



Bodenstruktur schonendes Bauen

Wie lassen sich Bodenstrukturschäden bei Bauarbeiten vermindern bzw. vermeiden?

Peter Weisskopf

Herbsttagung Schweizerischer Brunnenmeister-Verband, 12.10.2017



Inhalt

❖ **Einleitung**

→ Bodenstruktur: Eigenschaften und Bedeutung

❖ **Ursachen für Strukturschäden**

→ Stabilität der Bodenstruktur und Bodenbelastungen

❖ **Bodenstruktur schonendes Bauen**

→ Projektplanung (Linienführung, Schutzmassnahmen, Termine)

→ Bauarbeiten (Abtrag und Zwischenlagerung)

→ Rekultivierung und Folgenutzung

❖ **Schlussfolgerungen**



Bodenaufbau und Bodenstruktur



A-Horizont = Oberboden; 15-35 cm

- mit viel organischer Substanz;
- hohe Strukturdynamik
- biologisch sehr aktiv, intensiv durchwurzelt
- Umsatz organisches Material: Nährstoffrecycling, biologische Strukturbildung
- Wasser- und Gasaustausch

„abhumusieren“

„Boden“ gemäss USG

„Bodenaushub“

B-Horizont = Unterboden; 30-80 cm

- verwittert, wenig organische Substanz
- strukturiert
- biologisch aktiv; durchwurzelt!
- Reservoir für Wasser und Nährstoffe
- Wasser- und Gasaustausch

C-Horizont = Muttermaterial

- kaum verwittert, keine organische Substanz
- wenig strukturiert
- biologisch inaktiv; kaum durchwurzelt
- Ausgangsmaterial für Bodenbildung
- (Wasserspeicher)

„Aushub“

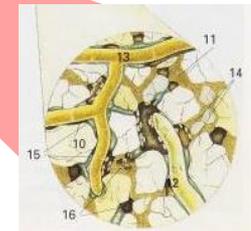
→ USG, Art.7: „Als Boden gilt nur die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können“

→ Aushubrichtlinie: „umweltgerechte Entsorgung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial“
„Nicht darunter fällt die Entsorgung von Bodenaushub, d.h. abgeschältem und ausgehobenem Boden...“



Einleitung

Bodenaufbau und Bodenstruktur



Bodenkörper
mit Horizonten

Horizont
mit Bodenteilchen

Bodenteilchen
mit Ton-Humus-Komplexen

Ton-Humus-Komplex



Einleitung

Bodenstruktur und Lebensraum Boden

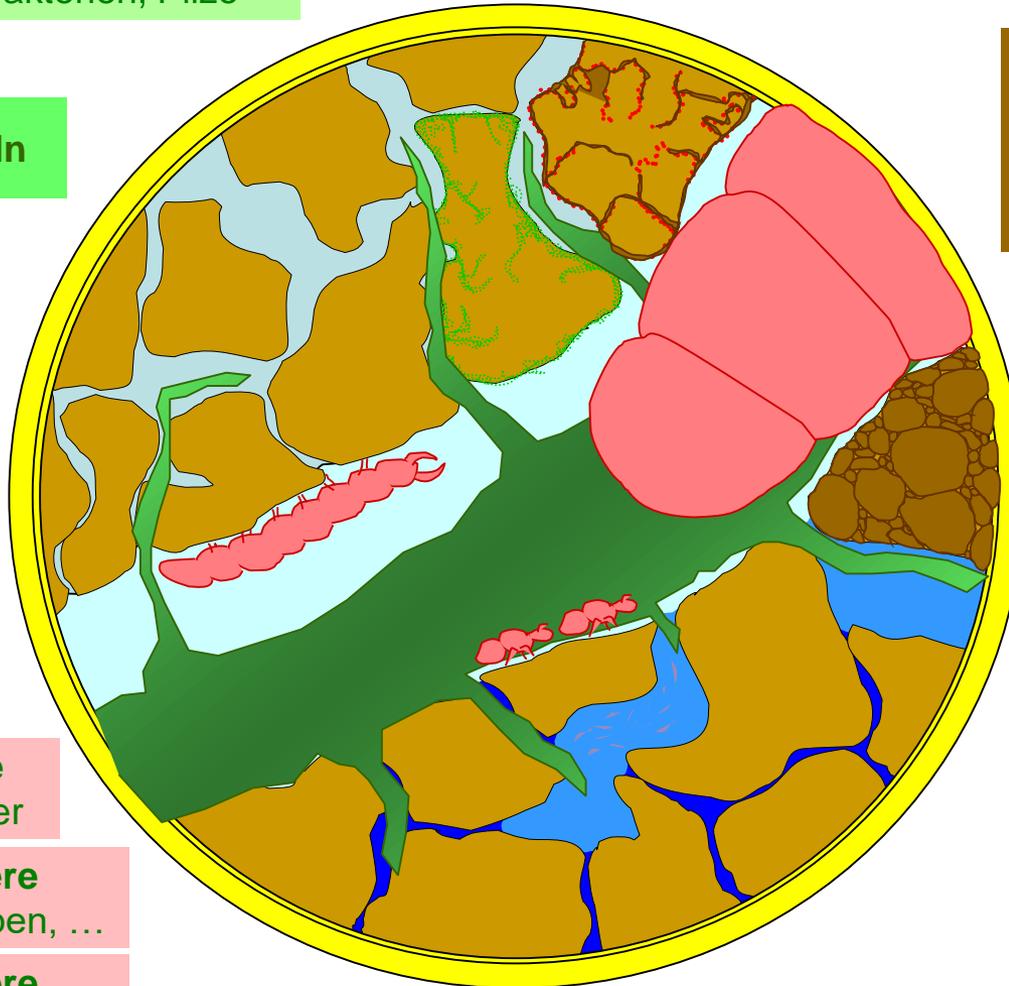
Mikroorganismen
Bakterien, Pilze

Nähr- und Schadstoffe
(gelöst und gebunden)

organische Bodensubstanz
(„Humus“)
mineralische Bodensubstanz
(„Körnung“, Steine)

Aggregat
(„Krümel“)

Wurzeln



Bodentiere
Regenwürmer

Bodentiere
Insekten, Milben, ...

Bodentiere
Fadenwürmer, ...

Porenraum

Grobporen

Mittelporen

Feinporen



Einleitung

Bodenstrukturbildung

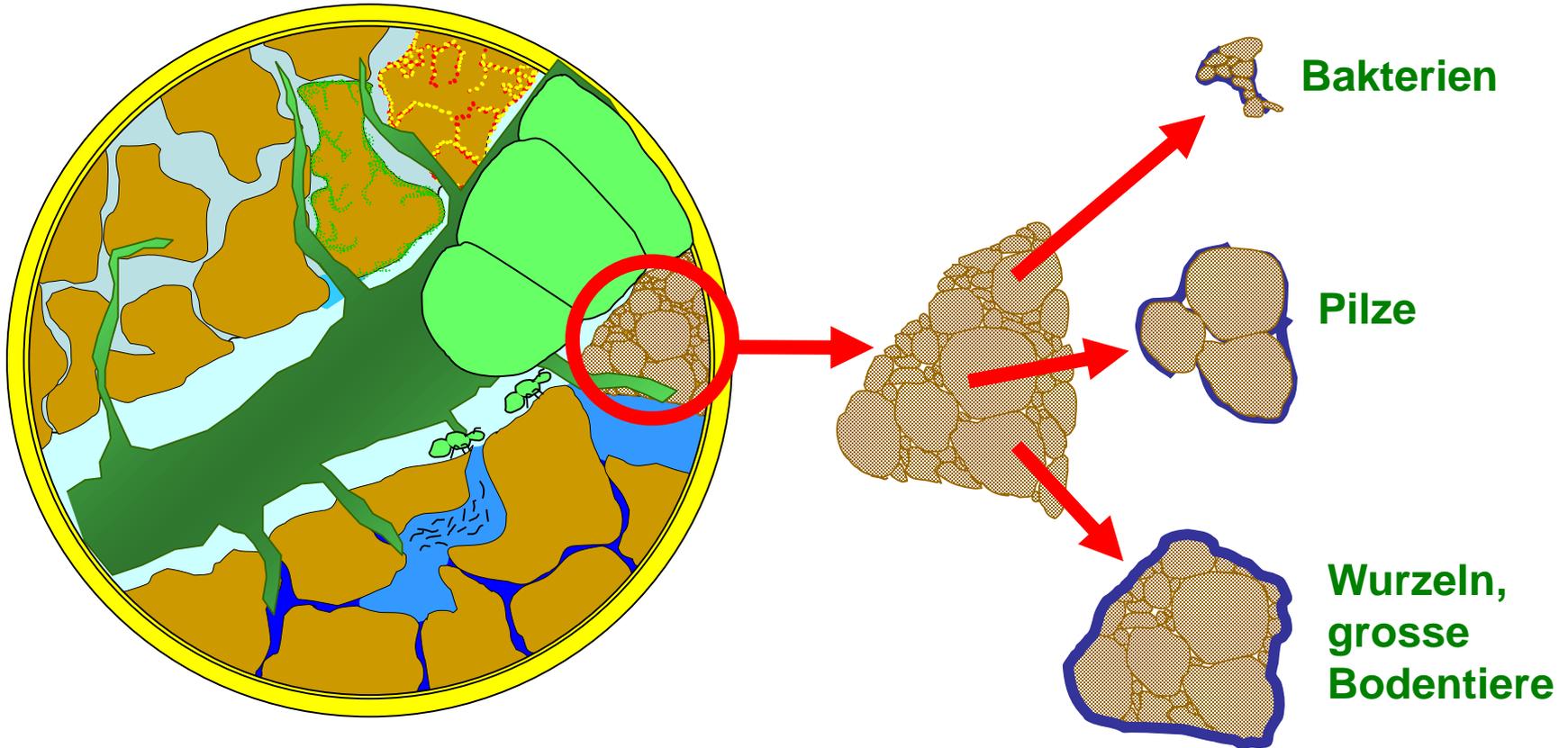
nur grob!
auch fein!

Porenraum

- **Bodenbearbeitung**
- **Wurzeln (Witterung)**
- **Bodentiere**

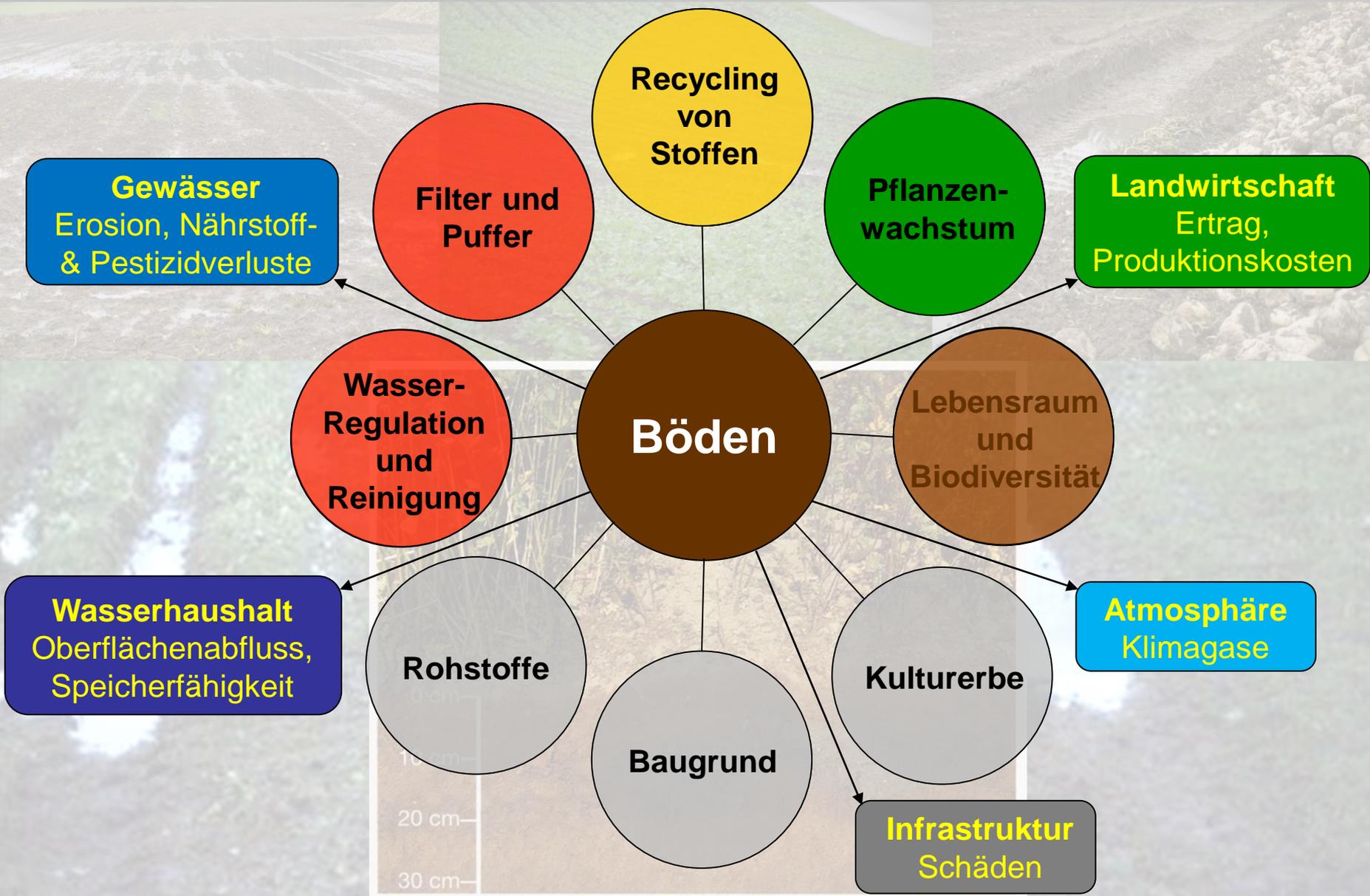
Stabilität

- **Wurzeln**
- **Mikroorganismen und Bodentiere**





Bodenstruktur und Bodenfunktionen





Einleitung

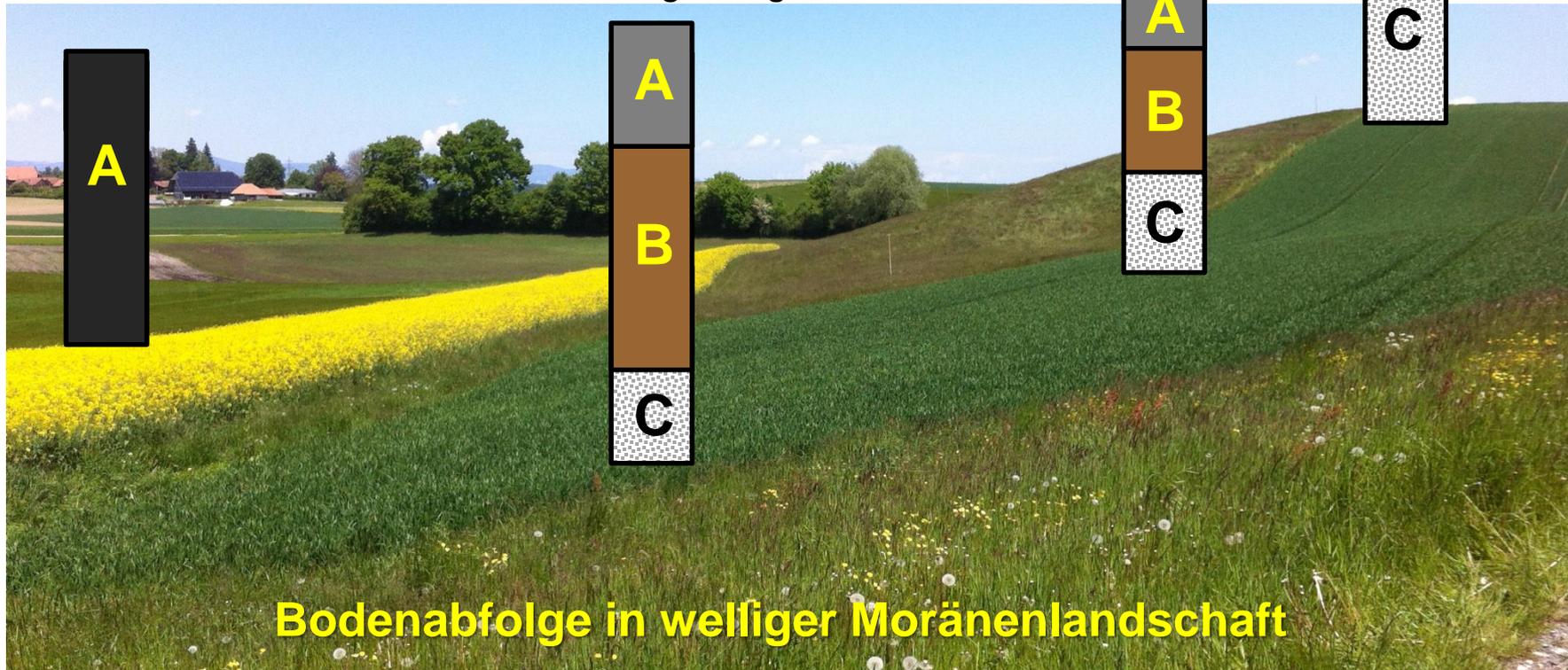
„Bodenlandschaft“ - Böden als Individuen

Mulde:
drainiertes
Halbmoor
mässig
tiefgründig

Hangfuss:
Braunerde
sehr tiefgründig

Hang:
Braunerde
mässig tiefgründig

Kuppe:
Regosol
flachgründig



Bodenabfolge in welliger Moränenlandschaft

A = humushaltiger Horizont
(Oberboden)

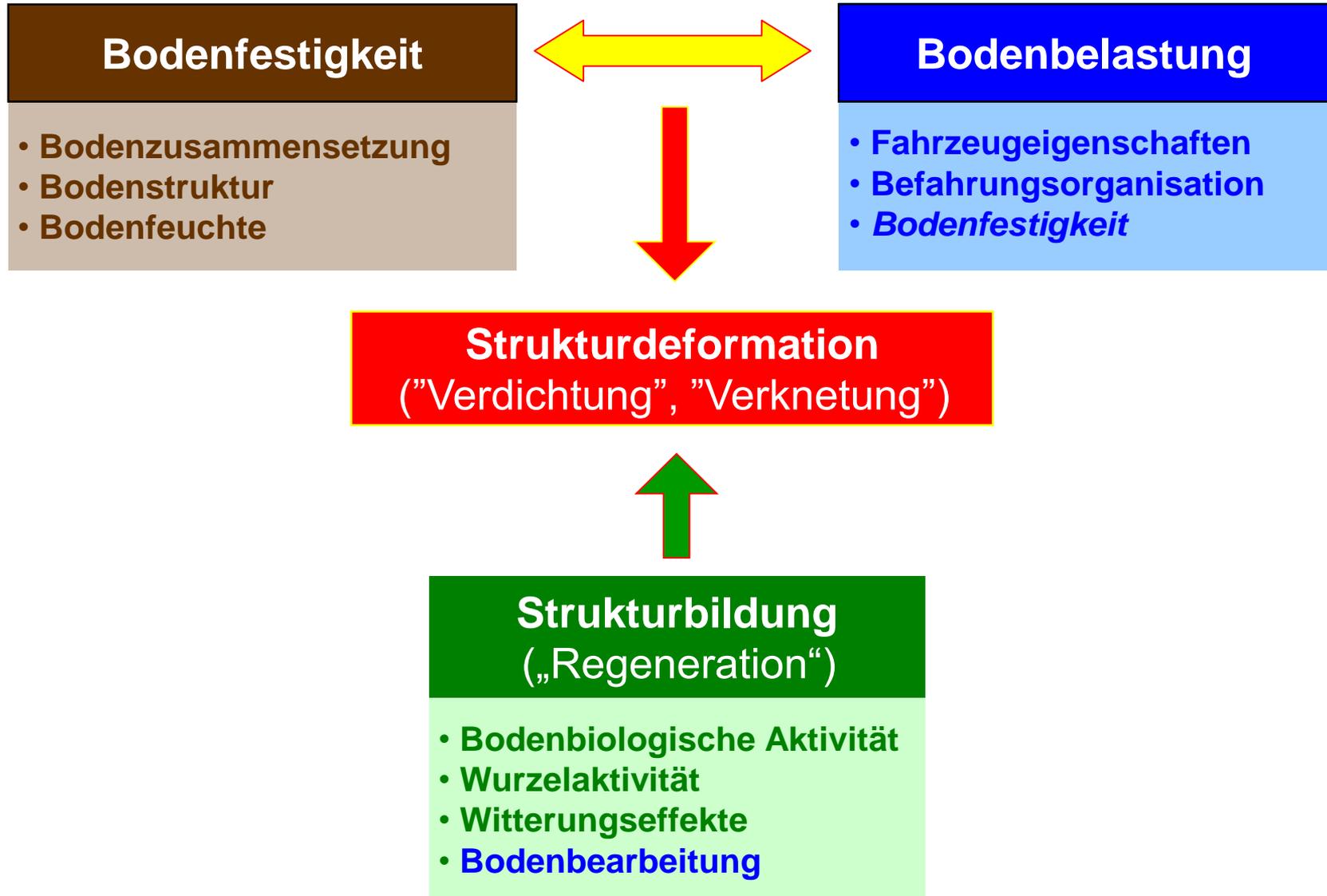
B = Verwitterungshorizont
(Unterboden)

C = unverwittertes Muttermaterial
(Untergrund)



Ursachen für Strukturschäden

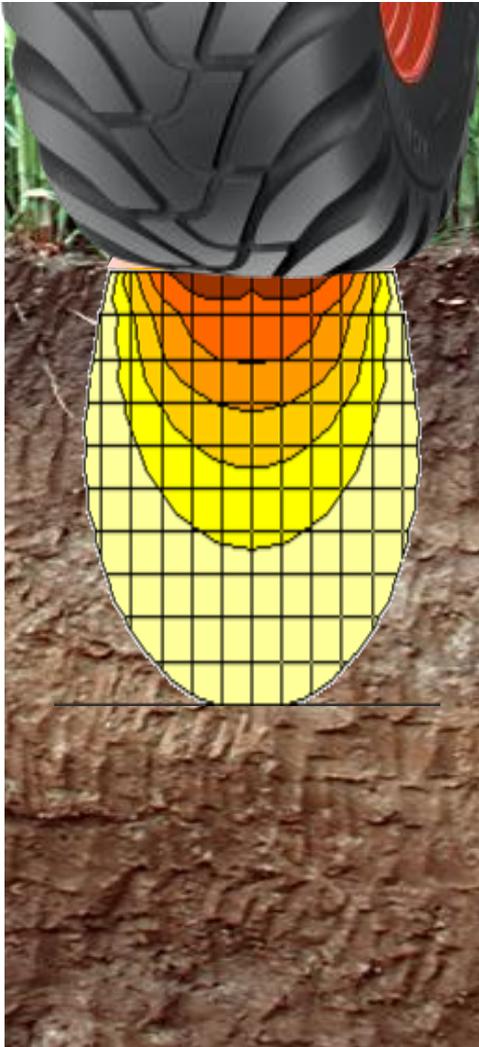
Strukturstabilität vs. Strukturbelastung





Ursachen für Strukturschäden

Druckbeanspruchung der Bodenstruktur



Radlast



Vertikaldruck
in Kontaktfläche

Antriebskraft



Horizontaldrücke
um Stollen



Druckausbreitung im Boden



Bodenstrukturverformung
("Verdichtung", "Verknetung")



Veränderung der Bodenfunktionen

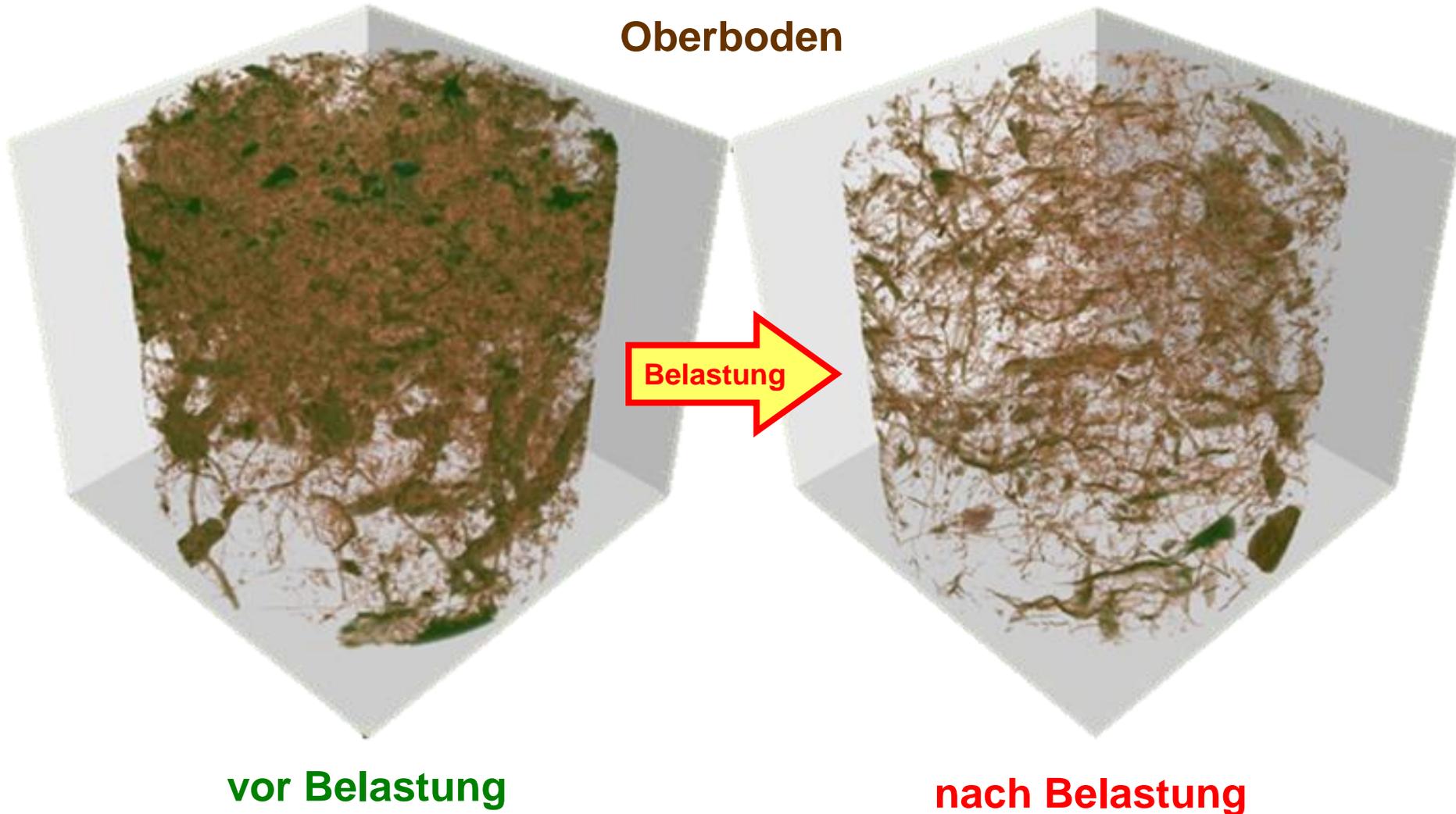


Einflüsse auf andere Ökosysteme



Ursachen für Strukturschäden

Verdichtung = Strukturschaden





Bauphasen

Phase 1: Planung der Bodeneingriffe

- Phase 2: Bauarbeiten auf den Böden

- Phase 3: Rekultivierung der Böden

→ **Böden möglichst wenig befahren!**

→ **Bodenhorizonte nicht vermischen!**

→ **Zwischenlager wenn möglich vermeiden!**

→ **Bodenmaterial und Böden rasch begrünen!**

- Schlussabnahme: Ausgangszustand vs. Endzustand,
Beginn der normalen landwirtschaftlichen Nutzung



Schutz der Bodenstruktur

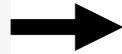
Bodentyp (Wasserhaushalt, Körnung)	Verdichtungs- empfindlichkeit	Belastbarkeit / Befahrbarkeit
<ul style="list-style-type: none">- organische Böden- stark vernässte Böden	extrem hoch	<ul style="list-style-type: none">- dauernd gefährdet- selbst geringste Auflasten kritisch
<ul style="list-style-type: none">- deutlich vernässte Böden- vernässte schluffreiche + ton- arme Böden	sehr hoch	<ul style="list-style-type: none">- nur beschränkt belastbar (längere Trockenperioden!)- Maschinenwahl eingeschränkt
<ul style="list-style-type: none">- vernässte Böden- schluffreiche + tonarme Böden	hoch	<ul style="list-style-type: none">- in Nässephasen nur beschränkt belastbar- Trockenperioden nutzen, erhöhte Sorgfalt beim Befahren
<ul style="list-style-type: none">- Böden mit ausgeglichenem Luft-/Wasserhaushalt	mässig	<ul style="list-style-type: none">- i.A. problemarm belastbar- übliche Sorgfalt beim Befahren
<ul style="list-style-type: none">- sehr skelettreiche Böden- sehr sandige Böden	gering	<ul style="list-style-type: none">- i.A. problemlos belastbar- übliche Sorgfalt beim Befahren

Vernässung = grund-, hang- oder stauwasserbedingt



Bodenabtrag und –belastung minimieren

Bodenabtrag



Rekultivierung!



**möglichst wenig Boden
abtragen!**

Abhumusieren?



Flächen ohne Abtrag: nicht abhumusieren!

**Bodenbelastung
vermindern?**



Planung Linienführung: empfindliche Böden meiden!



Bodenschutz bei Transportpisten!
(Kiespisten, Baggermatten, ...)



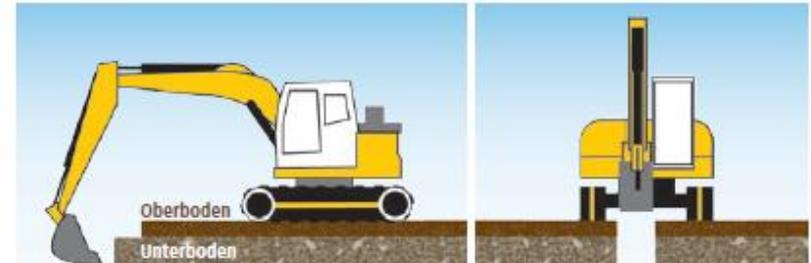
Arbeitsablauf („Musterbauweise“)

Bodenabtrag / Grabenaushub

- Bodenabtrag (Ober- und Unterboden) nur im Grabenbereich
- saubere Trennung von Ober-, Unterboden und Untergrund

Maschineneinsatz

- Raupenbagger befährt immer gewachsenen Oberboden

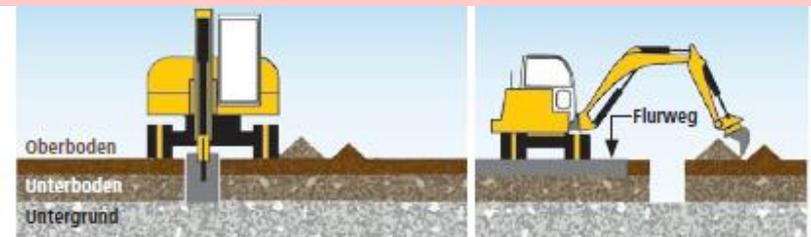


- Böden sollten beim Abtrag trocken sein! (Tensiometer, Fühlprobe)
- Böden bei Zwischenlagerung sofort begrünen!
- Wiederansaat einer Wiese bis Mitte August! (später: WGetreide, ...)
- = Arbeiten während der Vegetationsperiode, v.a. in Sommermonaten!
Böden sind im Herbst oft trockener als im Frühling

- Oberboden, Unterboden und Untergrund nicht miteinander vermischen
- Einbau Untergrund, allenfalls andrücken
- Auftrag Unterboden (lose einbringen, nicht verdichten)
- Auftrag Oberboden (lose einbringen, nicht verdichten, leicht überhöhen ist problemlos)

Maschineneinsatz

- Raupenbagger befährt möglichst vorhandene Flurwege, gewachsenen Oberboden oder Untergrundzwischenlager





Arbeitsablauf („Musterbauweise“)

Böden Baudirektion
Kanton Zürich
ALN Amt für
Landschaft und Natur

fachstelle Bodenschutz
Waldplatz 2
8090 Zürich

Telefon: 043 259 32 70
Telefax: 043 259 51 29
E-Mail: bodenschutz@b.lzh.ch
Internet: www.boden.zh.ch

**Erderlegung
Wasserleitung**

OKZ_DLOHRS

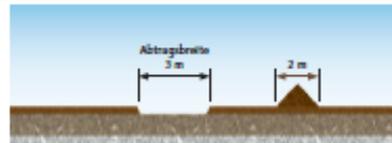
Ort	Objekt-Nummer	Zeitraum
Turbenthal	181-007	August 2008
Maschinen	Betroffener Boden	Fläche / Kubatur
Raupenbagger	Oberboden kein Prüferimeter-Bereich Unterboden	Streifen ≈ 15 bis 18 m Breite, Länge variabel Lage Mitte durch Parzelle

Arbeitsprozesse

Oberboden abtragen

Breite 3 m, Stärke 0,2 m

mit Raupenbagger (Humuslöfler), auf gewachsenem Boden stehend, rückwärts fahrend, Anlegen walfförmiges Dipot nebenan.



Beanspruchung des Bodens

- gewachsener Oberboden wird mit Raupenbagger befahren.
- Oberboden wird abgetragen und auf walfförmiges Zwischenlager umgelagert.

Graben ausheben

Breite 2 m, Tiefe 1,5 m

mit Raupenbagger (V-Löffel), auf gewachsenem Unterboden stehend, rückwärts fahrend, Anlegen walfförmiges Dipot nebenan.



Beanspruchung des Bodens

- gewachsener Unterboden wird mit Raupenbagger befahren.
- Unterboden (und C-Material) wird abgetragen und auf walfförmiges Zwischenlager umgelagert.

Leitung verlegen

5 Leitungen (je 15 cm) für Wasser (1), Strom EKZ (3) und Steuerung (1)

von Hand verlegen, bedecken mit Betonkies, Betonkies wird mit dem Bagger heran transportiert.



Beanspruchung des Bodens

- gewachsener Oberboden wird mit Raupenbagger befahren.

Unterboden auftragen

teilweise C-Material und Unterboden

mit Raupenbagger, überflüssiges C-Material wird abgeführt.



Beanspruchung des Bodens

- gewachsener Oberboden wird mit Raupenbagger befahren.
- Zwischenlager wird abgetragen und Unterboden umgelagert.

Oberboden auftragen

mit Raupenbagger, auf gewachsenem Boden stehend, Oberboden wird locker aufgetragen.

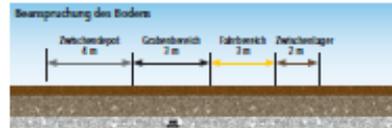


Beanspruchung des Bodens

- gewachsener Oberboden wird mit Raupenbagger befahren.
- Zwischenlager wird abgetragen und Oberboden umgelagert.

Inkulturmähne

mit landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten gesamter beanspruchter Bereich (Breite 12 bis 18 m) wird in Stand gestellt.



Beanspruchung des Bodens

- beanspruchter Bereich mit landwirtschaftlichem Schlepper befahren.
- mit Bodenbearbeitungsgerät (Egge) bearbeiten und ansäen.





Verdichtungsgefährdung vermindern, Strukturschäden vermeiden

Maschinenwahl



Maschineneigenschaften

- Gewicht, Fahrwerk
- Arbeitsweise
(Arbeitsdistanz; ungeeignet: Lader)

Maschineneinsatz



Einsatzgrenzen

- zulässige Bodenfeuchte / Saugspannungswert
(Nomogramm)
- tonreiche Böden > 30% Ton: trockener!
- Tensiometer (Unterboden), Fühlprobe

Arbeitsabläufe



Mehrfachbefahrungen

- bei kritischen Bodenverhältnissen vermeiden!
- Schutzmassnahmen (Transportpisten, ...)

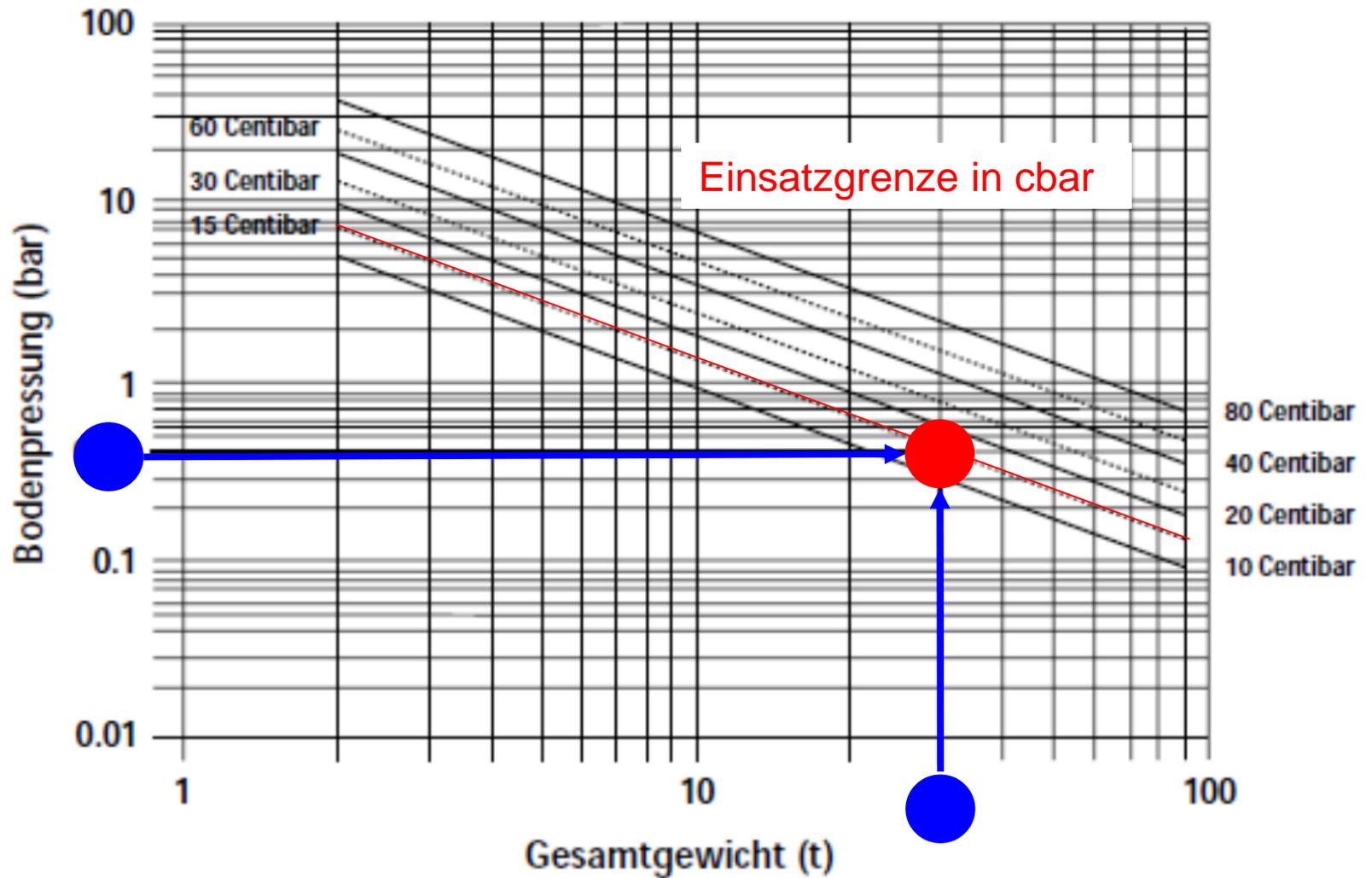


Hohe Bodenfeuchtigkeit (weniger als 6 cbar)

- Arbeitsunterbruch bei bzw. nach Regen!



Einsatzgrenzen von Baumaschinen



zula
bzw.



Vermindern des Verdichtungsrisikos

Beurteilen des Verdichtungsrisikos

Offiziell genehmigte Anwendung der beiden Bundesämter für Landwirtschaft und für Umwelt

→ expert

→ light

terranimmo.ch

Anmelden | Registrieren D | F | E

Willkommen bei Terranimmo®

Terranimmo® ist ein Simulationsmodell für die Berechnung des Bodenverdichtungsrisikos beim Einsatz von landwirtschaftlichen Fahrzeugen.

Es sind zwei Versionen verfügbar:

→ **Terranimmo® light**

für die einfache und schnelle Risikoeinschätzung von Standardsituationen.

→ **Terranimmo® expert**

für die umfassende Analyse des Verdichtungsrisikos bei spezifischen Bedingungen.

siehe Demo „Bodenverdichtung“ von Matthias Stettler heute Nachmittag



Zwischenlagerung von Bodenmaterial

Arbeitsverfahren



Grabenaushub: Mit derselben Maschine in einem Arbeitsgang ausheben und seitlich deponieren!

maximale Schütthöhe
(lose)



**Oberboden max. 1 Jahr:
< 2,5 m, min. 25 cbar**



**Unterboden stark verdichtungsgefährdet:
< 1,5 m, min. 35 cbar**



**Unterboden gering verdichtungsgefährdet:
< 2,5 m, min. 15 cbar**

Körnungseinfluss



**tonig = sehr verdichtungsempfindlich!
organisch = sehr erstickungsgefährdet!
schluffig = besonders erosionsgefährdet!**



Zwischenlagerung von Bodenmaterial

- **Oberboden und Unterboden getrennt abtragen und zwischenlagern!**
- **Lagerfläche gut durchlässig, nicht verdichtungsgefährdet!
Lagerfläche nicht abhumusieren!**
- **Nie auf bereits vernässten Untergrund schütten!
Abfluss des Oberflächenwassers sicherstellen!**
- **Locker und trocken schütten!
Zwischenlager nie mit Baumaschinen befahren!**
- **Zwischenlager rasch mit Tiefwurzlern begrünen!**



Rekultivierung und Folgebewirtschaftung

	Arbeitsschritte			
	Rekultivierung	Folgebewirtschaftung		Normale Landwirtschaft
Landeigentümer	Bauherr und/oder andere	Bauherr und/oder andere		Landwirt
Verantwortlichkeiten	Bauherr, resp. Bauleitung und Unternehmer	Landwirt (Eigentümer)		
Nutzung	keine	Grünland (Schnittnutzung Luzerne)	Grünland od. eingeschränkter Ackerbau	Ackerbau (oder Grünland)
Massnahmen	BBB bodenkundliche Baubegleitung	Nach Bedarf: Drainage, Aufkalkung, Bestandes-sanierungen etc.		Normale Landwirtschaft
Beratung und Kontrolle	BBB Amt für Umwelt (BSF)	BBB Amt für Umwelt (BSF) Amt für Landwirtschaft		Landwirtschaftsberater

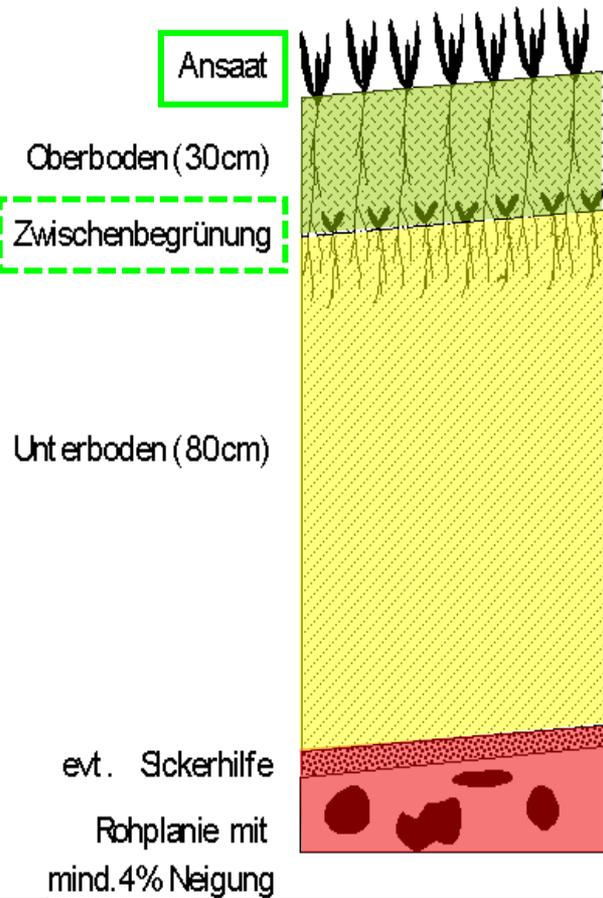
Folgebewirtschaftung erfordert viel Geduld!

Ertrag in dieser Zeit nicht im Vordergrund!

Boden braucht Erholungszeit!



Auftrag von Bodenmaterial



Schichtmächtigkeiten

- massgebend: Ausgangszustand
- bei besonderer Interessenlage und Zielsetzung: Abweichung

landwirtschaftlich nutzbare Böden: nach Setzung

- mindestens 80 cm Unterboden und
- 30-40 cm Oberboden

Auftrag von Bodenmaterial

Schüttung so, dass normal durchwurzelbarer und sickerfähiger Boden mit aktivem Bodenleben entsteht

- nur Ober- und Unterbodenmaterial!
- kein Muttermaterial, Bauschutt, Torf, ...!

- streifenhaftes Schütten (Unter- + Oberboden)
- flächenhaftes Schütten (Unterboden, Begrünung, Oberboden)



Ziele der Folgebewirtschaftung

Bodenfunktionen wiederherstellen!

- **Produktionsfunktion: volle Ertragsfähigkeit**
- **Lebensraumfunktion: optimale Lebensbedingungen für Pflanzen und Bodenorganismen**
- **Regulierungsfunktion: optimale Entwässerungs- und Filtereigenschaften**

Bodenschutz während Rekultivierungsarbeiten nicht durch fehlerhafte Folgebewirtschaftung zunichte machen!

- **besonders sorgfältig arbeiten (langanhaltende Schäden!)**
- **nicht zu früh mit intensiver Grünland- und Ackerbaunutzung beginnen!**



Inkulturnahme und Folgebewirtschaftung

**Frisch geschüttete Böden = locker, instabil, verdichtungsanfällig!!!
Vernässungen als häufige Probleme**

- ungleichmässiger Bodenwasser- und Lufthaushalt
- Porendurchgängigkeit nach der Rekultivierung nicht gegeben (Schüttung!)

Erste Phase Jahre 1-3: Boden = „rohes Ei“

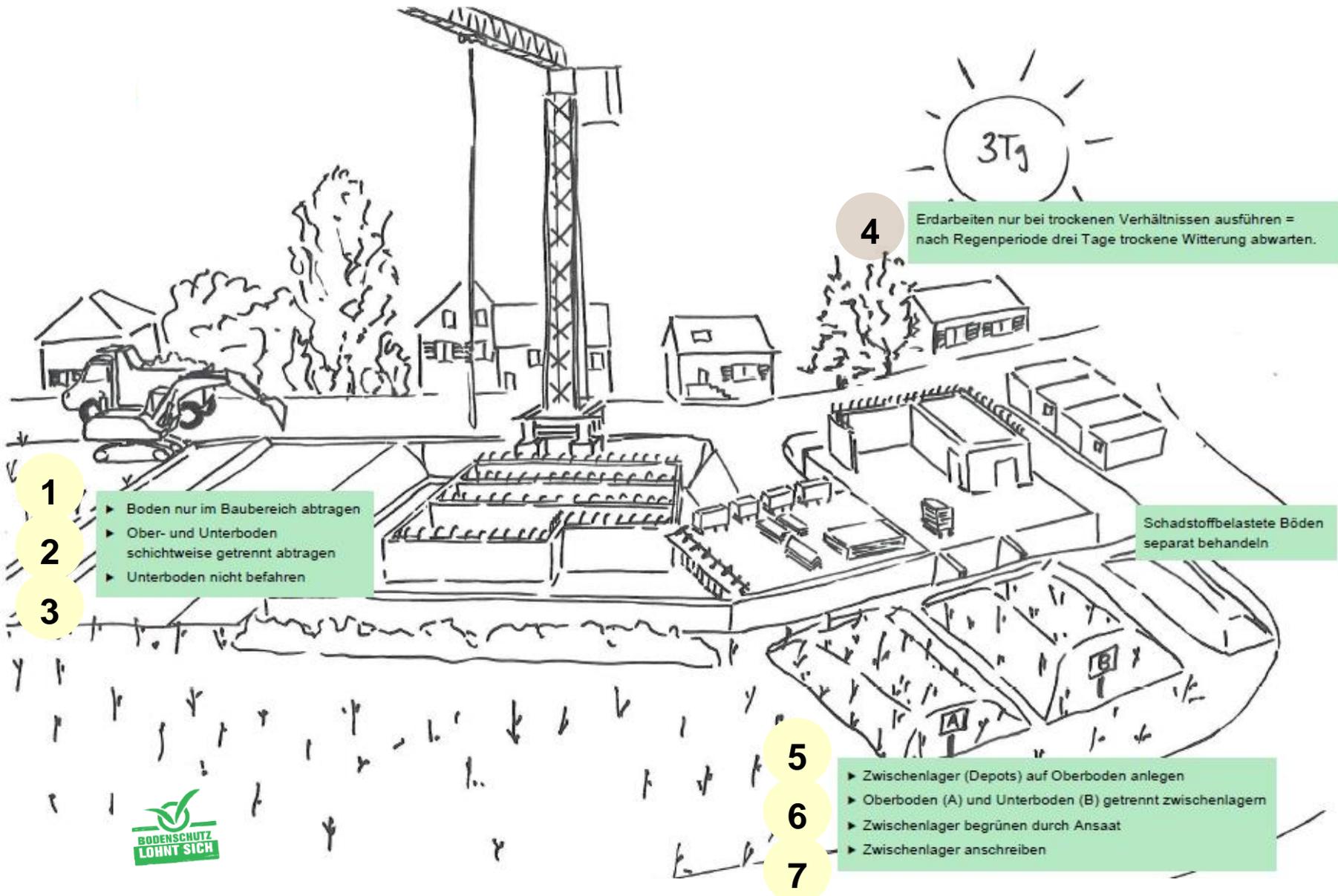
- extensive Bewirtschaftung
- sorgfältig befahren (trocken, optimal bereift, leicht)
- keine Weide, kein Ackerbau
- kein GülLEN, nur Dürrfutterbereitung

Zweite Phase ab Jahr 4: Übergang zu getreidebetontem Ackerbau

- Direktsaat, reduzierte Bodenbearbeitung
- Wechsel mit mehrjähriger Kunstwiese
- bei empfindlichen Böden: keine Hackfrüchte, kein Gemüse!



Strukturschäden vermeiden



4

Erdarbeiten nur bei trockenen Verhältnissen ausführen = nach Regenperiode drei Tage trockene Witterung abwarten.

1

- ▶ Boden nur im Baubereich abtragen
- ▶ Ober- und Unterboden schichtweise getrennt abtragen
- ▶ Unterboden nicht befahren

2

3

Schadstoffbelastete Böden separat behandeln

5

- ▶ Zwischenlager (Depots) auf Oberboden anlegen
- ▶ Oberboden (A) und Unterboden (B) getrennt zwischenlagern
- ▶ Zwischenlager begrünen durch Ansaat
- ▶ Zwischenlager anschreiben

6

7





Strukturschonende Arbeitstechniken

- Boden = Lebensraum mit weiteren ökologisch und gesellschaftlich wichtigen Funktionen!
- Bodenfunktionen: Pflanzenproduktion + Regulierung

- Bodenschutz bei Bauarbeiten:
Planung + Bauarbeiten + Rekultivierung!
- Schutz der Bodenstruktur durch schonenden Bauablauf:
Bodenabtrag + Zwischenlagerung + Wiederauftrag
- Frisch geschüttete Böden: locker + unstabil = verdichtungsanfällig!

- Folgebewirtschaftung: Geduld + Sorgfalt (= Investition)!
~~intensive Nutzung + Höchstertrag~~
- Folgebewirtschaftung: Entwickeln + Stabilisieren der Bodenstruktur!
 - von extensiver Wiesennutzung zu ackerbaulicher Nutzung
 - Anpassungen bei Befahren/Bearbeiten
(und Düngung, UK-Regulierung: Neophyten!)



Agroscope

peter.weisskopf@agroscope.admin.ch