



Bodenschadverdichtung – eines der größten Übel auf Rasenflächen

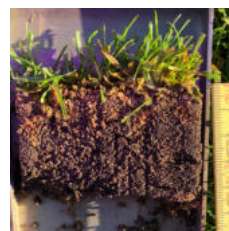
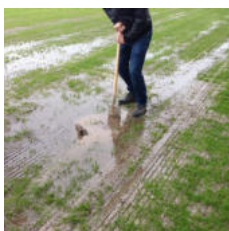
- Ursachen
- Auswirkungen auf Gräser und Spielflächen
- Vorbeugende und kurative Maßnahmen

Dr. Harald Nonn



Die größten Defizite bei der Pflege des Bodens und des Gräserbestandes

- Bodenverdichtung und Staunässe
- zu wenig Sauerstoff im Boden
- zu viel Organik (Filz) an der Oberfläche
- flaches Wurzelwerk
- ungeeigneter Gräserbestand



Bodenverdichtung

- verändert das Porensystem
- Festsubstanz nimmt zu, Hohlräume nehmen ab
- Wasser wirkt als Gleitmittel
- nasse Böden verdichtungsempfindlich
- ist teilweise erwünscht -> Tragfähigkeit

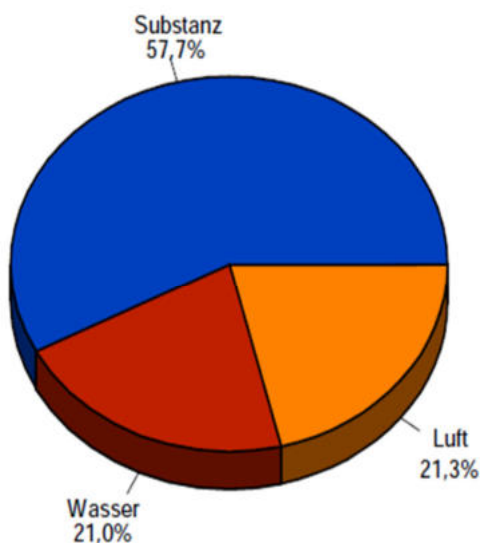
Bodenschadverdichtung

Veränderung des Porensystems mit Reduktion des Wurzelraums und der Pflanzenverfügbarkeit für Wasser, Luft und Nährstoffe

Auswirkungen der Bodenverdichtung

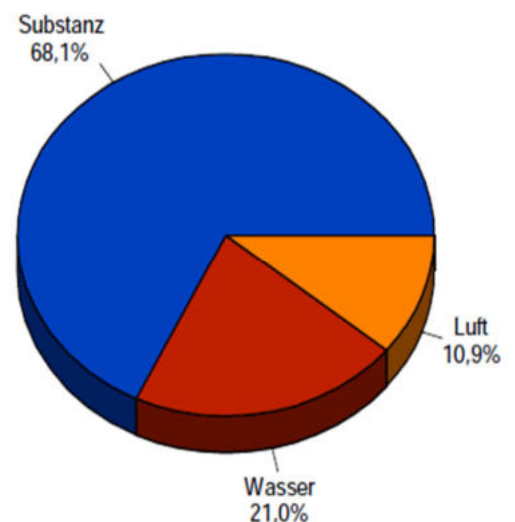


Nicht verdichtet



Lagerungsdichte
 $1,51 \text{ g/cm}^3$

Verdichtet



Lagerungsdichte
 $1,71 \text{ g/cm}^3$

Bodenschadverdichtung

- Überlastung reduziert das Porensystem
- Mangel an pflanzenverfügbaren Nährstoffen, Wasser und Sauerstoff
- Pflanzenwachstum und Bodenleben gestört
- Wasserdurchlässigkeit sinkt
- Belastbarkeit sinkt



Auswirkungen auf Boden und Pflanze

Boden

Abnahme:

Grobporen
Wasser-/Luftdurchlässigkeit
Pflanzenverfügbares Wasser
Sauerstoffgehalt
Biologische Aktivität

Zunahme:

Feinporen
Fäulnisgase
Eindringwiderstand
Tragfähigkeit

Pflanze

Abnahme:

Wurzeltiefgang
Wasseraufnahme
Nährstoffaufnahme
Vitalität

Zunahme:

Flachwurzler, z. B.
Poa annua, *Poa trivialis*
Moos, Algen

Ursachen von Bodenschadverdichtungen



Bodendrücke durch Spiel- und Pflegebetrieb

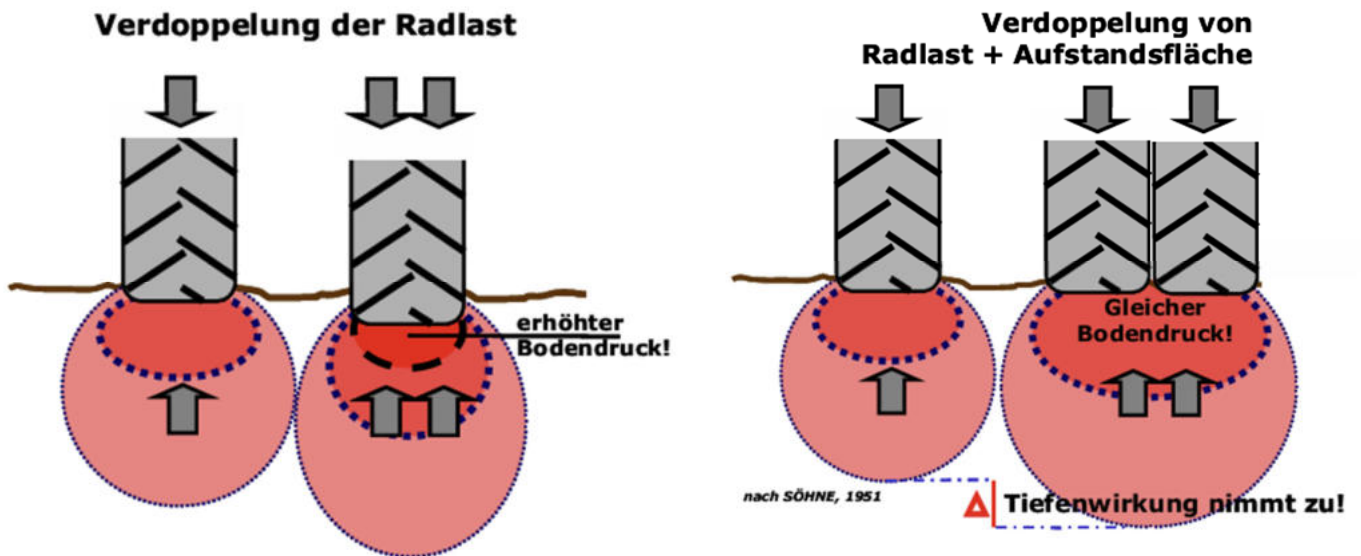
■ Nutzer

- Stehender Sportler: 0,04 MPa
- Laufender Sportler: 1,52 MPa
- Fußballspieler, 90 kg, Straßenschuhe: 0,04 MPa
- Fußballspieler, 90 kg, Fußballschuhe: 1,00 MPa
- Fußballspieler, in Bewegung: 1,5-4 MPa
(je nach Bewegungsablauf)

■ Pflegegeräte

- Rasenbereifung: 0,03-0,05 MPa
- Ungünstige Bereifung: > 0,10 MPa

Einfluss von Radlasten und Bereifung auf die Bodenverdichtung

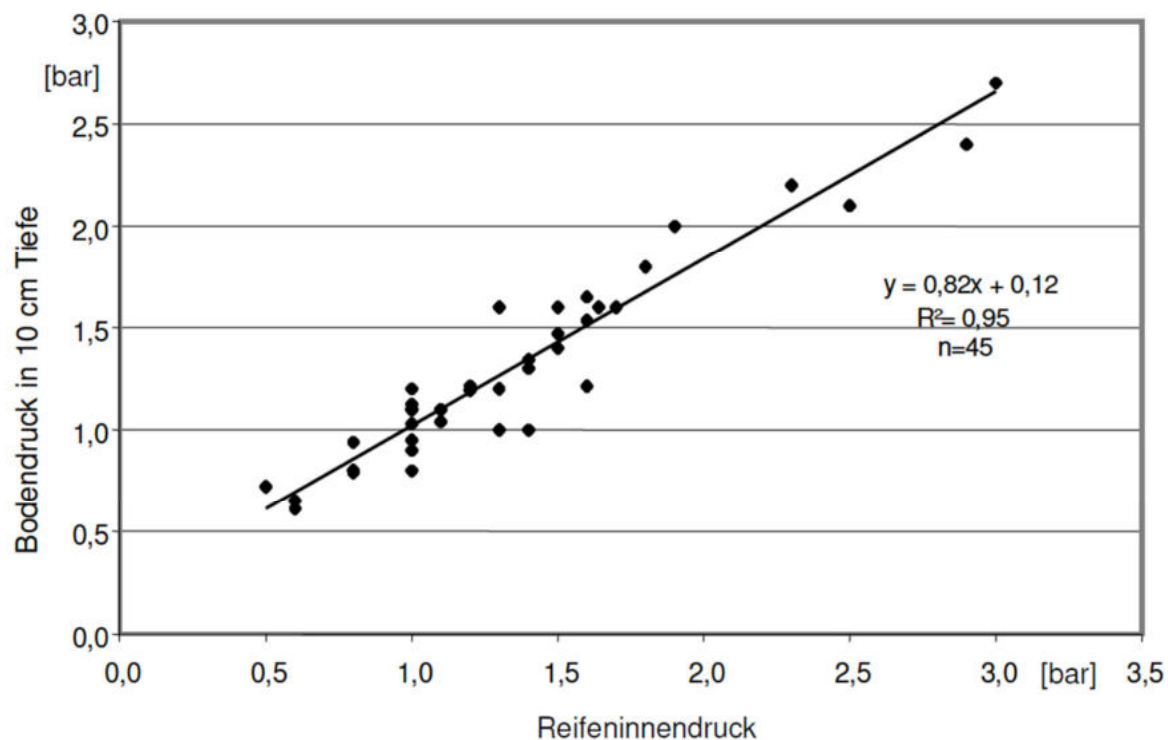


Höhere Auflast verdichtet stärker und tiefer

Breitere Reifen helfen nur bedingt

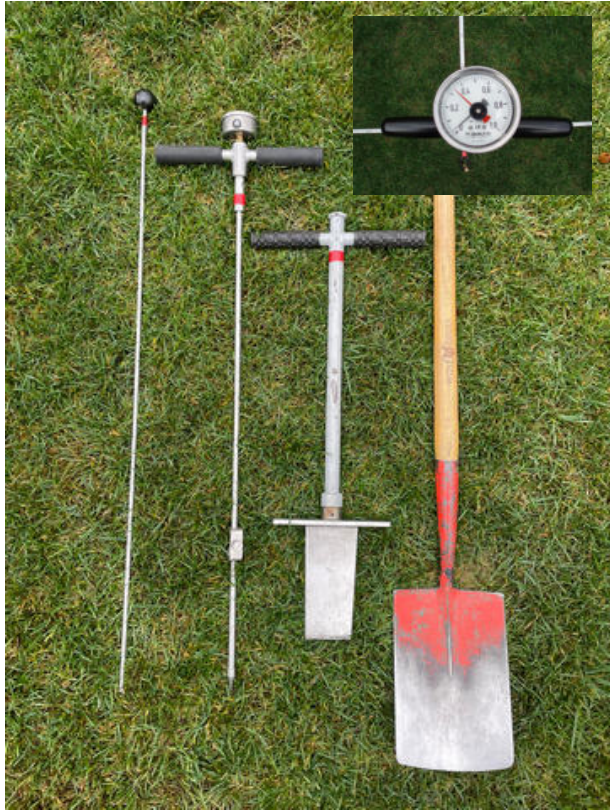
Quelle: DLG-Merkblatt 344, 2008

Einfluss des Reifeninnendruck auf die Bodenverdichtung

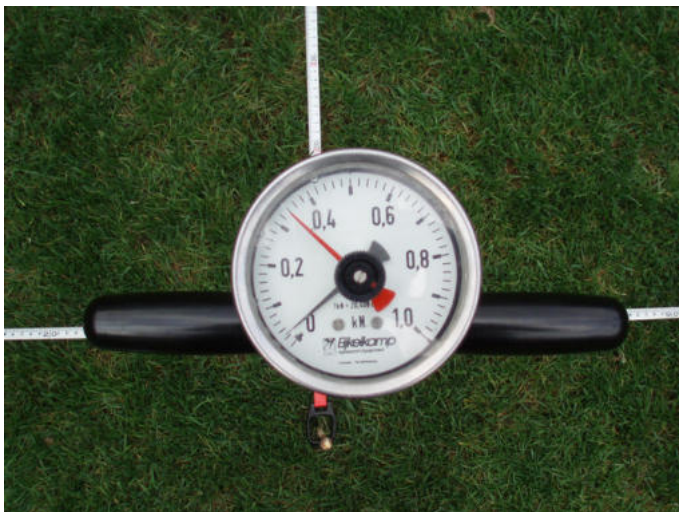


Quelle: Weißbach, 2003

Verdichtungen feststellen und messen: Bodensonde, Penetrometer, Clegg Hammer



Verdichtungen messen: Eindringwiderstand



Direkte Messung:
Penetrometer mit 1 cm² Konusspitze



Indirekte Messung:
Clegg Impact Soil Tester (CIST)
= Clegg Hammer

Verdichtungen messen: Lagerungsdichte



Steckzylinder 100 cm^3
(8 St. pro Untersuchungsstelle)



Gravimetrische Messung nach
Trocknung

Verdichtungen reduzieren die Durchlässigkeit für Wasser und Luft





Poren im Boden und ihre Funktionen

Poren	Porendurchmesser (µm)	Wasserspannung (pF)	Funktion
Weite Grobporen	> 50	< 1,8	Schnelle Dränung
Enge Grobporen	10 - 50	1,8 - 2,5	Langsame Dränung
Mittelporen	0,2 - 10	2,5 - 4,2	Pflanzenverfügbares Wasser
Feinporen	< 0,2	> 4,2	Permanenter Welkepunkt Totwasser



Porenverteilung in einer Rasentragschicht

Poren	Porendurchmesser (µm)	RTS	verdichtet
Weite Grobporen	> 50	35 %	20 %
Enge Grobporen	10 - 50		
Mittelporen	0,2 - 10	10 %	10 %
Feinporen	< 0,2	5 %	10 %

Verdichtungen messen: Analyse der Bodenluft

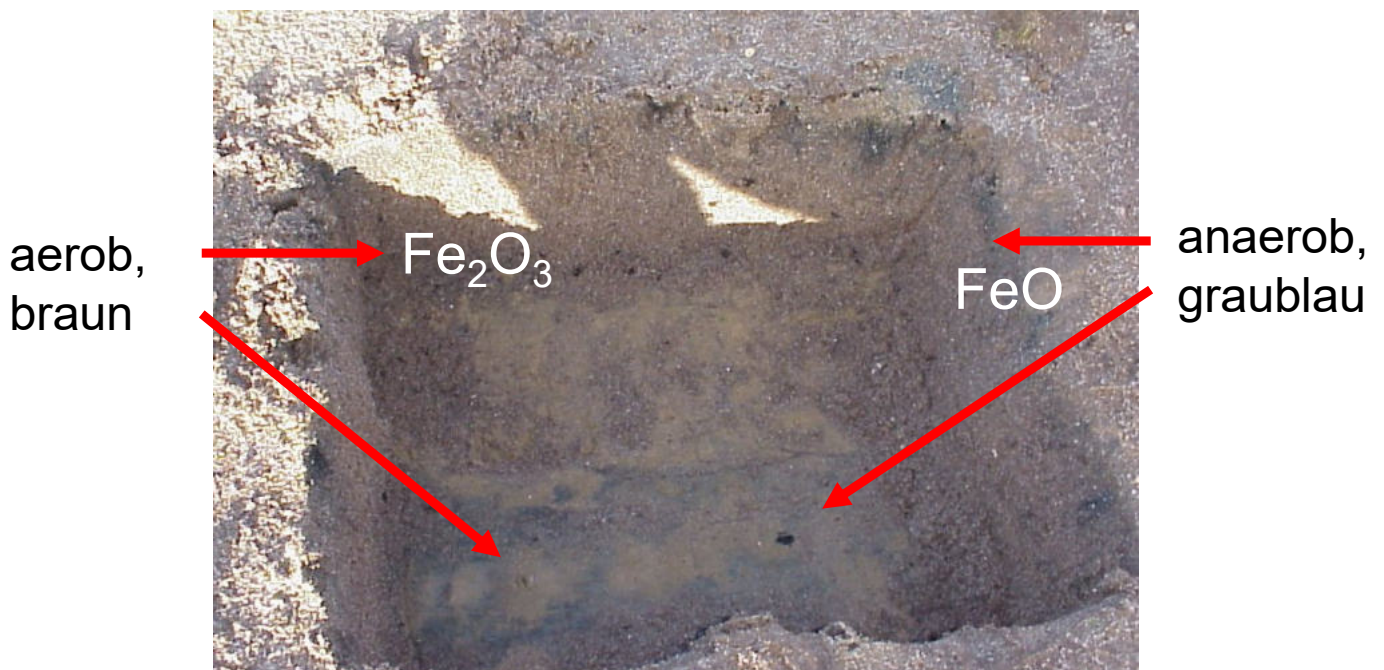


Bodenluft (normale Bodenverdichtung)
15-20 % O₂, 1-5 % CO₂, kein Methan (CH₄)
oder Schwefelwasserstoff (H₂S)

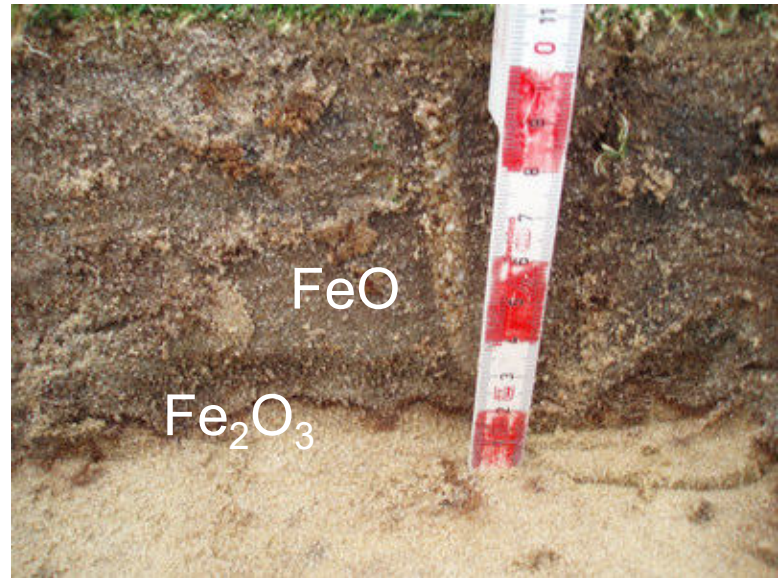
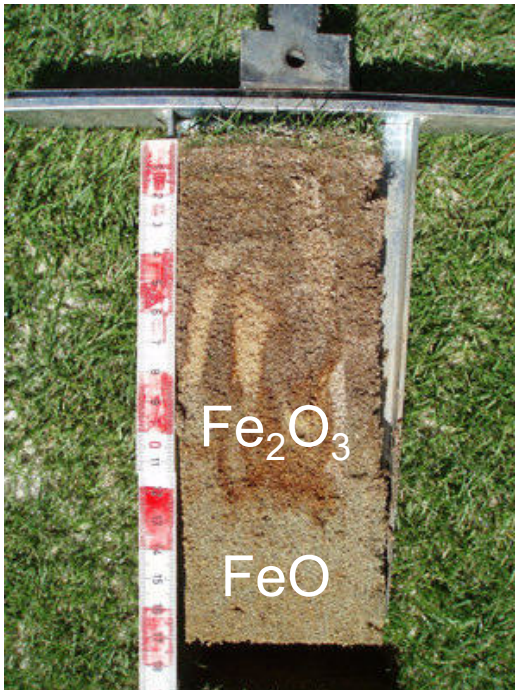


Bodenluft (verdichteter Boden)
< 10 % O₂, > 5% CO₂, Methan (CH₄) oder
Schwefelwasserstoff (H₂S) > 50 ppm

Erscheinungsbild bei Bodenschadverdichtungen und Sauerstoffmangel: „Marmorierung“



Bodenschadverdichtungen mit Oxidations-/Reduktionshorizont



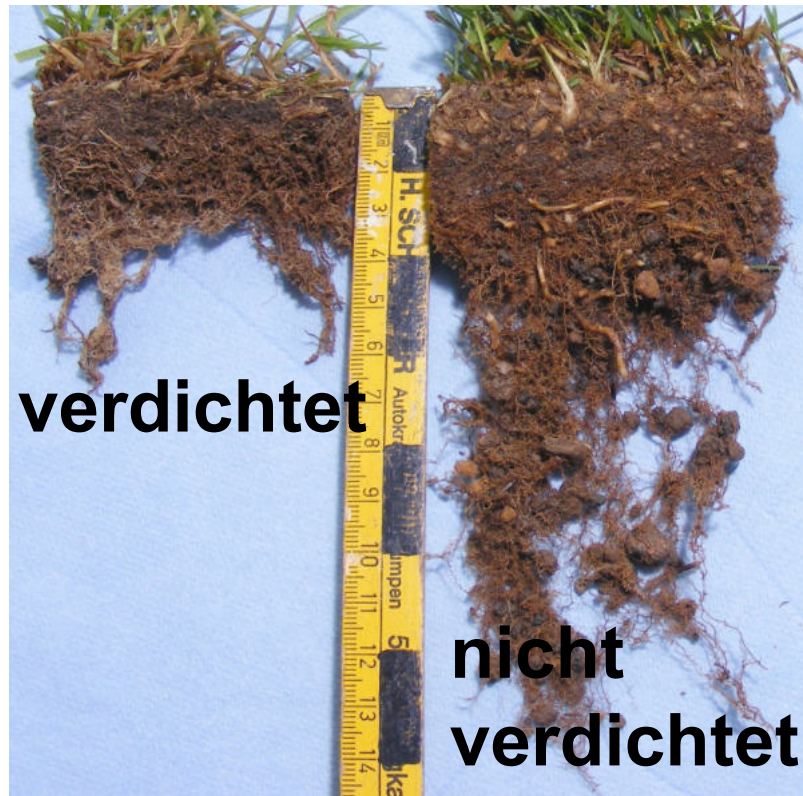
FeO = Eisen(II)-oxid
Fe₂O₃ = Eisen(III)-oxid (Rost)

Erscheinungsbild bei Bodenschadverdichtungen und „black layer“

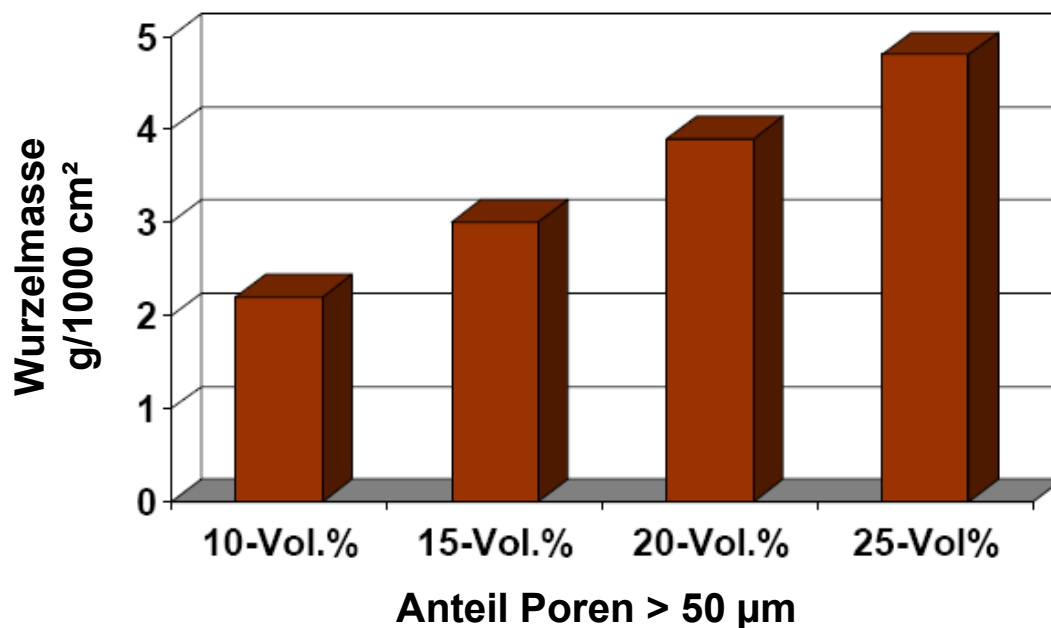
- Schwarzfärbung in der Rasentragschicht, sowohl in oberen als auch in tieferen Schichten
- Die Schwarzfärbung wird durch Metallsulfide (Mn, Fe) verursacht, die sich bei anaeroben Bedingungen anreichern



Verdichtungen reduzieren die Wurzeltiefe

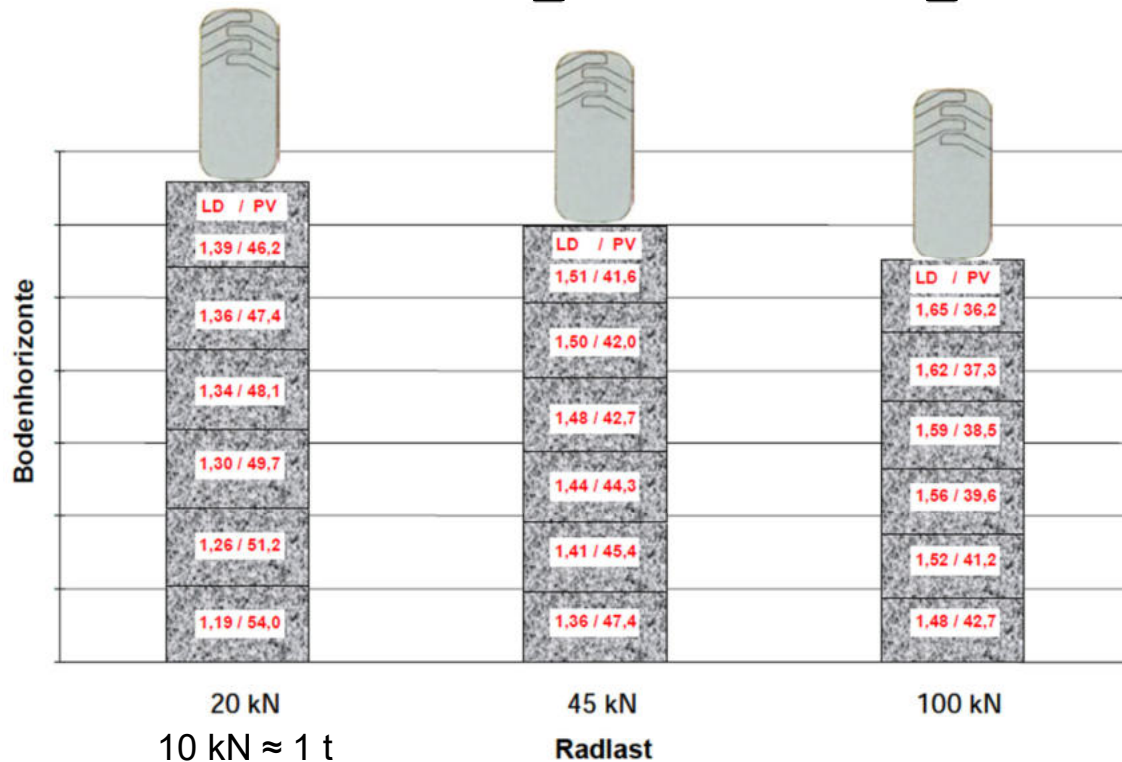


Wurzelmasse in 5 bis 10 cm Tiefe in Abhängigkeit vom Anteil an Grobporen > 50 µm



Quelle: Müller-Beck, 1977

Verdichtungen vorbeugen



Veränderung der Lagerungsdichte (g/cm^3) und des Porenvolumens (%) eines Beispielbodens.

Quelle: ZALF, o.J.

Verdichtungen vorbeugen

- schwere Radlasten verdichten stärker und tiefer
- leichte Maschinen/Geräte wählen
- breite Bereifung
- geringer Reifeninnendruck
- Rasenprofil verwenden
- Bodenfeuchte beachten

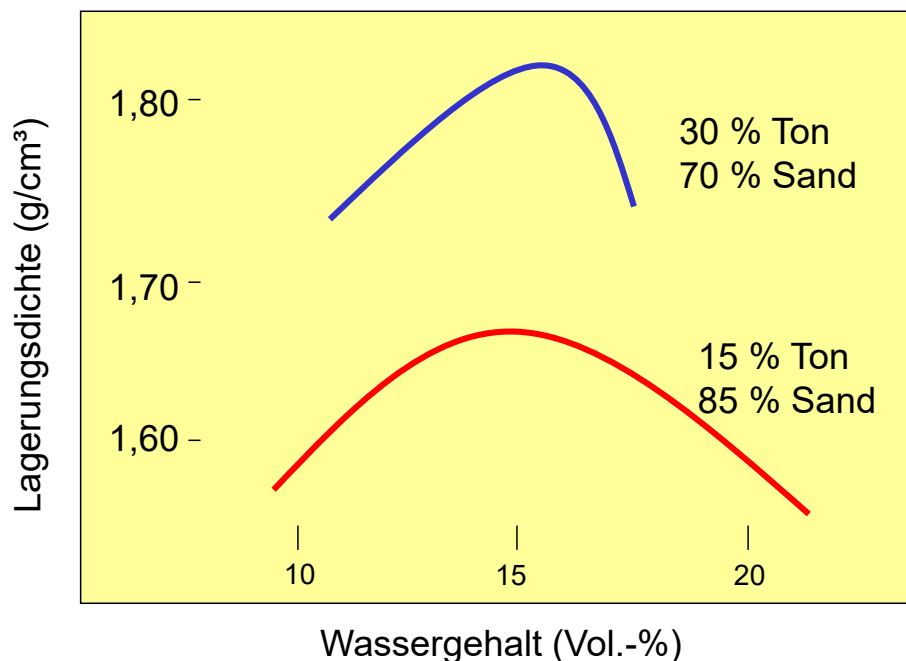


Verdichtungen vorbeugen: Bodenwassergehalt beachten

Wasser- gehalt %	Behandlung	Bodentiefe			
		10 cm		15 cm	
		Lagerungsdichte			
		g/cm ³	%	g/cm ³	%
14	unbelastet	1,07	100	1,18	100
	belastet	1,23	115	1,24	105
15	belastet	1,33	124	1,36	115
23	belastet	1,43	134	1,43	121

Quelle: Ehlers, o. J.

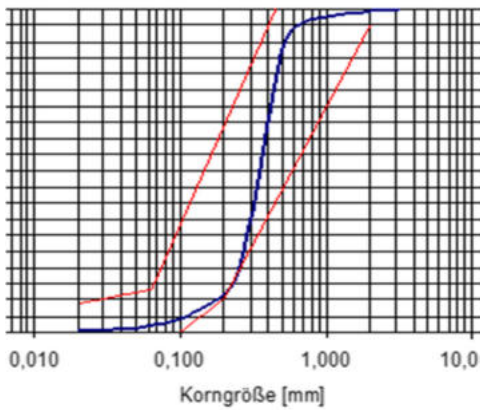
Verdichtungen vorbeugen: hoher Sandanteil im Boden (Vegetations-/Rasentragschicht)



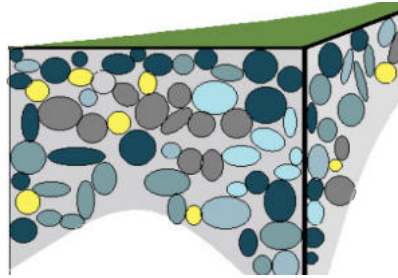
Quelle: Lunt
in Beard, 1973

Merke: Je höher Ton- und Wassergehalt, desto verdichtungswilliger

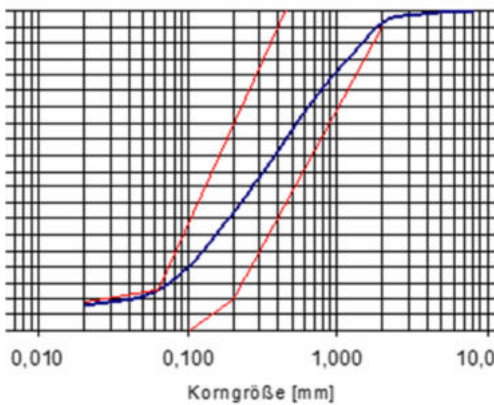
Körnungslinien zeigen Verdichtungsverhalten an



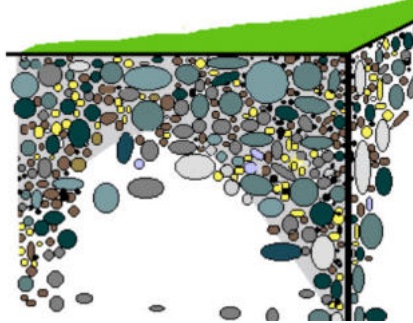
eng gestuft



- Eigenschaften:**
- große Poren
 - hohe Durchlässigkeit
 - **verdichtungsstabil**
 - geringe Scherfestigkeit



weit gestuft



- Eigenschaften:**
- kleine Poren
 - geringe Durchlässigkeit
 - **verdichtungsanfällig**
 - hohe Scherfestigkeit

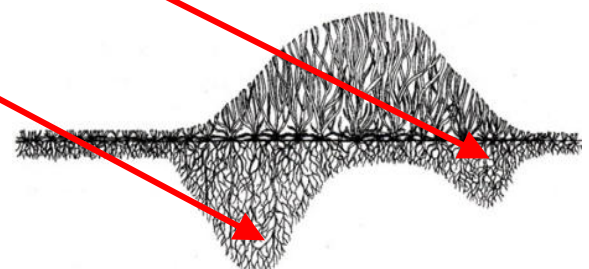
Bodenschadverdichtungen beseitigen: Lockern

Lockern

- verringert die Lagerungsdichte,
- erhöht die Durchlässigkeit,
- fördert die Durchwurzelung.
- Lockern im **Frühjahr** bzw. **Frühherbst**.
- Mit brechenden Werkzeugen: Vollzinken, Meißel, Messer.
- Danach mind. 3 Wochen Nutzungspause.



Narbenschäden bei hohem Besatz mit *Poa trivialis* (Flachwurzler)



März April Mai September

Lockerungsgeräte (Beispiele)



Tiefenlockern/-lüften mit Verti-Quake oder Shockwave



Vorher



Nachher



Tiefenlockern/-lüften mit Druckluft



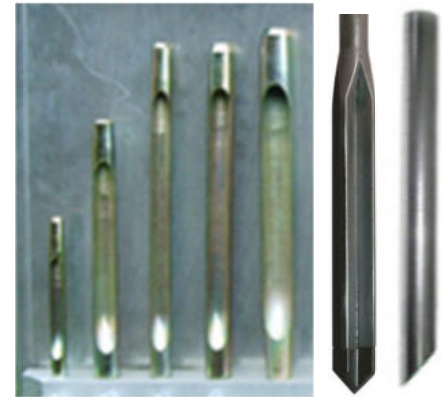
Effekt Tiefenlockern



Foto: S. Schobel

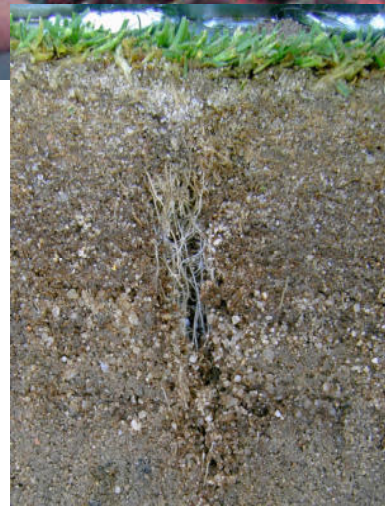
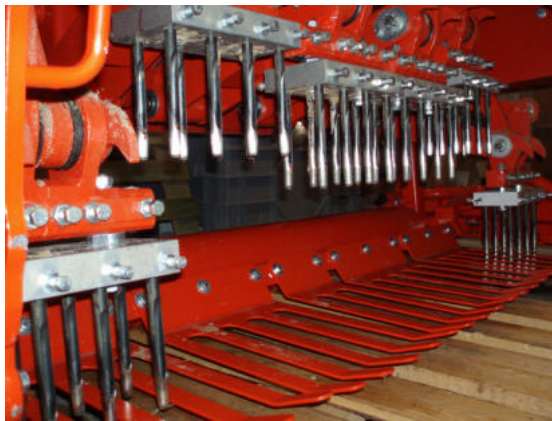
Aerifizieren (Belüften) mit Hohl-Zinken

- Ziele:
 - Verringerung der Lagerungsdichte,
 - mehr Platz für Wurzeln,
 - tiefere Durchwurzelung,
 - Verbesserung des Gasaustauschs,
 - höhere Durchlässigkeit für Wasser/Luft,
 - Anregung des Bodenlebens,
 - höhere Belastbarkeit der Gräser,
 - verminderte Stressreaktionen der Gräser.



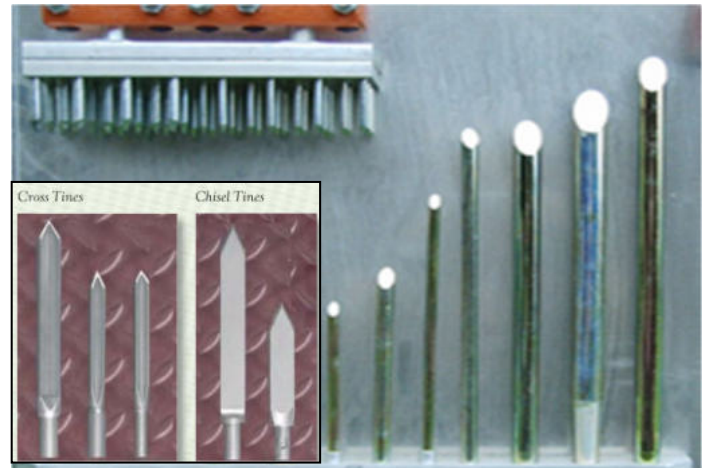
- Aerifiziertiefe: mindestens 60 mm.
- Einstiche/m²: mindestens 200, besser 400.
- Ø Hohl-Zinken: 10 - 18 mm.
- Hohl-Zinken = besser als Kreuz-Zinken = besser als Voll-Zinken.
(hollow tines) (cross tines) (solid tines)

Aerifiziergeräte (Beispiele)



Aerifizieren mit Voll-Zinken

- keine Beeinflussung der Nutzung
- Keine störenden Aerifizierstopfen
- fast ganzjährig einsetzbar
- Arbeitstiefe und -effekt je nach Werkzeug



Aerifizieren durch Schlitzen



- Hohe Flächenleistung
- Keine Störung des Spielbetriebs
- Vor allem im Herbst und Frühjahr (Wurzelentwicklung)

Wurzelförderung durch Schlitzen



Foto: S. Schobel

Aerifiziereffekt durch Besanden verlängern

- **Besanden**
 - stabilisiert die Aerifizierlöcher,
 - erhöht lokal die Durchlässigkeit,
 - bringt Sand in den Boden.
- **Sandmenge** in Verbindung mit Aerifizieren: bis 5 mm (5 l/m²).
- Sand nach dem Abtrocknen (gräserschonend) verschleppen.



Das richtige Besandungsmaterial

- gewaschener Fluss-/Grubensand 0/2 mm oder Lavasand 0/2.
- alternativ engere Kornabstufungen z. B. 0,1-0,7 mm / 0,3-1,5 mm.
- kalkarm (max. 5 M.-% CaCO_3), Rundkorn.
- Menge: Topdressen 0,5-1 l/m², Aerifizieren 3-5 l/m².



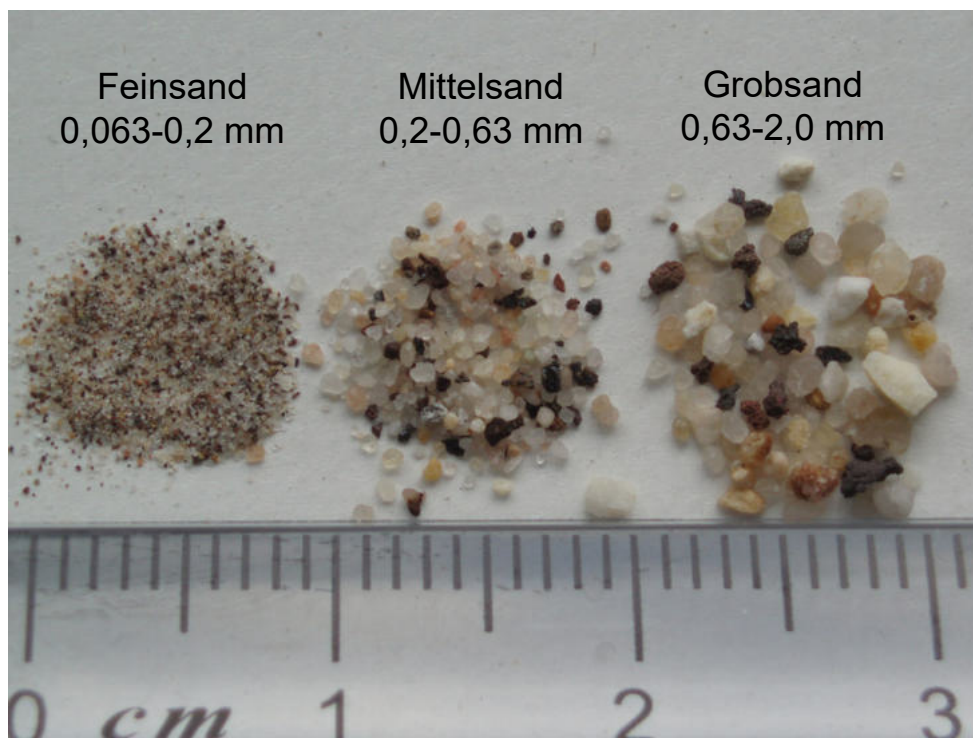
Quarzsand, kantengerundet



Lavasand, offenporig

Sand ist nicht gleich Sand

- Je nach Anteil der Unterfraktionen Fein-, Mittel- und Grobsand haben Sande unterschiedliche Eigenschaften.



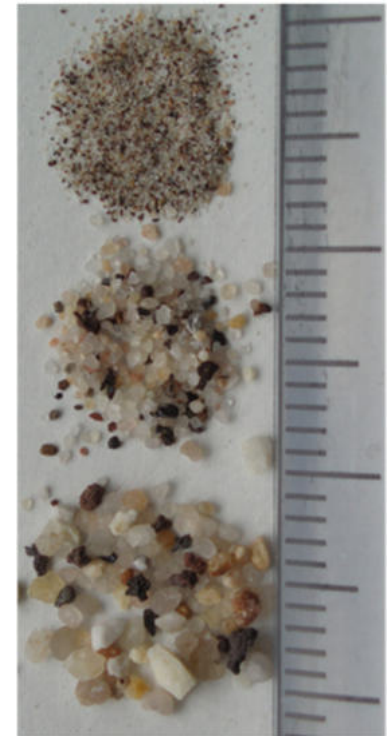
Luftdurchlässigkeit von Sanden

Liter Luft

Quarzsand $\varnothing < 0,25$ mm 17

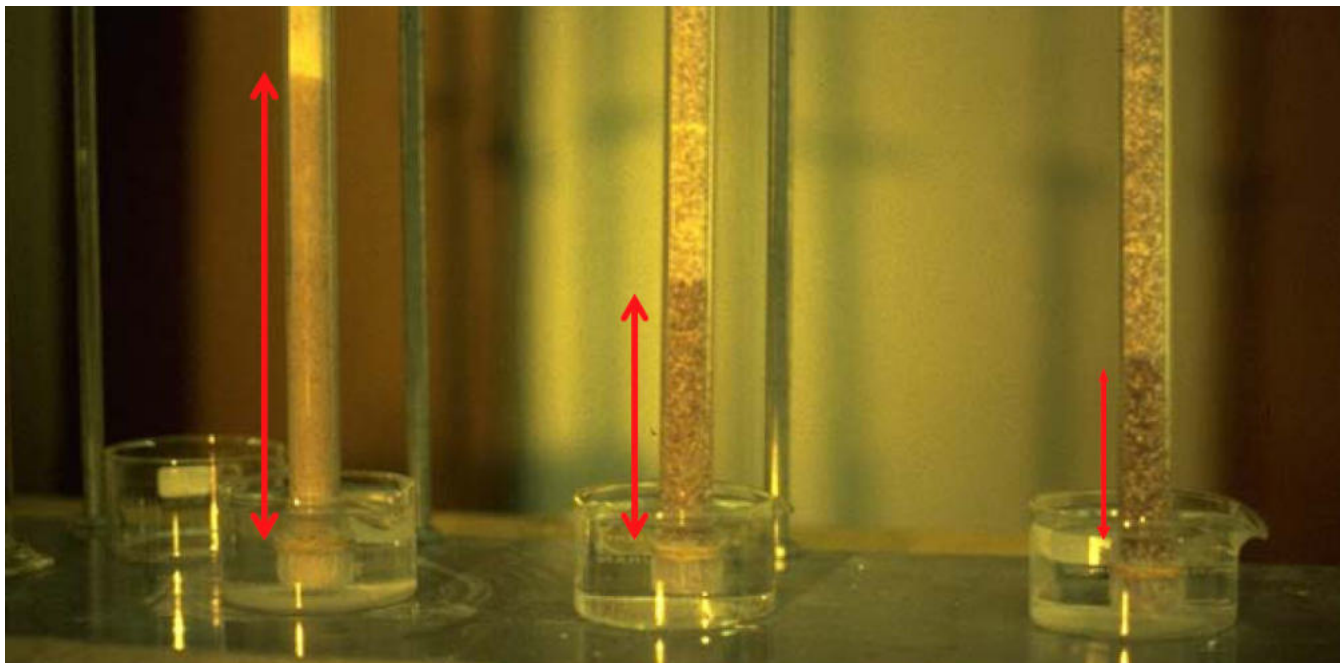
Quarzsand $\varnothing 0,5 - 1$ mm 92

Quarzsand $\varnothing 1 - 2$ mm 288



Quelle: Mückenhausen, 1974

Kapillarität: Korn- und Porengrößen entscheiden



Feinsand

Mittelsand

Grobsand

Quelle: Flühler, 2006

Kornformen und Eigenschaften



Rundes Korn

- runde Oberfläche
- verdichtet wenig
- verringert Scherfestigkeit



Kantiges Korn (Brechkorn)

- eckige Oberfläche
- verdichtet mehr
- erhöht Scherfestigkeit



Raue Oberfläche (Lava)

- gute Verzahnung
- erhöht Scherfestigkeit
- höhere Oberflächenhärte

Fazit / zur Mitnahme

- Böden schonend behandeln
- Befahrbarkeit beachten
- übermäßige Verdichtungen vermeiden
- geringe Radlasten, breite Bereifung, geringer Reifeninnendruck
- Baustoffe mit geringer Verdichtungsneigung verwenden (Sande)
- Zielgerichtete, ausreichende Bodenbearbeitung