

# Studiengang Agrartechnik

## Modul Bodenkultur und Düngung

WS 2024/2025

Kapitel 5:

## Bodenmechanik

# Gliederung des Moduls (Vorlesung)

## Teil Bodenkultur

### 1. Rechtliche Rahmenbedingungen

- Bodenschutzrecht
- Düngerecht

### 2. Bodenentstehung

- Geologie
- Bodenbildende Faktoren und Prozesse
- Bodensystematik: Bodentypen/Bodenformen

### 3. Bodenphysik

- Feste Bestandteile
- Flüssige Bestandteile/Bodenwasser
- Bodenluft

### 4. Humus/Bodenbiologie/Bodenchemie

- Bodenhumus: Entstehung, Bedeutung
- Bodenfruchtbarkeit; Fruchtfolge

# Gliederung des Moduls (Vorlesung)

5. Bodenmechanik

6 . Bodenschutz

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung

7. Bodenschätzung

Teil Düngung

8. Wasser- und Nährstoffaufnahme

9. Stickstoffdüngung

10. Phosphor- und Kaliumdüngung

11. Schwefel-, Magnesium-, Kalzium-Düngung

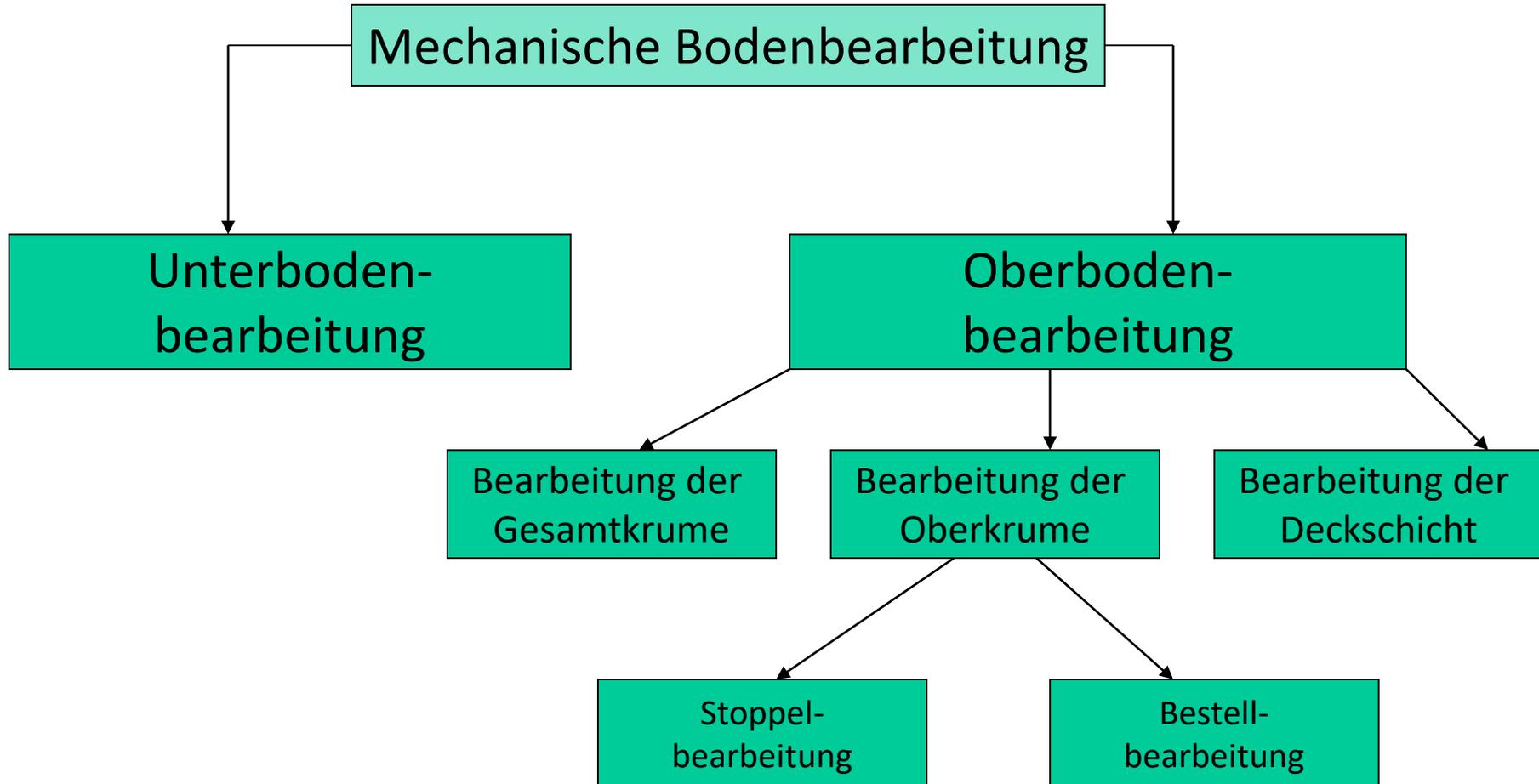
12. Spurennährstoffdüngung

13. Organische Düngung

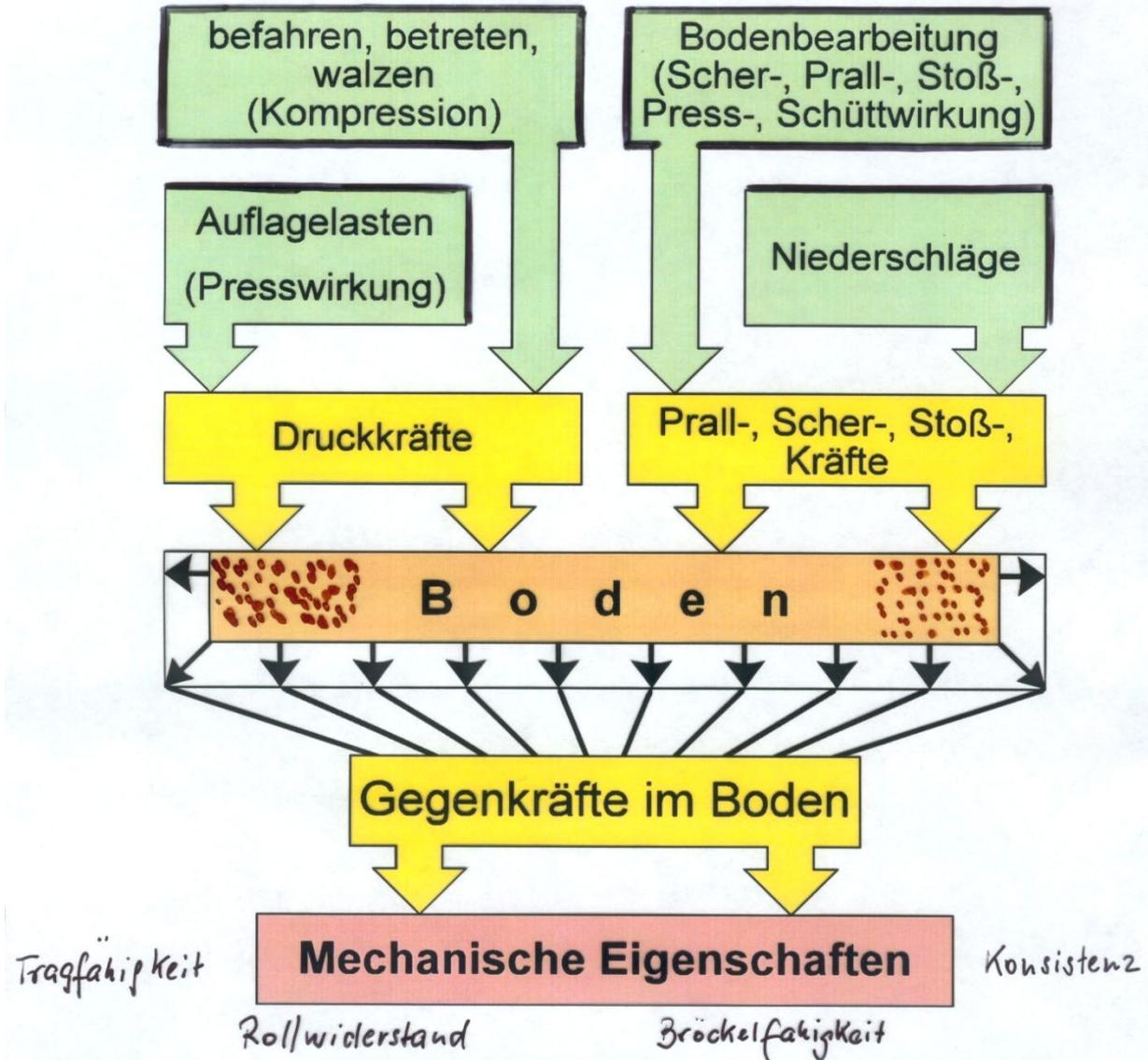
## Bodenmechanik: Definition

- ...ist die Lehre von den physikalischen Eigenschaften des Bodens und seines Verhaltens als Baugrund oder bei Bearbeitung
- ...sie untersucht die Bewegungen und Kräfte in Lockergesteinen bzw. Erdstoffen,
- ...sie beschäftigt sich auch damit, wie die Kräfte aus der Statik eines Bauwerkes in den Untergrund schadlos abgeleitet werden.

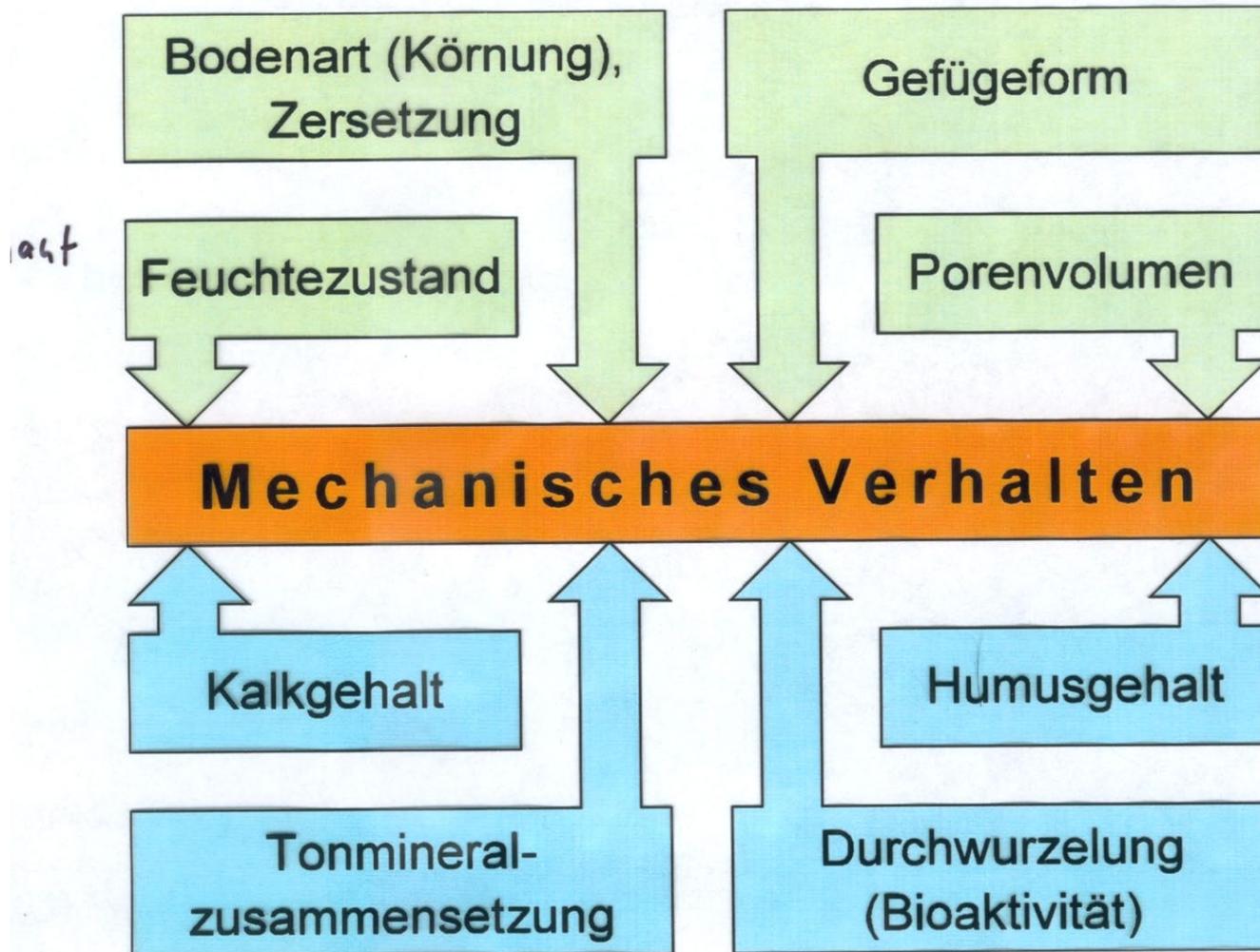
# Mechanisches Verhalten von Böden



# Mechanische Einwirkungen auf den Boden

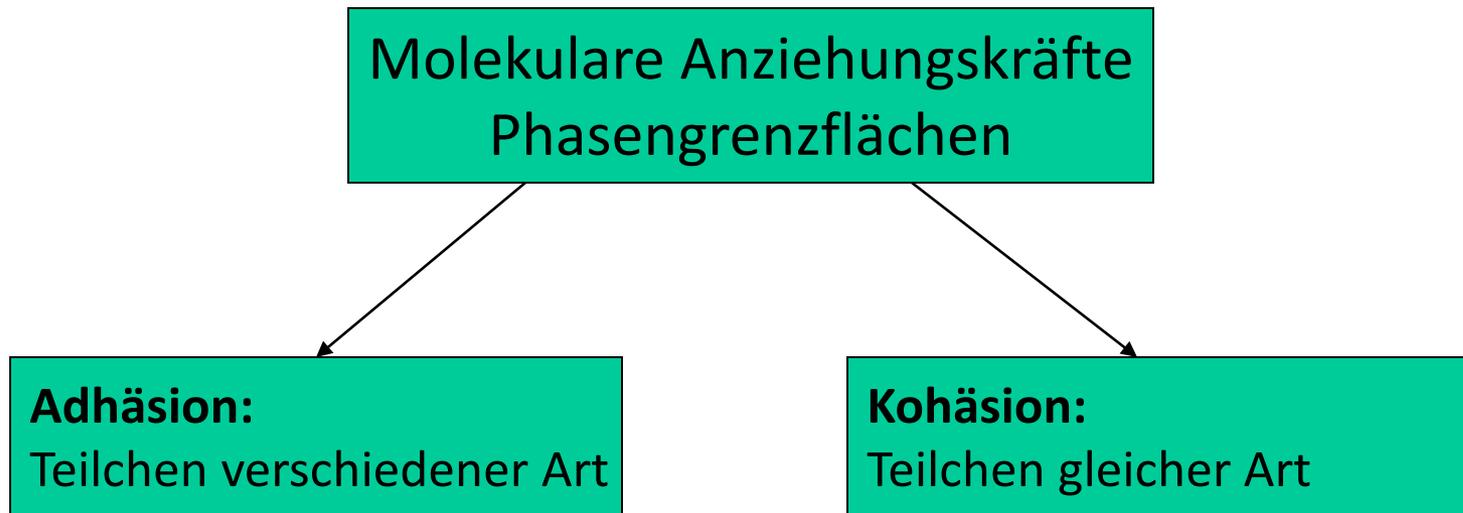


## Einflüsse auf das mechanische Verhalten von Böden



# Basis des bodenmechanischen Verhaltens

Materialbearbeitung erfordert Kenntnisse der mechanischen Eigenschaften



**Konsistenz:** Verformungsverhalten, welches sich durch das Kräfteverhältnis von Kohäsion zu Adhäsion bei unterschiedlicher Feuchte ergibt

# Konsistenzgrenzen nach Atterberg

## **Fließgrenze $W_f$ (Liquid Limit):**

Wassergehalt am Übergang von der flüssigen zur plastischen Zustandsform

## **Ausrollgrenze $W_a$ (Plastik Limit):**

Wassergehalt am Übergang von der plastischen zur halbfesten Zustandsform

## **Schrumpfgrenze $W_s$ (Shrinkage Limit):**

Die Schrumpfgrenze ist der Wassergehalt am Übergang von der halbfesten zur festen Zustandsform.

Videotipp (Ermittlung der Atterberg-Grenzen):

<https://www.youtube.com/watch?v=EcXJ961qjGA>

# Konsistenzgrenzen nach Atterberg

<b>Wassergehalt</b>	<b>Konsistenz</b>
trocken	hart, fest; nicht ausrollbar
<b>SCHRUMPFGRENZE</b>	
leicht feucht	bröckelbar; kaum ausrollbar, nicht knetbar
<b>AUSROLLGRENZE</b>	
feucht	ausrollbar; schwer knetbar
stark feucht	ausrollbar; gut knetbar
naß	ausrollbar; schlecht knetbar (zu weich)
<b>FLIESSGRENZE</b>	
sehr naß	nicht mehr ausroll- u. knetbar; fließend

# Konsistenzgrenzen und technologische Eigenschaften des Bodens

Wassergehalt	<b>B o d e n</b>					
	$w_s$ ←		→ $w_f$ steigend			
	fest		halbfest	plastisch	viskos	
Konsistenz	steinhart	hart	bröckelig	zäh	weich	zähflüssig
Bearbeitbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schwer bearbeitbar</li> <li>- hoher Energiebedarf</li> <li>- große Kluten</li> <li>- mehrere Arbeitsgänge</li> <li>- hoher Werkzeugverschleiß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- krümelnd</li> <li>- optimal bearbeitbar</li> <li>- Maximum von Energieaufwand zu Arbeitseffekt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- adhäsiv</li> <li>- verdichtungsempfindlich</li> <li>- verschmierend</li> </ul>			
Befahrbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr tragfähig</li> <li>- gut befahrbar</li> <li>- kaum Spuren</li> <li>- geringer Rollwiderstand</li> <li>- kaum Schlupf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tragfähig</li> <li>- deutliche Spuren</li> <li>- Schlupf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- begrenzt tragfähig</li> <li>- tiefe Spuren</li> <li>- hoher Rollwiderstand</li> <li>- hoher Schlupf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht tragfähig</li> <li>- Fahrzeug versinkt</li> </ul>		

# Plastizitätszahl und Konsistenzzahl

$$PZ = WF - WA$$

PZ = Plastizitätszahl (Plastizitätsindex, Bildsamkeit)

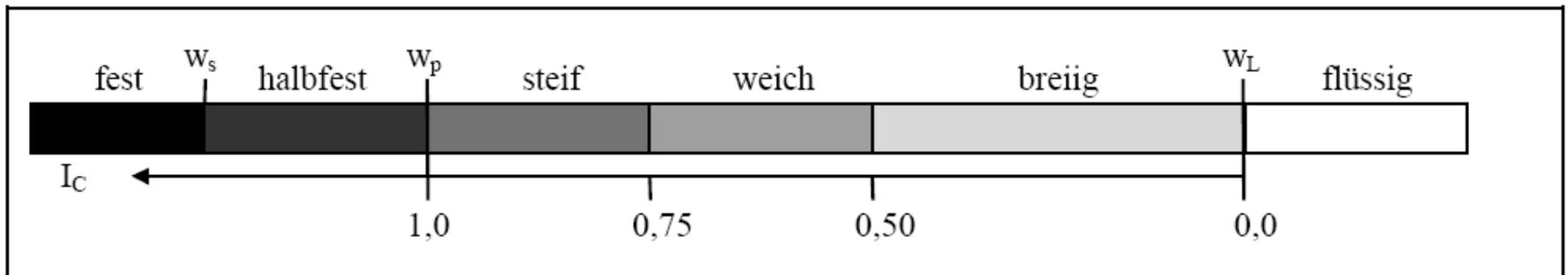
WF = Wassergehalt bei Fließgrenze

WA = Wassergehalt bei Ausrollgrenze

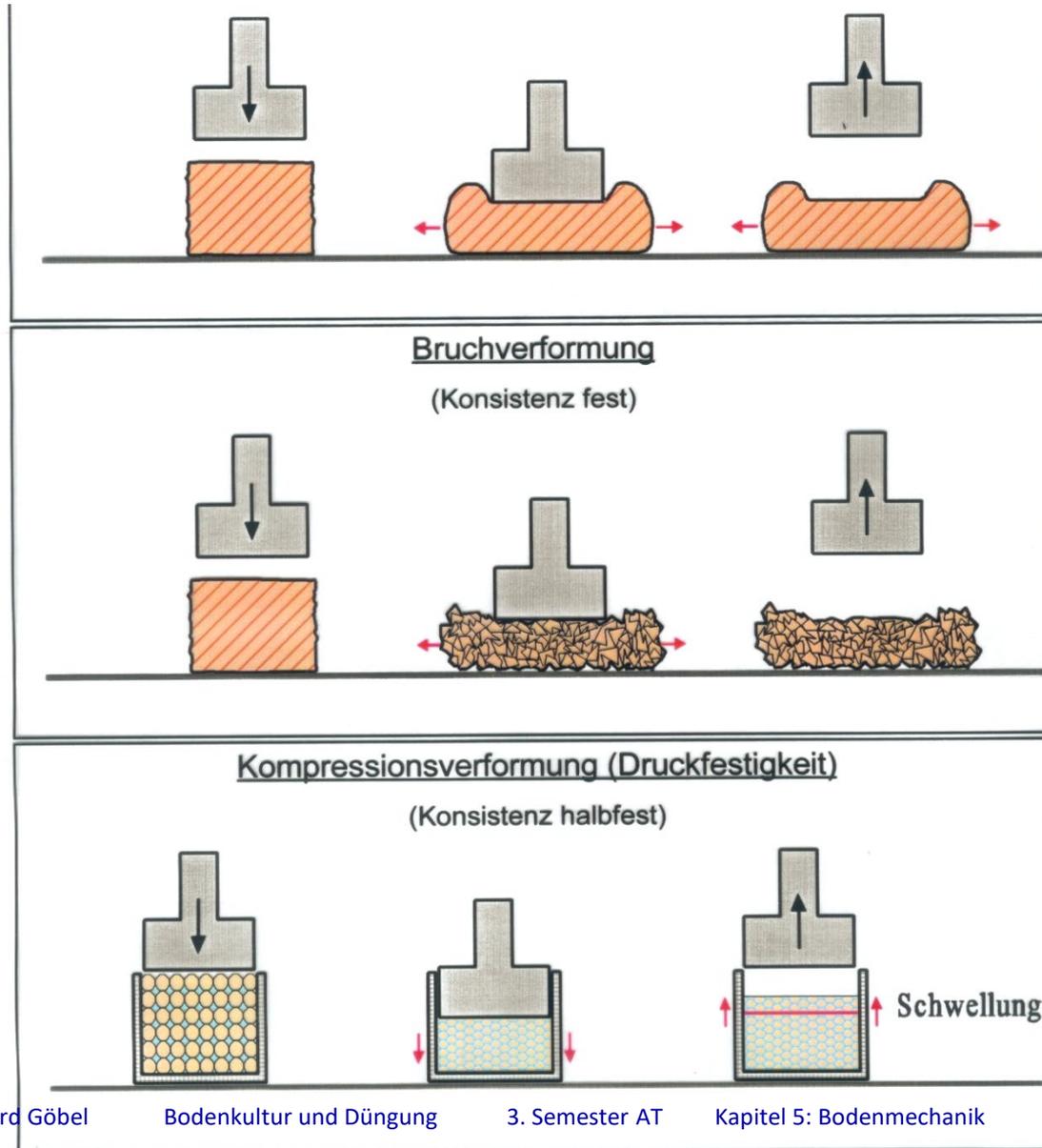
$$I_c = \frac{WF - WB}{WF - WA} = \frac{WF - WB}{PZ}$$

I<sub>c</sub> = Konsistenzzahl

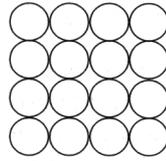
WB = aktueller Wassergehalt des Bodens



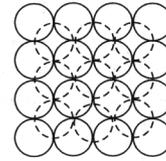
# Plastische, elastische und Bruchverformung



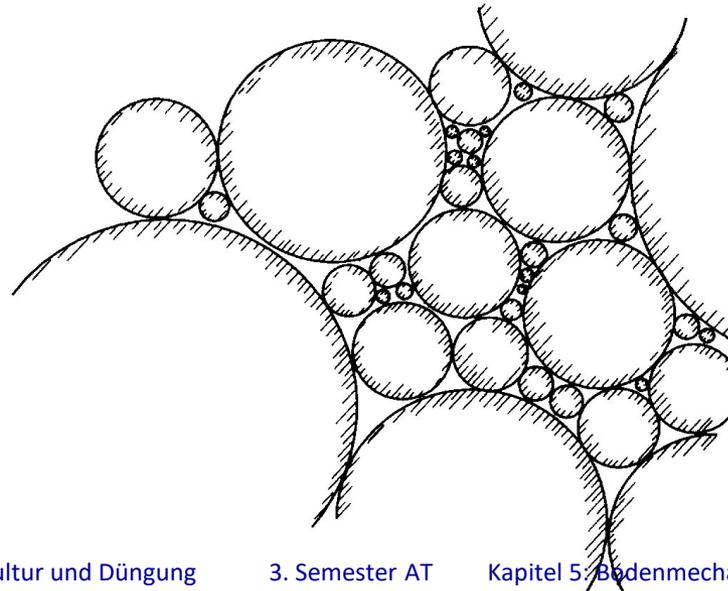
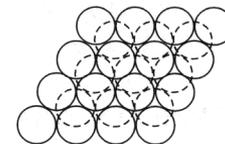
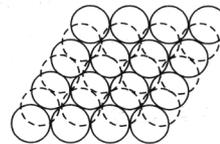
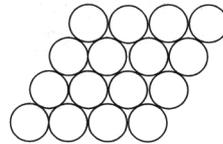
# Abhängigkeit der Dichte und Stabilität von der Korngrößenmischung und der Ordnung (Einregulierung) der Partikel



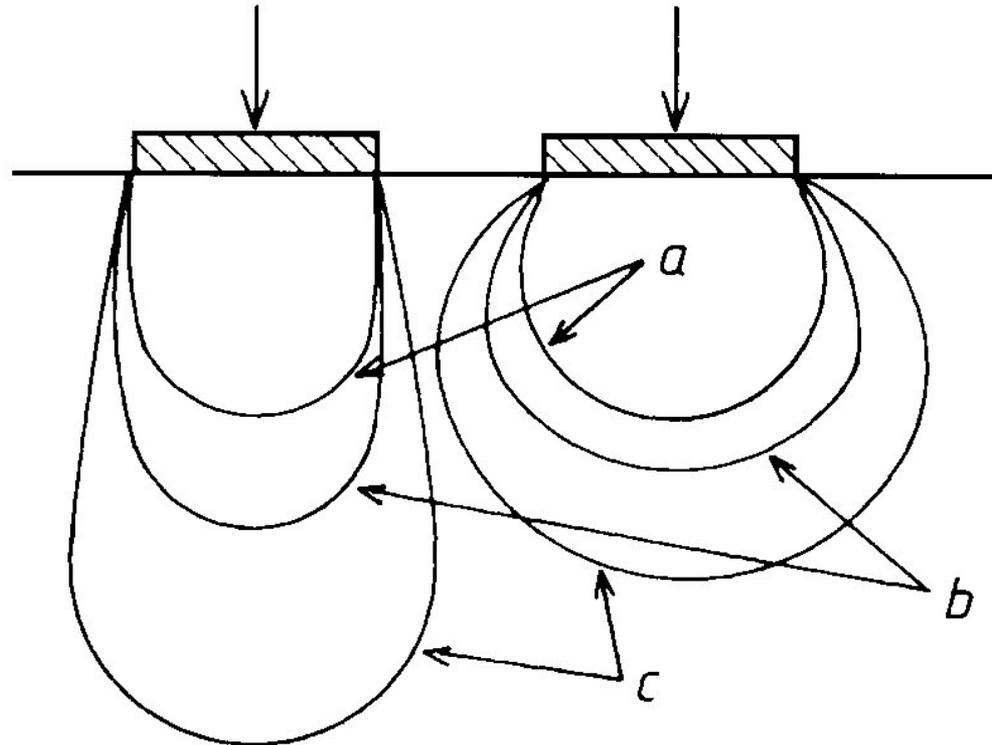
(a)



(b)

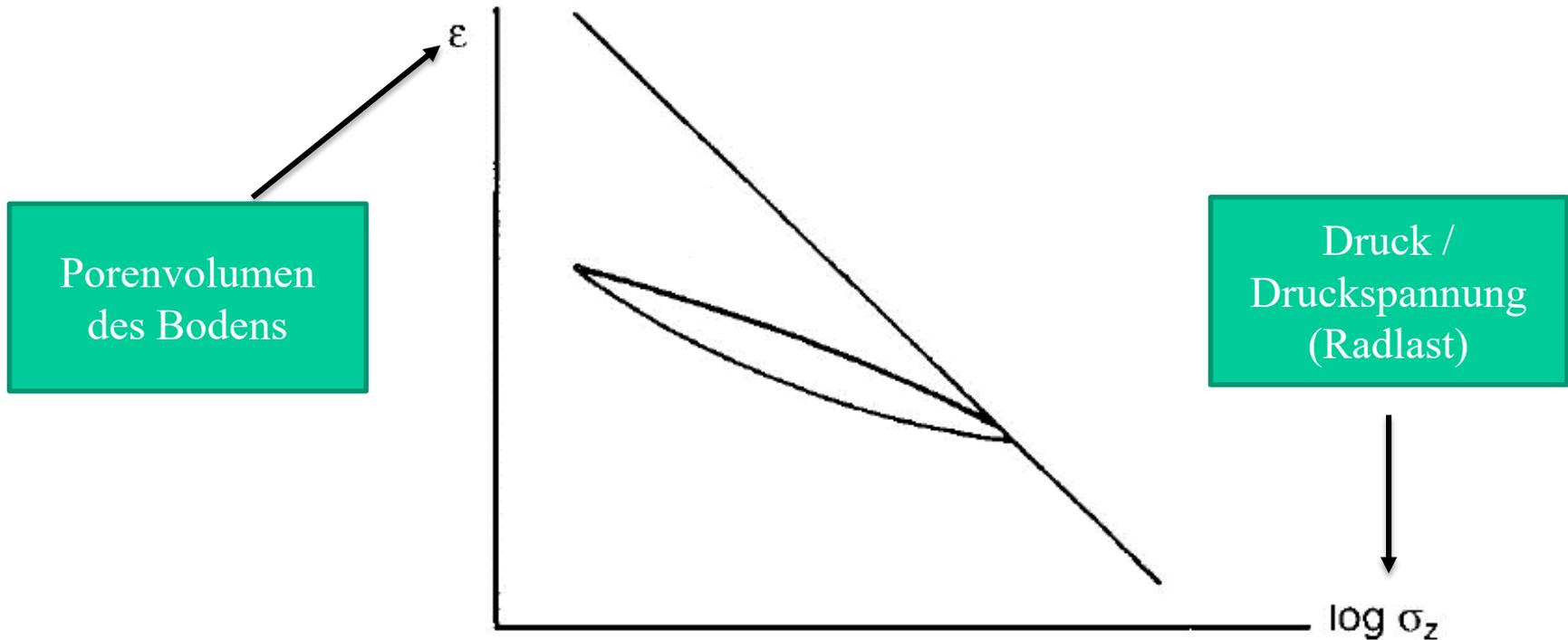


# Druckfortpflanzung in weichem und festem Boden



**Abb. 5.3–10** Druckzwiebeln: Linien gleicher Vertikalspannung (a, b, c) in einem weichen (links) und einem harten Boden (rechts) (verändert nach SÖHNE).<sup>54</sup>

# Drucksetzungskurve

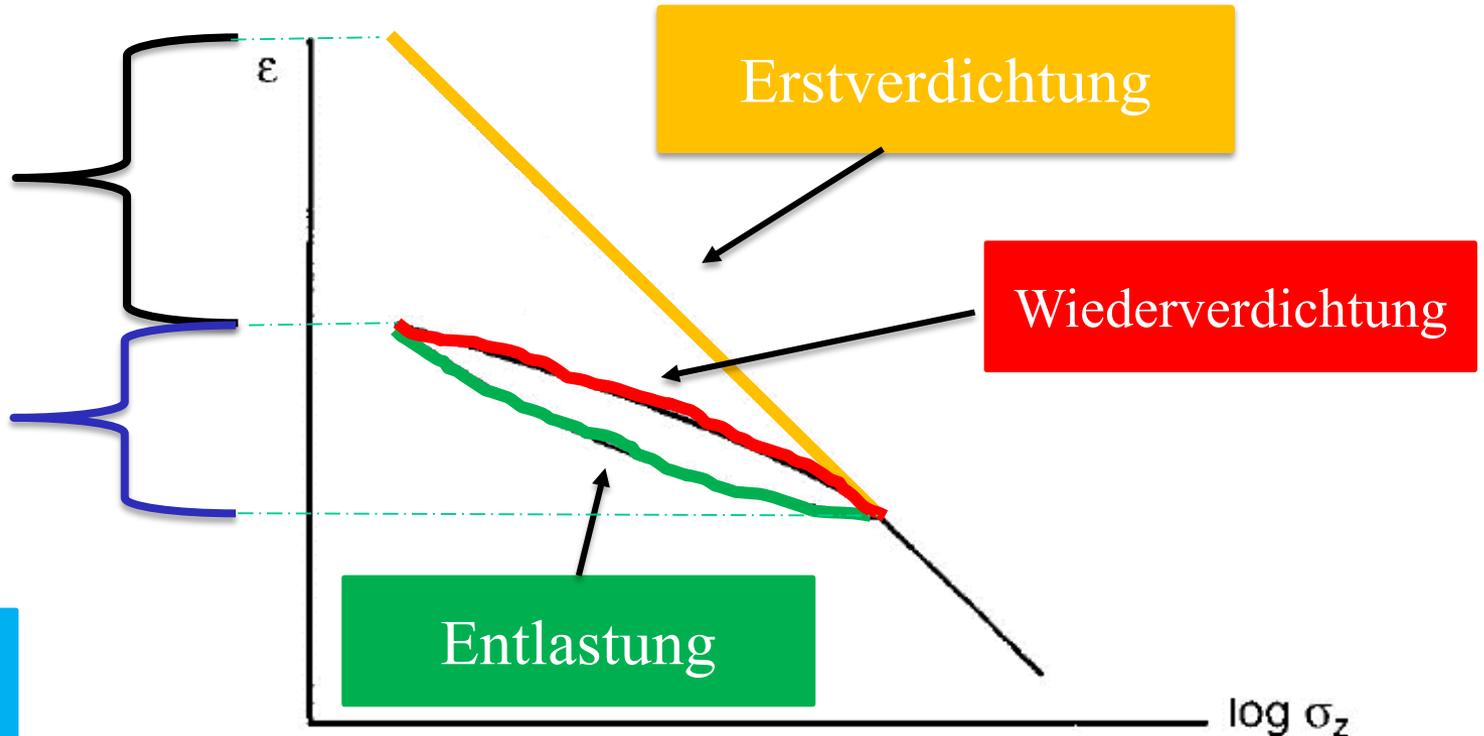


# Drucksetzungskurve

Plastischer Bereich

Elastischer Bereich

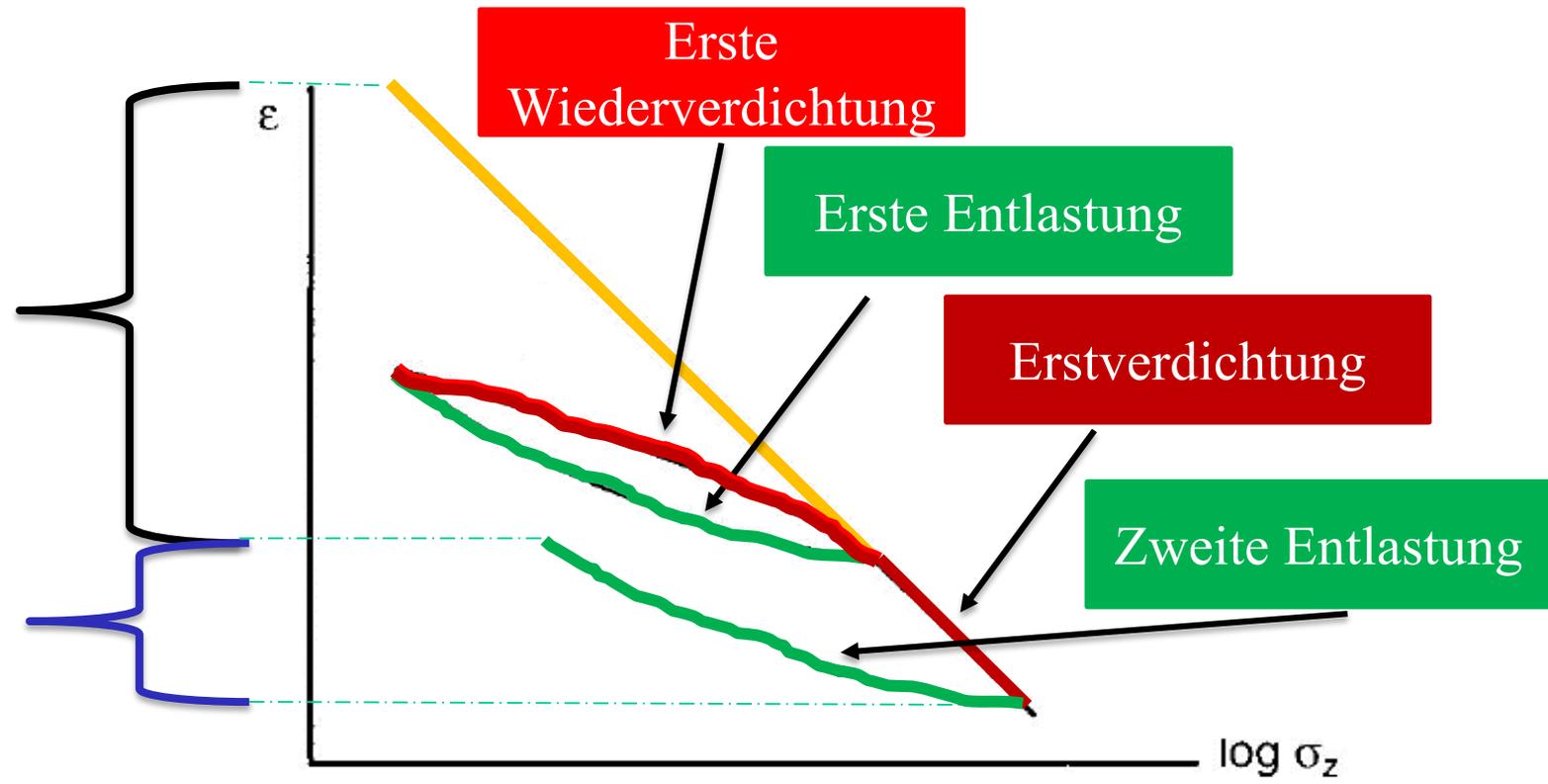
-Humusgehalt  
-Körnung  
-Feuchte



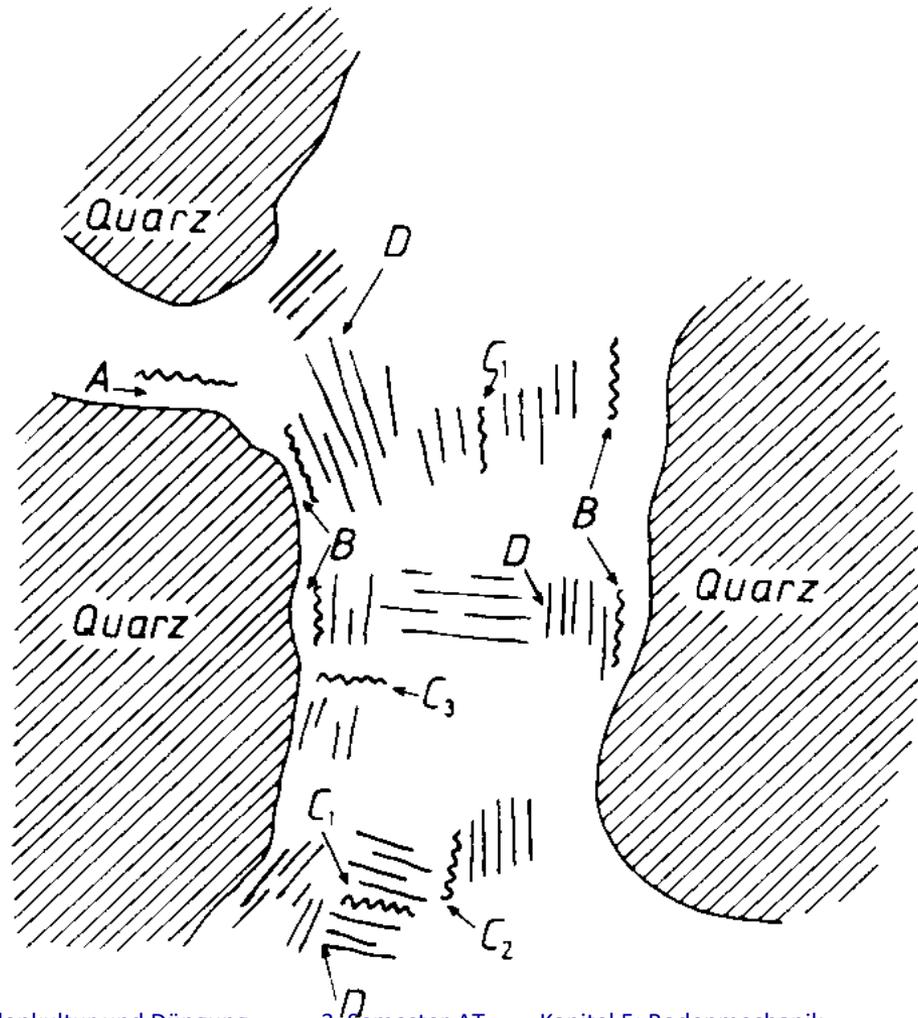
# Drucksetzungskurve

Plastischer Bereich

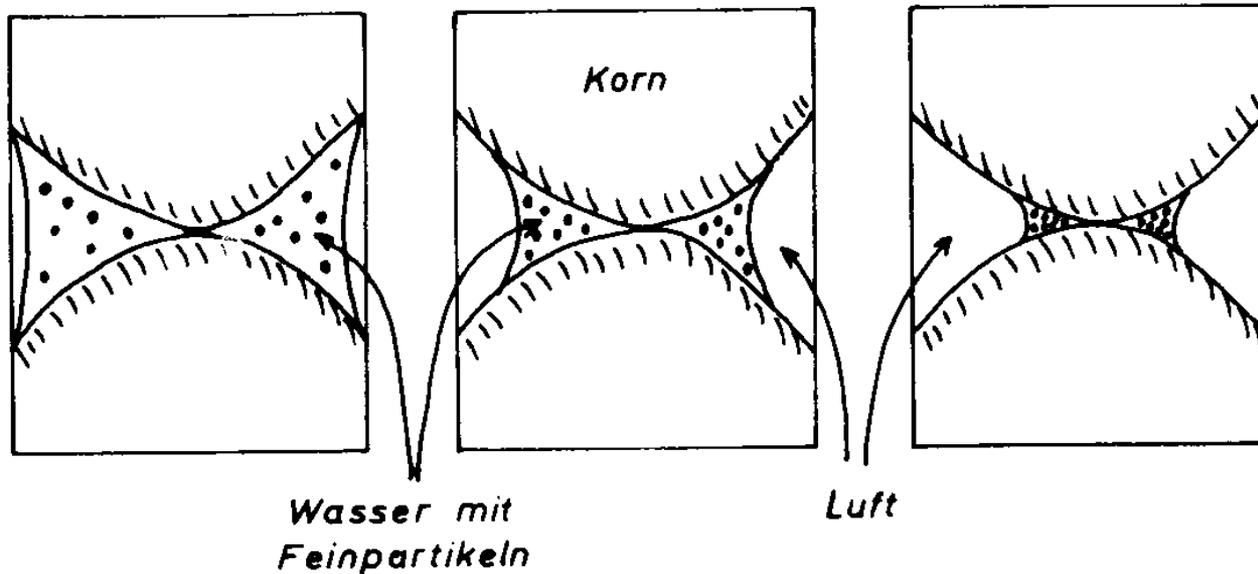
Elastischer Bereich



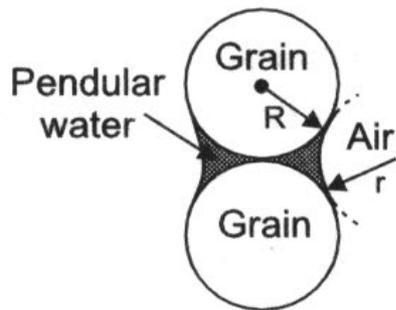
# Bodenstabilität abhängig von der Zusammensetzung des Bodens



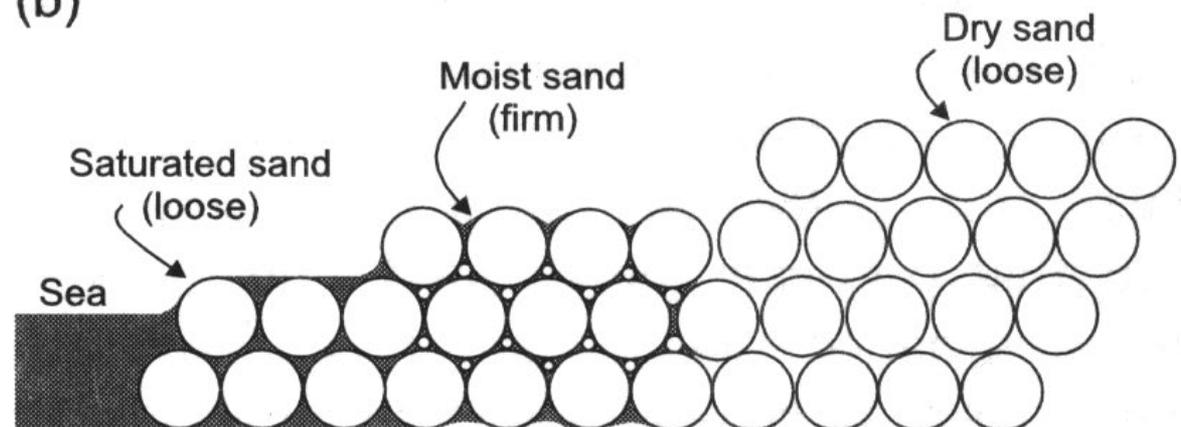
# Abhängigkeit der Bodenstabilität vom Wasser



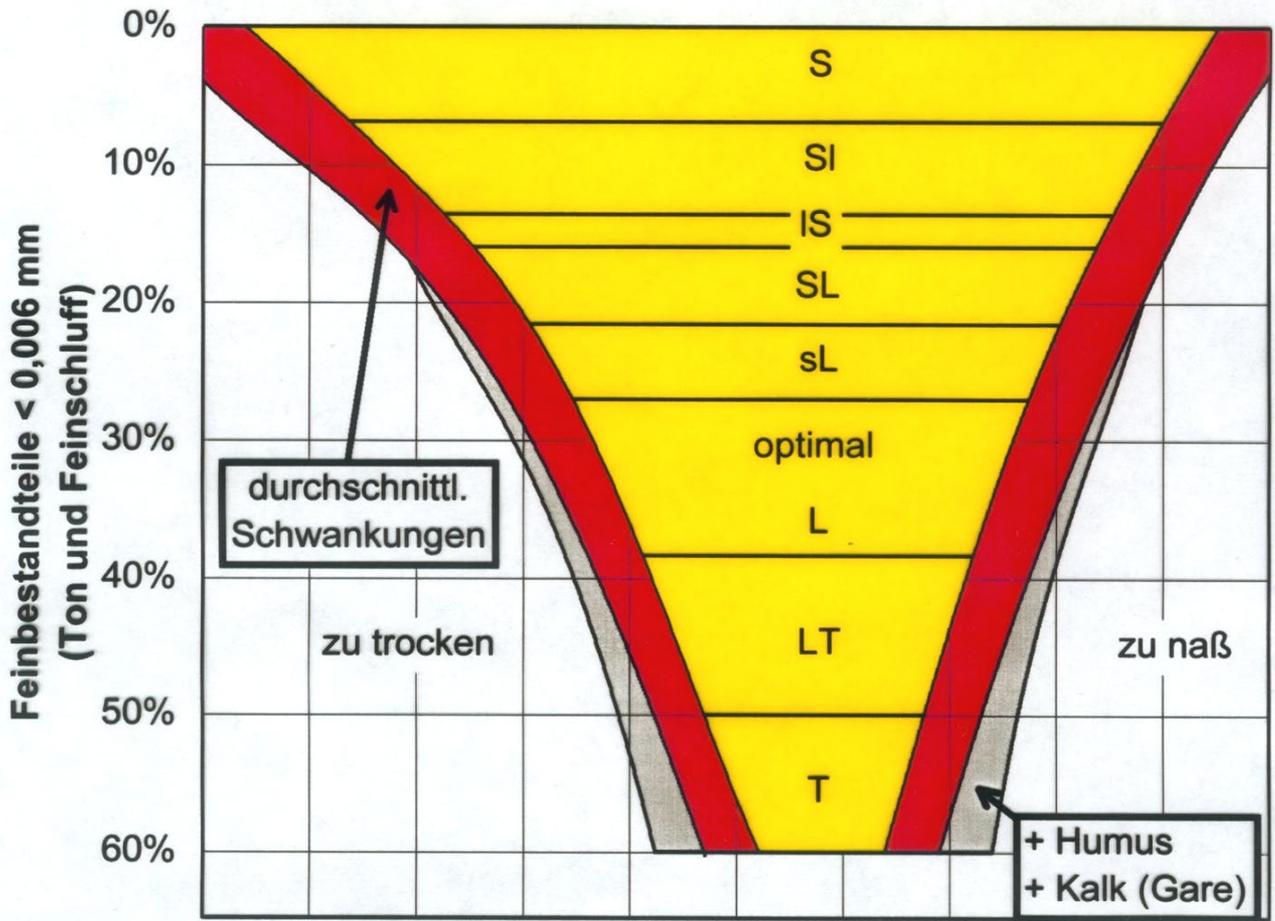
(a)



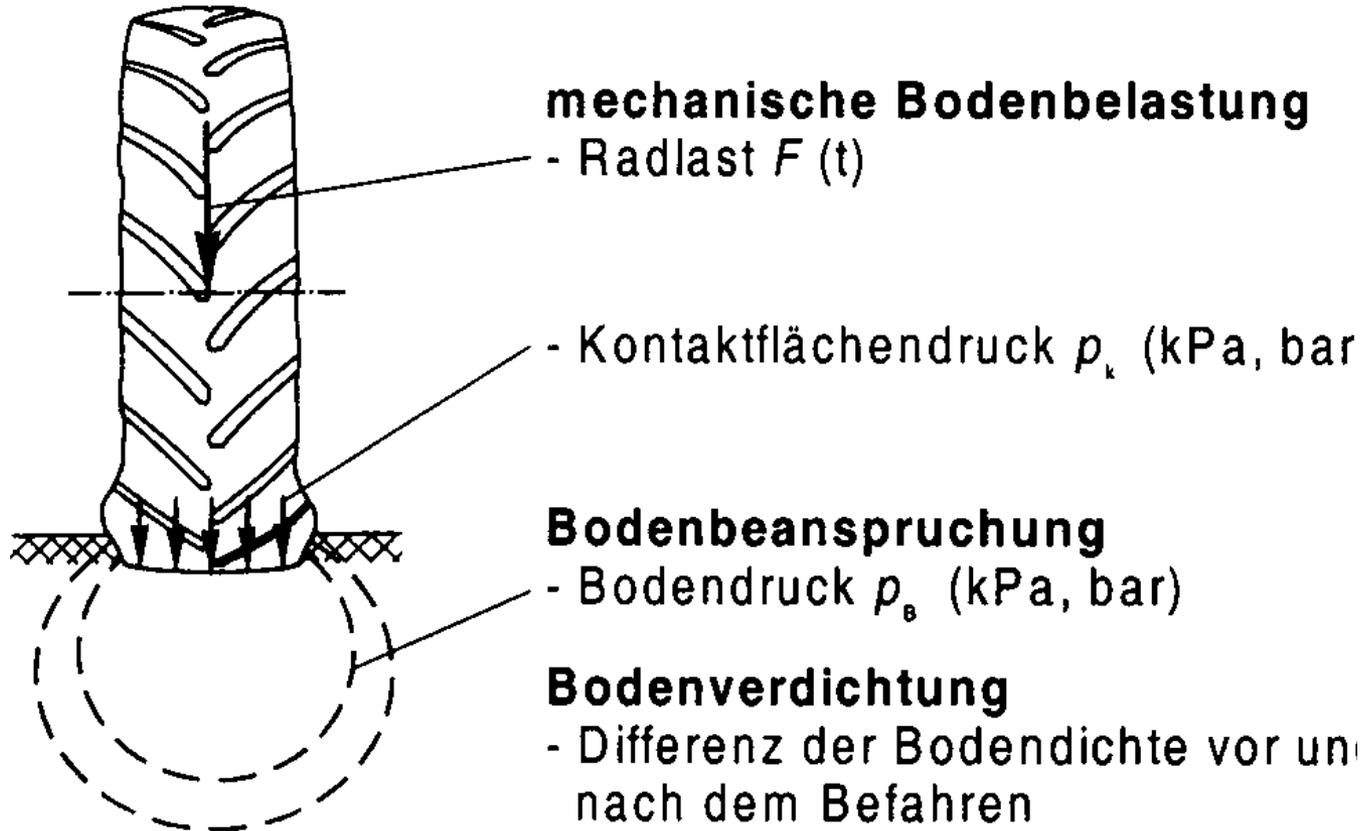
(b)



## Bearbeitbarkeit der Bodenarten in Abhängigkeit vom Wassergehalt (nach PETELKAU u. SEIDEL)



# Kennwerte der Bodenbelastung durch Befahrung

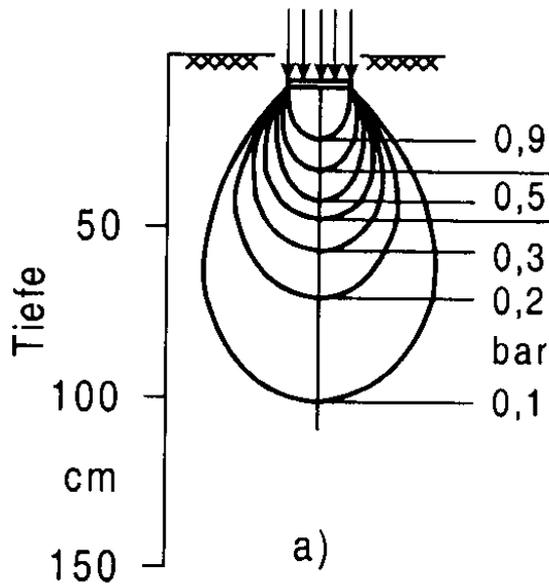


# Tiefenwirkung von Bodenbelastungen

Radlast [t]            1

Radaufstands-  
fläche [m<sup>2</sup>]        0.1

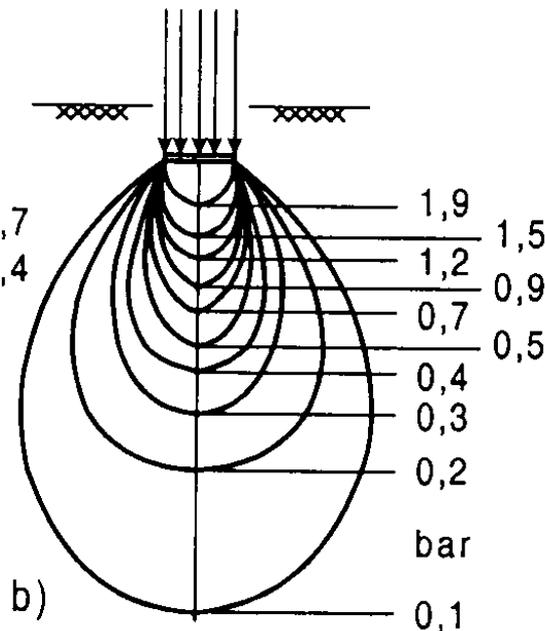
Kontaktflächen-  
druck [bar]        1



2

0.1

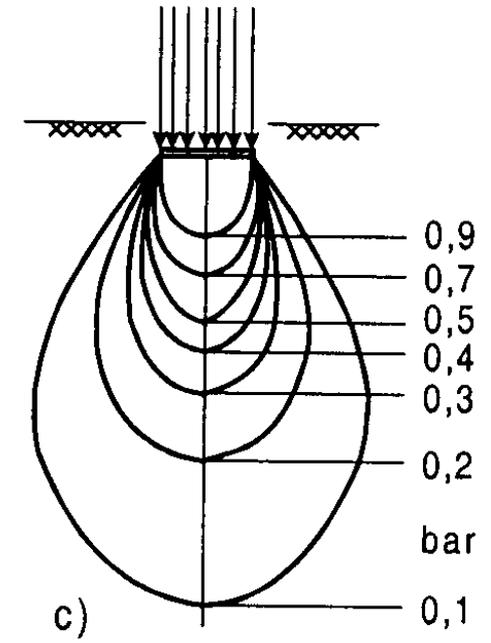
2



2

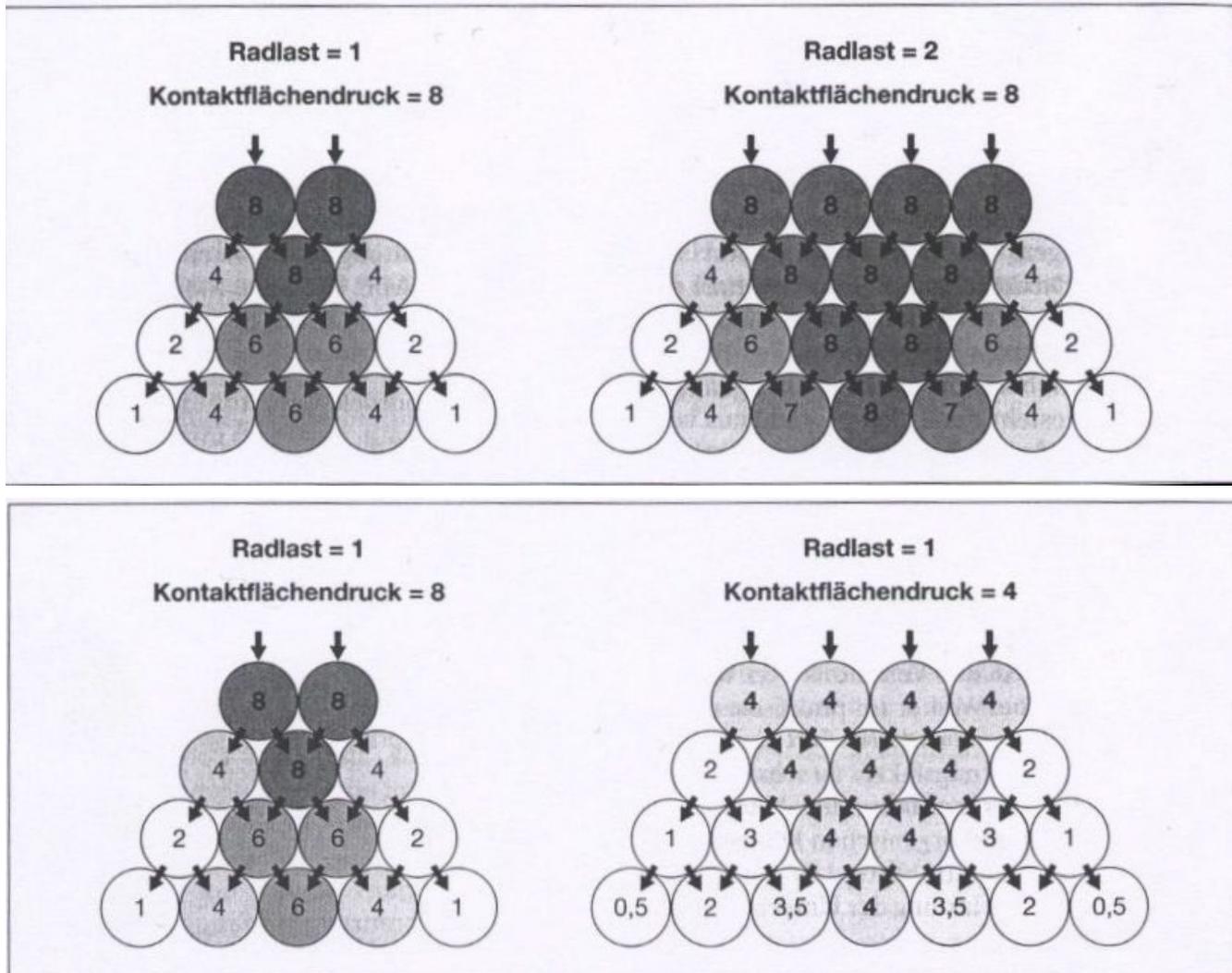
0.2

1

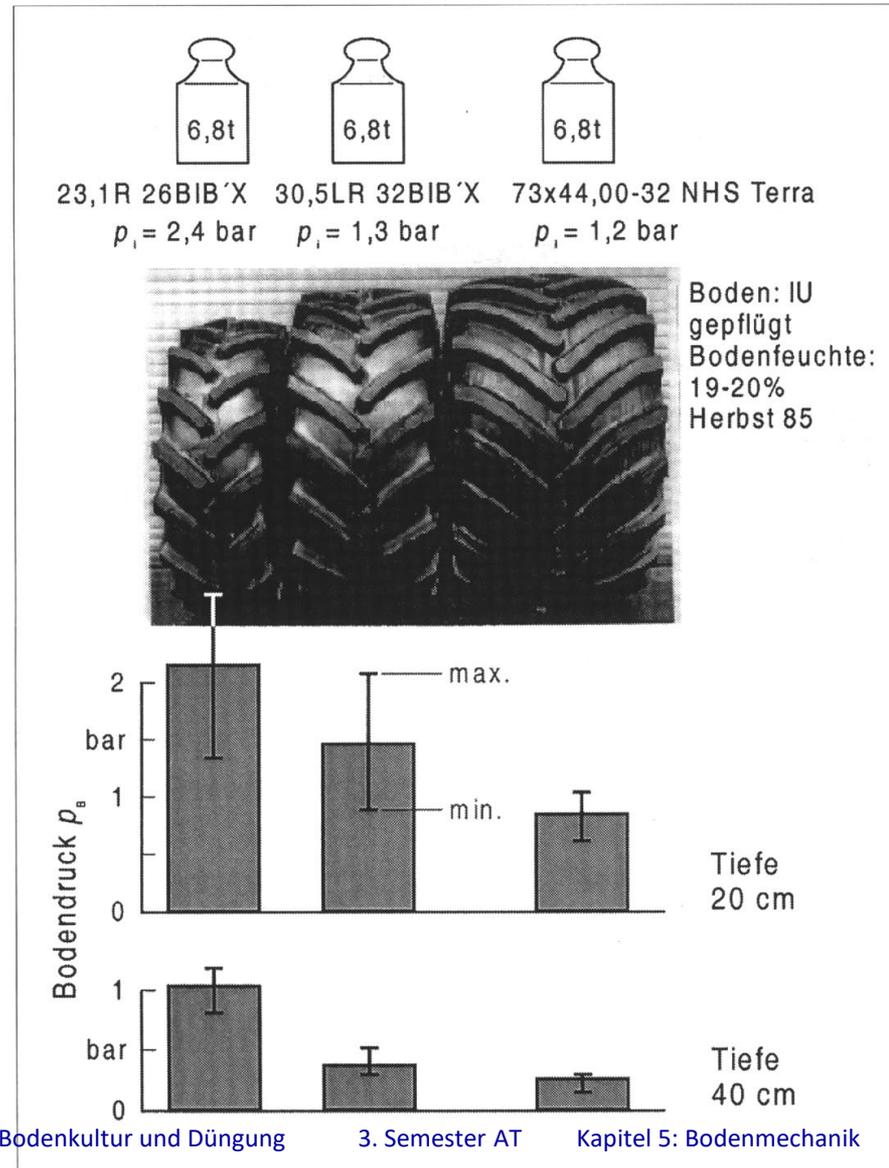


nach *Bolling u. Söhne*, geändert

# Tiefenwirkung von Bodenbelastungen



# Verminderung des Bodendrucks durch Breitreifen



# Einfluss der Überrollhäufigkeit auf den Bodendruck

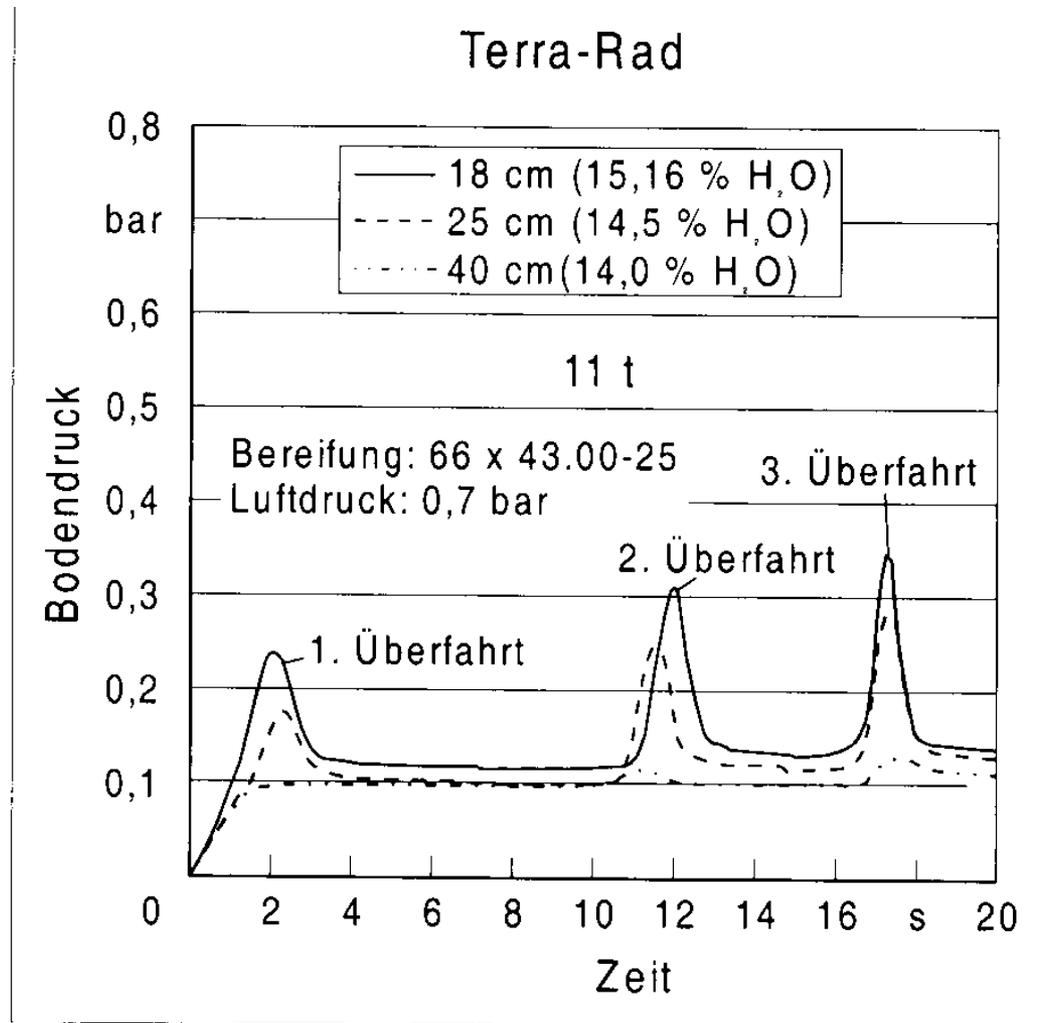


Abb. 8: Mehrfache Überrollung der gleichen Spur erhöht den Bodendruck

# Vergleich zwischen leichten und schweren Böden hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften

<b>Parameter</b>	<b>leichter Boden</b>	<b>schwerer Boden</b>
Bearbeitungsbereitschaft (länger/kürzer)		
Bearbeitungswiderstand (höher/niedriger)		
Bröckelneigung/Mischbarkeit (höher/geringer)		
Setzungsverhalten (besser/schlechter)		
Terminabhängigkeit (kleiner/größer)		
Bodenschäden (seltener/häufiger)		
Zeitaufwand (höher/geringer)		
Materialverschleiß (höher/geringer)		
Kosten (höher/geringer)		