivierung längere Zeithorizonte einzuplanen sind und die beanspruchte, offene Fläche grösser sein muss. Ist in einem Gebiet genügend tonärmeres Bodenmaterial vorhanden, kann das tonreiche Material allenfalls ersetzt werden, um bessere Voraussetzungen für die Rekultivierung zu schaffen. In diesem Fall entfallen diese erhöhten Anforderungen.

5.6 Arbeiten bei gefrorenem Boden

Die Arbeiten mit Boden sind bei warmer und trockener Witterung ideal. Im Winter ist der Boden auch dann wassergesättigt, wenn er oberflächlich trocken erscheint. Die Saugspannung kann mit Tensiometern gemessen werden, wenn diese mit einem Alkohol-Wasser-Gemisch betrieben werden. Wenn der Boden gefriert, und dies ist in den letzten Wintern eher selten geworden, beträgt die Frosttiefe im Mittelland höchstens 15 cm, darunter bleibt der Boden nass. Gefriert der Boden tiefer als der A-Horizont, ist es schwierig, Oberboden und Unterboden zu trennen. Das Schütten der Depots ist problematisch, weil die Poren beim Auftauprozess zerstört werden können. Die Empfehlung bei gefrorenem Boden lautet daher:

- im Normalfall kein Bodenabtrag;
  Ausnahme: in sandig, kiesigen Böden kann, wenn die Saugspannung gemessen und die Werte eingehalten sind, ab 6 cbar Boden abgetragen aber nicht befahren (siehe 5.3.2) respektive ab 10 cbar Boden befahren werden (siehe 5.3.3). Unter den genannten Voraussetzungen kann Boden auch im Winter abgetragen werden.
- kein Bodenauftrag.

Hinweis:
Überfahrten zur Verschiebung von Material sind bei gefrorenem Boden möglich, oft sogar sinnvoll, das Anlegen von

Oberbodendepots für die spätere Humusierung (insbesondere wenn gutes Oberbodenmaterial von ausserhalb der Grube angeliefert wird) ist möglich. Arbeiten auf der Rohplanie, wie Einbringen der Sickerpackungen, sind geeignet.

5.7 Techniken für den Umgang mit Boden

5.7.1 Direkte Umlagerung in Rekultivierung

Wo immer möglich, soll Boden direkt in die Rekultivierung umgelagert werden. Dadurch erleidet das Material am wenigsten Verlust an Poren und biologischer Aktivität und wird am besten geschont. Erfahrungen zeigen, dass bei dieser Arbeitsweise ohne weiteres auf eine Zwischenbegrünung des Unterbodens verzichtet werden kann.

Beispiel Streifenabtrag:
Der Abtrag erfolgt mit dem Bagger. Der Standort des Baggers ist nach Entnahme der ersten Schaufeln auf den C-Horizont oder auf Baggermatratzen zu verlegen. Vom standfesten C-Horizont aus (Kies, Moränenkies) kann der Oberboden und Unterboden in einem Arbeitsgang getrennt abgetragen und entweder in die zeitgleiche Rekutivierung oder zur Zwischenlagerung an Depots abtransportiert werden. Die Arbeiten erfolgen in Streifen, welche durch die Reichweite des Baggers begrenzt sind.

5.7.2 Arbeiten in Tagesetappen

Bei instabilen Wetterverhältnissen oder drohendem Wetterumschlag soll in Tagesetappen gearbeitet werden. Damit kann die Arbeit bei einsetzendem Regen unterbrochen werden ohne Schadenfolge für den frisch rekultivierten Boden. So soll zum Beispiel:

- beim Unterbodenauftrag nur eine so grosse Fläche (Rohplanie) aufgerissen werden, die danach mit Material überdeckt werden kann (nicht auf Vorrat aufreissen)
- bei der Direktumlagerung der Unterboden immer auch mit dem Oberboden gedeckt werden können
- jede Arbeitsfläche (Planie, Unterboden, Oberboden) vor Arbeitsende abgeglättet werden (keine Verdichtungen provozieren)
- abends eine Ansaat (z. B. Handansaat) der rekultivierten Flächen / Depots vorgenommen werden
- bei Bodenabtragsarbeiten nicht mehr (begrünter) Oberboden abgetragen werden, als am gleichen Tag auch Unterboden entfernt wird.

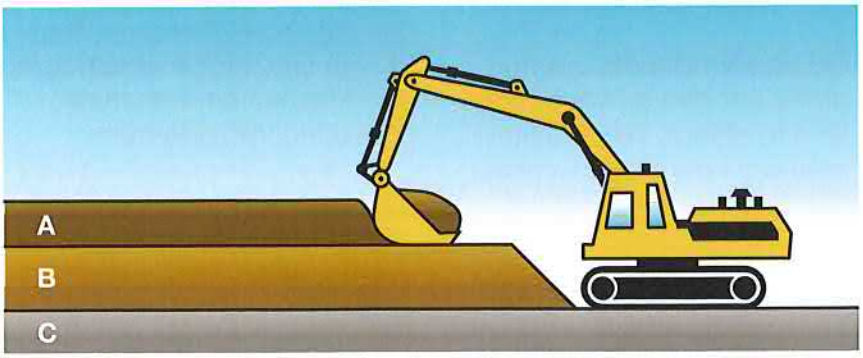


Abb. 14: Bagger auf C-Horizont

5.7.3 Arbeiten in Gefällsrichtung

Bei Arbeiten quer zur Gefällsrichtung entstehen auch allfällige Verdichtungen (Fahrspuren) quer zur Abflussrichtung. Auch wenn später wieder aufgerissen wird, können dadurch Staunässen verursacht werden. Das gilt z. B. für: Transportpisten, Fahrten mit Raupengeräten, Aufreissen von Flächen und das Anlegen von Boden.

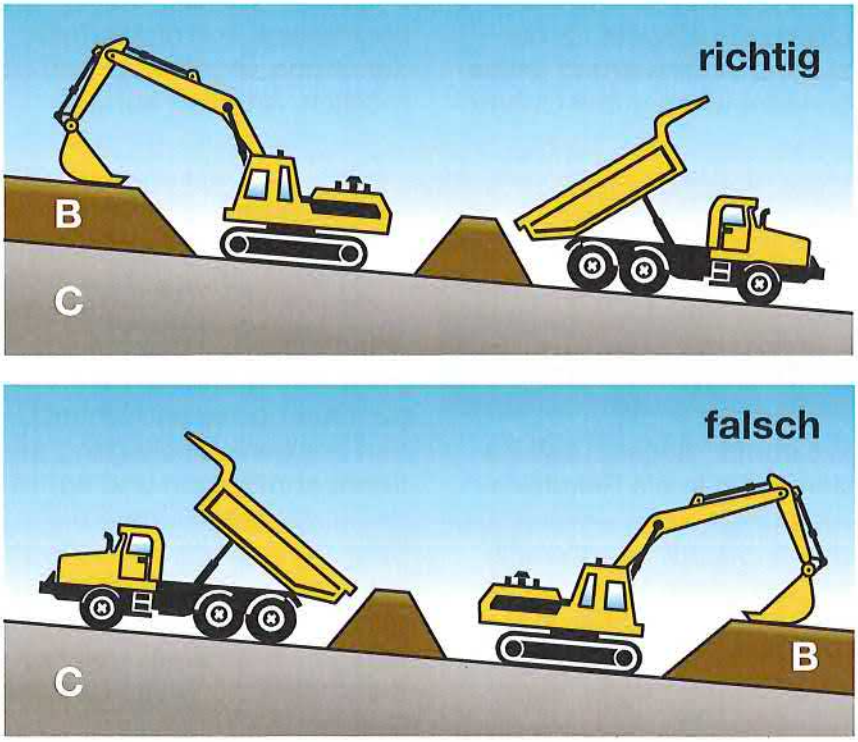


Abb. 15: Die Arbeiten sind wenn möglich und sinnvoll in Gefällsrichtung anzuordnen.

5.8 Bodenabtrag und Erstellung der Bodendepots

5.8.1 Bodenabtrag

Ober- und Unterboden müssen getrennt abgetragen werden.

Grundsätzlich soll Boden nur dort abgetragen werden, wo auch Eingriffe stattfinden. Insbesondere soll Boden, der für Überfahrten beansprucht wird, nicht abgetragen werden; Pisten oder Baggermatratzen werden direkt auf den abgetrockneten Boden gelegt. Bei Flächen für Aushubdepots soll der gesamte Boden, bei Flächen für Unterbodendepots nur der Oberboden abgetragen werden.

Oberbodendepots werden direkt auf den gewachsenen Boden gelegt. Die Arbeitsmethodik richtet sich nach den Kapiteln 5.4. und 5.7.

5.8.2 Vorbereiten der Depotflächen

Langzeitdepots werden nicht auf Ackerböden, sondern auf eine geschlossene, tragfähige Grasnarbe geschüttet. Die Flächen sind deshalb frühzeitig vorzubereiten.

Der Standort für ein Bodendepot muss trocken sein, darf nicht in einer Mulde liegen oder ist sonst mit einer Ent-

wässerung zu versehen, welche die Vernässung des Depots verhindert. Bodendepots neigen dazu, vom Fuss her Wasser aufzunehmen.

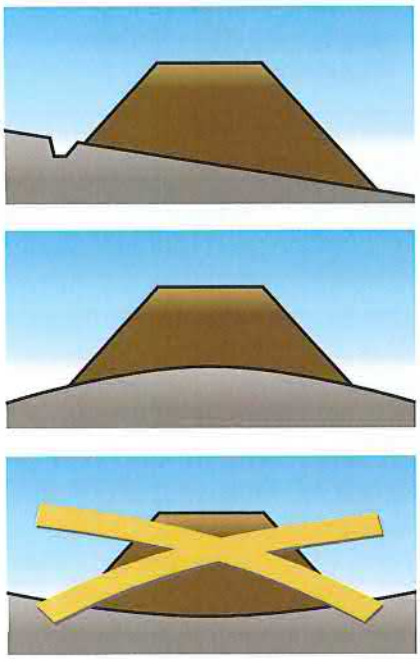


Abb. 16: Anlegen eines Depots

5.8.3 Anlegen der Depots

Depots dürfen beim Anlegen nicht befahren werden.

Das Anlegen der Depots erfolgt mit Bagger. Die Schütthöhen sind zu beachten (siehe Kapitel 4.2.2). Werden Depots mit Raupen- oder Radladern angehäuft, ist dringend darauf zu achten, dass randlich an den Depots nicht hochgefahren wird, weil sonst die unteren Bereiche verdichtet werden.

5.8.4 Abziehen der Depots

Die Oberflächen der Depots sind mit Gefälle zu versehen (siehe Kap. 4.2.2), abzuziehen und leicht anzudrücken. Dazu eignen sich vor allem Bagger und bei trockenen Verhältnissen auch leichte Moorraupen (Bodenpressung < 300 g/cm²).

5.8.5 Ansaat der Depots

Bodendepots sind sofort, wenn möglich von Hand anzusäen, auch wenn sie nicht bewirtschaftet werden. Dies dient der Erhaltung der biologischen Aktivität, der besseren Durchlüftung und der aktiven Entwässerung der Depots. Um das Ziel der gesamten Durchwurzelung der Depots zu erreichen, ist die Ansaat (Saatmischung) nach Lagerhöhe auszuwählen.

Geeignete tiefwurzelnde Pflanzen sind: Luzerne, Steinklee, Rotklee und Esparsette. Weitere Leguminosen wie Erdklee, Hornklee, Hopfenklee, Inkarnatklee besitzen die Eigenschaft, Stickstoff aus der Luft zu binden. Diese können als Bereicherung beigemischt werden.

5.8.6 Bewirtschaftung der Depots

Werden Depots landwirtschaftlich genutzt, sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Ansaat einer geeigneten Saatmischung
- Dürrfutter als geeignete Produktionsform empfohlen
- Mulchschnitt im Herbst empfehlenswert
- Düngeraustrag mit Verschlauchungseinrichtung im 3. Jahr in kleinen Gaben möglich
- Befahren mit schweren Maschinen und Fahrzeugen unbedingt unterlassen
- Weidegang ist problematisch und deshalb zu unterlassen.

5.10 Aufbau von neuen Böden

fen werden, welche dachförmig ein minimales Gefälle von 4-6% zu den Drainageleitungen hin aufweist. Die Drainageleitungen selbst werden mit einem Gefälle von 1-2% zur nächsten Entwässerungsstelle geführt (Kieswand, Sickerschacht, Vorfluter). Über dem Entwässerungssystem kann ein Flächenfilter aus kiesigsandigem Material eingebaut werden. Dieser Flächenfilter gleicht die Gefälle im Untergrund aus und bildet die ebene Rohplanie für den nun folgenden Bodenaufbau. Der Auftrag des Unter- und Oberbodens richtet sich nach den Empfehlungen in Kapitel 5.10.

Für den Aufbau des Bodens werden unterschiedliche Verfahren und Techniken angewandt.

Bevor ein Boden aufgebaut wird, muss eine gut gesetzte Rohplanie (Auffüllung) vorliegen, welche gleichzeitig den Einbau einer angepassten Entwässerung erlaubt.

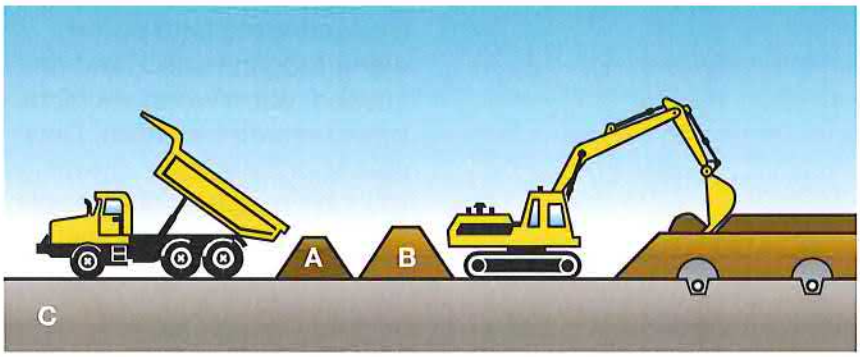
Der Erfolg eines Bodenneuaufbaus wird von vielen Faktoren beeinflusst. Mögliche negative Einflüsse können durch optimierte Rekultivierungsverfahren gemildert werden. Dazu gehören:

- Arbeit im Sommerhalbjahr und bei trockenem Boden
- Befahren von Bodenaushub mit Baumaschinen und Transportfahrzeugen vermeiden
- Leichte Maschinen mit geeignetem Fahrwerk einsetzen
- Bei Schlechtwetter Arbeiten genügend lange unterbrechen (Abtrocknung abwarten)
- Nassen Bodenaushub weder abtragen noch anlegen
- Laufende Begrünung (Aktivierung und Stabilisierung) des angelegten Bodenmaterials.

5.10.1 Direkte und gleichzeitige Umlagerung von Ober- und Unterboden

Der Boden wird abgetragen und ohne Zwischenlagerung direkt auf eine vorbereitete Fläche angelegt. Der Verlust an Bodenstruktur und biologischer Aktivität wird deutlich kleiner. Die direkte Umlagerung ermöglicht das Arbeiten in Tagwerken und erlaubt, den angelegten Oberboden sofort zu begrünen.

Abb. 18: Auftrag des Unterbodens und Oberbodens in einem Arbeitsgang (ohne Zwischenbegrünung)



Das Bodenmaterial wird über die Rohplanie zugeführt. Dabei sollen vorgängig eingelegte Entwässerungsstränge nicht überfahren werden. Das Anlegen von Unter- und Oberboden geschieht parallel und in einem Arbeitsgang mit dem Bagger, welcher ebenfalls auf der Rohplanie steht. Die Rohplanie kann vor dem Anlegen des Unterbodens zudem aufgerauht werden, damit ein offener Kontakt zwischen Rohplanie und Bodenauftrag entsteht.

Die folgenden Anleitungen 5.10.3 bis 5.10.7 sind auch für die direkte Umlagerung von Boden zu beachten. Einzig die Zwischenbegrünung 5.10.4 hat bei der direkten Umlagerung keine Bedeutung. Eine Zwischenbegrünung findet nicht statt, denn Unter- und Oberboden werden, wie erwähnt, gleichzeitig und in einem Arbeitsgang angelegt.

5.10.2 Indirekte Umlagerung und Bodenaufbau mit Zwischenbegrünung

Wird der Boden abgetragen und längere Zeit an Depot gelegt, setzt er sich. Poren werden zerstört und die biologische Aktivität im Depotinnern kann zum Erliegen kommen. Wird Unterboden ab Depot später angelegt, so hat die Zwischenbegrünung den Vorteil, den Unterboden vor dem Anschütten des Oberbodens zu strukturieren und zu aktivieren. Die Wurzeln der Zwischenbegrünung hinterlassen relativ stabile senkrechte Poren, welche sowohl die Wassersickerung wie auch die Durchlüftung fördern.

Der Oberboden wird eine Vegetationsperiode später direkt auf die Zwischenbegrünung aufgebracht.

5.10.3 Auftrag des Unterbodens

Über der Rohplanie ist der Unterboden in der ursprünglich vorhandenen Mächtigkeit anzulegen. Als Zielsetzung sind 80 cm anzustreben. Er muss locker geschüttet werden. Ein gewisser Anteil an Kies und kleinen Steinen bis max. 10% ist erwünscht, weil dadurch die Wassersickerung verbessert wird. Der Unterboden wird in der Regel nicht mechanisch entsteint. Grosse Steine, die an der Oberfläche liegen, sollen von Hand entfernt werden. Die Anforderungen an die Materialqualität sind in Kapitel 4.1.5 beschrieben.

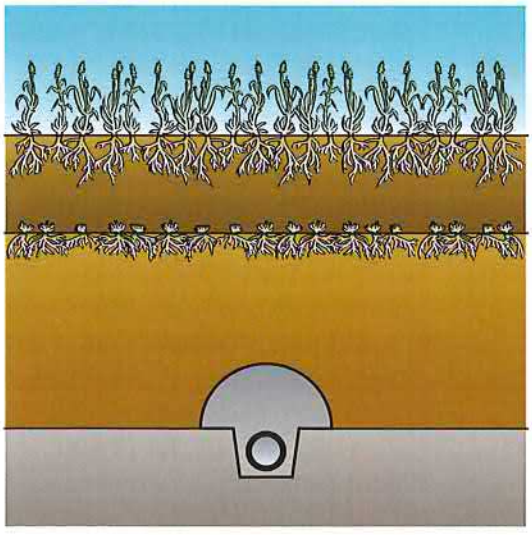


Abb. 19: Aufbau des Bodens und Entwässerung im Profil dargestellt

Der Unterboden ist mit der gleichen Sorgfalt wie der Oberboden zu behandeln. Maschinenbewegungen sind auf ein Minimum zu beschränken. Einbrüche im Planum sind vor dem Auftrag des Unterbodens zu beheben. Es wird empfohlen, den Unterboden rückwärts zu schütten, abzuziehen oder bei genügend trockenen Verhältnissen mit einer Moorraupe (Bodenpresssung < 300 g/cm²) auszuebnen. Transportfahrzeuge fahren nur auf der Rohplanie und dürfen beim Entladen nicht auf das bereits geschüttete Bodenmaterial fahren.

Der Auftrag des Unterbodens soll mit einem Abnahmeprotokoll bestätigt werden.

5.10.4 Zwischenbegrünung

Wenn Ober- und Unterboden beim Abtrag direkt in der Rekultivierung angelegt werden (5.10.1) ist keine Zwischenbegrünung angezeigt. Wird der Unterboden ab Depot angelegt, soll eine Zwischenbegrünung eingesät werden. Dadurch werden die folgenden Effekte erzielt:

- Die Wurzeln der Zwischenbegrünung (Tiefwurzler) hinterlassen nach ihrem Absterben Kanäle und gewährleisten damit den Luft- und Wasserübergang vom Oberboden in den Unterboden, auch wenn die Zwischenbegrünung des Unterbodens durch das Anlegen des Oberbodens zerdrückt und zerstört wird.

- Die Vegetationsdecke erhöht die Tragfähigkeit des Unterbodens und wirkt einer Verdichtung durch Befahren entgegen. Sie bewirkt ein schnelleres Abtrocknen des Bodens und sorgt für eine biologische Voraktivierung und Nährstoffanreicherung im Unterboden. Die Pflanzendecke bietet Schutz vor Verschlämmung, Erosion und Auswaschung.

Für die Zwischenbegrünung sind Pflanzen geeignet, die sich durch schnelles und gleichmässiges Auflaufen, durch grosse Wurzeltiefe und günstige Saatgutkosten auszeichnen. Sie sollen gute Zeiger für allfällige Bodenmängel sein. Die Ansaat kann durch einen mineralischen Volldünger unterstützt werden. Ungünstig sind Pflanzen, die ein gutes Saatbett verlangen, weil das Unterbodenmaterial diesen Ansprüchen nicht genügen kann. Die Zwischenbegrünung wird in der Regel nicht genutzt.

Auf der nächsten Doppelseite folgt ein ausführlicher Saatkalender für Zwischenbegrünungen.

Saatkalender für Zwischenbegrünungen

Pflanzenart (Reinsaaten)	Saatgut-bedarf in g/Are	Boden bedeckt in Tagen nach Aussaat im		Letzter Saat-termin Woche	Winterhart	Wärme-bedarf +++ hoch ++ mittel + gering	Wurzelwerk im Saatjahr: + Wachstum * Dichte ¥ Tiefe			Fixiert Stickstoff
		Juni Juli	Juli August							
Sorghum	600	30	35	30	nein	+++	+++	**	¥¥	
Sareptasenf	100	30	35	33	nein	++	++	*	¥¥	
Buchweizen	1200	25	30	33	nein	+++	+++	*		
Landsberger	550	30	35	33	ja	+	++	**	¥	ja
Sonnen-blumen	450	30	35	35	nein	+++	+++	**	¥¥	
Steinklee	525	35	40	35	ja	++	+++	**	¥¥¥	ja
Chinakohl	200	30	30	35	ja	+	+++	*	¥¥	
Phazelia	240	30	40	35	nein	++	++	**		
Luzerne	450	40	50	35	ja	++	++	**	¥¥(¥)	ja
Oelrettich	300	30	35	37	nein	+	++	*	¥¥¥	
Gelbsenf	300	30	30	37	nein	+	++	*	¥¥	
Perserklee	500	35	40	37	bedingt	++	++	**	¥	ja
Grünroggen	2000	35	40	41	ja	+	++	**		
Roggen / Wicke	2000	30	35	41	ja	+	+++	***	¥¥	ja

Vor allem auf nährstoffarmen Unterböden ist eine Volldüngung (N,P,K,Mg) von 300-500 kg/ha angezeigt.

Mischungen	Saat-menge g/Are	Saatzeitraum von	bis	Wachstums-dauer in Monaten	Überwinterung
Bevorzugte Zwischenbegrünungen *(überwinternd)*					
Luzerne-Gras (für eher trockene Böden)	500	April	Ende August	5 - 12	notwendig
Rotklee-Gras (SM 210) (für eher feuchte Böden)	400	April	Ende August	5 - 12	gut
Rotklee-Gras (SM 240) (langsamer, ausdauernd)	500	April	Ende August	12 - 18	vorteilhaft
Wärmeliebende, schnellwachsende Zwischenbegrünung *(bedingt bis nicht überwinternd)*					
SM 108 Alexandriner-Perserklee-Raigras	500	April	Ende Juli		nur Raigras
Sorghum, Buchweizen, Lupinen, Erdklee, Senf, Ölrettich	350	Anfang Mai	Ende Juni	4 - 6	nein
Spätsaaten					
Raigras-Mischungen wie Orga-MixS, Spätgrün	400	August	Anfang Oktober		ja
Landsberger-Mischung	600	August	Mitte September		ja
Roggen/Wicke	2000	Ende August	Mitte Oktober	5 - 7	ja

Erläuterungen:

- Die Saatmengen sind mit einem Zuschlag (50%) zu den empfohlenen Standardmengen im Ackerbau versehen.
- Das Erreichen der Bodenbedeckung und die letzten Saattermine beziehen sich auf Lagen im Mittelland. In rauheren und höheren Lagen sind die angegebenen Werte zu korrigieren.
- Die Luzerne kann bei frühem Saattermin bereits im ersten Jahr eine hohe Wurzeltiefe erreichen (¥).
- Zur Winterhärte: (+) Perser- und Alexandrinerklee können milde Winter überleben.
- Bei einigen Pflanzen ist bei Frühsaaten (i.d.R. vor Woche 25) ein Abreifen der Saat im gleichen Jahr und ein erneutes Auflaufen im Folgejahr möglich.

Die aus dem Ackerbau bekannten Eigenschaften lassen sich nur bedingt auf die Zwischenbegrünung von Unterboden übertragen.

Für die Unterstützung der Zwischenbegrünung ist eine Startdüngung in Form einer mineralischen Volldüngung mit 25-50 kg Stickstoff pro Hektare erwünscht.



Abb. 20: Dumper auf Piste beim Antransport des Oberbodens an Depot

Bei leichten oder skeletthaltigen Unterböden ist eine Gabe von ca. 80 m³ Kompost pro Hektare möglich.

Die Ausführung der Zwischenbegrünung soll mit einem Abnahmeprotokoll bestätigt werden.

5.10.5 Auftrag des Oberbodens

Diese Arbeiten stellen hohe Anforderungen an die Tragfähigkeit und damit an die Trockenheit der Rekultivierungsflächen. Die Tragfähigkeit des Unterbodens muss genügend gross sein, sonst sind Massnahmen wie Pisten oder Baggermatratzen einzuplanen.

Bei der Direktumlagerung von Unter- und Oberboden wird der Oberboden auf die sauber planierte Unterbodenschicht aufgetragen.

Bei Rekultivierung ab Zwischendepots wird nach einer mindestens 1-jährigen Zwischenbegrünung der Oberboden über den bepflanzten Unterboden, entsprechend der ursprünglichen Schichtstärke, gleichmässig aufgetragen. Allfällige Senkungen (Sackungsmulden) im Unterboden sind vorgängig zu beheben.

Das Material wird bei trockenen Verhältnissen bis zum Rand der Rekultivierungsfläche transportiert, während für die Verteilung und das Ausebnen wiederum nur Maschinen mit kleiner Flächenpressung (siehe Kap. 5.3) in Frage kommen. Wird Oberboden über den Unterboden angefahren, sind provisorische Pisten zu schütten. Allfällig verdichtete Fahrbereiche sind anschliessend wieder aufzulockern.

Bagger sollen auf Baggermatratzen gestellt werden, um die Flächenpressung zu verringern. Bei dieser wohl schonendsten Arbeitsmethode ist darauf zu achten, dass das Oberbodenmaterial gleichmässig aufgetragen wird. Es ist mit dem Kübelboden leicht anzupressen, aber nicht zu verdichten und nicht zu verschmieren. Dadurch werden Unebenheiten in der Saatfläche vermieden.

Die Verteilung respektive das Verstossen mit dem leichten Moordozer zeigt Vorteile bezüglich Ausgleichen, Einebnen und Andrücken des Oberbodens, kann aber nur bei idealen Verhältnissen bezüglich Trockenheit und

Bodenmaterial empfohlen werden. Wird diese Arbeit mit einem Moortrax ausgeführt, ist es wichtig, dass dieser nur die Funktion des Stossens (wie ein Dozer) übernimmt und nicht das Oberbodenmaterial mit angehobener Schaufel transportiert (das Gewicht auf den vorderen Leiträdern wäre zu gross). Wird Oberboden mit einer Laderaupe transportiert, sind wie vorhin beschrieben, Pisten zu bezeichnen und anschliessend wieder aufzulockern.

In der Regel soll der Oberboden schliesslich in der geplanten Mächtigkeit vorliegen. Bei der losen Schüttung ist an das Setzmass zu denken und ein Zuschlag einzuplanen. Die aufgetragene Oberbodenschicht soll Luft bis zum biologisch aktivierten Unterboden vordringen lassen. Deshalb ist eine zu grosse Mächtigkeit (> 30 cm) nicht wünschenswert. Die lose Schüttung erfolgt deshalb von Vorteil mit ca. 30 cm (falls ursprünglich vorhanden bis 40 cm) Oberboden. Im gesetzten Zustand werden somit ca. 25-30 cm Oberboden erreicht.

Der Auftrag des Oberbodens soll mit einem Abnahmeprotokoll bestätigt werden.

5.10.6 Entsteinen

Der Oberboden soll nur dann entsteint werden, wenn die zukünftige landwirtschaftliche Nutzung dies erfordert. Dies kann nach der Rekultivierung bodenschonend und sorgfältig bei trockenen Verhältnissen (Saugspannung beachten) erfolgen. Ist eine 2. Entsteinung notwendig, ist diese nach dem 2. Umbruch bodenschonend vorzunehmen. Unnötiger Humusabtrag ist zu vermeiden. Von Vorteil ist es deshalb, diese Arbeit nach einer Weizen- oder Gerstenernte (August) auszuführen.

5.10.7 Ansaat

Frisch geschütteter Boden soll nie lange der Witterung ausgesetzt sein und schon gar nicht unbedeckt überwintern. Er soll sofort angesät werden. Durch die Begrünung wird der Boden durchwurzelt und stabilisiert. Weiter sorgt die Pflanzendecke dafür, dass die Tragfähigkeit des Bodens zunimmt, die Poren nicht durch Feinteile verstopft werden und der Boden biologisch aktiviert und Nährstoffe angereichert werden.

Bei einer Direktsaat kann auf die Herrichtung des Saatbeetes verzichtet werden. Direktsaat ist in einem Durchgang möglich und ratsam, wenn die dafür geeigneten Geräte eingesetzt werden.

Andernfalls ist vor der Ansaat ein rohes, gelockertes Saatbeet und eine Rückverfestigung und Einebnung zu erreichen. Ein zu fein hergerichtetes Saatbett neigt zur Verschlämmung. Auch hier gelten die Ausführungen betreffend Maschinenwahl (siehe Kap. 5.3). Es wird empfohlen, mit breiten Reifen respektive Doppelbereifung und niedrigem Reifendruck zu arbeiten.

Es eignen sich gezogene Geräte wie Eggen mit starren oder federnden Zinken.

Der frisch angelegte Oberboden braucht in der Regel keine Düngung. Eine Grunddüngung oder kleine Stickstoffgaben sind zulässig, wenn die Resultate der Bodenproben (N-min-Messungen) dies verlangen. Wenig Dünger begünstigt das Wurzelwachstum.

Die Ansaat soll bald erfolgen. In Einzelfällen, kann nach einer genauen Baggerarbeit die Rekultivierungs-Tagesetappe sofort von Hand angesät werden.

Die Art der Saat richtet sich nach der vorgesehenen Nachnutzung (siehe Kap. 6.).

Ansaat und definitive Begrünung des Oberbodens
(Berücksichtigung negativer Rahmenbedingungen)

Rahmenbedingung	Verwendetes Saatgut	Verwendete Technik	Nachbehandlung
Normalfall: Der Oberboden ist angelegt, die Saat vor Ende Juli möglich	* Mehrjährige Luzerne-Kleegras-mischung Standard-Typ 400 mit Zusatz von Luzerne geimpft (beim Händler geimpft bestellen)	Saatbettzubereitung und Saat wenn möglich in einem Arbeitsgang (mit Saatkombination). Immer mit Doppel-bereifung arbeiten!	Säuberungsschnitt im Herbst, Kontrolle der Verunkrautung, insbesondere Blacken vor Samenreife ent-fernen
Begrünung gemäss Normalfall angesät,			
a) hat sich **nicht ent-wickelt**	Nachsaat im darauf-folgenden Jahr mit gleicher Mischung vor Ende Juli	Neuansaat ev. mit Düngung	Säuberungsschnitt im Herbst, Kontrolle der Verunkrautung, insbesondere Blacken vor Samenreife ent-fernen
(eventuell staunässebedingt)		Wenn Wachstums-störungen staunässe-bedingt sind, vor-gängig sanieren	
b) oder ist flächig stark mit **Problem-kräutern (Blacken) verunkrautet**	** Chemische Unkraut-bekämpfung (Juni-Juli) und Neusaat mit glei-cher Mischung, vor Ende Juli)	*** Direktsaat nach Wartefrist (Abbau des Präpa-rats) in der Regel 3 Wochen	Säuberungsschnitt im Herbst, einzelne verbleibende Blacken mechanisch entfernen (Ausstechen)
Verspätet: Der Oberboden ist zwar angelegt, es konnte aber nicht mehr rechtzeitig an-gesät werden	Begrünung mit einer Spätsaat (z. B. Grün-roggen) Termin siehe Zwischenbegrünung	Drillsaat, in kritischen Fällen (Nässe) Breit-saat von Hand	Schnitt im Juni des darauffolgenden Jah-res mit Feldhäcksler, Direktsaat der Luzerne-Kleegrasmischung

Erläuterungen:

* Mehrjährige Mischungen (Standardmischungen) haben die Vorzahl 4, also z. B. UFA 430. Je nach Lage (eher feucht, eher trocken) stehen verschiedene Mischungen zur Verfügung, welche bereits Luzerne enthalten, bzw. welchen Luzerne beigemengt wird. Die Impfung der Luzerne mit sog. Knöllchenbakterien fördert deren Entwicklung. Sie ist dann unerlässlich, wenn im betreffenden Boden schon lange keine Luzerne mehr gestanden ist.

** Die chemische Unkrautbekämpfung ist unökologisch und entsprechend umstritten. Sie soll nur im Hochsommer grossflächig vorgenommen werden (schonen der Würmer). Einzelstockbehandlung ist während des ganzen Jahres möglich.

*** Mit Direktsaat wird die durchwurzelte Schicht nicht zerstört und die bestehende Setzung/Strukturierung, wenn auch nur schwach vorhanden, nicht aufgelockert und gestört. Der Samen wird durch spezielle Scheibenscharen flach in den Boden gelegt. Direktsaatmaschinen sind teuer und werden deshalb meist von Lohnbetrieben gehalten und eingesetzt.

6.4 Beurteilung der rekultivierten Flächen

Während der Zeit bis zur definitiven Übergabe an den Bewirtschafter werden die rekultivierten Flächen regelmässig begangen. So können Nassstellen, Radspuren und unterschiedliches Auflaufen oder Mangelwuchs der Pflanzen beobachtet und schriftlich festgehalten werden.
Um einen Vergleich mit dem ursprünglichen Boden zu machen, können der Bodenaufbau, die Bodenstruktur sowie Farbe, Geruch und Gefüge mit der Spatenprobe beurteilt werden. Mit einiger Erfahrung kann dazu auch der Bohrstock eingesetzt werden.

Treten Stauvernässungen auf, so liegt die Ursache meistens in Verdichtungen unterhalb der mit den üblichen Bodenbearbeitungsmaschinen erreichbaren Bodenschicht. Mit Spatenmaschinen, Grubbern und ähnlichen Geräten können solche Mangelstellen nicht behoben werden. Tiefliegende Verdichtungsschichten (über 40-60 cm unter der Oberfläche) können meist nur mit meliorationstechnischen Massnahmen, z. B. zusätzliche Drainagen, beseitigt werden.

Merke:
Zeit heilt die Vernässungen ab dem 3. Jahr mit Sicherheit nicht mehr, diese müssen mit Meliorationsmassnahmen behoben werden.

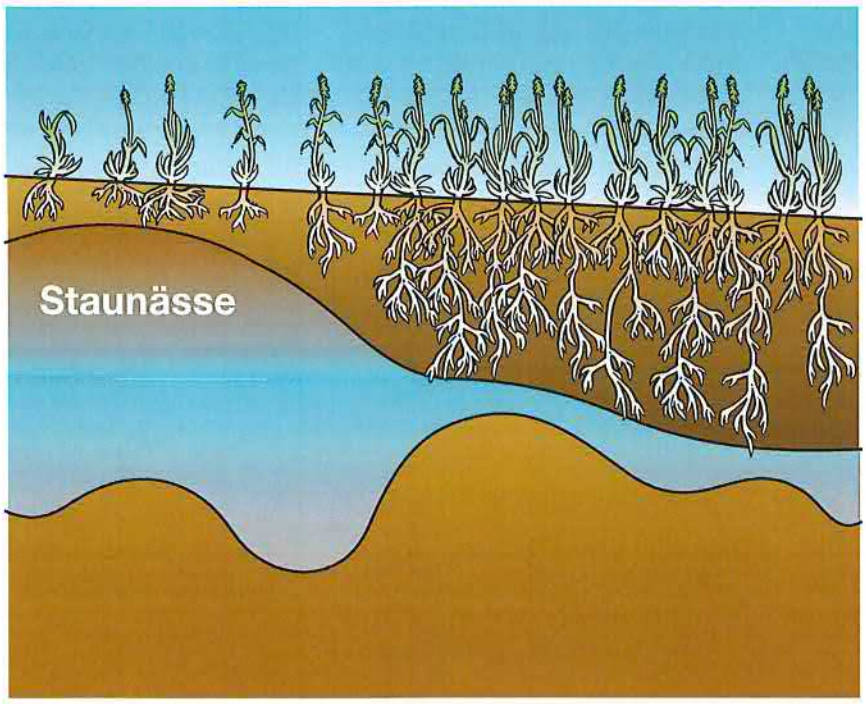


Abb. 21: Unebenheiten und Einbrüche in der Planie können die Sickerung beeinträchtigen, was Staunässe zur Folge hat. Gestautes Wasser steigt im Boden auf (Kapillarwirkung). Wassergesättigter Boden ist nur von Sumpfpflanzen durchwurzelbar.

6. Nachnutzung- Folgebewirtschaftung

6.1 Zielsetzungen

Die Bodenstruktur rekultivierter Flächen (geschüttete Böden) ist unstabil und reagiert empfindlich auf Druck. Der Boden braucht genügend Zeit um abzutrocknen. Deshalb soll die rekultivierte Fläche nie in feuchtnassem Zustand und mit schweren Maschinen belastet werden.

Frisch rekultivierte Böden werden häufig mit lange gelagertem, in der biologischen Aktivität reduziertem Oberboden aufgebaut. Es muss deshalb eine bodenaufbauende Kulturfolge angestrebt werden. Ein landwirtschaftlich genutzter Boden soll nach der Rekultivierung ähnliche Eigenschaften aufweisen wie der gewachsene Boden vor dem Abtrag. Es gilt günstige Voraussetzungen für Pflanzen und Bodentiere zu schaffen und die Entwässerungs- und Filtereigenschaften sicherzustellen. Die Maximierung des Ertrages steht in dieser Phase nicht im Vordergrund.

Fehler bei der Folgebewirtschaftung, wie z. B. Beweiden und Befahren bei ungünstigen Verhältnissen oder ein zu früher Umbruch, können die Entwicklung des Bodens auf Jahre hinaus negativ beeinflussen.

Bodenschonende Folgebewirtschaftung heisst, dem Boden genügend Zeit zur Erholung zu geben. Die Folgebewirtschaftung erfordert vom Bewirtschafter viel Geduld.

6.2 Übergang der Verantwortung

Nach dem 4. Nutzungsjahr erfolgt die Abnahme und definitive Rückgabe an den Eigentümer oder Bewirtschafter mit dem entsprechenden Abnahmeprotokoll. Der Abbauunternehmer ist bis zu diesem Zeitpunkt mit in der Verantwortung. In diesen ersten vier Nutzungsjahren wird erkennbar, ob der Bodenaufbau korrekt und die Rekultivierung sorgfältig vorgenommen worden sind. Der Abbauunternehmer wird darüber wachen, dass der sorgfältig rekultivierte Boden schonend bewirtschaftet wird. Er mahnt den Eigentümer oder Bewirtschafter schriftlich ab, wenn sich dieser in den ersten 4 Jahren nicht an die Bewirtschaftungsempfehlungen hält.

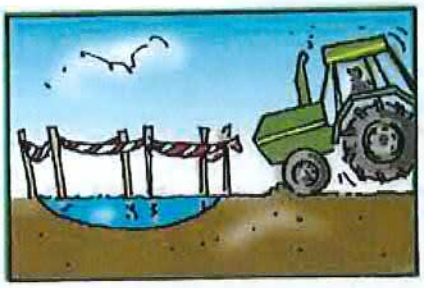
6.3 Bewirtschaftung

Die Bewirtschaftung richtet sich nach der folgenden Tabelle "Folgebewirtschaftung rekultivierter Flächen". Das Abbauunternehmen hat den Bewirtschafter frühzeitig über Inhalt und Ziele zu informieren und für die Einhaltung der Vorgaben zu sorgen.

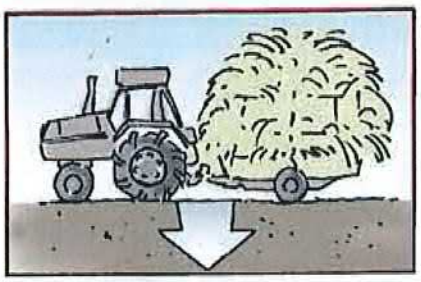
Mechanisierung und Bewirtschaftung

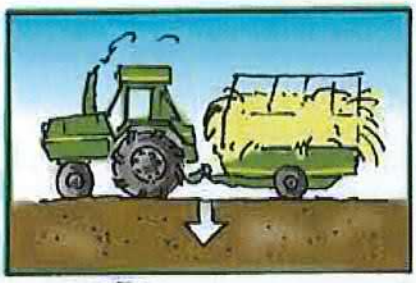
Hinweise auf Massnahmen, die Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit schonen.





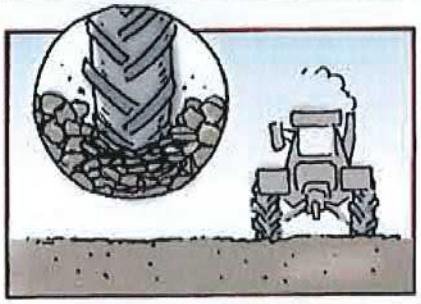
Vor dem Befahren Feld beobachten und Nassstellen markieren.

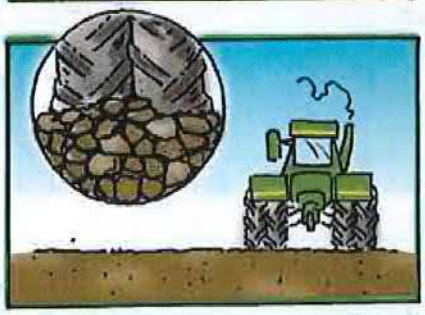




Leichte Mechanisierung bei Grünfutterproduktion und Getreideernte bevorzugen.

Mehr Überfahrten in Kauf nehmen!



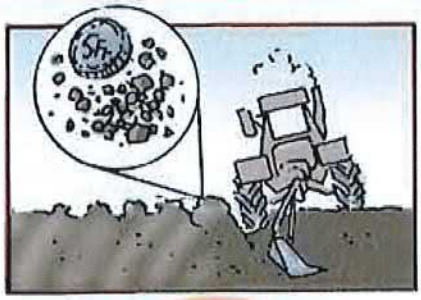


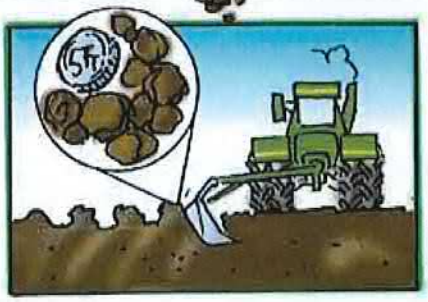
Grosszügige Bereifung, Doppelräder auch beim Anhänger. Reifendruck minimieren (0,8 bar). Der Pneu muss sich dem Boden anpassen und nicht umgekehrt.





Befahren des Bodens bei trockenen Verhältnissen. Bearbeiten des Bodens in brüchigem Zustand (Hilfsmittel: z. B. Spatenprobe). Keine Arbeiten bei plastischem Boden.





Direktsaat bevorzugen. Sofern Bodenbearbeitung notwendig, diese aufs Minimum beschränken und Saatbett nur grobschollig herrichten ("Fünfliber"-Probe). Beim Pflügen wenn möglich On-Land-Pflug verwenden, damit kein Rad in der Furche fährt.



Weidegang in den ersten Jahren nach der Rekultivierung unterlassen, auch Herbstweide.

Gestaltung der Folgebewirtschaftung







Allgemeingültige Bestimmungen **Erd- und Feldarbeiten wie z. B. der Austrag von Dünger, Saat, Ernte usw. nur bei gut abgetrocknetem, tragfähigem Boden ausführen. Leichte Maschinen und Geräte mit geringem Bodendruck einsetzen.**

Verantwortlichkeit

Abbauunternehmer

Bewirtschafter

Kontrollen

Abnahmeprotokoll, Teil Rohplanie

Abnahmeprotokoll, Teil Unterboden

Abnahmeprotokoll, Teil Oberboden; (ca. 1 Jahr nach Auftrag des Oberbodens)

Abnahmeprotokoll, Teil definitive Rückgabe

Zeitachse

Auftrag des Unterbodens und Zwischenbegrünung	**Auftrag des Oberbodens direkt auf die Zwischenbegrünung und Ansaat**	**1. Jahr**	**2. Jahr**	**3. Jahr**	**4. Jahr**	**5. bis 9. Jahr**

Landwirtschaftliche Nutzung

Keine Nutzung	Produktion von Dürrfutter (Heu, Emd). Im Herbst Schnittgut liegenlassen (mulchen). Unkrautregulierung beachten. Säuberungsschnitt früh durchführen.	**Wiese oder Extensivwiese** Produktion von Dürrfutter max. 3 Schnitte. Im Herbst Schnittgut liegenlassen. Unkrautregulierung beachten.	**Wiese oder Extensivwiese** Produktion von Dürrfutter empfohlen, max. 4 Schnitte. Bei gut abgetrocknetem, tragfähigem Boden und angepasster Mechanisierung ist Anwelksilage möglich. Bei ungünstigen Bedingungen im Herbst Schnittgut liegenlassen.	**Fruchtfolgeflächen** Wiese oder Extensivwiese; im Herbst 1. Umbruch und Ansaat Wintergetreide oder Direktsaat Wintergetreide.	**Dauergrünland** Wiese oder Extensivwiese. Sofern notwendig Bestandeserneuerung durch Übersaat evtl. Neusaat. Bestandeslenkende Massnahmen vorsehen.	**Dauergrünland** Nach dem 4. Jahr Überführung in betriebsübliche Nutzung. Verminderte Tragfähigkeit des Bodens weiterhin beachten.
				Fruchtfolgeflächen Wintergetreide; 2. Umbruch und Ansaat Wintergetreide oder Direktsaat Wintergetreide.		**Fruchtfolgeflächen** Überführung in getreidebetonte Fruchtfolge. Anbau von Getreide oder Raps, danach Kunstwiese. Verminderte Tragfähigkeit des Bodens weiterhin beachten. Nach dem 9. Jahr Überführung in betriebsübliche Nutzung.

Was ist speziell zu beachten?

Unterboden darf nie brach überwintern. Ansaat einer Zwischenbegrünung. Vegetationsdauer mindestens 3 Monate, besser 1 Jahr. **Weidegang unterlassen.**	Oberboden darf nie brach überwintern. Ansaat einer Luzerne-Gras-Mischung oder Rotklee-Gras-Mischung. Mischungswahl und Saattermine siehe 5.10.7. **Weidegang und Eingrasen unterlassen.**	**Weidegang und Eingrasen unterlassen.**	Das Eingrasen ist nur in Ausnahmefällen, bei sehr günstigen Boden- und Witterungsbedingungen bodenverträglich. Das Risiko von Boden-verdichtungen ist besonders nach Niederschlägen sowie im Frühjahr und im Herbst hoch. **Weidegang** und Produktion von Trockengras **nicht zulässig.**	Das Eingrasen ist bei gut abgetrocknetem Boden möglich. Nach Niederschlägen das Eingrasen vorübergehend, bis der Boden wieder abgetrocknet ist, einstellen. Nach längeren Feuchteperioden verbleibende Fläche zur Produktion von Dürrfutter nutzen. **Weidegang** und Produktion von Trockengras **nicht zulässig.**		Der Anbau von Hackfrüchten, Mais oder Gemüse ist während dieser Zeit nicht empfohlen, weil sie in der Regel den Boden spärlich bedecken oder durchwurzeln, eine intensive Bodenbearbeitung oder schwere Erntemaschinen im Herbst erfordern.

Düngung

Mineralische Volldünger mit ca. 25 - 50 kg Stickstoff pro Hektare. Bei leichten oder stark skelletthaltigen Unterböden ca. 80 m³ Grünkompost pro Hektare möglich.	In der Regel ist bei frisch angelegtem Oberboden keine Düngung notwendig. Grunddüngung bzw. kleine Stickstoff-Gabe ist zulässig, wenn die Resultate der Bodenproben bzw. N-min-Messungen dies verlangen.	In der Regel ist keine Düngung notwendig. Reduzierte oder keine Düngung begünstigt das Wurzelwachstum.	Mineraldünger (max. 1/2 der Empfehlung gemäss Düngungsgrundlagen der Eidg. Forschungsanstalten) oder Mistgabe ca. 20 t/ha. **Keine Flüssigdünger verwenden.**	Nährstoffgaben gemäss Düngungsgrundlagen. Ausbringen von Gülle in kleinen Gaben (ca. 20 m³/ha) mit Verschlauchung zulässig.	Nährstoffgaben gemäss Düngungsgrundlagen.	Nährstoffgaben gemäss Düngungsgrundlagen.

Bemerkungen

Rohdeponie / Rohplanie
Unter dem Begriff Rohdeponie wird die Oberfläche der aufgefüllten Grube verstanden. Sobald diese Fläche stabilisiert und ausplaniert ist, wird der Begriff Rohplanie verwendet.

Entsteinung
Ein gewisser Stein- und Kiesanteil im Boden ist erwünscht.

Der Unterboden wird in der Regel nicht entsteint. Grosse Steine, die an der Oberfläche liegen, von Hand entfernen.

Der Oberboden soll nur entsteint werden, wenn die zukünftige landwirtschaftliche Nutzung dies erfordert. Ist eine 2. Entsteinung notwendig, ist sie nach dem 2. Umbruch bodenschonend vorzunehmen.

Auftrag ohne Zwischenbegrünung
Wenn Ober- und Unterboden abgetragen und direkt zur Rekultivierung angelegt werden, ohne dass der Unterboden befahren wird, kann auf die Zwischenbegrünung verzichtet werden. In diesem Fall gelten die Beschränkungen des 1. Jahres für 2 Jahre, und der 1. Umbruch ist frühestens im 4. Jahr möglich.

Abmahnung
Der Abbauunternehmer oder der Deponiebetreiber mahnt den Bewirtschafter ab, wenn die vorgeschriebene Folgenutzung nicht eingehalten und dadurch die Bodenfruchtbarkeit gefährdet wird. Im Falle einer Abmahnung ist die zuständige kantonale Behörde vorgängig zu informieren.

Abnahmeprotokolle
Die Abnahme der einzelnen Rekultivierungsschritte ist gemäss dem Abnahmeprotokoll im Anhang 5 vorzunehmen.

Extensivwiese
Die Bewirtschaftung als extensiv genutzte Wiese ist besonders bodenschonend. Unter Einhaltung von zusätzlichen Bedingungen können Beiträge für ökologische Ausgleichsflächen im Futterbau (Typ 1A) beantragt werden. Einverständnis des Abbauunternehmers einholen.

A4 Anhang 4

Die Saugspannung

Natürlich gewachsener Boden besteht aus Festanteilen und dazwischenliegenden Hohlräumen. Die Hohlräume sind strukturiert und stellen ein zusammenhängendes System für den Gas- und Wasserhaushalt des Bodens dar.

Bei Wassersättigung nach einem starken Niederschlagsereignis sind alle Poren mit Wasser gefüllt. Durch die Schwerkraft entleeren sich die Grobporen sehr schnell. In den Mittel- und Feinporen wird das Wasser aufgrund von Kapillarkräften zurückgehalten. In den Feinporen sind diese Kapillarkräfte so stark, dass das Wasser von Pflanzenwurzeln nicht mehr genutzt werden kann.

Diese Rückhaltekraft des Bodenwassers wird als Saugspannung (physikalisch gesprochen ein Unterdruck) bezeichnet.

Die Saugspannung stabilisiert die festen Bodenteilchen und hat damit einen direkten Einfluss auf die physikalische Belastbarkeit des Bodens.

Das Tensiometer

Die Saugspannung wird mit sogenannten Tensiometern ermittelt. Durch eine poröse Keramikkerze wird im Boden der hydraulische Kontakt des Bodenwassers über ein wassergefülltes Rohr zu einem Manometer hergestellt und es wird gemessen, mit welcher Saugspannung das Wasser im Boden zurückgehalten wird. Die gebräuchliche Masseinheit ist Centibar (cbar). Ist die Saugspannung hoch, herrschen sehr starke, stabilisierende Kräfte zwischen den Bodenteilchen. Dadurch weist der Boden eine hohe Tragfähigkeit auf, und die Gefahr von Verdichtungen ist klein.

Dementsprechend ist bei feuchtem Boden und der damit verbundenen geringen Saugspannung die Verdichtungsgefährdung gross.

Einbau der Tensiometer

Zur Messung der Saugspannung im Oberboden zwecks Beurteilung der Verdichtungsgefährdung werden kurze Tensiometer eingesetzt (Einbautiefe 35 cm). Beim Einbau wird mit einem passenden Hohlmeissel (Durchmesser knapp über dem Rohrdurchmesser der Tensiometer) ein Loch bis in die gewünschte Tiefe vorgebohrt, das Tensiometer eingeführt und im Bereich der Keramikzelle mit einer Schluff-Suspension der

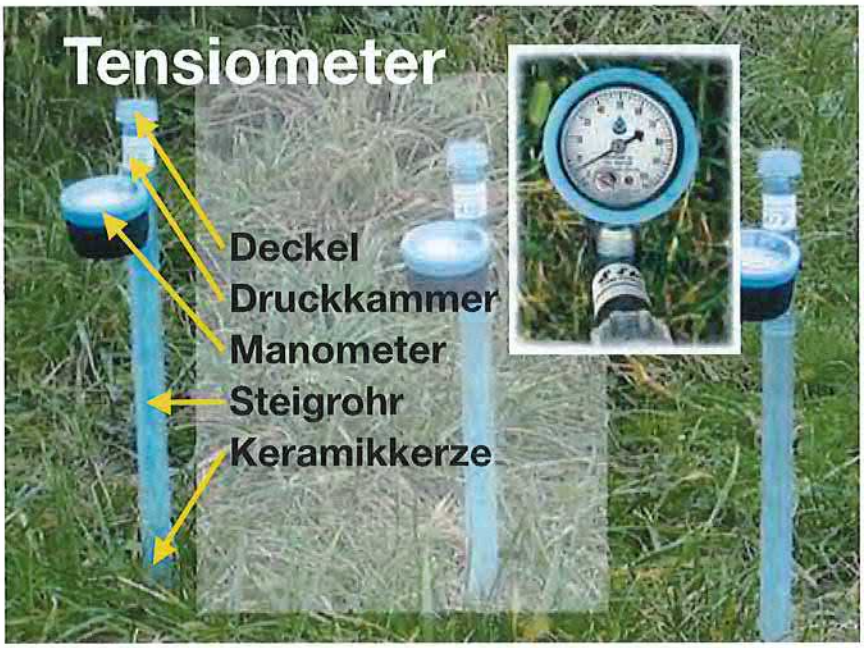


Abb. 28: Tensiometer; Instrument zum Messen der Saugspannung (Bodenfeuchtigkeit)

Kontakt zur Boden-Matrix sichergestellt (bei tonigen Böden nicht nötig).

Sehr wichtig ist die Abdichtung des Rohres an der Bodenoberfläche, entweder durch Andrücken des plastischen Bodenmaterials (tonhaltiges Material vorausgesetzt) oder durch Überstülpen einer Gummi-Manschette. Damit wird in Regenphasen das Eindringen von Wasser entlang des Tensiometer-Rohrs verhindert.

Wartung der Tensiometer

- Die Druck-Übertragung im Tensiometer vom Bodenwasser auf das Manometer erfolgt über die Wasserphase. Bei abtrocknendem Boden wird dem Tensiometer zunehmend Wasser entzogen, was zu einem Unterdruck im System führt. Wird dieser zu gross, reisst die hydraulische Verbindung ab und das Tensiometer funktioniert nicht mehr. Diese Situation bedingt ein Nachfüllen des Tensiometers mit Wasser. Hierzu dient das Reservegefäss am oberen Ende des Tensiometer-Rohrs.
- Die Abdichtung des Tensiometer-Rohrs beim Übergang in den Boden ist regelmässig zu kontrollieren.
- Ein möglicherweise defektes Manometer kann bezüglich "Null-Punkt" geprüft werden, indem die Keramikkerze des zuvor künstlich unter Saugspannung gesetzten Tensiometers in ein Wassergefäss gestellt wird. Das Manometer sollte innert kurzer Zeit auf "0" abfallen.
- Vor Einsetzen der Frostnächte werden die Tensiometer entfernt, gereinigt und überprüft.

Ablesen des Manometers

Natürlich gewachsener Boden ist ein inhomogenes Medium. Eine einzige Messung an einem bestimmten Ort ist daher mit grosser Unsicherheit belegt.

Es empfiehlt sich, am ausgewählten, repräsentativen Messort mindestens 3, besser 5 Tensiometer auf einer Fläche von rund 2 m^2 einzusetzen. Der gültige Wert ist nicht der Mittelwert, sondern der Median (auch Zentralwert genannt) der 3 resp. 5 Messwerte.

Der **Median** ist der mittlere der in aufsteigender Reihenfolge geordneten Messwerte. Beispiele:

- Die geordneten Messwerte der 5 abgelesenen Tensiometer betragen: 9, 12, 13, 14, 16. Der Median ist 13.
- Ein Tensiometer ist ausgefallen. Die geordneten Messwerte der restlichen 4 Tensiometer betragen: 9, 12, 14, 16. Der Median ist nun der Durchschnitt der mittleren beiden Werte (12 und 14) und beträgt somit 13.

Interpretationsfehler

Es ist zu beachten, dass die Tensiometer mit zeitlicher Verzögerung auf ein Niederschlagsereignis (Regenmesser verwenden) reagieren. So braucht es nach einem Gewitter einige Zeit, bis das Regenwasser in den Messbereich des Tensiometers gelangt. Dieses zeigt somit unmittelbar nach dem Niederschlagsereignis zu hohe Werte an.