

# Bodenverdichtung

Ökologie und Bodenkunde 103-0116-00 G

*Silvia Tobias*

*Eidgenössische Forschungsanstalt WSL*

# Problem?



**Staunässe**

**Eingeschränktes  
Pflanzenwachstum**



# Hintergrund



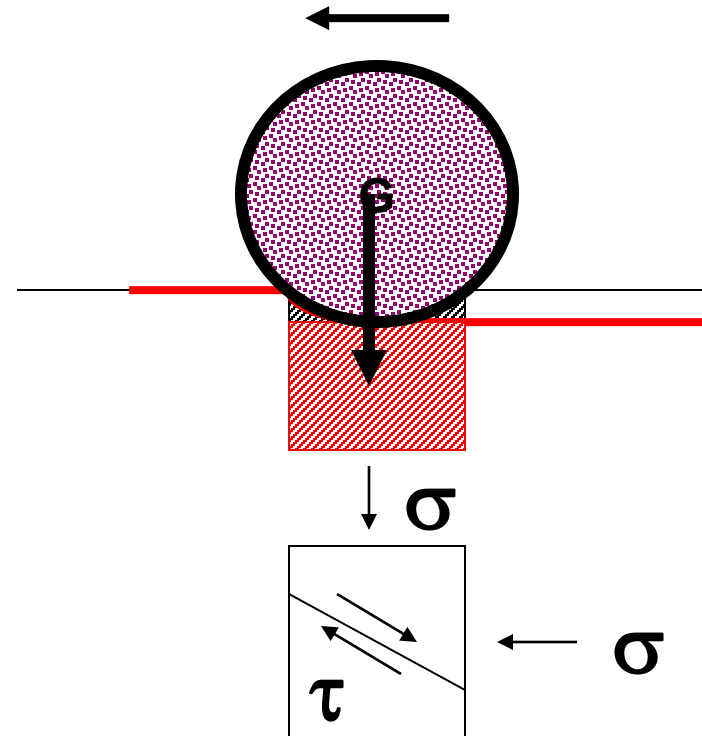
**Mechanisierung und Intensivierung der Landwirtschaft**

# Lastfall Befahrung

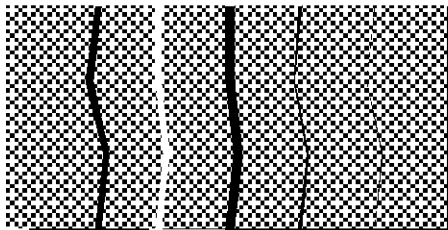
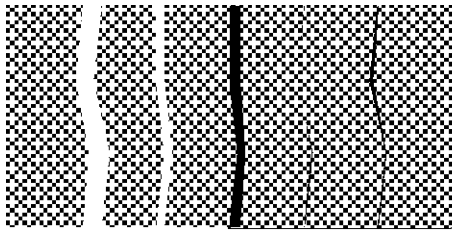
Spannungszustand im  
Boden bei Befahrung

$\sigma$ : Normalspannungen

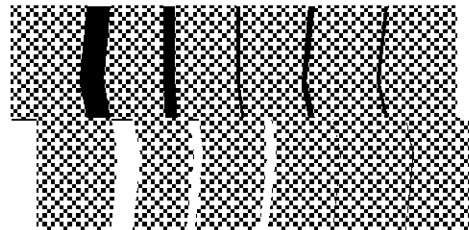
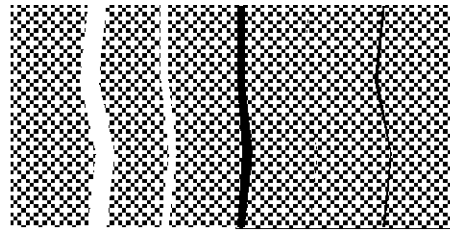
$\tau$ : Schubspannungen



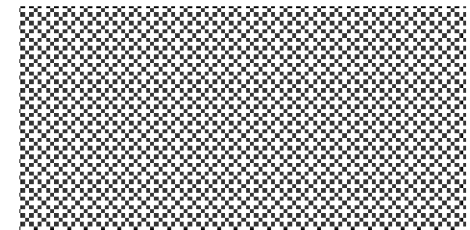
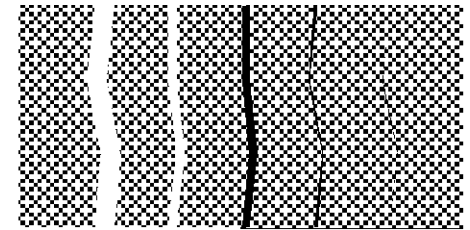
# Verdichtungserscheinungen



**a) Sackungsverdichtung**

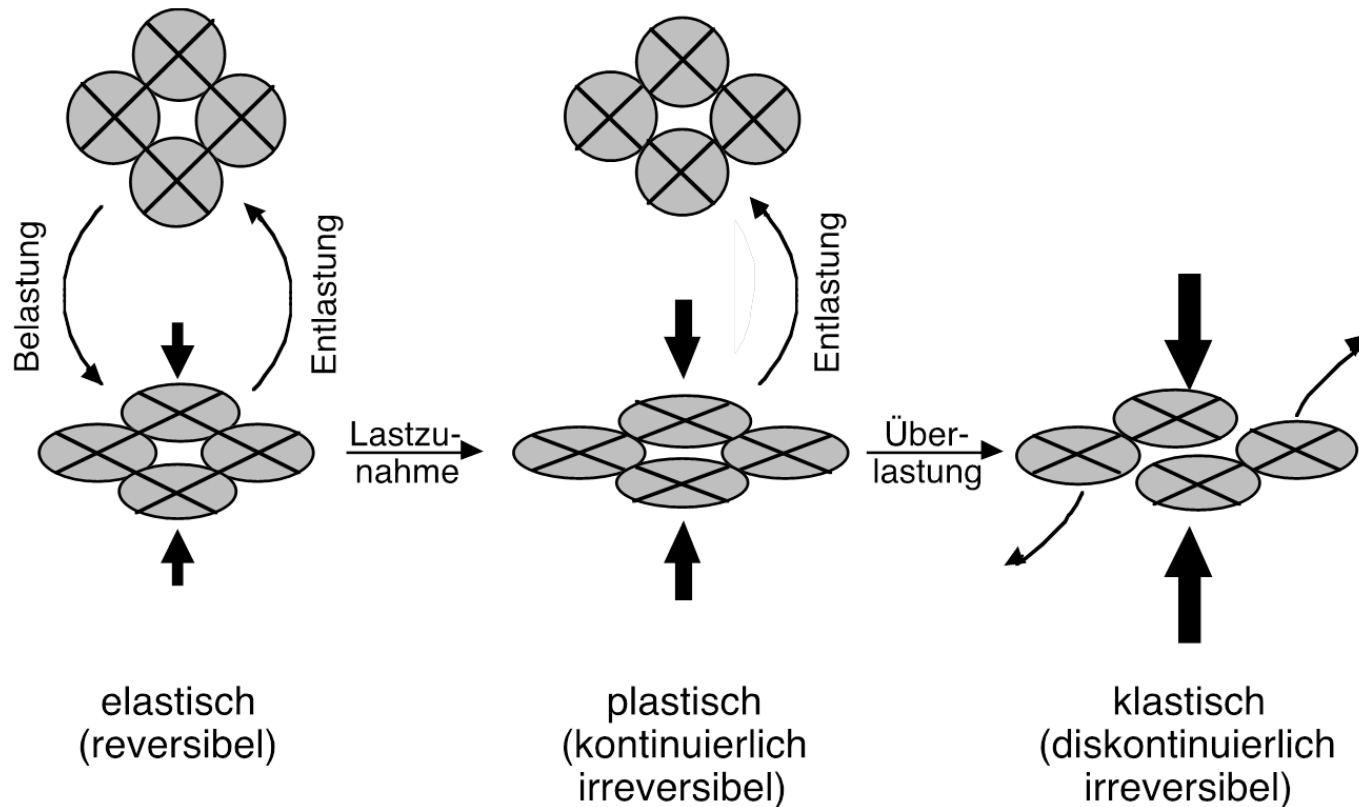


**b) Scherung**

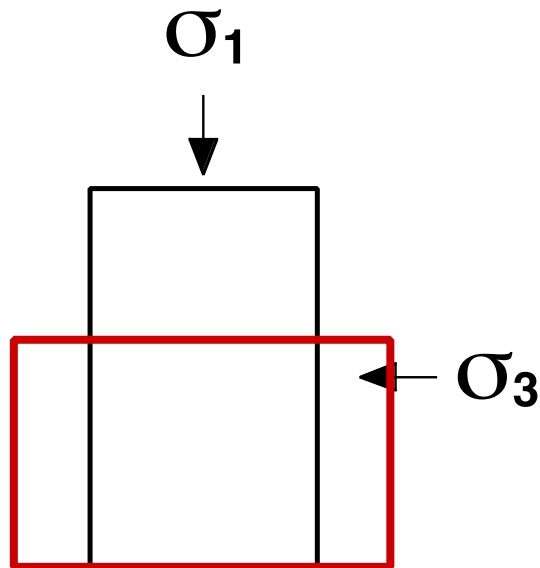


**c) Knetung**

# Verformungszustände im Boden

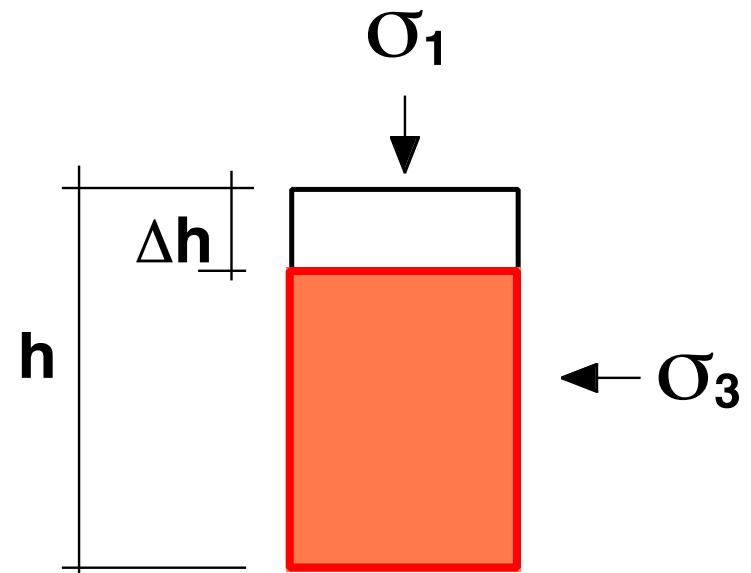


# Sackungsverdichtung (Konsolidation)



$$\sigma_3 = 0$$

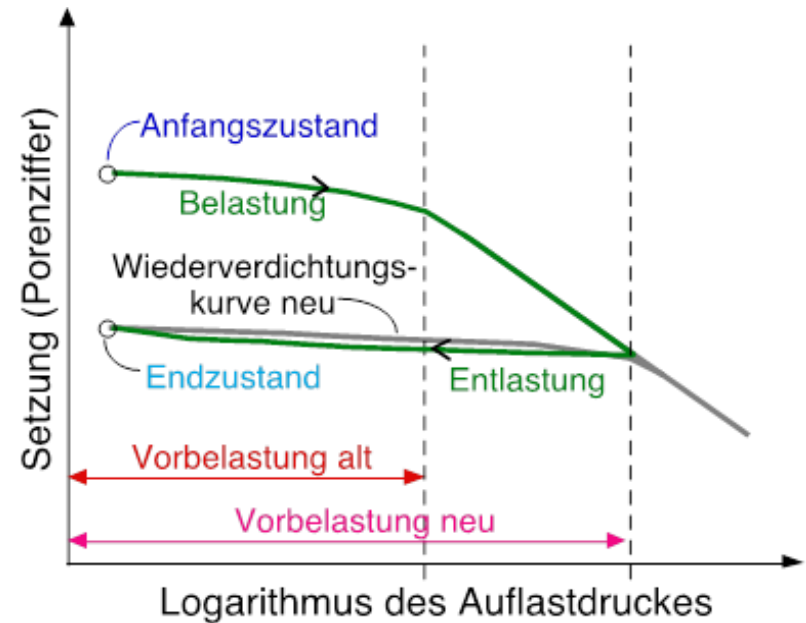
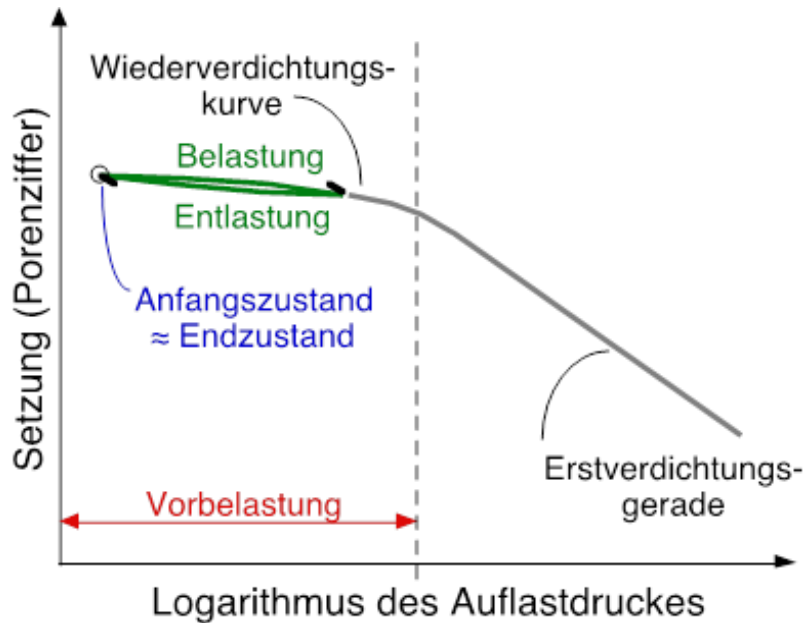
**einfacher Druckversuch**



$$\sigma_3 = \max$$

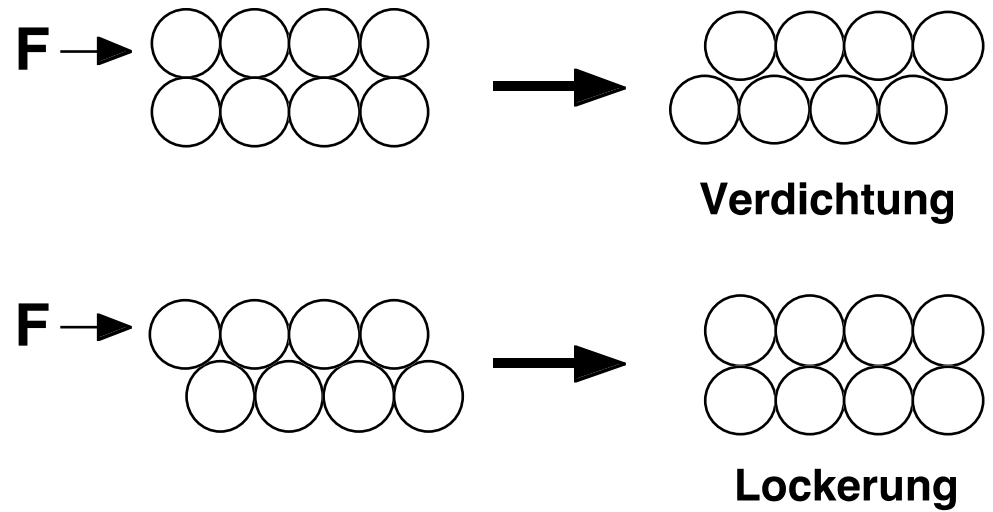
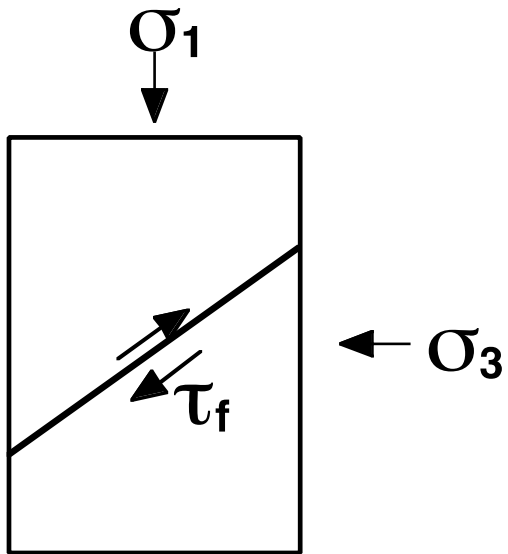
**Oedometerversuch**

# Drucksetzungskurve, Vorbelastungswert

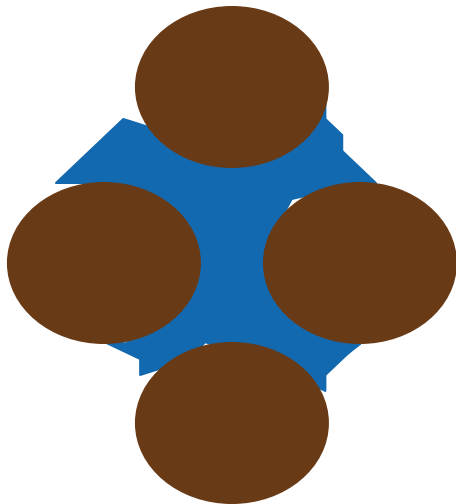




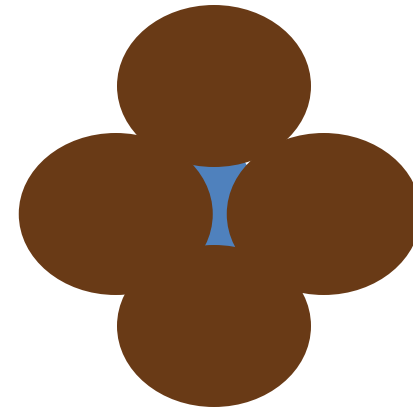
# Scherung



# Einfluss der Saugspannung auf die Bodenfestigkeit

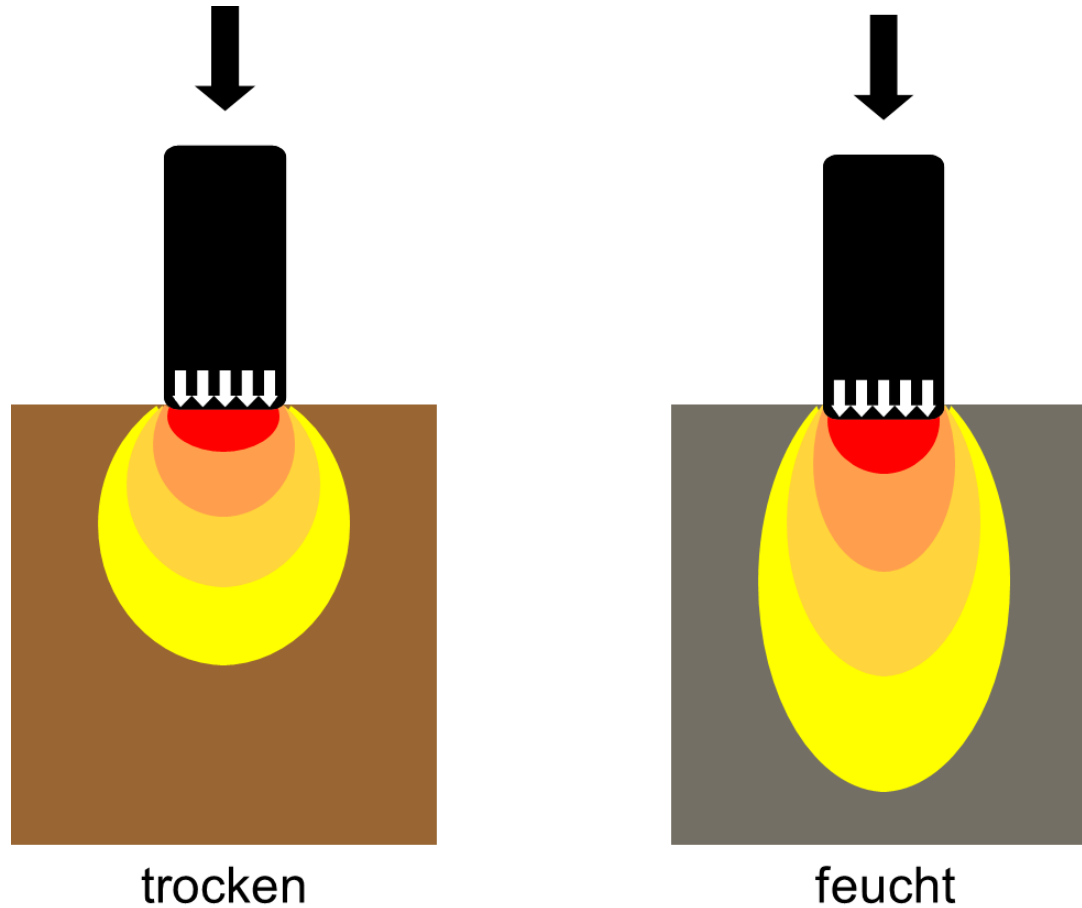


Tiefe Saugspannung  
Quellen des Bodens  
Wenig Kontaktpunkte der  
Bodenteilchen



Hohe Saugspannung  
Schrumpfen des Bodens  
viele Kontaktpunkte der  
Bodenteilchen

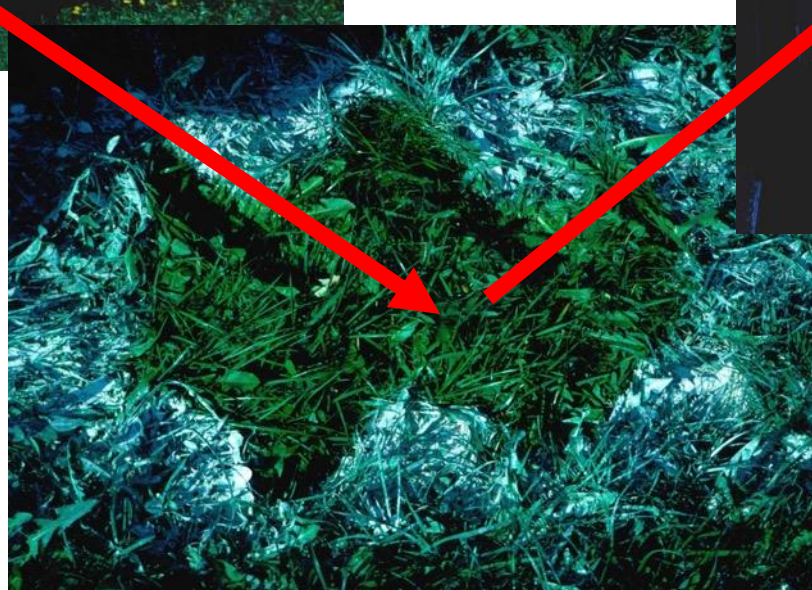
# Druckfortpflanzung in trockenem und feuchtem Boden



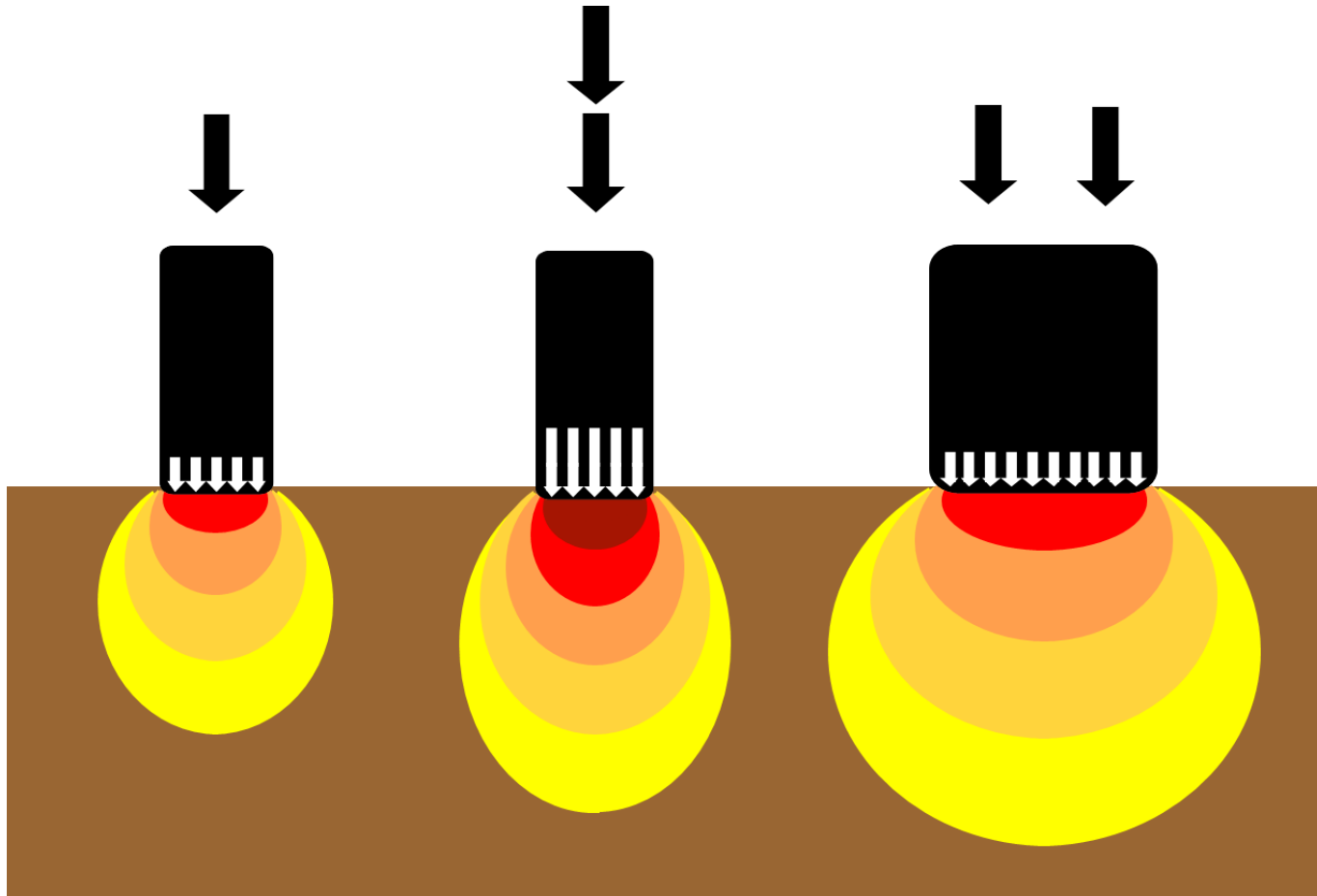
## Verdichtungsgefährliche Bodenzustände

- Starke Lockerung (Gefügezerstörung)
- Hohe Bodenfeuchte (wenige Kontaktpunkte)
- Feinkörnige, nicht bindige Böden (Schluffböden)
- Ungünstige Kationenadsorption der Tonminerale (Na-Böden anstelle Ca-Sättigung)

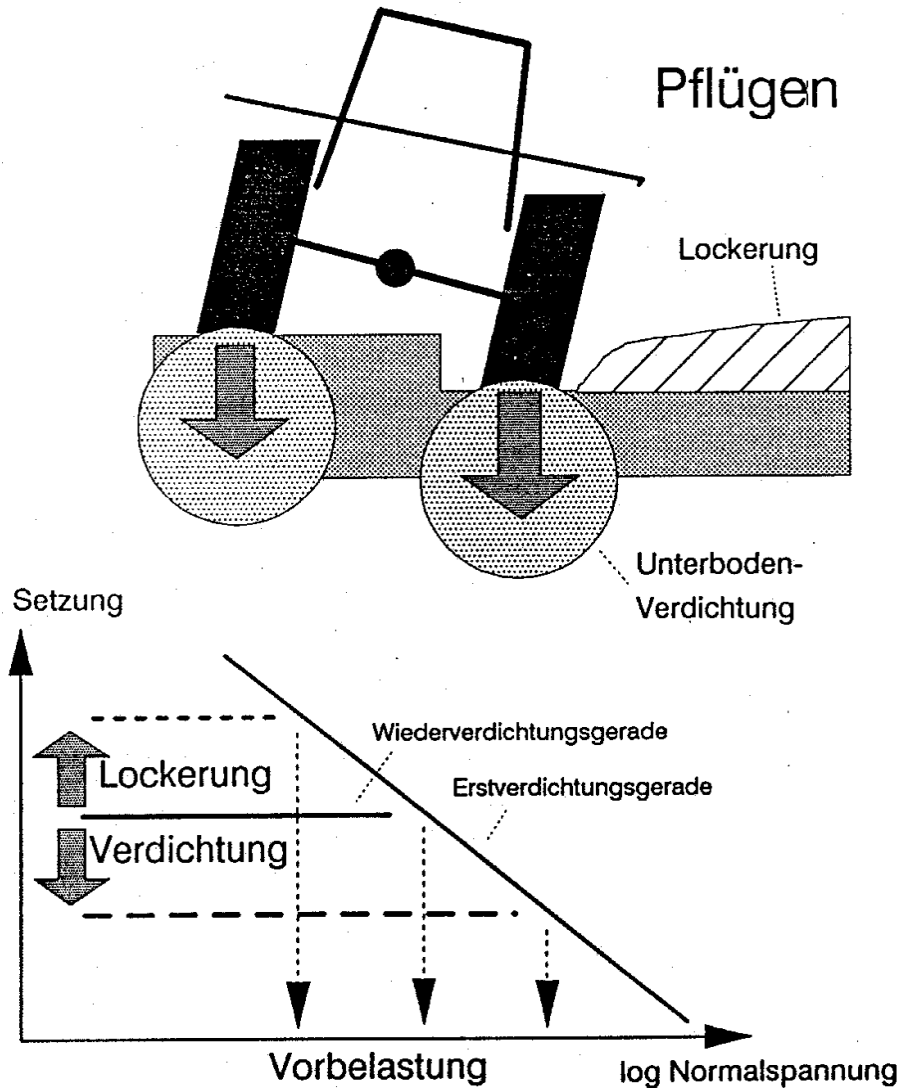
# Radlast und Aufstandsfläche



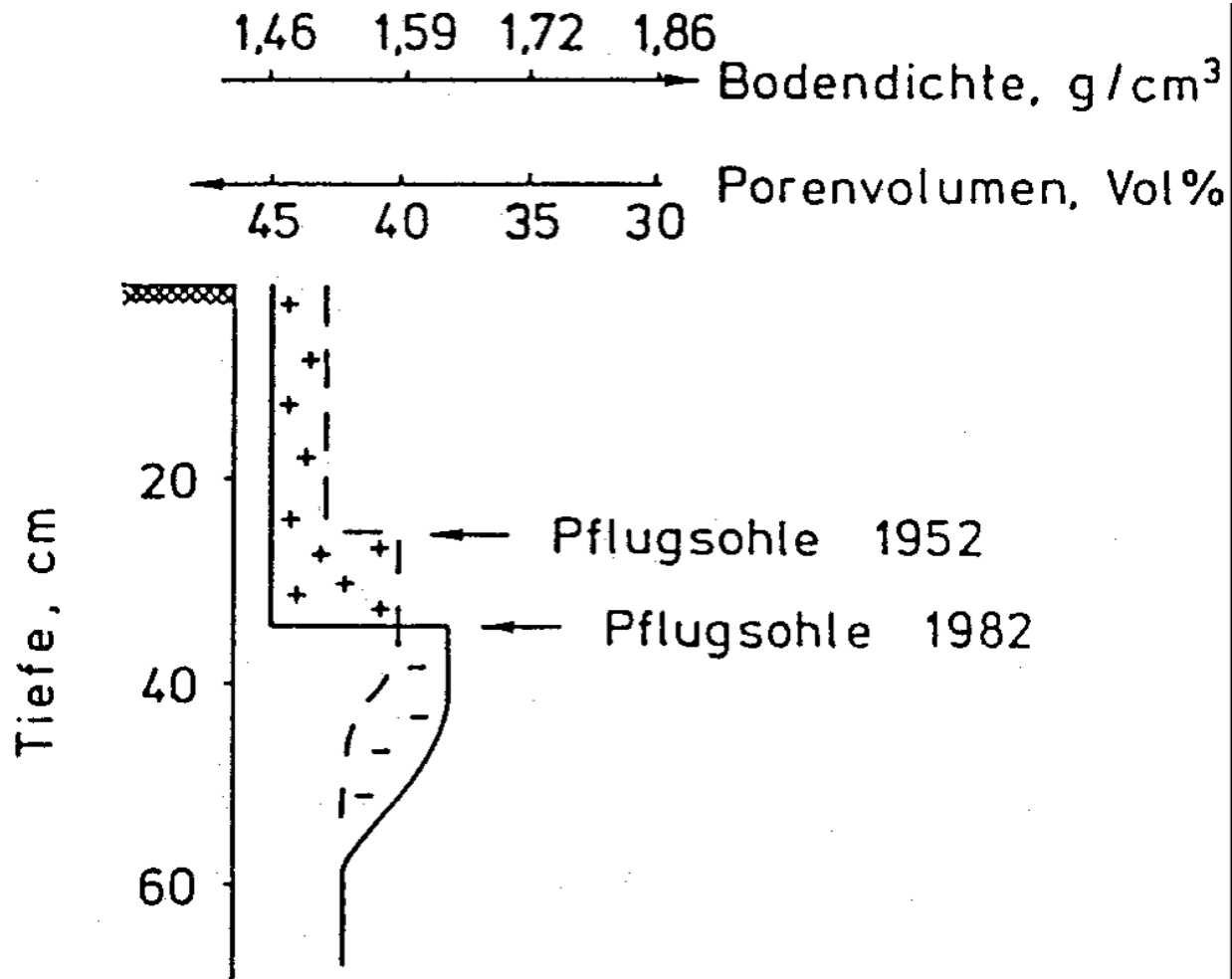
# Tiefenwirkung von Radlast und Kontaktflächendruck



# Änderung der Vorbelastung durch Pflugarbeit



# Vertiefung der Pflugsohle



(Sommer C., K.-H. Hartge. (1991). Verdichtung und Befahrbarkeit von Ackerböden - Probleme und Auswege. Ber. über Landwirtsch., Zeitschr. f. Agrarpolitik u. Landwirtsch., 204: 104-117, S. 112)



# Befahrungsexperimente

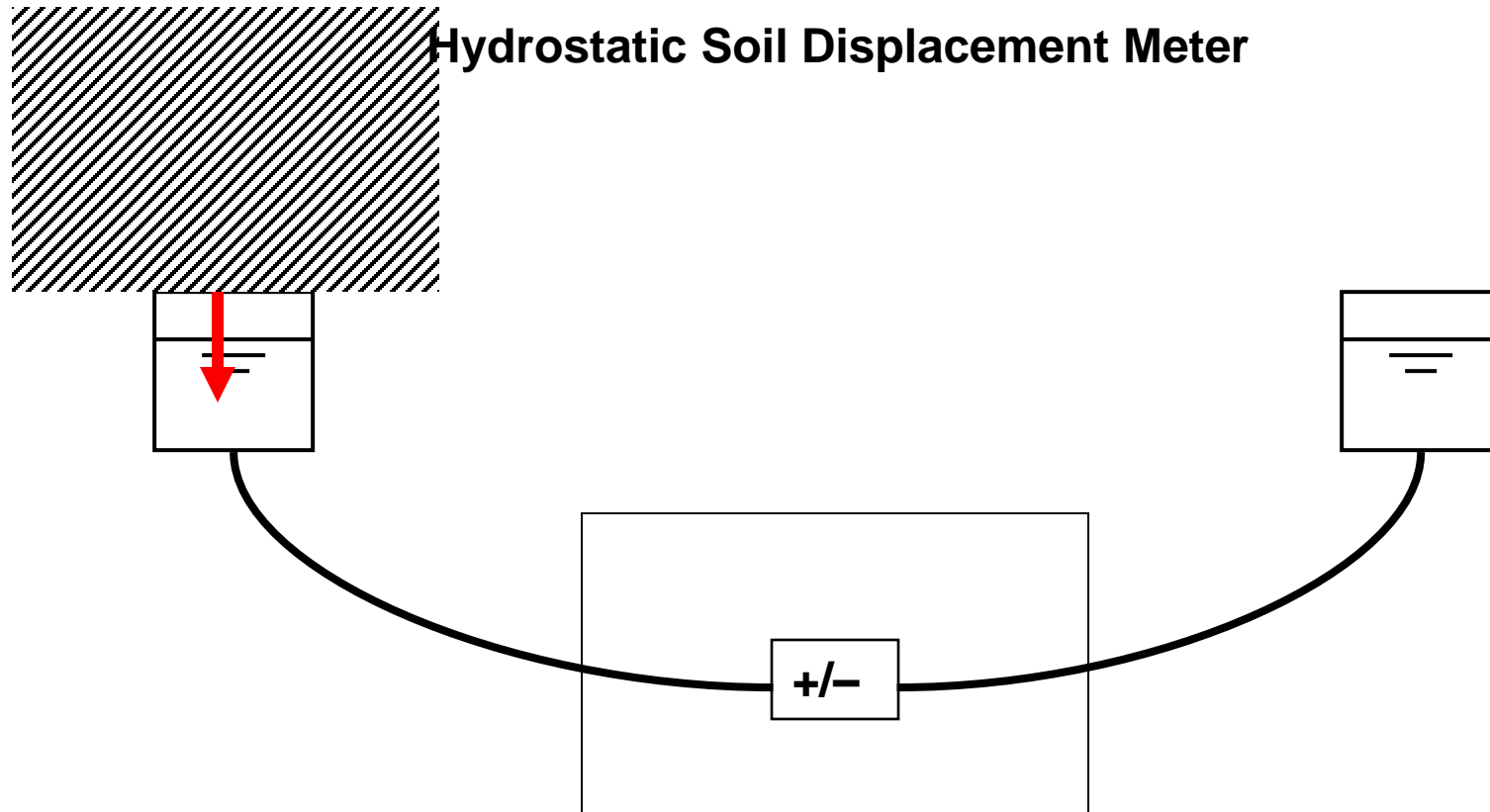


Zuckerrübenvollernter  
Radlast 11 to  
pF 7–22hPa (Nov 1999)

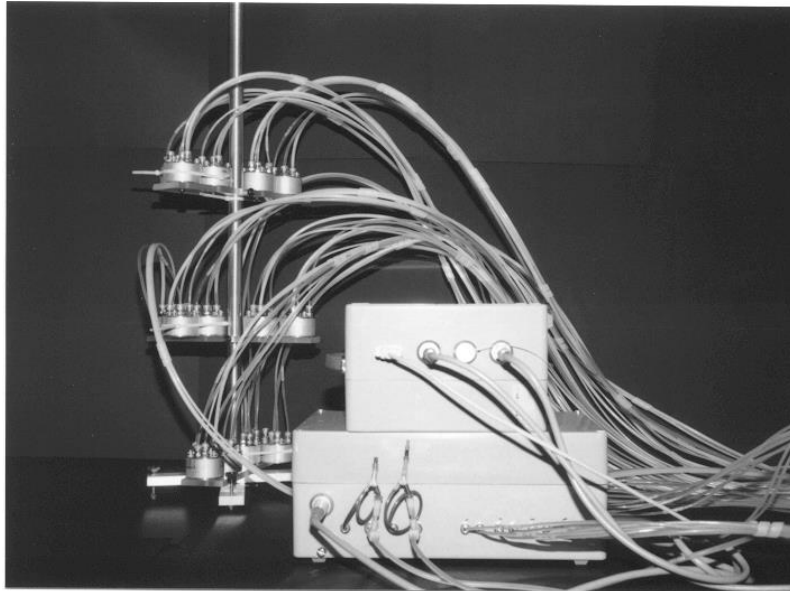


Raupenbagger  
Raupenlast 16 to,  
pF 56 hPa (Sept 2000)

# Deformationsmessungen im Bodenprofil



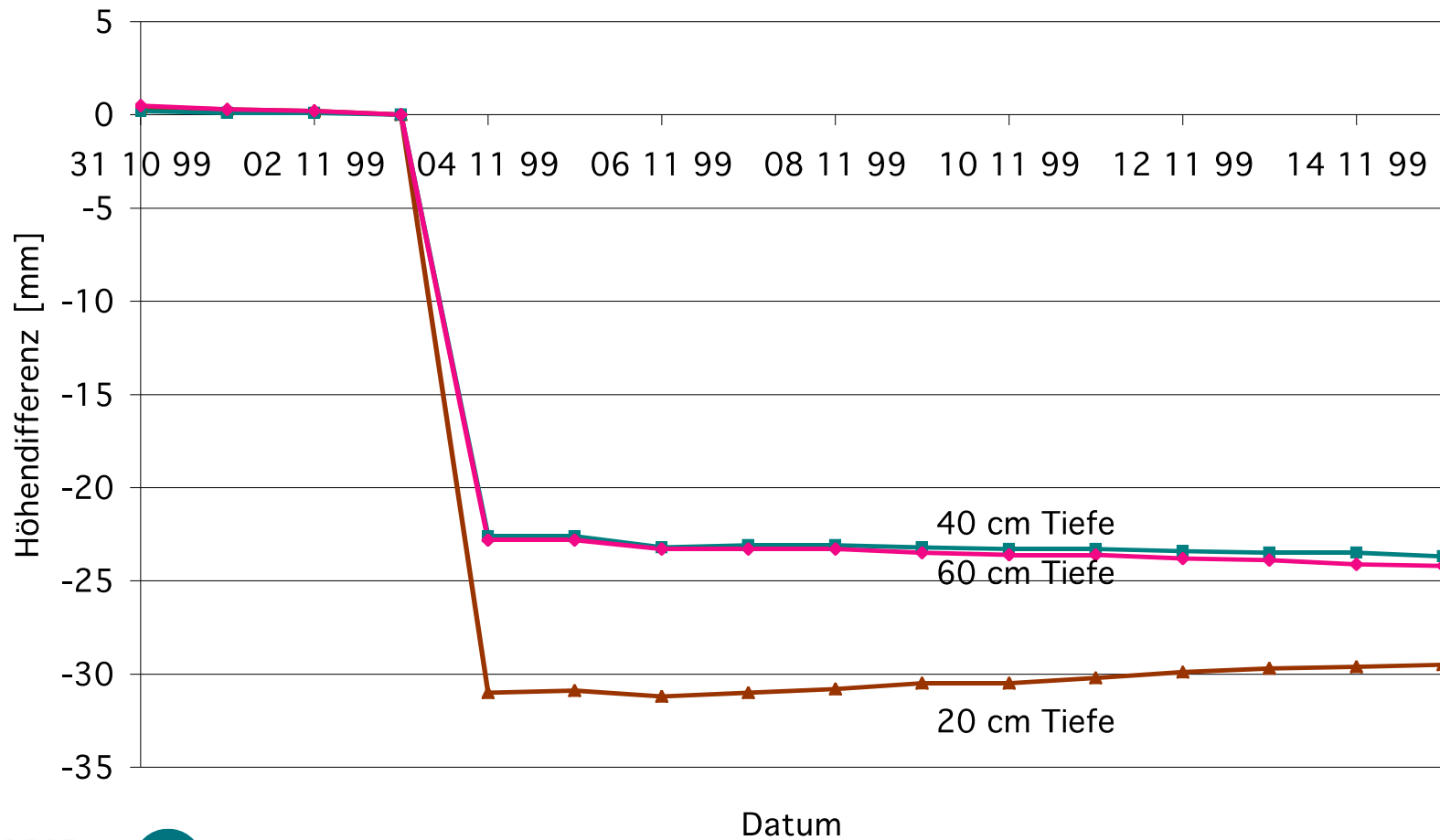
# Deformationsmessungen im Bodenprofil



# Deformationsmessungen an der Bodenoberfläche



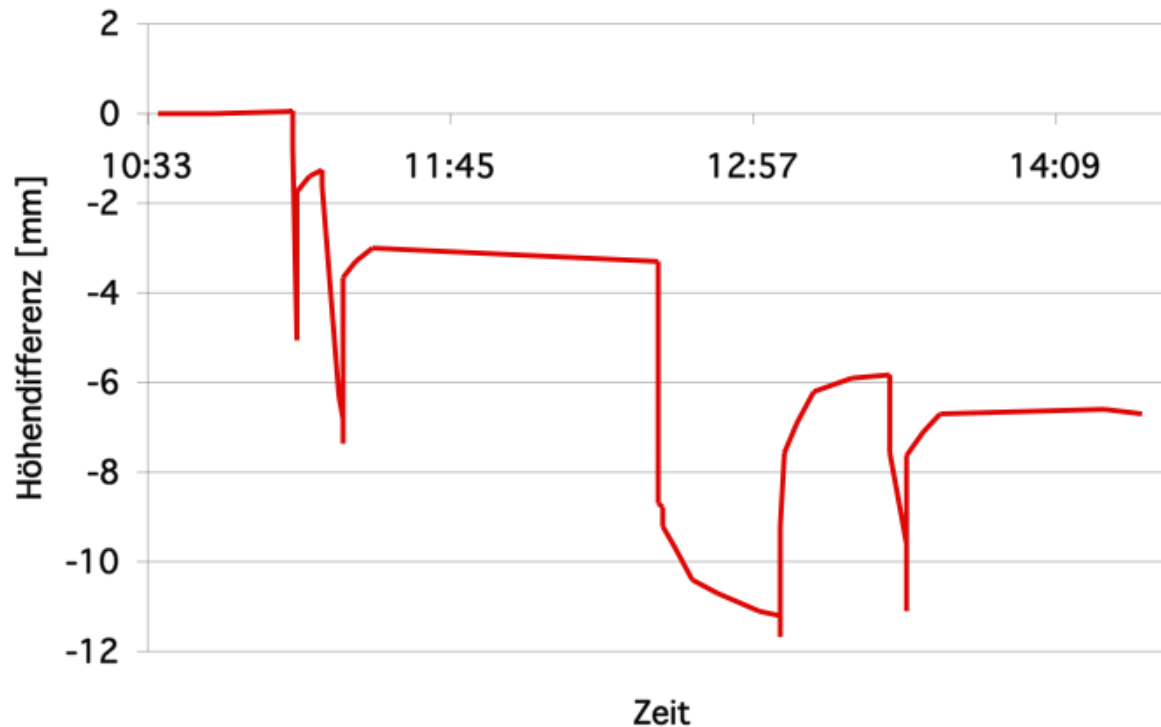
# Setzungen unter Radlast 11 to, Saugspannung 7–22 hPa



# Setzungen in 30 cm Tiefe, Raupenlast 16 to, pF 56 hPa

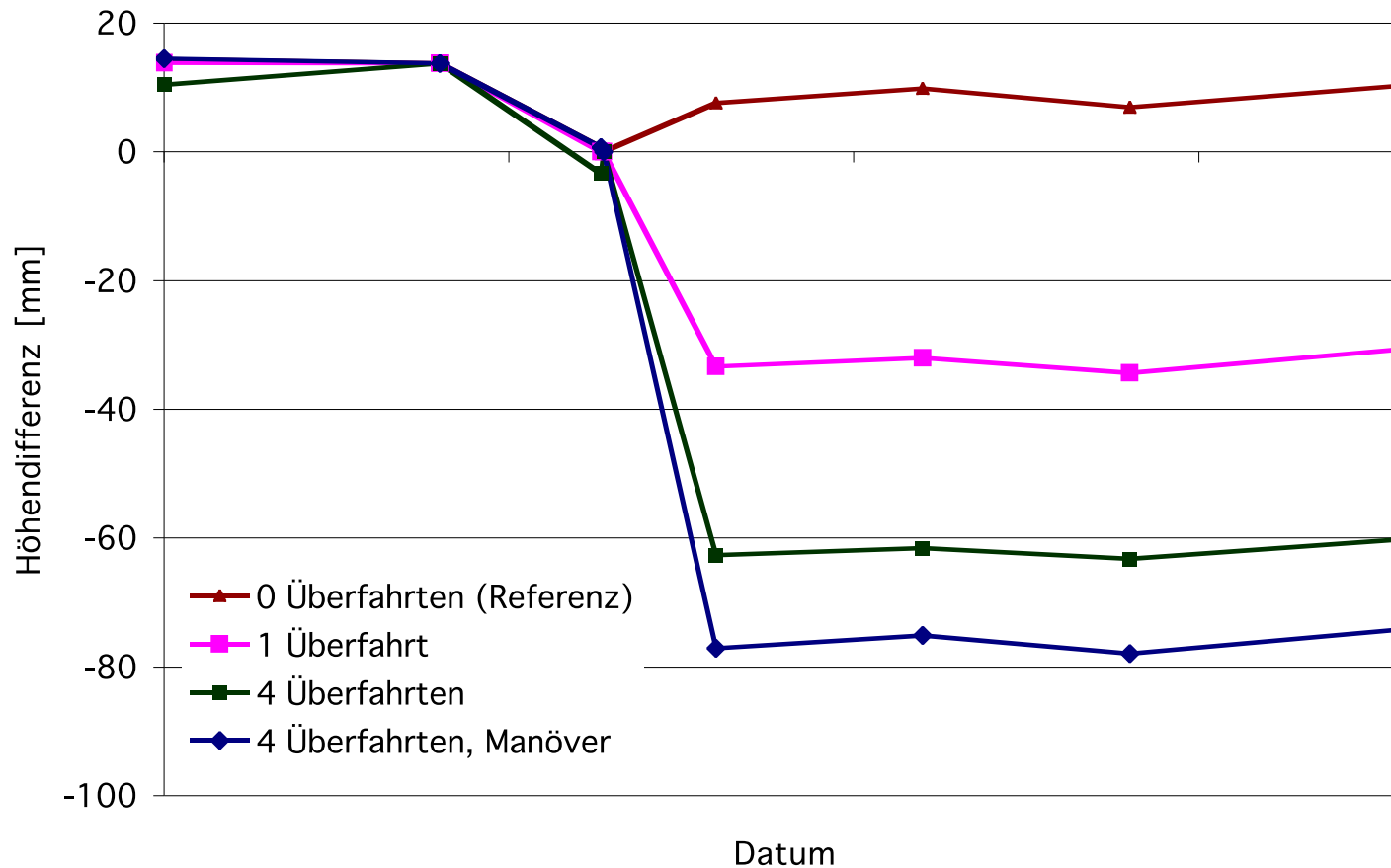
Abb. 5

Tobias AFo 2000



# Setzungen der Bodenoberfläche

## Radlast 11 to, pF 7–22 hPa



# Ökologische Folgen von Bodenverdichtungen

- Abnahme der Grobporen, gestörter Wasser- und Lufthaushalt, vermindertes Infiltrationsvermögen, Vernässungen
- Erhöhte Wärmekapazität und -leitfähigkeit (langsamere Erwärmung und Abkühlung)
- Gestörter Nährstoffhaushalt (eingeschränkte Kationenverfügbarkeit)
- Erhöhter Eindringwiderstand im Wurzelraum



# Vermeidung von Bodenverdichtungen

- Wahl der Fruchtfolge (Bearbeitungstermine, Bodenfeuchte)
- Vergrößerung der Aufstandsfläche (Verringerung des Kontaktflächendrucks)
- On-land-Pflügen
- Pfluglose Bewirtschaftung (no till)
- Keine Manöver

# Doppelbereifung (Zwillingsreifen)



# On-land Pflug



# Pfluglose Bewirtschaftung



**Grubbern**

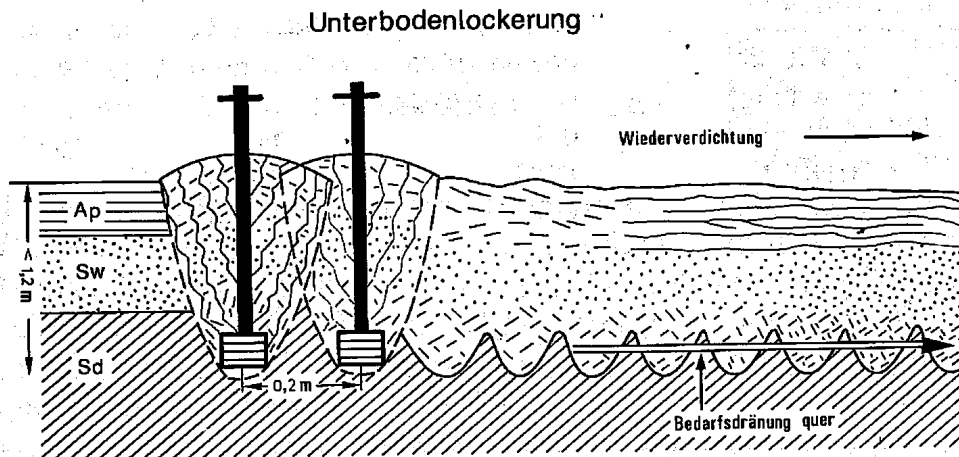
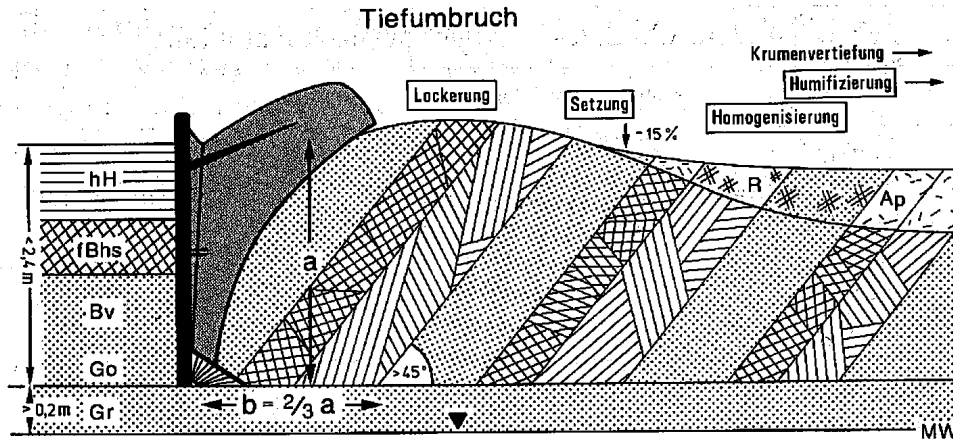
**Direktsaat  
(Frässaat)**



# Sanierung von Bodenverdichtungen

- **Lockerung** → Aufbrechen der verdichteten Schicht  
(*Tieflockerung, Tiefumbruch*)
- **Stabilisierung** → Förderung der Tragfähigkeitseigenschaften  
(*Kittstoffe, Stützstoffe, Kalkung*)
- Problem:  
**Überlockerung, Wiederverdichtung**

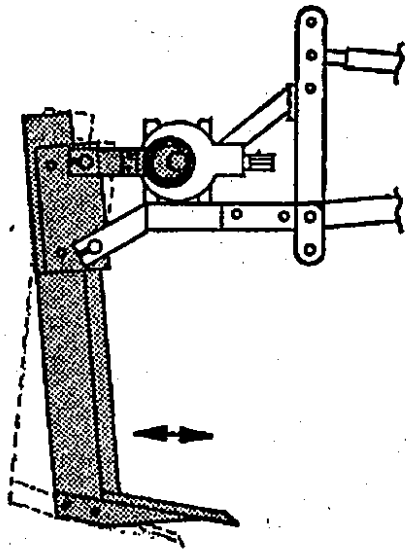
# Tiefumbruch, Tieflockerung



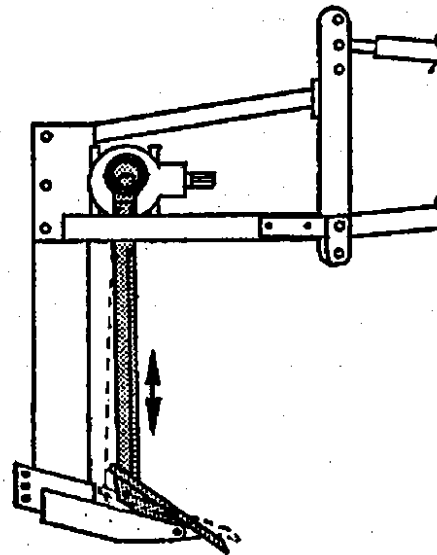
(Kuntze, H., G. Roeschmann, G. Schwerdtfeger (1994). *Bodenkunde*, 5. Aufl. Stuttgart, Ulmer, S.352)

# Arbeitsprinzip von beweglichen Unterbodenlockerern

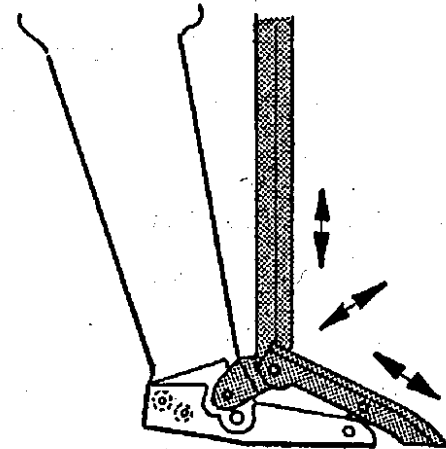
Hubschwenk-



Wippschar-



Stechhublockerer



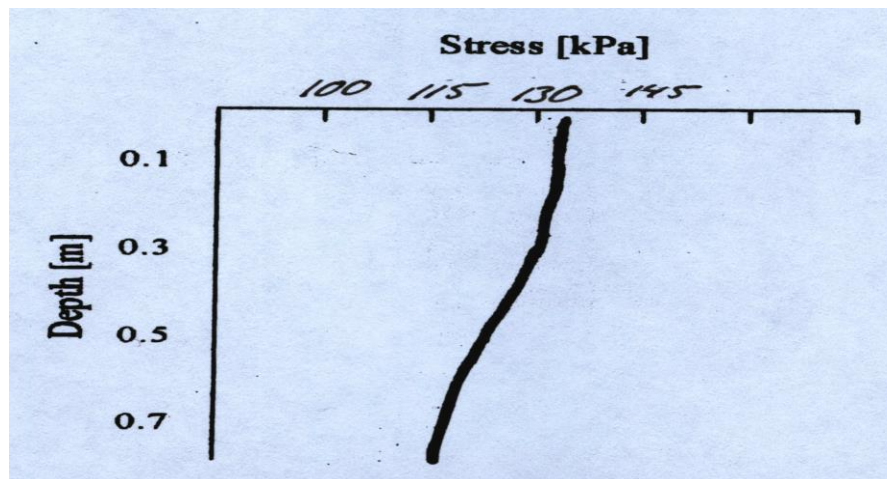
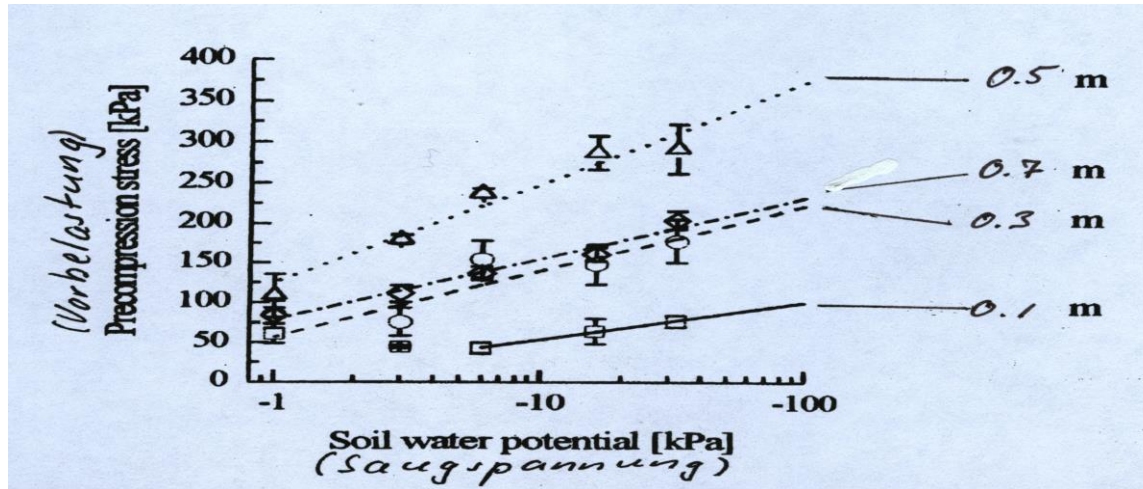
(Kuntze, H., G. Roeschmann, G. Schwerdtfeger (1994). *Bodenkunde*, 5. Aufl. Stuttgart, Ulmer, S.353)

# Hilfsmittel zur Vermeidung von Bodenverdichtungen

- [www.terranimo.ch](http://www.terranimo.ch)
- Online-Daten zur aktuellen Bodenfeuchte:  
[www.bodenmessnetz.ch](http://www.bodenmessnetz.ch) (NW-Schweiz)  
[www.bodenfeuchte-ostschweiz.ch](http://www.bodenfeuchte-ostschweiz.ch)  
[www.boden-uri.ch](http://www.boden-uri.ch)  
Messnetze Bodenfeuchte der Kantone ZH, LU, BE



# Übung 4: Dimensionierung von Baupisten



Berli, M., 2001: Compaction of agricultural subsoils by tracked heavy construction machinery. Diss ETH No. 14132: S. 91 (abgeändert)

# Übung 5: Abschätzung der Verdichtungsgefahr mit terranimo.ch

- Welche Kultur ist bodenschonender: Winterweizen oder Zuckerrüben?
- Beurteilen Sie dies für zwei Böden mitvorhandenen Saugspannungsmesswerten dieses Jahres
- Vergleichen Sie onland-Pflügen mit konventionellem Pflügen