



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

Agroscope

Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Ackerböden durch Bewirtschaftungsmassnahmen

**Peter Weisskopf, Urs Zihlmann, Hans-Rudolf
Oberholzer, Thomas Anken, Martin Holpp**

Fachtagung "Wasser in der Landwirtschaft"
Agroscope Zürich-Reckenholz, 23. Januar 2014



Übersicht

- 1. Grundlagen zum Wasserhaushalt von Böden**
- 2. Möglichkeiten zum Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung**
- 3. Anwendungsbeispiele zum Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Ackerböden**
- 4. Schlussfolgerungen**

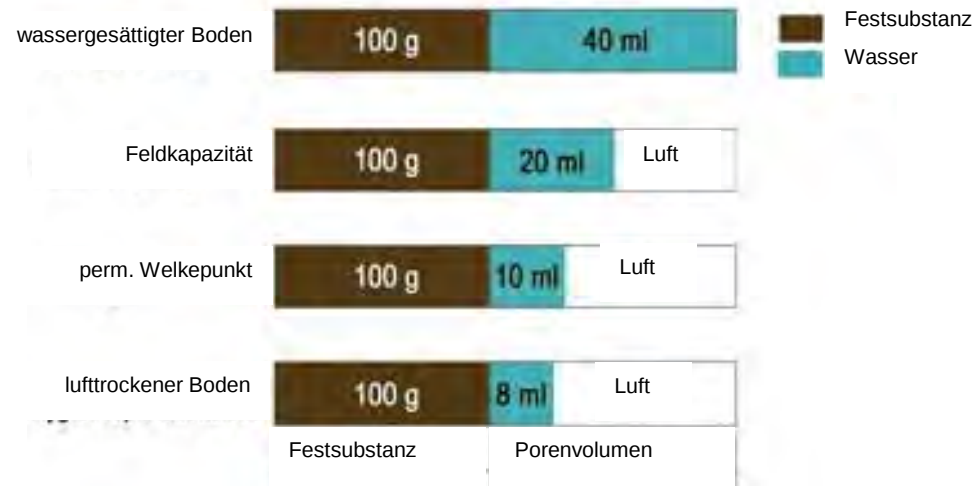
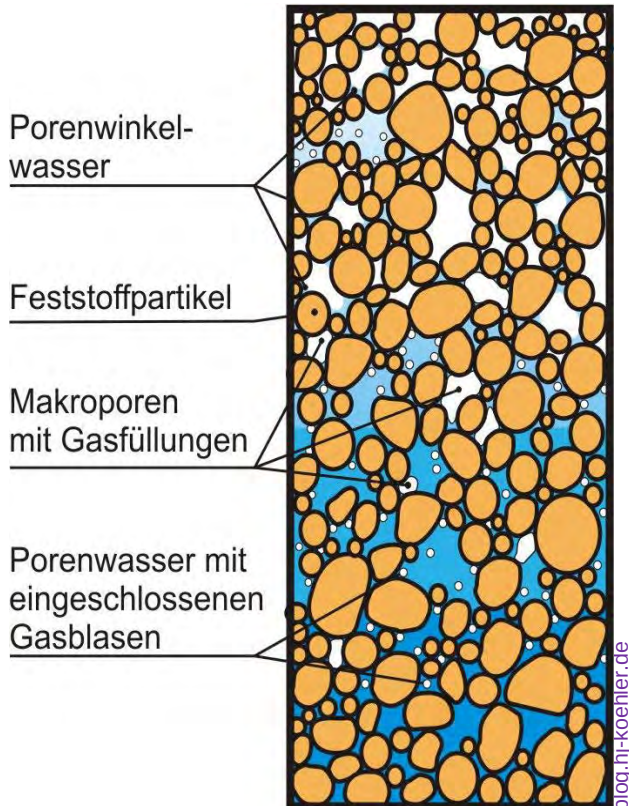


1 Grundlagen

Wasser in Böden

Böden als Dreiphasensysteme

mit fester mineralisch-organischer Matrix und Hohlräumen





1 Grundlagen

Wasser in Böden

Hohlräume ("Bodenporen"), entweder wasser- oder luftgefüllt

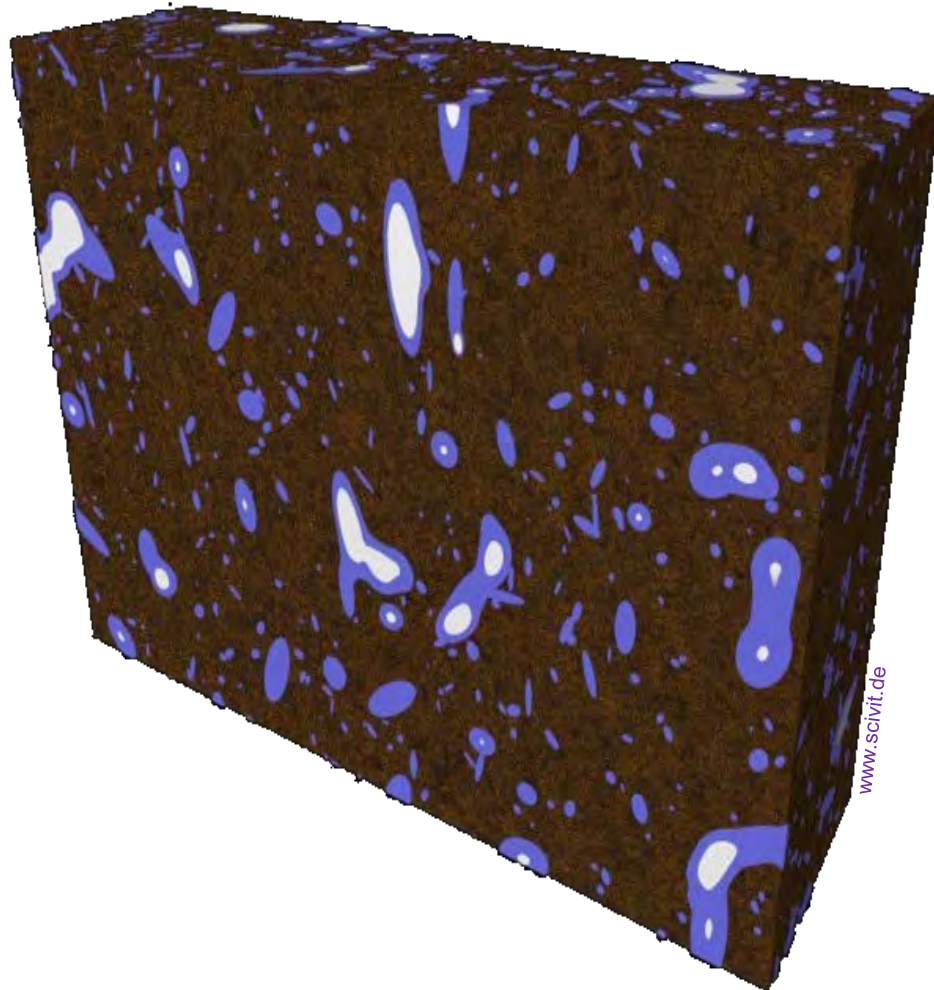
→ Bedeutung der Bodenstruktur für den Wasserhaushalt

→ Koppelung von Wasser- und Lufthaushalt in Bodenhohlräumen

fest

flüssig

gasförmig



www.sciwi.de



1 Grundlagen

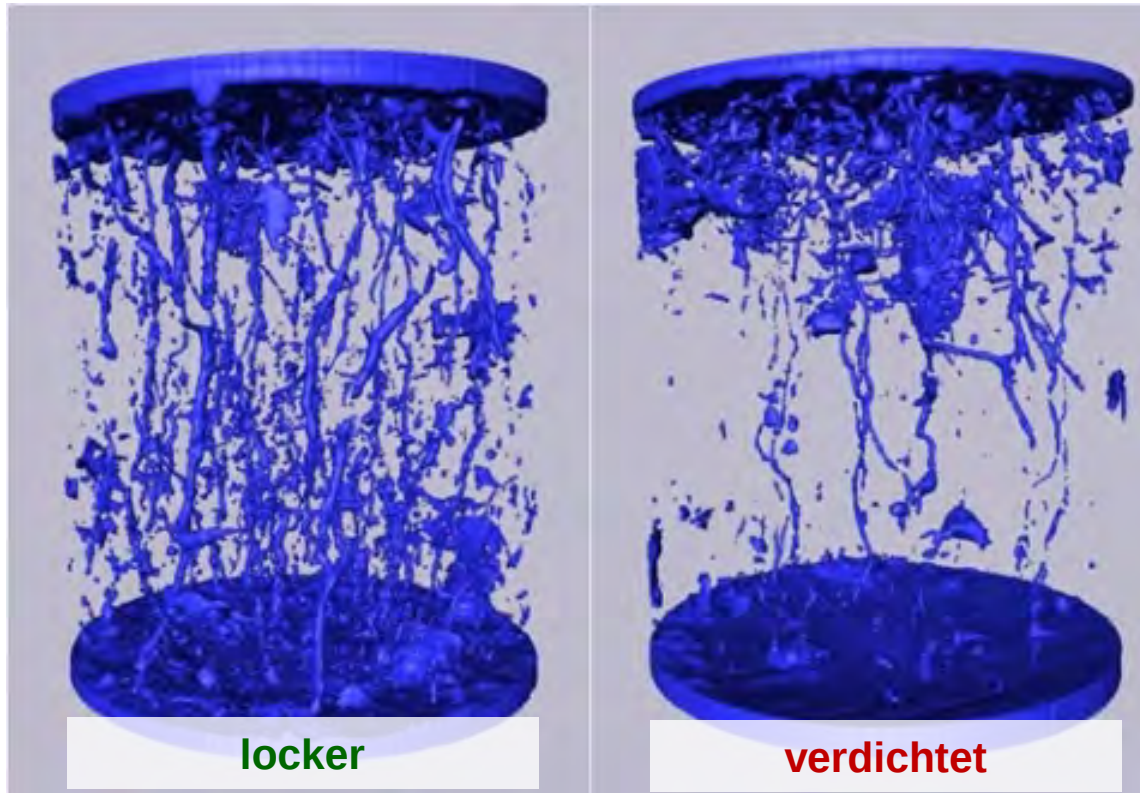
Wasser und Porensystem von Böden

Gesamtgrösse des Porensystems:

→ gesamtes Porenvolumen pro Bodenvolumen bzw. pro Bodenfläche

Poren unterschiedlich lange bzw. miteinander verbunden

→ Leitfähigkeit für Wasser und Luft





Wasser und Porensystem von Böden

Unterschiedliche Porendurchmesser:

→ **Grob-, Mittel- und Feinporen** (Porengrössenverteilung)

→ unterschiedliche Bindungsstärke des Porenwassers
(Menisken → Saugspannung)

= unterschiedliches Verhalten (unter Schwerkraft drainierend/nicht drainierend)

→ **unterschiedliche Funktionen:**

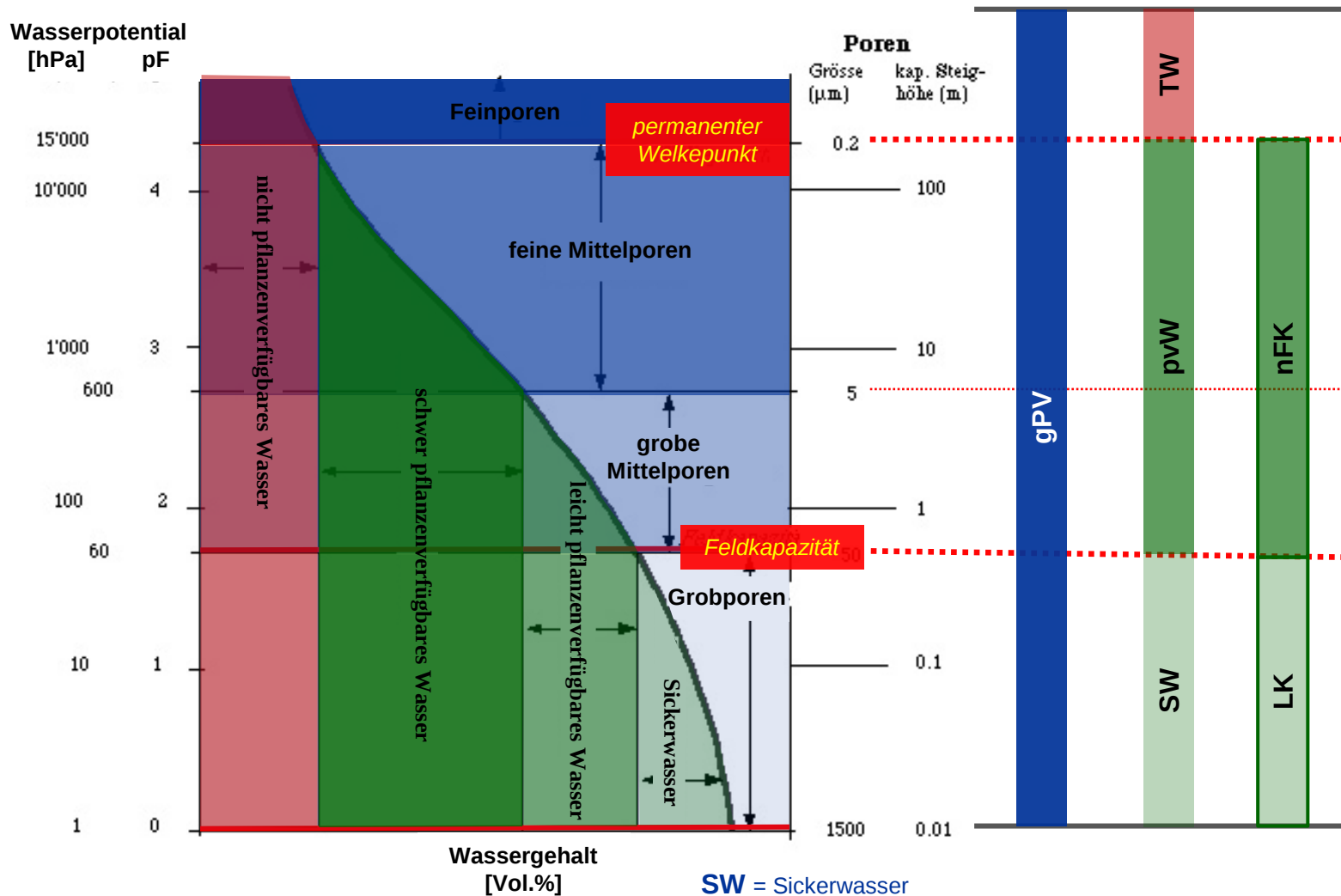
- 1) **Grobporen:** Wasserversickerung und Gasaustausch
- 2) **Mittelporen:** Speicherung von pflanzenverfügbarem Wasser
- 3) **Feinporen:** Speicherung von **nicht** pflanzenverfügbarem Wasser



1 Grundlagen

Wasser und Porensystem von Böden

Unterschiedliche Porendurchmesser → unterschiedliche Funktionen



SW = Sickerwasser

pvW = pflanzenverfügbares Wasser

TW = Totwasser, nicht pflanzenverfügbar

LK = Luftkapazität

nFK = nutzbare Feldkapazität



1 Grundlagen

Porensystem und Bodenstruktur

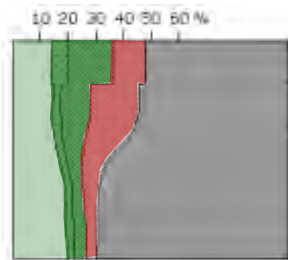
Mittel-/Feinporensystem:

Hängt v.a. von der Bodenzusammensetzung (Bodenart) ab

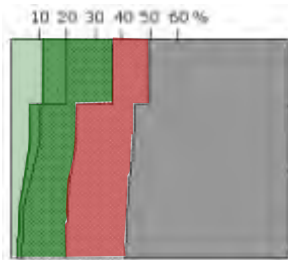
Grob-/Mittelporensystem:

Hängt v.a. von der Strukturbildung (Bodenentwicklung/-bewirtschaftung) ab

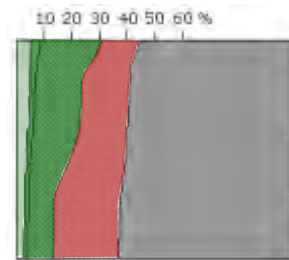
Parabraunerde
sandiger Lehm



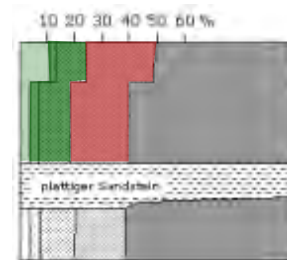
Braunerde
lehmiger Schluff



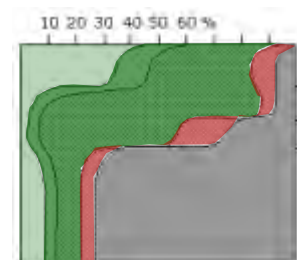
Pseudogley
toniger Schluff



Regosol
toniger Lehm



Moor
organisch



Sickerwasser

pflanzenverfügbares
Wasser

nicht pflanzenverfügbares
Wasser

Festschubstanz



1 Grundlagen

Wasserbilanz von Böden

Wasserzufuhr

→ Niederschläge, Fremdwasser, Bewässerung

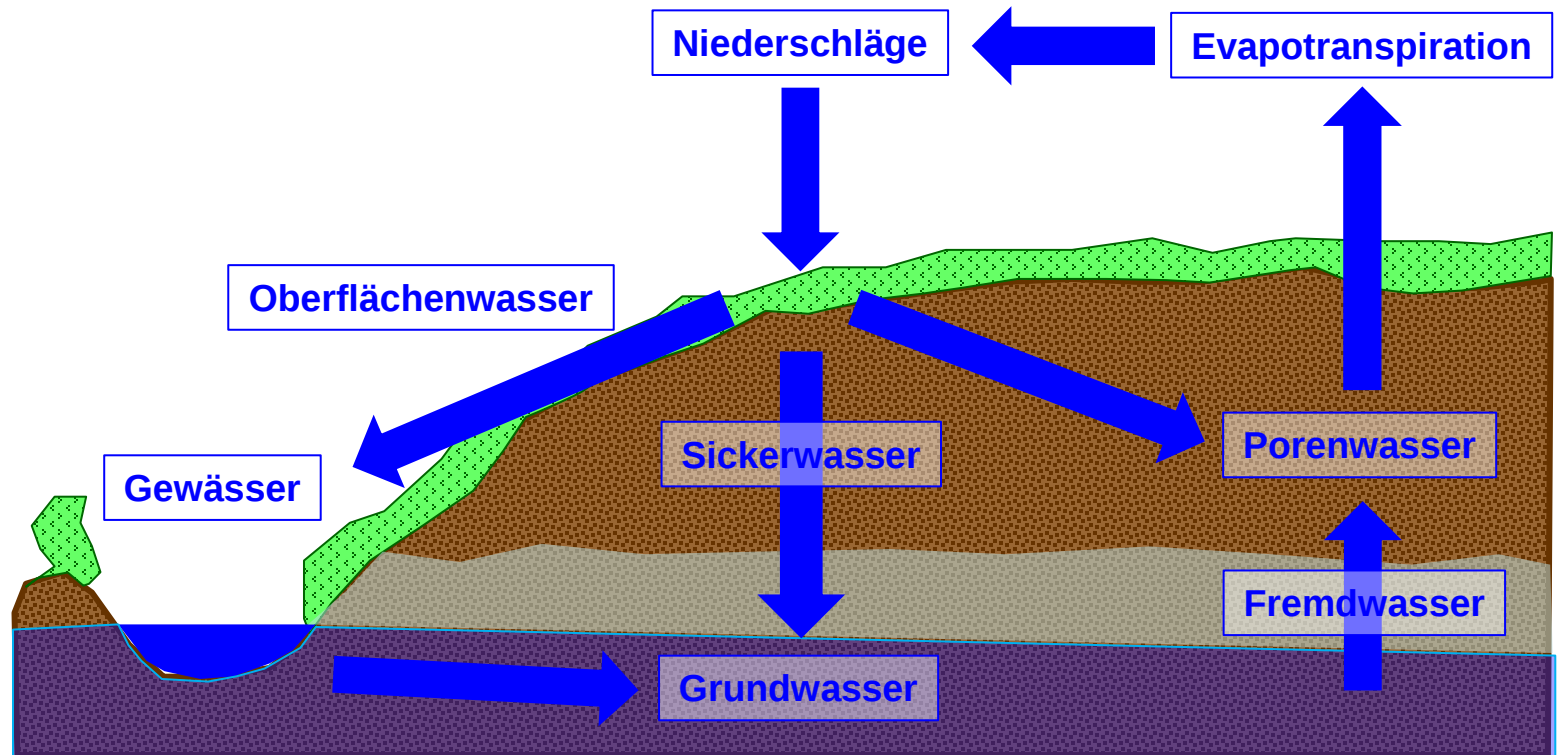
Wasserspeicherung

→ speicherfähiges Porenvolumen (Gründigkeit, Bodenstruktur)

→ Bodenaufbau (undurchlässige Schichten)

Wasserverlust

→ Evaporation, Transpiration, Oberflächenabfluss/Versickerung, Drainage





1 Grundlagen

Wasserspeichervermögen von Böden

Gründigkeit	Körnung	nFK I	nFK s	täglicher Verbrauch	Dauer nFK I	Dauer nFK s
30 cm	sandiger Lehm	24 mm	48 mm	4 mm	6 Tage	12 Tage
30 cm	lehmiger Schluff	30 mm	51 mm	4 mm	8 Tage	13 Tage
30 cm	lehmiger Ton	6 mm	33 mm	4 mm	2 Tage	8 Tage
50 cm	sandiger Lehm	32 mm	76 mm	4 mm	8 Tage	19 Tage
75 cm	sandiger Lehm	40 mm	111 mm	4 mm	10 Tage	27 Tage
100 cm	sandiger Lehm	45 mm	149 mm	4 mm	11 Tage	37 Tage
75 cm	sandiger Lehm	28 mm -4 Vol.%	105 mm -2 Vol.%	4 mm	7 Tage -3 Tage	26 Tage - 1 Tage
75 cm	sandiger Lehm	49 mm +3 Vol.%	120 mm +3 Vol.%	4 mm	12 Tage + 2 Tage	30 Tage + 3 Tage

nFK I = leicht nutzbare Feldkapazität = leicht pflanzenverfügbares Wasser

nFK s = schwer nutzbare Feldkapazität = schwer pflanzenverfügbares Wasser

täglicher Wasserverbrauch $\approx$ ETP



1 Grundlagen

Bestimmungsgrößen Wasserhaushalt

Bestimmungsgrösse	Porenvolumen (pro Vol.)	Porenvolumen (pro m2)	Porengrößenverteilung	Porenkontinuität	Strukturstabilität	Niederschläge	Fremdwasser	Oberflächenabfluss	Sickerwasser	Evapotranspiration
Bodentyp, Bodenart	X		X	X			X			
Gründigkeit		X								
Topografie							X	X		
Witterung / Klima						X				X
Kultur- / Sortenwahl Fruchtfolgegestaltung	langsam, profilumfassend auch Mittel-/Feinporen!				X					X
Bodenbearbeitung	rasch, oberflächlich v.a. Grobporen!				X					
Befahrungen	X		X	X	X					
Anbautechnik	X		X	X	X					X
Düngung / Pflanzenschutz	X		X	X	X					X

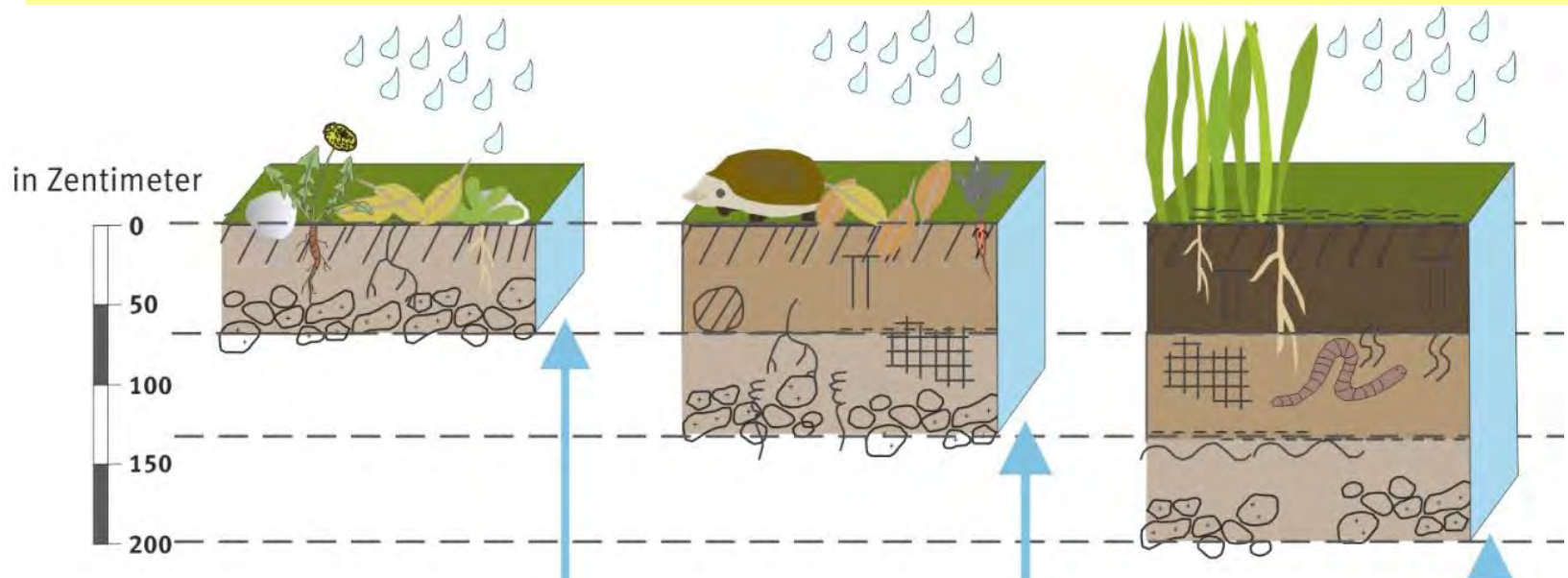


2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Standorteinfluss

Wirkungskomponenten

- **Bodentyp**: Porenkontinuität, Fremdwasser
- **Bodenart**: Porenvolumen pro Bodenvolumen, Porengrößenverteilung
- **Gründigkeit**: Porenvolumen pro Bodenfläche
- **Topografie**: Fremdwasser, Oberflächenabfluss
- **Witterungsverlauf, Klima**: Niederschläge, Evapotranspiration

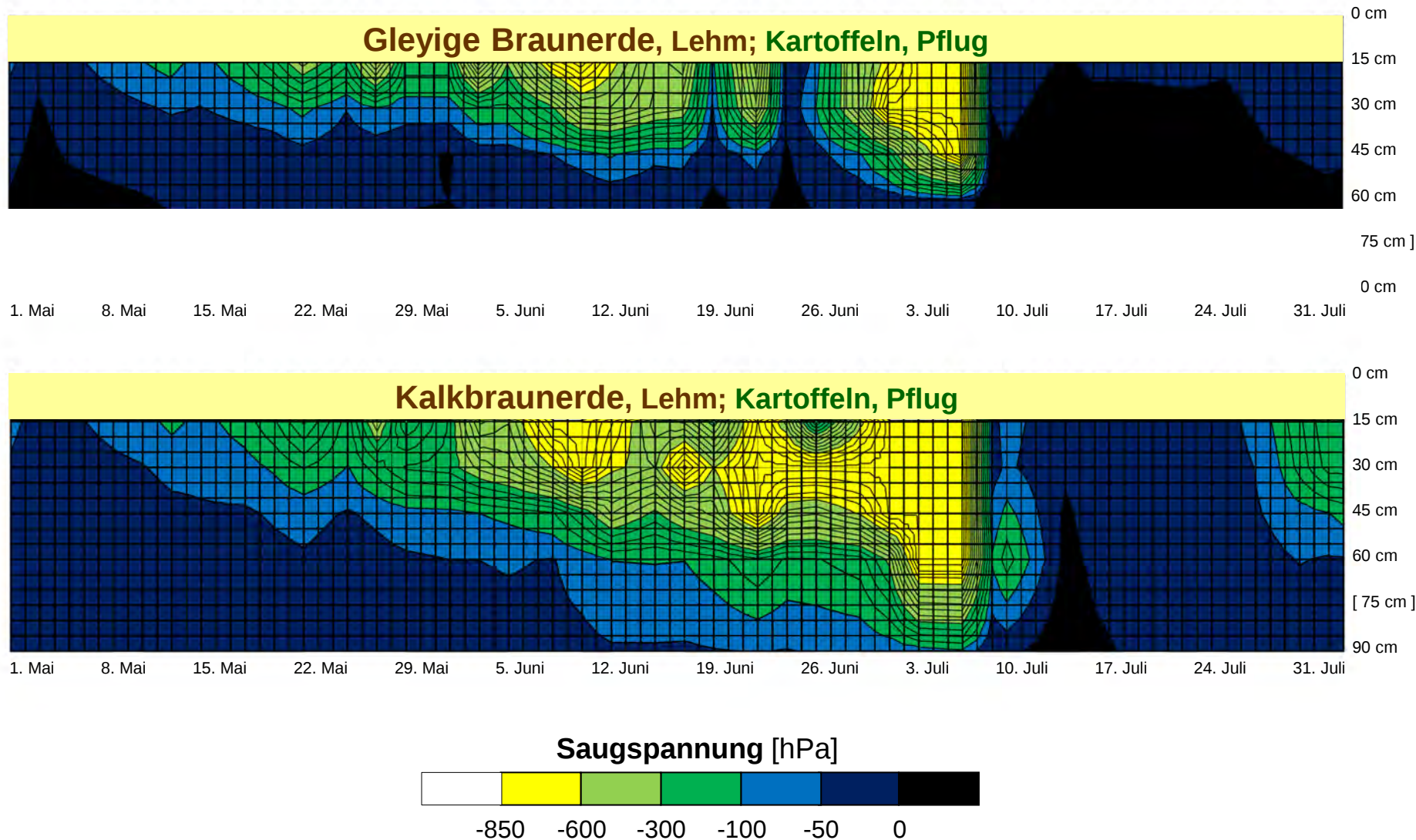


Gründigkeit = nutzbarer Wurzelraum

- Körnung und organische Substanz ("Bodenart")
- Vernässungen, Bodenstrukturzustand
- Steingehalt

2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Standorteinfluss





2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Befahrungseinfluss

Wirkungskomponenten

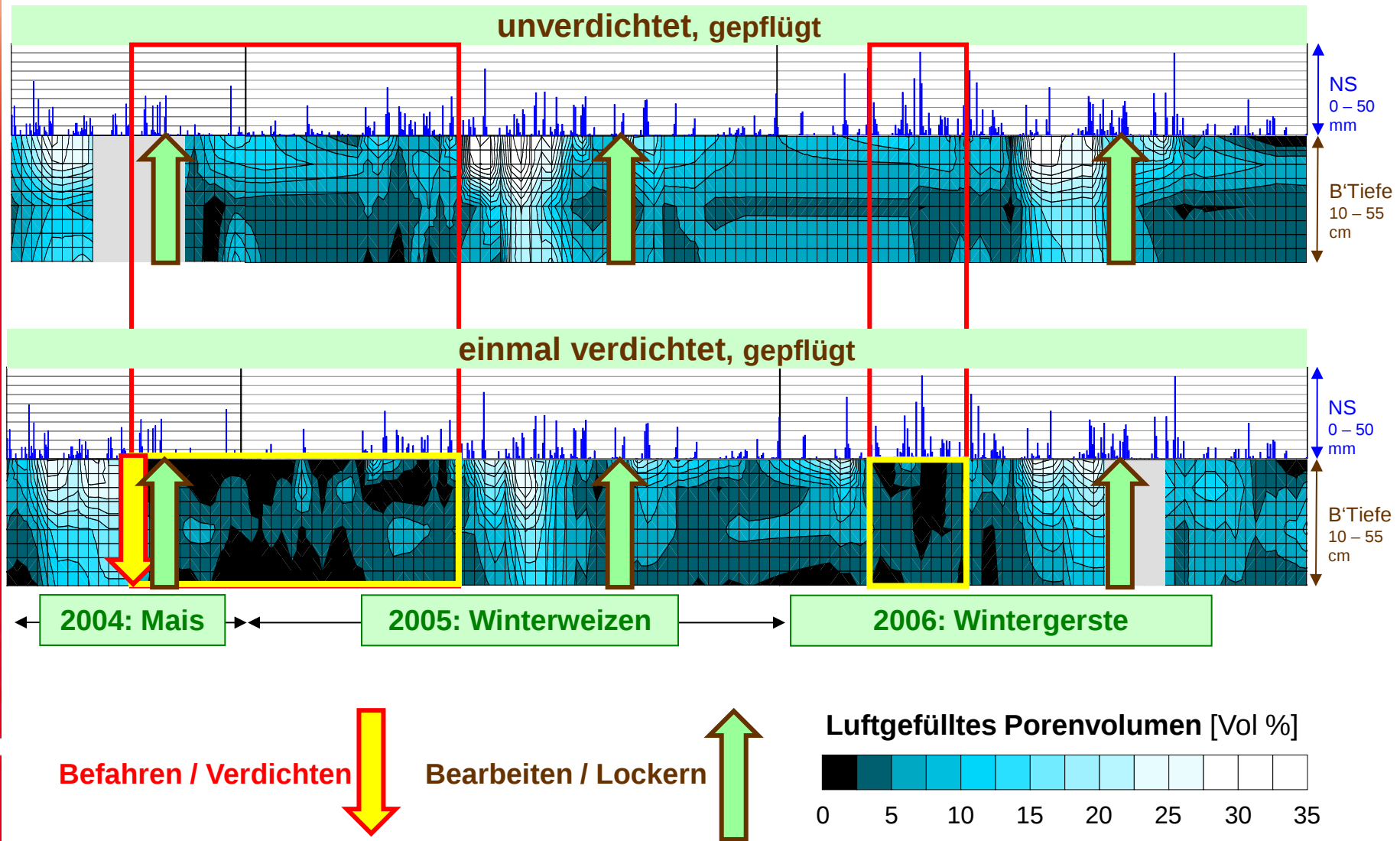
→ **Bodenverdichtung**: Porenvolumen↓, Porengrößenverteilung (Groporen↓), Porenkontinuität↓;
Strukturstabilität ↑↓, "physiologische Gründigkeit"↓; (oft: Transpiration↓)





2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Befahrungseinfluss



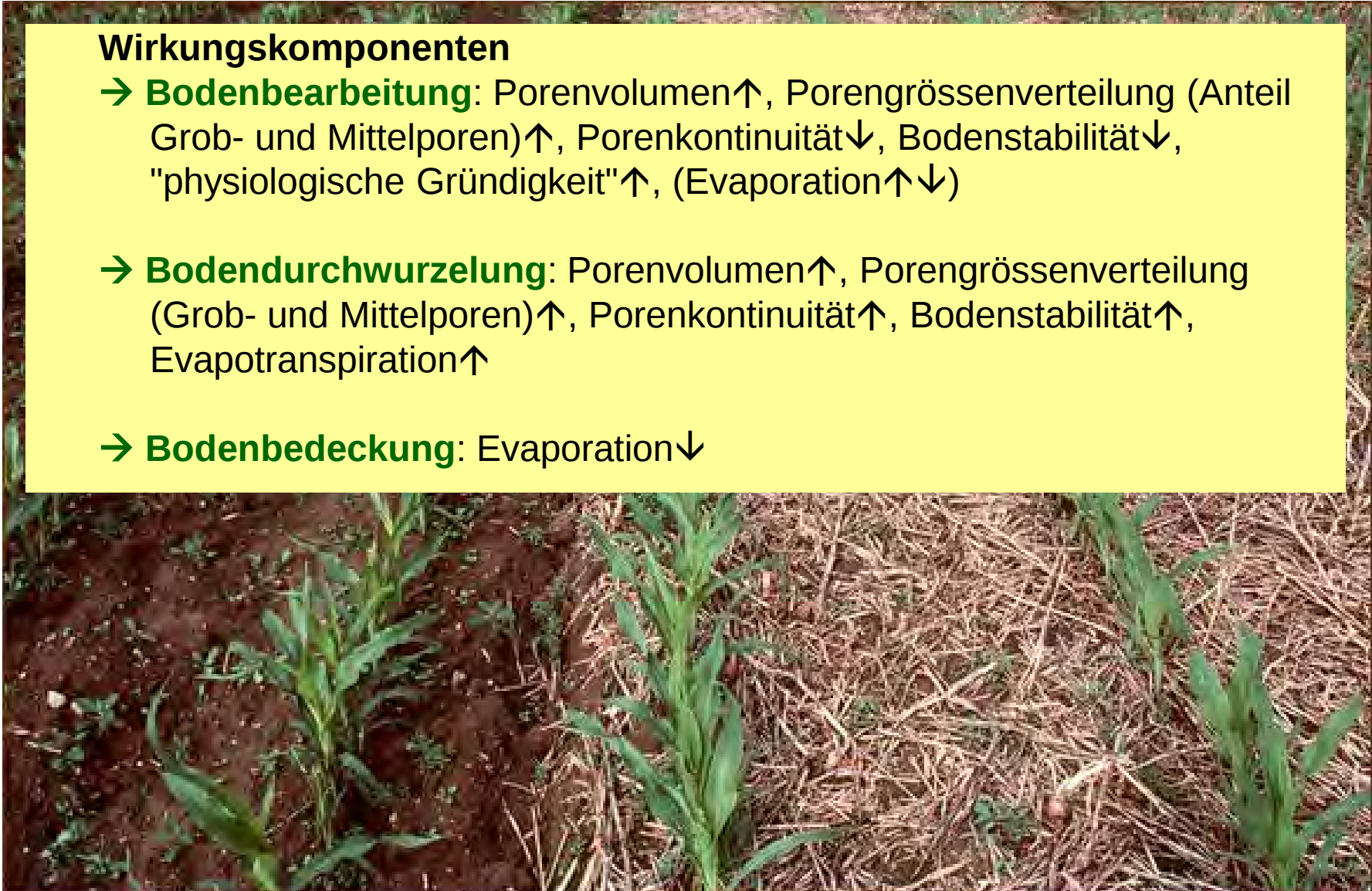


2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Einfluss Anbautechnik

Wirkungskomponenten

- **Bodenbearbeitung**: Porenvolumen↑, Porengrößenverteilung (Anteil Grob- und Mittelporen)↑, Porenkontinuität↓, Bodenstabilität↓, "physiologische Gründigkeit"↑, (Evaporation↑↓)
- **Bodendurchwurzelung**: Porenvolumen↑, Porengrößenverteilung (Grob- und Mittelporen)↑, Porenkontinuität↑, Bodenstabilität↑, Evapotranspiration↑
- **Bodenbedeckung**: Evaporation↓

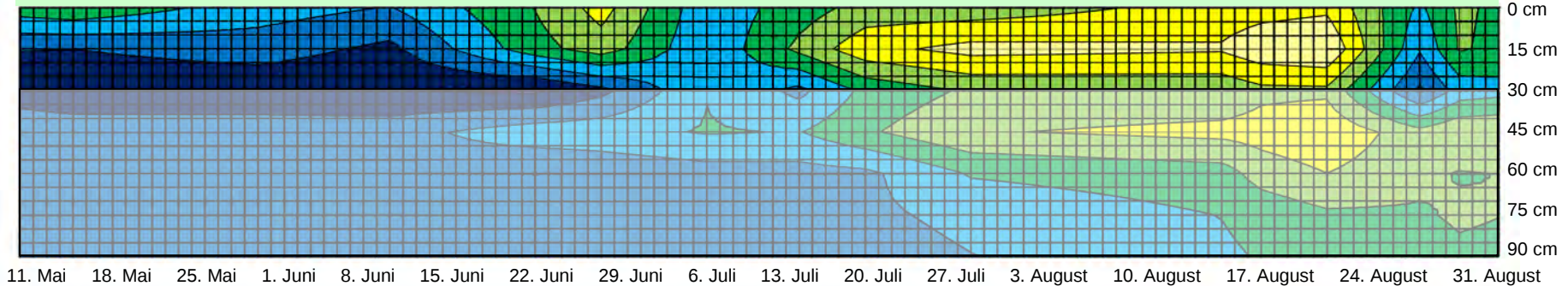




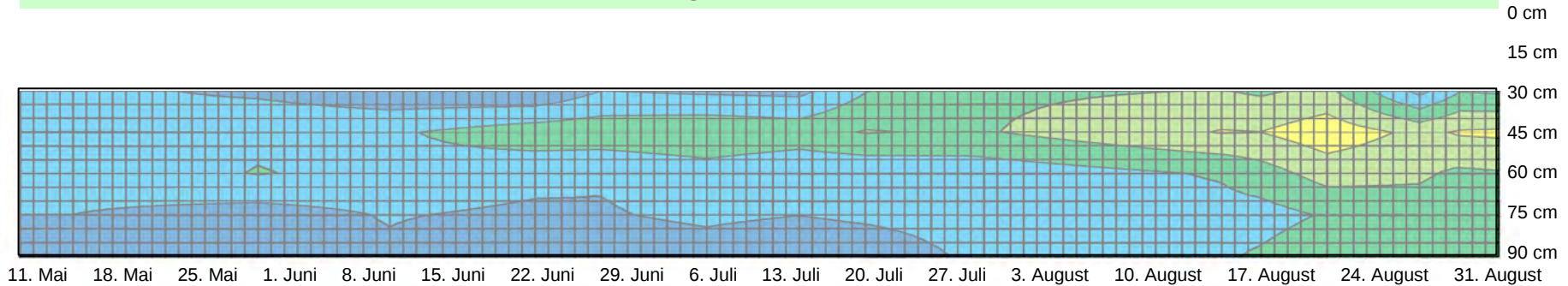
2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Einfluss Anbautechnik

Braunerde, sandiger Lehm; Mais, Pflug



Braunerde, sandiger Lehm; Mais, Direktsaat



Wassergehalt [Vol.%]



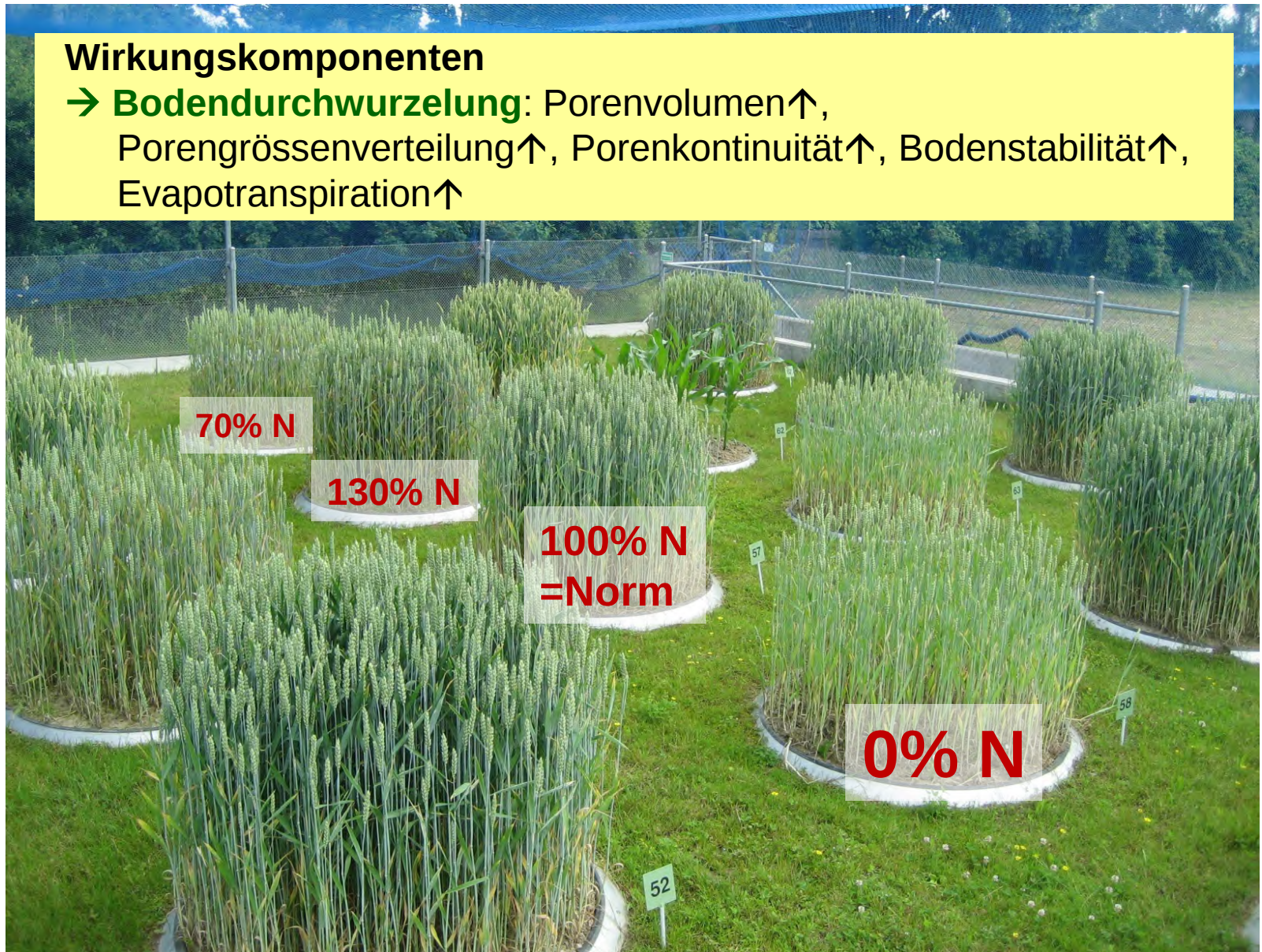


2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Düngungseinfluss

Wirkungskomponenten

→ **Bodendurchwurzelung**: Porenvolumen↑,
Porengrößenverteilung↑, Porenkontinuität↑, Bodenstabilität↑,
Evapotranspiration↑



2 Beeinflussen des Wasserhaushaltes von Böden durch Bewirtschaftung

Wasserhaushalt: Düngungseinfluss

Braunerde, sandiger Lehm; Raps, gepflügt, erhöhte N-Normdüngung (130%)



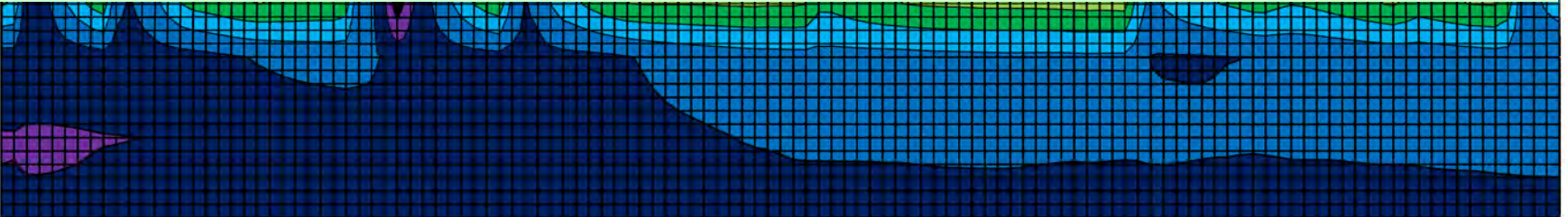
cm
0 cm
0 cm
15 cm]
0 cm
5 cm]
0 cm
ust

Braunerde, sandiger Lehm; Raps, gepflügt, N-Normdüngung (100%)



0 cm
10 cm
30 cm
45 cm]
60 cm
75 cm]
90 cm
ust

Braunerde, sandiger Lehm; Raps, gepflügt, reduzierte N-Düngung (70%)



0 cm
10 cm
30 cm
45 cm]
60 cm
75 cm]
90 cm
ust



3 Anwendungsbeispiel Wasserhaushalt-Beeinflussung

Verbesserungsziele Wasserhaushalt

Pufferung von extremen meteorologischen Situationen

- unterschiedliche Jahreswitterungsverläufe
- Klimawandel mit vermehrten Starkniederschlägen und ausgeprägteren Trockenheitsperioden





3 Anwendungsbeispiel Wasserhaushalt-Beeinflussung

Verbesserungsziele Wasserhaushalt

Standortgemässe nachhaltige Verbesserung

- **ökologisch**: Nutzen und Erhalten natürlicher Ressourcen
- **ökonomisch**: Ressourcen-, Zeit- und Kosteneinsparungen;
hohe, qualitativ gute und stabile Erträge
- **sozial**: langfristig mögliche Wertschöpfung, Flexibilität





Bewirtschaftungsziele

Lösungsansatz:

Verbessern des Bodenstrukturzustandes

- verbesserte Wasserinfiltration (Erosionsschutz, Wasser-/Gasaustausch)
- verbessertes Wasserspeichervermögen (Wasserversorgung Kulturen)
- stabilere Bodenstruktur (Erosionsschutz, Befahrbarkeitsverbesserung: Erhalten günstiger Struktureigenschaften)

Lösungsideen:

- **verbesserte Wasserinfiltration** = Vermeiden von Bodenverdichtungen, Verbessern des Bodenstrukturzustandes (stabile Grobporen), Schutz der Bodenoberfläche
- **verbessertes Wasserspeichervermögen** = Verbessern des Bodenstrukturzustandes (Grob- und Mittelporenvolumen)
- **stabilere Bodenstruktur** = Schutz der Bodenoberfläche, Verbessern der Aggregatstabilität



Bewirtschaftungslösung

Geeignete Kombination von Bewirtschaftungsmassnahmen aufgrund vorhandener Empfehlungen

→ **Fruchtfolge:**

standortspezifische Optimierung (mit Humusbilanz- und Erosionsrisikobeurteilung)

→ **Bodenbearbeitung:**

Mulchsaat, Streifenfrässaat/Streifensaar, Direktsaat

→ **Befahrungen:**

bodenzustandsbezogene Auswahl und Ausrüstung der Fahrzeuge (Verdichtungsrisikobeurteilung), kontrollierte Flächenbeanspruchung

Anpassung der Bewirtschaftung an aktuelle Feldsituation

→ **Bodenfeuchte-Monitoring:**

bodenzustandsbezogene technische und organisatorische Optimierung von Befahrungen und Bodenbearbeitung (Verdichtungsrisikobeurteilung)



Lösungsbeitrag Fruchtfolge

standortspezifische Optimierung

- **Standortspezifisch**: Wasserbedarf durch verfügbares Wasserangebot gedeckt
- **Humusbilanz**: ausgeglichene Bilanz "Abbau vs. Rücklieferung organischer Bodensubstanz"
- **Erosionsrisiko**: Beitrag zum notwendigen Erosionswiderstand ausreichend



Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit: Abtrag von wertvollem Oberboden
(Bodenneubildung: 0.01 mm/y)



3 Anwendungsbeispiel Wasserhaushalt-Beeinflussung

Lösungsbeitrag Bodenbearbeitung

Pflügen

Direktsaat

Mulchsaat, Streifenfrässaat/Streifensaat, Direktsaat

- maximal 10 cm tief
- unterschiedlicher Grad der Bodenbewegung (100%, <50%, <25%)
- vgl. *"Beitrag für schonende Bodenbearbeitung"* in DZV 2014
- mindestens 30 % Bodenbedeckung

Mulchsaat

Streifenfrässaat



3 Anwendungsbeispiel Wasserhaushalt-Beeinflussung

Lösungsbeitrag Befahrungen

bodenzustandsbezogene technische und organisatorische Optimierung (mit Verdichtungsrisikobeurteilung)

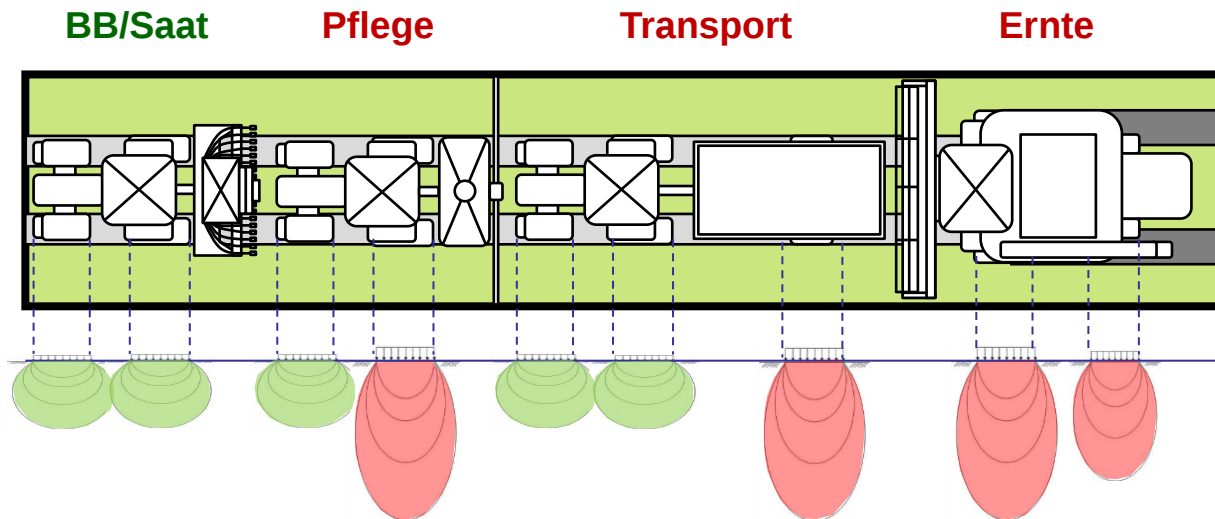
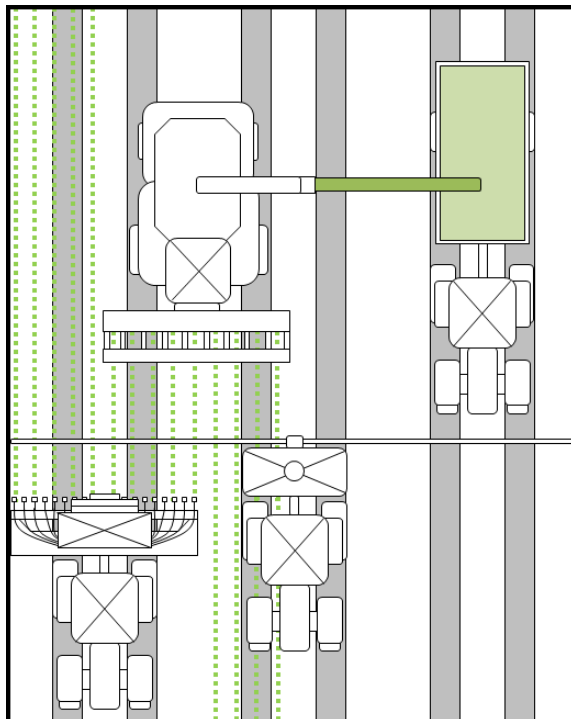
→ **kontrollierte Flächenbeanspruchung**: Controlled Traffic Farming (CTF)

= nur ein Teil des Feldes wird grösseren Belastungen ausgesetzt

= der Rest des Feldes wird nur leicht oder gar nicht belastet

(i) Fahrzeuge > 0.6 bar Kontaktflächendruck auf permanenten Fahrspuren

(ii) mindestens 30 % unbefahrene Feldfläche ("Infiltrationsstreifen")





3 Anwendungsbeispiel Wasserhaushalt-Beeinflussung

Lösungsbeitrag Befahrungen

bodenzustandsbezogene technische und organisatorische
Optimierung (mit Verdichtungsrisikobeurteilung)

(iii) Bodenfeuchtemonitoring für situationsgerechte Befahrungs-
und Bearbeitungsentscheide

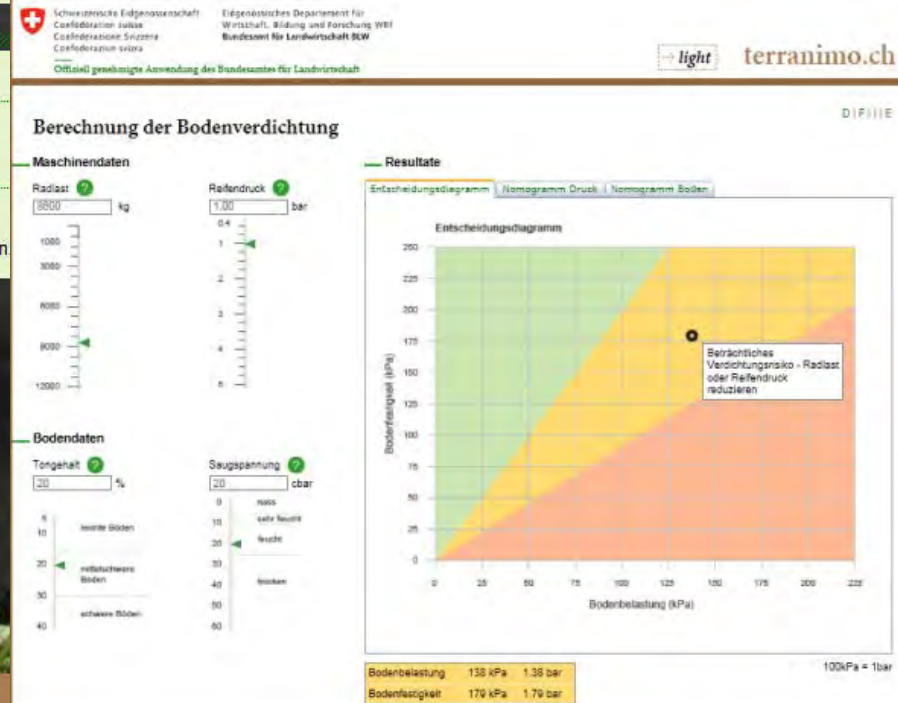
Willkommen bei **Terranimo®**

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

Es sind zwei Versionen verfügbar:

→ **Terranimo® light**
für die einfache und schnelle Risikoeinschätzung von Standardsituationen.

→ **Terranimo® expert**
für die umfassende Analyse des Verdichtungsrisikos bei spezifischen Bedingungen





4 Schlussfolgerungen

Bodenwasserhaushalt und Bewirtschaftung

Bedeutung der Bodenstruktur und ihres Zustandes für den Wasserhaushalt!

Wasserhaushalt ist nicht nur abhängig von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmassnahmen, sondern auch von Standorteigenschaften

Einfluss von Bodentyp, Bodenart, Jahreswitterung und Mikroklima!

Bewirtschaftungseinflüsse auf die Bodenstruktur bzw. den Bodenwasserhaushalt können je nach Feldsituation sehr unterschiedlich sein

Intensive Wechselwirkungen, Bedeutung des Bodenzustandes!

Abstimmen der Bewirtschaftungsmassnahmen (inkl. Maschinenwahl, Arbeitsorganisation) auf aktuelle Feldsituation ist oft entscheidend für Arbeitsqualität und Bewirtschaftungserfolg

Nutzen von aktuellen Informationen und Erfahrungswissen

→ Ausbildung: Situationsbeurteilung + systematischer Erfahrungsaufbau



Agroscope

peter.weisskopf@agroscope.admin.ch

Gabi Brändle, Agroscope