



UNIVERSITÄT  
HOHENHEIM

# **Untersuchungen zur pneumatischen Bodenpflege mit einem airter® Light auf Tiefschnitt- und Hybridrasenflächen**

**Leopold Breloh**

**Institut für Agrartechnik, Stuttgart  
Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion  
Prof. Dr. Hans W. Griepentrog**

**Dr. Jörg Morhard**





# Gliederung

- Einleitung
- Stand der Technik
- Material und Methoden
- Ergebnisse
  - Tiefschnittflächen (Golf)
  - Hybridrasenflächen (Fußball)
- Zusammenfassung

## Einleitung

### Anforderungen an Strapazierrasenflächen

- DIN 18917:
  - Rasenflächen, die den Einflüssen von Betreten, Bespielen oder Befahren unterliegen
  - Belastung unter ungünstigen Bedingungen
  
- Der Boden als tragendes Element der Vegetationsschicht und als Pflanzenstandort wichtigstes Element
  
- Von größter Bedeutung: bodenphysikalische Eigenschaften
  - Direkt: Gasaustausch, Feuchtigkeit, Wasserbewegung und Temperatur<sup>[1]</sup>
  - Indirekt: Wachstumsbedingungen, Nährstoffversorgung, Aktivität des Bodenlebens<sup>[2]</sup>
  
- DIN 18035 Teil 4 (1974, 1991, 2012), die FLL 1990, 2000, 2008 sowie Regelwerke der USGA

# Einleitung

## Ursachen von Verdichtungen unter Strapazierrasenflächen

- Natürliche oder künstliche Ursachen<sup>[3]</sup>
  
- Künstliche Ursachen dominieren:
- Spielbetrieb (Tritt)<sup>[4]</sup>
  - 0,5 bis 0,8 MPa im Stand
  - 1 bis 2 MPa im Schritt und
  - bis 5 MPa im Lauf sowie beim Aufprall
- Pflegebetrieb
  - Vertikale Normalkraft
  - Scherkräfte durch Radschlupf
  - Vibrationen durch Antriebsstrang
  
  - Multi-Pass-Effekt<sup>[6]</sup>



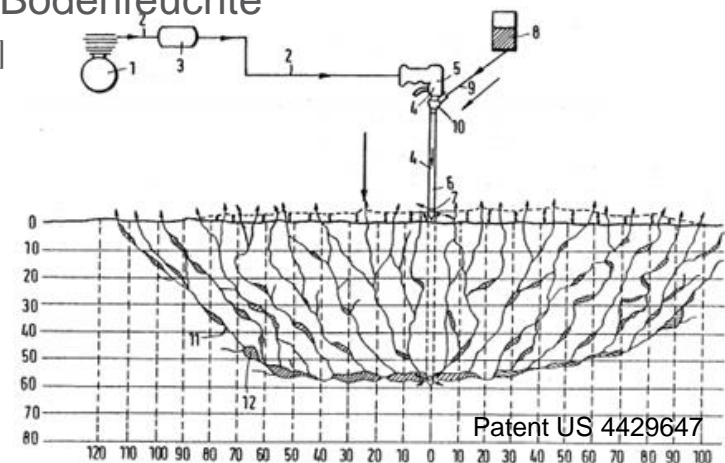
# Einleitung

## Bodenbearbeitung zur Behebung von Verdichtungen

- Aufgabe<sup>[8]</sup>:
  - „(...) als Bestandteil der Rasenpflege die Aufgabe, die Rasentragschicht unterhalb der Grasnarbe nachhaltig zu lockern und zugleich zu stabilisieren, ohne diese in ihrem Erscheinungsbild oder ihrer Funktion zu beeinträchtigen.“
  
- Unterscheidung zwischen Erhaltungspflege und Regenerationspflege
  
- Mechanisch
  
- Pneumatisch
  
- Hydraulisch

# Pneumatische Bodenbearbeitung Überblick

- Lassen sich in drei Gruppen unterteilen
  - diskontinuierlich arbeitende Geräte mit einer Lanze
  - diskontinuierlich arbeitende Geräte mit mehr als einer Lanze
  - kontinuierlich arbeitende Geräte
- Gehört als Punktlockerung zur Hublockerung<sup>[9]</sup>
- Bildung eines Rissgefüges und Hohlräumensystems im Boden<sup>[10]</sup>
- Lockerungsintensität einstellbar durch Injektionsvolumen, Druck und Tiefe
- Möglichkeit einer geringen Störung der Grasnarbe<sup>[10]</sup>
- Vergleichsweise höhere Toleranz gegen Bodenfeuchte
- Optionale Einbringung von Substanzen<sup>[3]</sup>



# Pneumatische Bodenbearbeitung

## Stand der Technik

### Diskontinuierlich (Air2G2)



- Arbeitsbreite: 180 cm
- Arbeitstiefe bis 30 cm
- 3 Injektionslanzen (2 Injektionsbereiche)
- 75 l Luft pro Minute<sup>[11]</sup>
- 7 Bar Druck<sup>[11]</sup>

### Kontinuierlich (Sisis Air-Aid 1500)



- Arbeitsbreite: 150 cm
- Arbeitstiefe: 12,7 cm
- 20 bzw. 30 Hohlzinken (Injektion)
- 88 l Luft pro Minute<sup>[12]</sup>
- 10 Bar Druck<sup>[12]</sup>

### Kontinuierlich (airter® Light)



- Arbeitsbreite: 160 cm
- Arbeitstiefe: 8-18 cm
- 14 Injektionslanzen
- 1.500 l Luft pro Minute<sup>[16]</sup>
- Bis 9 Bar Druck<sup>[16]</sup>



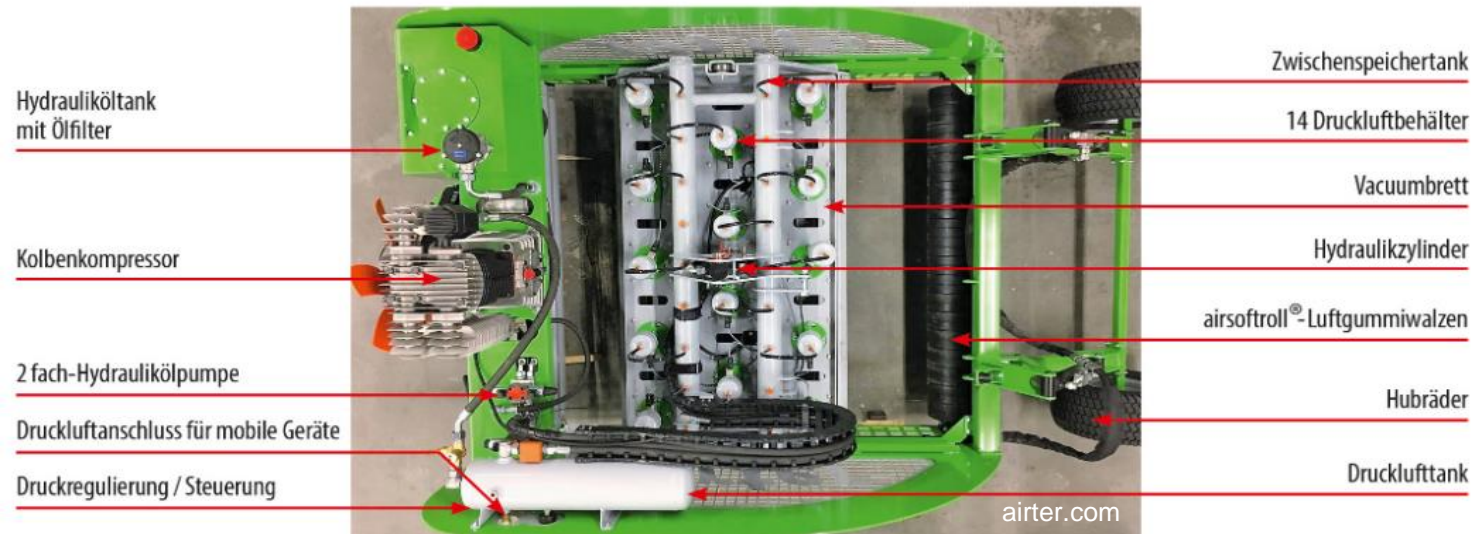
## Ziel der Arbeit

- Untersuchung der Wirksamkeit der Bodenbearbeitung durch den airter® Light im Bereich der Grünpflege sowie auf Hybridrasenflächen
  
- Untersuchung der Nachhaltigkeit:
  - Wöchentliche Messintervalle
  - Nachhaltigkeit bis vier Wochen nach Bearbeitung
  
- Untersuchung der Lockerungswirkung in Abhängigkeit der Messtiefe
  - Kraft-Weg Diagramm
  - Golfgrüns: 35 cm Messtiefe
  - Hybridrasenflächen: 16 cm Messtiefe



## Material und Methoden

### Pneumatische Bodenbearbeitung: airtter® Light



Gesamtgewicht	950 kg
Lanzen	Gehärtet, 14 Stück, Arbeitstiefe 8-18 cm
Arbeitsbreite	160 cm
Flächenleistung	1.300 m <sup>2</sup> /h
Kompressor	1.500 l/min 2-9 bar
Leistungsbedarf	22-33 kW, 540 U/min



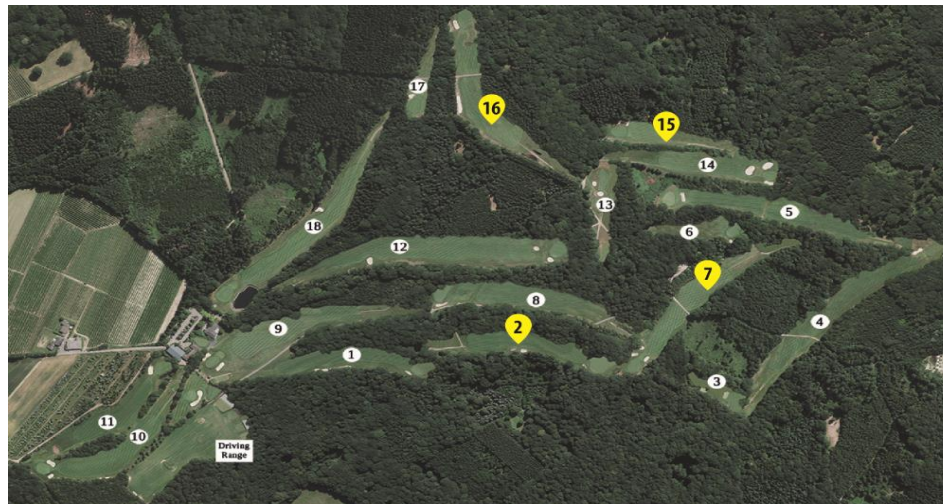
## Material und Methoden Überblick

- Standorte:
  - Bonn (Golfgrüns)
  - Augsburg (Hybridrasenfläche)
  
- Untersuchte Parameter:
  - Bodeneindringwiderstand
  - Vol. Wassergehalt
  - Wasserinfiltration
  - Ballrollverhalten (Golf)
  - Schnittgutaufkommen

## Material und Methoden

### Standort Bonn

- 18-Loch-Golfanlage Bonn Godesberg in Wachtberg bei Bonn
  - Linksrheinisch, Südrand der Kölner Bucht, zwischen 222 und 258 m ü. NN
- Grüns 15 und 16:
  - Problematischer Aufbau
  - Anlage Mitte 1960er Jahre als abgeänderte Einschichtbauweise („push-up“)
- Grüns 2 und 7:
  - Problemfreier Aufbau
  - Anlage Mitte 1990er Jahre als klassische Einschichtbauweise



## Material und Methoden

### Standort Bonn: problematischer Aufbau der Grüns 15 und 16



1. Ca. 10–12 cm mächtige, sandbetonte Rasentragschicht
2. Eine ca. 9–11 cm mächtige Schicht, während der Bauphase mit feinteilhaltigem lehmigem Oberboden vermischt (Verdichtungszone)
3. 10 cm mächtige Schicht aus ungewaschenem Sand auf Geotextil
4. Grobkiesmischung unbekannter Mächtigkeit



## Material und Methoden

### Standort Augsburg

- Hybridtrainingsfläche der WKK Arena Augsburg
  - Südlich von Augsburg
  - 501 m ü. NN
  
- Neuanlage Anfang 2018
  - Mai 2018 durch Heiler mit einem Heiler Sporthybrid R ausgestattet
  - Normgerechter Platzaufbau nach DIN 18035-4
  
- Zum Zeitpunkt der Versuche wenig bis keine Belastung
  - Wöchentliche Belastung wenige Stunden
  - Geringe Ausgangsverdichtungen

## Material und Methoden

### Messungen

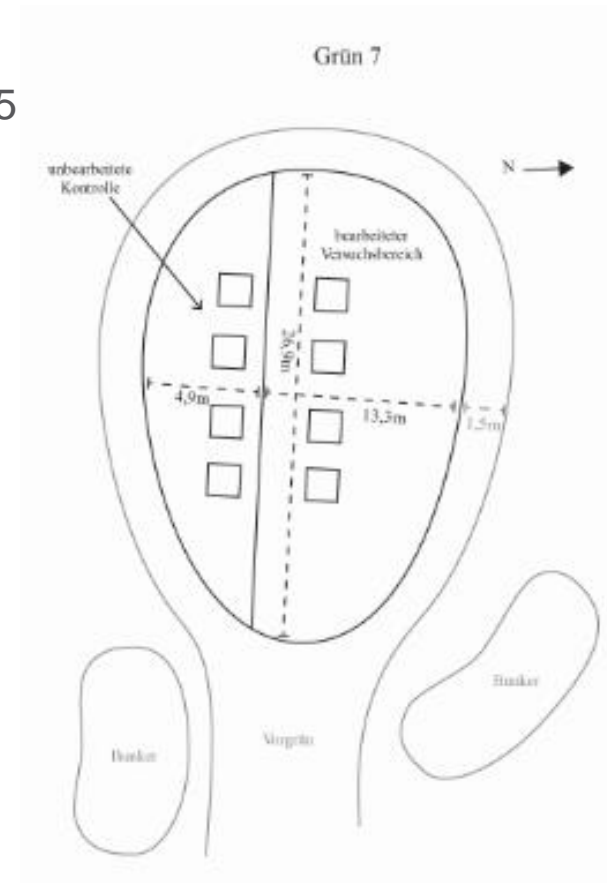
- Eindringwiderstand:
  - Beurteilung der Bodenverdichtung mittels des vertikalen Eindringwiderstandes
  - Penetrologger, 5 Messungen pro Parzelle (randomisiert)
  - Messung nach NEN-Norm 5140
  
- Bodenfeuchte:
  - Vol. Wassergehalt
  - TDR-Verfahren, Messtiefe 0-15 cm
  
- Wasserinfiltration:
  - Doppelring Infiltrometer nach DIN 19682-7 (2015)
  
- Ballrollverhalten
  - Stimpfmeter nach USGA
  
- Schnittgutmenge



## Material und Methoden

### Versuchsdurchführung Standort Bonn

- Zeitraum 1: 04.04.19–30.04.19    Bearbeitung 1: 04.04.19
  - 12 cm Lanzenlänge, 6,5-7 bar Luftdruck
- Zeitraum 2: 28.05.19–24.06.19    Bearbeitung 2: 28.05.19
  - 14 cm Lanzenlänge, 7,5-8 bar Luftdruck
- Wöchentliche Messungen
  - Messung der Ausgangssituation
  - Messung bis vier Wochen nach Bearbeitung



# Material und Methoden

## Versuchsdurchführung Standort Augsburg

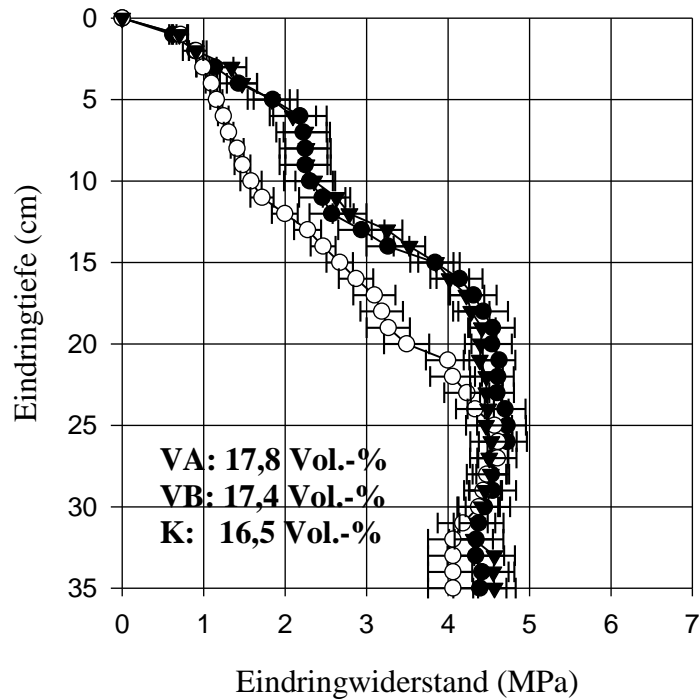
- Zeitraum: 04.07.19–30.07.19 Bearbeitung 1: 04.07.19, Bearbeitung 2: 23.07.19
  - 8 cm Lanzenlänge, 7,5-8 bar Luftdruck
  
- Messungen alle zwei Wochen
  - (große Entfernung zur der Versuchsanlage, 550 km)
  - Messung der Ausgangssituation
  - Messung bis vier Wochen nach Bearbeitung



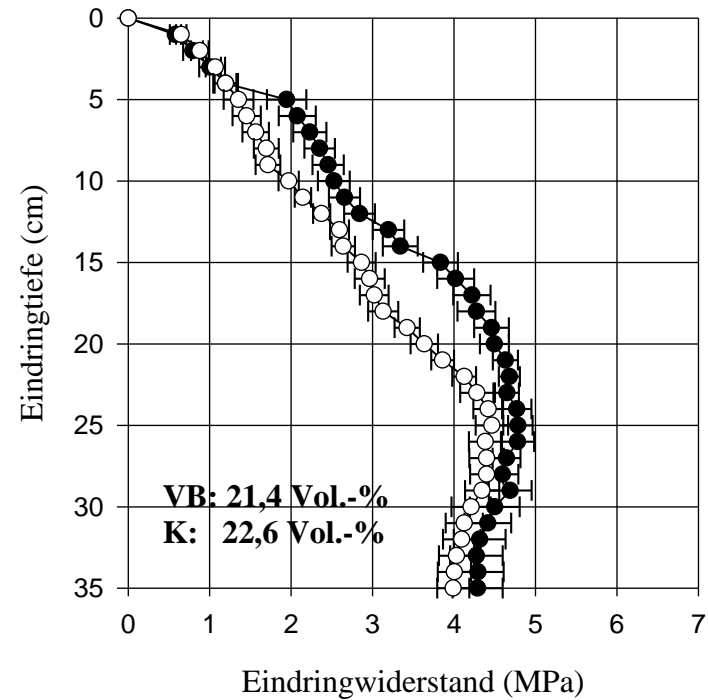


# Ergebnisse und Diskussion Eindringwiderstand Golfgrüns

Tag der Bearb.



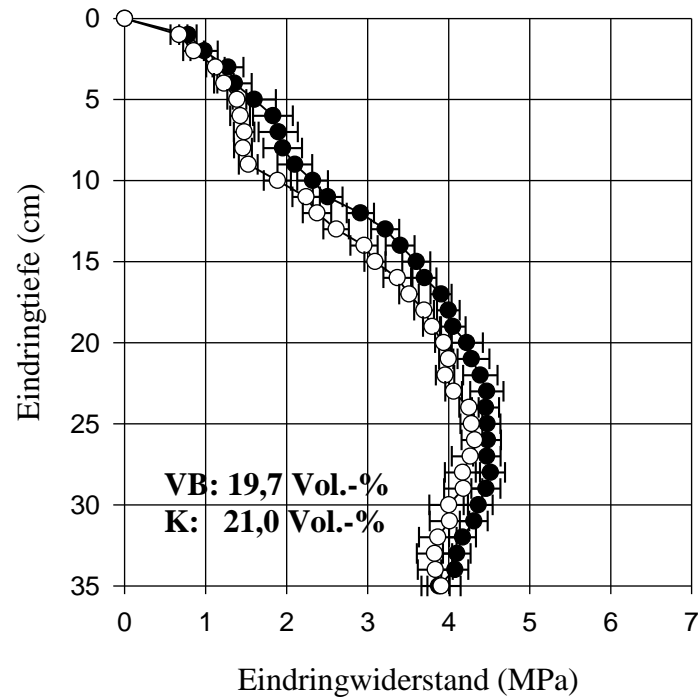
1 Woche nach Bearb.



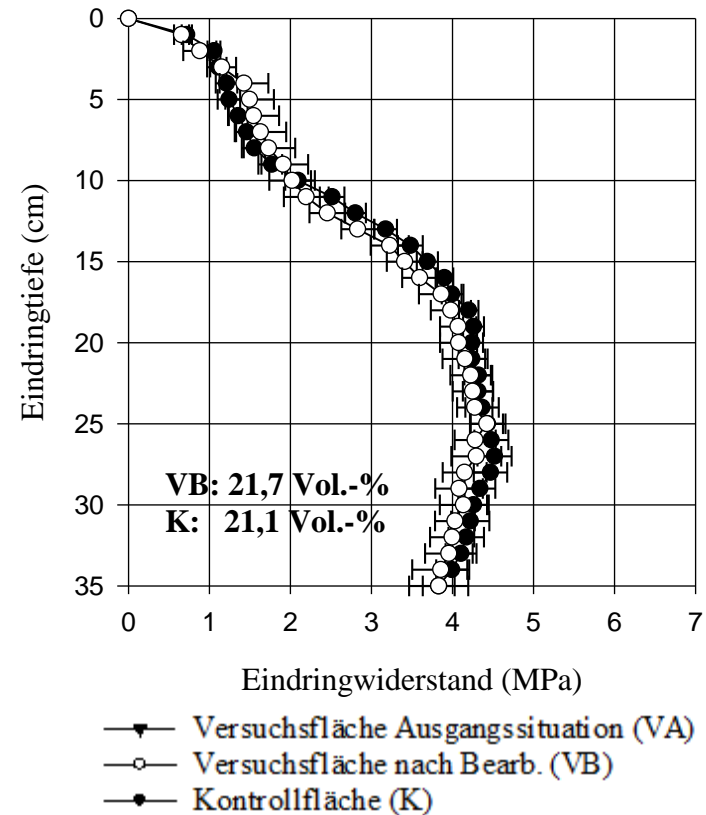
- ▼ Versuchsfläche Ausgangssituation (VA)
- Versuchsfläche nach Bearb. (VB)
- Kontrollfläche (K)

## Ergebnisse und Diskussion Eindringwiderstand Golfgrüns

2 Wochen nach Bearb.



4 Wochen nach Bearb.



# Ergebnisse und Diskussion

## Luftporenvolumen Golfgrüns

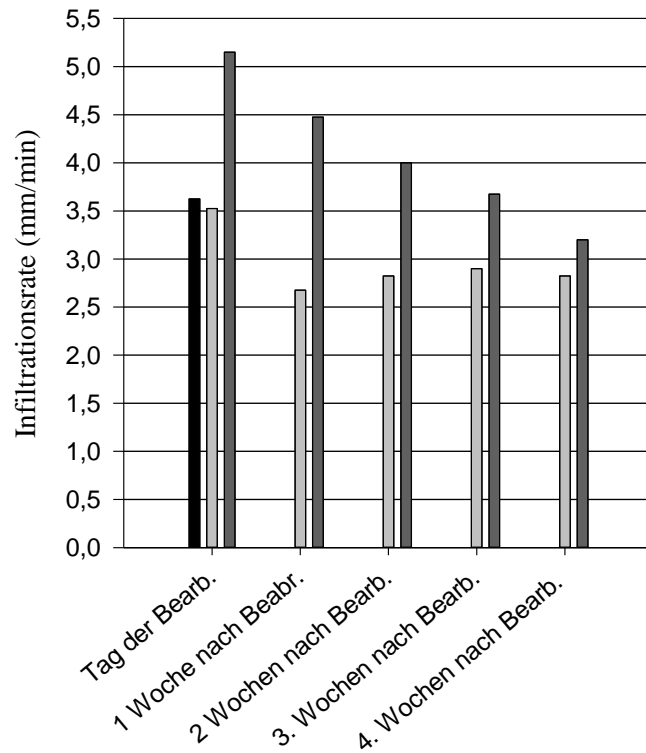
- Messung des volumetrischen Bodenwassergehaltes ( $\theta$ ) vor und nach pneumatischer Lockerung zur Bestimmung der Veränderung des Luftporenvolumens
- In Anlehnung an Untersuchung durch Morhard (2004)<sup>[8]</sup> und Sorochan und Dickson (2014)<sup>[13]</sup>
- Annahme:
  - Wasserverlust zwischen den Messungen zu vernachlässigen
  - Mineralisches Bodenvolumen konstant

	2. Versuchszeitraum			
	Grün 2	Grün 7	Grün 15	Grün 16
$\theta_{vorher}$	22,6	17,4	26,0	26,0
$s$	1,24	0,98	0,8	0,7
$\theta_{nacher}$	18,7	16,5	22,0	22,8
$s$	1,23	0,39	1,06	0,8
<b>Veränderung (%)</b>	<b>17,3</b>	<b>5,2</b>	<b>15,4</b>	<b>12,4</b>

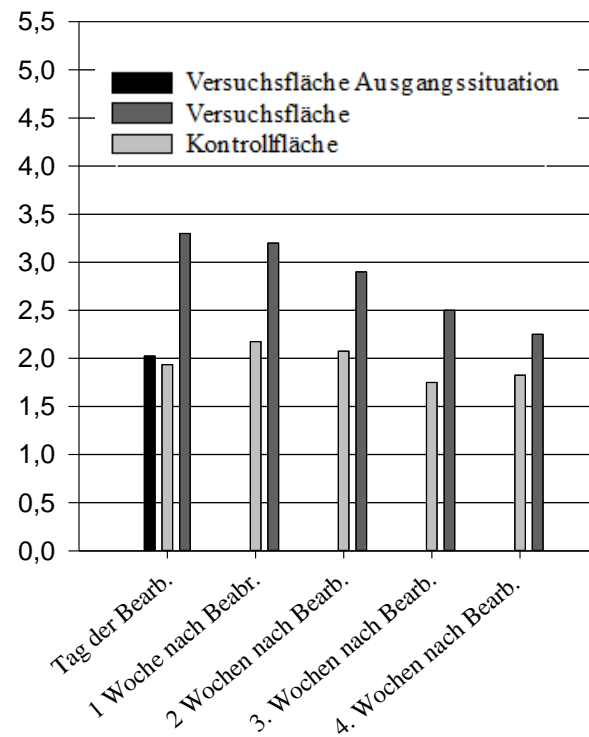
# Ergebnisse und Diskussion

## Wasserinfiltration Golfgrüns

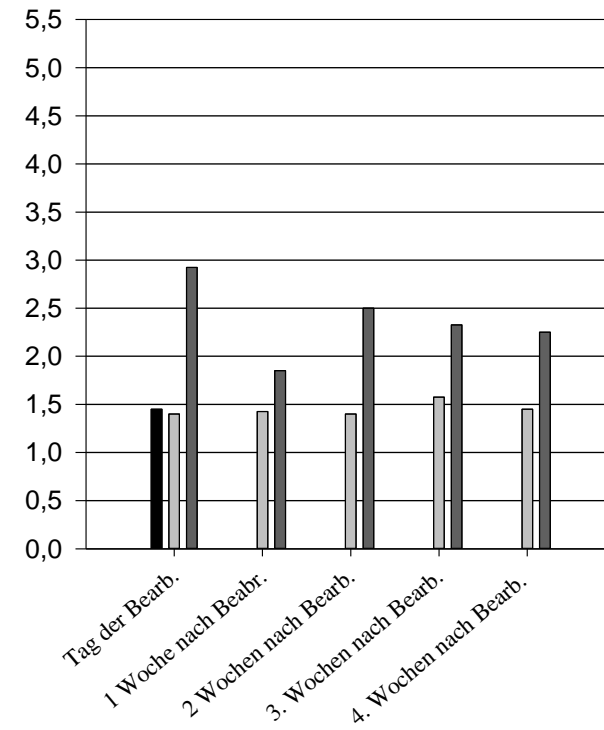
Grün 2



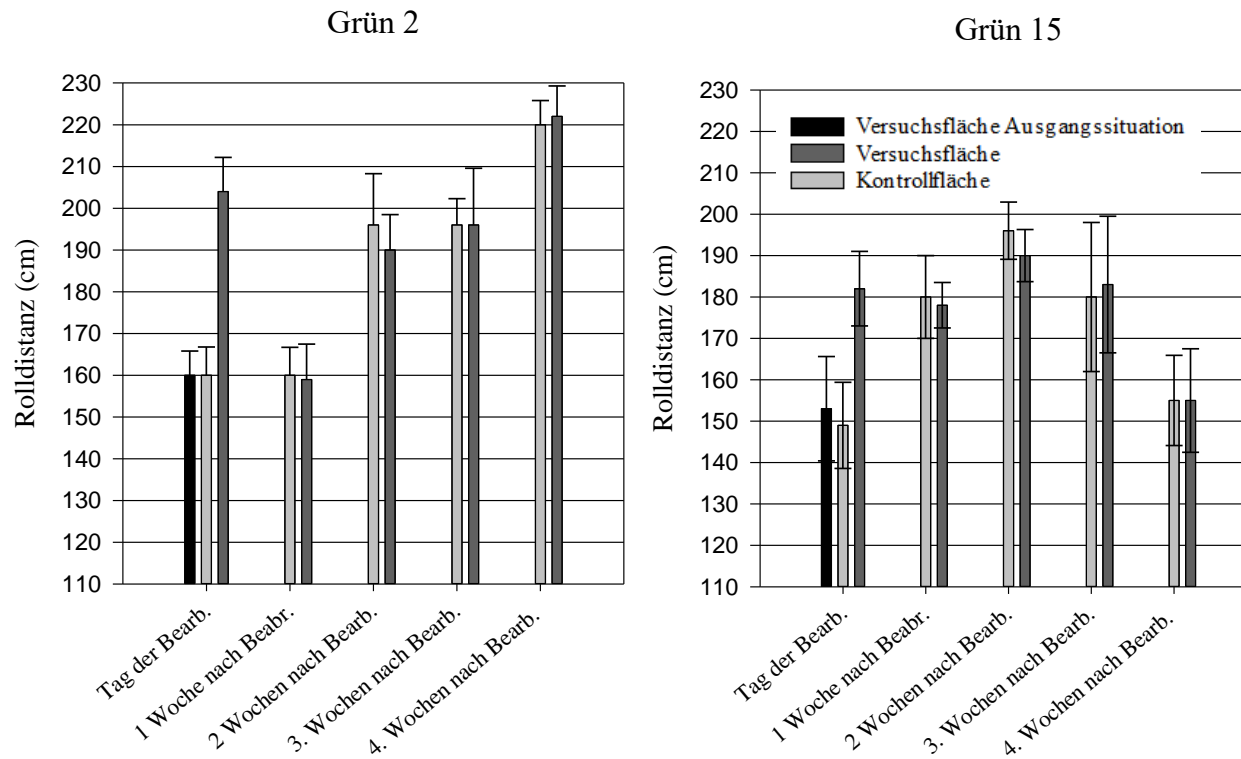
Grün 15



Grün 16

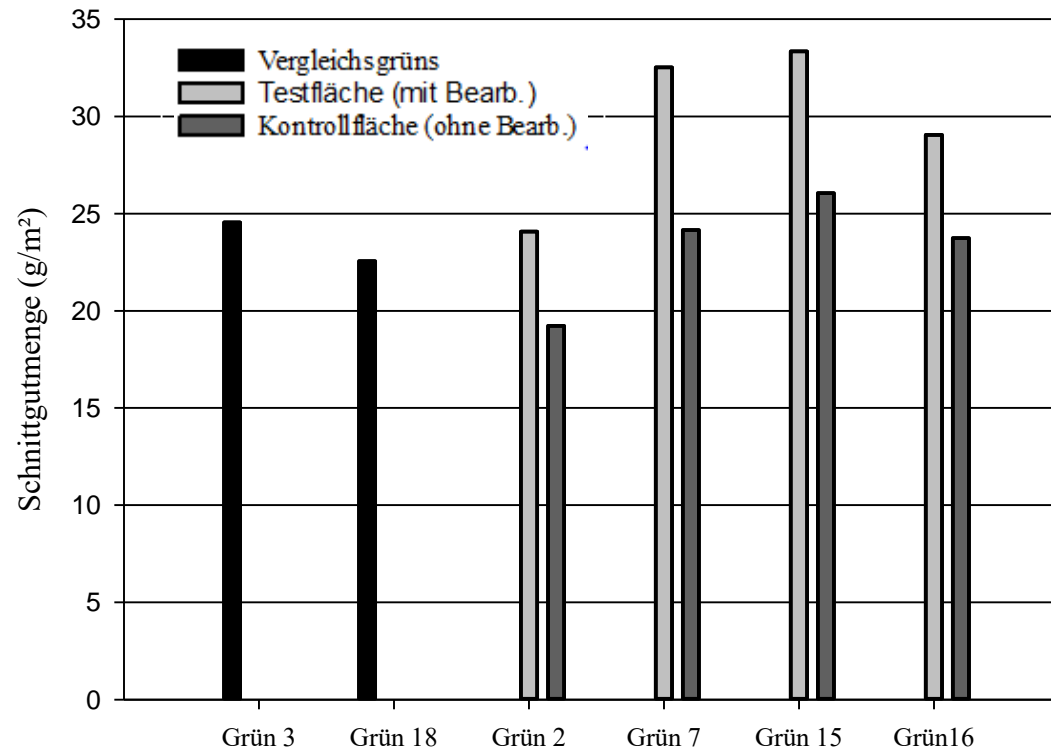


## Ergebnisse und Diskussion Ballrollverhalten



- Durchschnittlicher Anstieg der Ballrolldistanz nach Bearb. von 47 cm (30 %) bzw. von 33 cm (17 %)

## Ergebnisse und Diskussion Schnittgutaufkommen

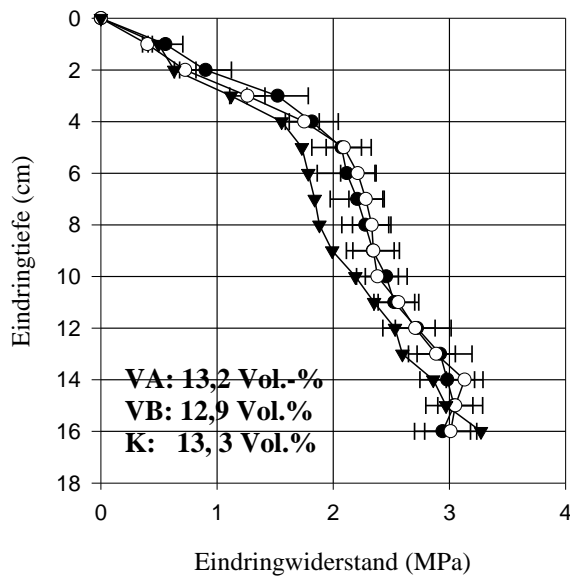


- Durchschnittlich 23 % höheres Schnittgutaufkommen durch pneumatisch Bodenbearbeitung

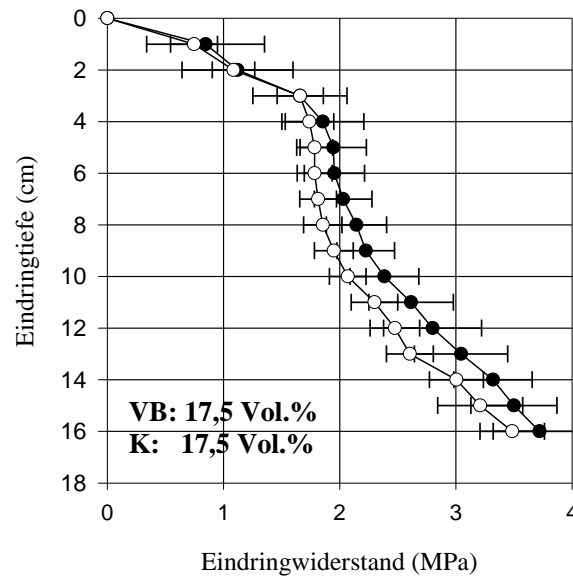
# Ergebnisse und Diskussion

## Eindringwiderstand Hybridrasen

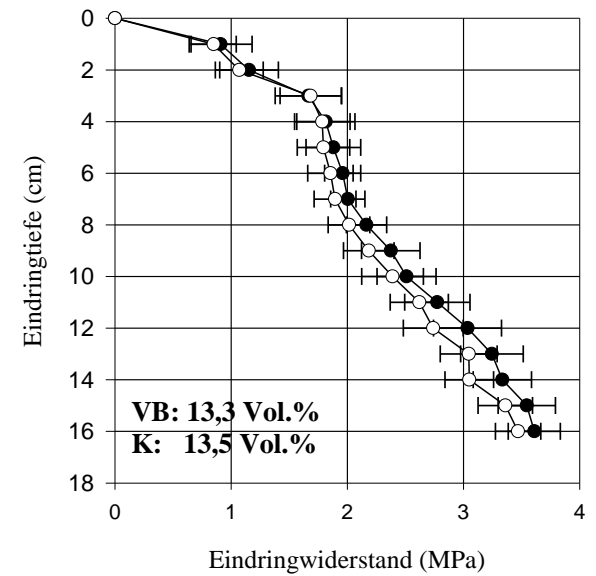
Tag der Bearb.



2 Wochen nach Bearb.



4 Wochen nach Bearb.



- ▼ Versuchsfläche Ausgangssituation (VA)
- Versuchsfläche nach Bearb. (VB)
- Kontrollfläche (K)

## Ergebnisse und Diskussion

### Luftporenvolumen Hybridrasen

- Deckung mit Ergebnissen der Tiefschnittflächen
- Schlussfolgerung:
  - Unter Berücksichtigung der Annahme, dass keinerlei Wasserverlust durch Verdunstung oder Gravitation stattgefunden hat
  - Lässt die Reduktion des volumetrischen Bodenwassergehaltes darauf schließen, dass das luftgefüllte Porenvolumen gestiegen ist.

	Versuchszeitraum 04.07.19–30.07.19			
	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3	Parzelle 4
$\theta_{vorher}$ (%)	12,8	13,6	14,0	13,4
$s$	0,26	0,99	0,32	0,88
$\theta_{nacher}$ (%)	10,6	10,6	10,9	10,4
$s$	0,29	0,34	0,33	0,37
<b>Veränderung (%)</b>	<b>18,0 %</b>	<b>12,8 %</b>	<b>22,2 %</b>	<b>22,4 %</b>



## Zusammenfassung

- Lockerungswirkung:
  - **Tiefschnittflächen:** Messhorizont: 0-35 cm, Lockerung von 16-28 %, über alle Daten gemittelt  $\bar{\varnothing}$  21 % Lockerung, maximale erzielte Lockerung von 38 %
  - **Hybridrasen:** Messhorizont: 0-16 cm, über alle Daten gemittelt  $\bar{\varnothing}$  10 % Lockerung. Geringe Ausgangsverdichtung!
- Nachhaltigkeit:
  - Lockerung ließ sich bis drei Wochen nach Bearbeitung auf allen Versuchsflächen nachweisen ( $\bar{\varnothing}$  11,5 %) vereinzelt bis vier Wochen (6 % Lockerung)
- Luftporenvolumen:
  - $\bar{\varnothing}$  Reduktion des Vol. Wassergehaltes nach Bearbeitung von 13,2 %
- Wasserinfiltration:
  - Steigerung nach Bearbeitung von 39 % bzw 46 % („Problem-Grüns“)
  - Nachhaltigkeit bis vier Wochen (Steigerung von 17 %)
- Ballrollverhalten verbesserte sich stets nach Bearbeitung
- Auf allen Bearbeiteten Grüns konnte ein erhöhtes Schnittgutaufkommen (23 %) beobachtet werden



## Ausblick

- Verbreitung leistungsstarker pneumatischer Bodenpflegegeräte derzeit gering
- Wirkung wissenschaftlich kaum untersucht
  
- Forschungsbedarf:
  - Bodenluftzusammensetzung
  - Lagerungsdichte
  - Vitalität des Gräserbestandes
  - Wirtschaftlichkeit



## Quellen

- (1) Adams, W. A., und Gibbs, G. J., 1994: Natural Turf for Amenity: Science and Practice. CAB International, Wallingford, UK.
- (2) Thieme-Hack, M., 2018: Handbuch Rasen. Eugen Ulmer KG, Stuttgart.
- (3) Siebert, J., und Weigant, U., Bodenlüftungsverfahren: Untersucht auf ihre Lockerungswirkung und die Verteilung von eingebrachten Stoffen in sandigen Böden mit und ohne Baumbewuchs. Dargestellt am Beispiel des „Gaspo-Senators“. Abschlussarbeit HS Osnabrück, 1989
- (4) Deutscher Fußball-Bund e. V., 2011: Sportplatzbau und Erhaltung. Verlagshaus Zarbock, Frankfurt.
- (5) Carrow, R. N., und Petrovic, A. M., 1992: Effects of Traffic on Turfgrasses. Turfgrass Agronomy Monograph no. 32, Madison, Wisconsin.
- (6) Heine, A., 1986: Bodenschonende Fahrwerke landwirtschaftlicher Transportanhänger. Grundle. Landtechnik Bd. 36 Nr. 2, Hohenheim, Stuttgart.
- (7) Lodge, T. A., und Baker, S. W., 1993: Porosity, Moisture Release Characteristics and Infiltration rates of three Golf Green Rootzones. Journal of Sports Turf Research Institute.
- (8) Morhard, J., 2004: Untersuchungen zur Bodenbearbeitung auf Strapazierrasenflächen. Dissertation, Verlag Grauer, Beuren Stuttgart.
- (9) Schulte-Karring, H., 1995: Die Unterbodenmelioration, Teil 3 – Technik. Warlich Druck und Verlagsgesellschaft, Meckenheim und Ahrweiler.
- (10) Schneider, M., 1999: Untersuchung und Wertung bodenlockernder und belüftender Geräte für den Garten- und Landschaftsbau in Bezug auf Nachhaltigkeit, Wirkungsweise und -werte. Diplomarbeit am Institut für Gärtnerischen Pflanzenbau, Fachgebiet Technik im Gartenbau, Humboldt-Universität Berlin.
- (11) CAMPEY, 2015: Aerate with no disruption to play. Datasheet Air2g2. Campey Turf Care Systems, Marton, UK.
- (12) Nicholls, L., 2014: SISIS Aer-Aid brings pitch improvements to Bradford City. Football and Industry News, Pitchcare Magazine, 22.04.2014
- (13) Sorochan, J., and Dickson, K., 2014: GT Airinject Final Report Draft. University of Tennessee, Knoxville.
- (14) Neemann, M., 2016: Bügeln – das ultimative Finish. Rasenwelt 09/2016.
- (15) Kreuser, B., 2018: Drive your growth Rate. Turf Info for the North Central US. Published by Division of the Institute of Agriculture and Natural Resources at the University Nebraska-Lincoln.
- (16) airtter: airtter® light 14160 Die Lockerung für den besten Rasen. Datenblatt der Novokraft AG, Itingen, Schweiz.