

## Seminar Pflanzliche Erzeugung am 30.11.2015

# Mechanische Bodenbelastung im Grünland – ein Thema?

M. Diepolder, S. Raschbacher, R. Brandhuber, M Demmel & R. Walter

Institut für Ökologischen Landbau,  
Bodenkultur und Ressourcenschutz

# Mehr „Druck auf's Grünland“

- Unter Dauergrünland befinden sich in 0-15 cm Bodentiefe ca. 90-95 % der gesamten Wurzelmasse.
- Die Wurzelmasse ist umso geringer, je intensiver die Nutzungshäufigkeit und die (N-) Düngung ist.

Mechanische Bodenbelastung im Grünland ist ein Thema!

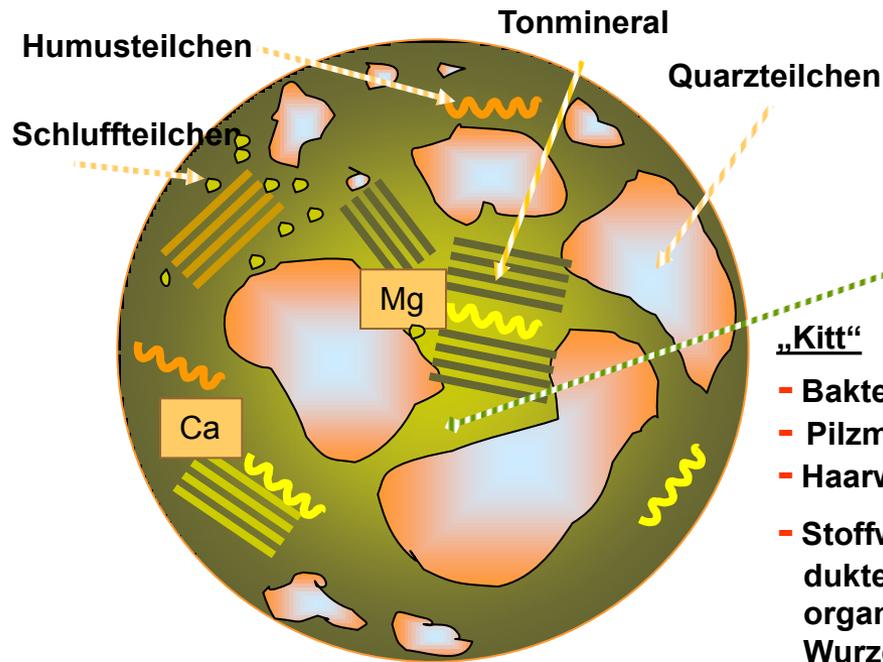


# Bodenverdichtung im Grünland – Risiken und „Chancen“

- Hohe **Niederschläge** = häufig **feuchte Böden**
  - **Häufige Überfahrten**
  - **Schwere Fahrzeuge**
- Hohe **Tragfähigkeit** durch Grasnarbe mit Wurzelfilz
  - Gute **Drämfähigkeit** → hoher Porenanteil, zahlreiche **Regenwürmer**
  - Häufig höherer **Steinanteil** im Unterboden → kann Lasten abstützen
  - Gutes **Regenerationsvermögen** im Oberboden → Frost, Wurzeln, hohe biologische Aktivität

# Die Bodenstruktur unter Dauergrünland (Krümelgefüge)

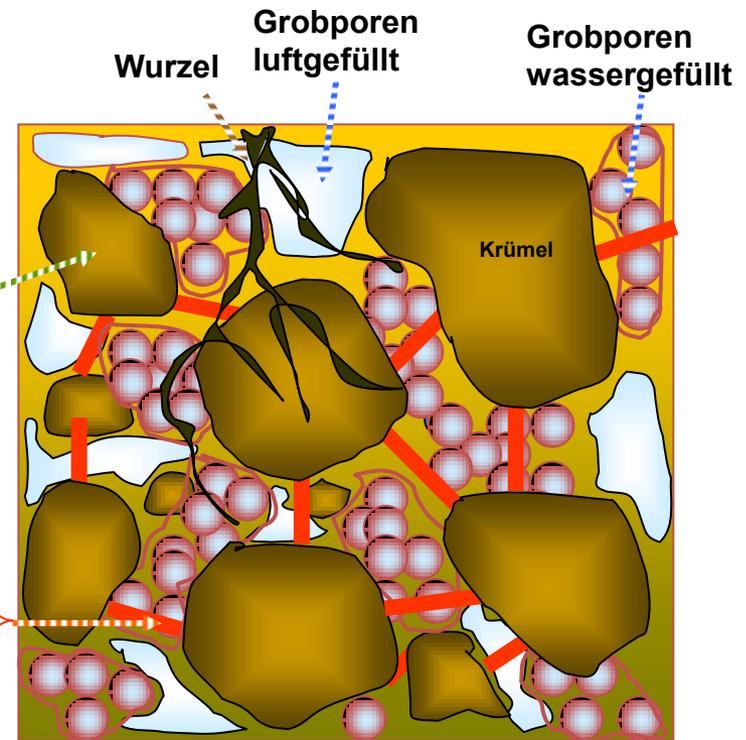
- Anordnung der Bodenteilchen zu Aggregaten
- durch intensive Durchwurzelung und hohe biologische Aktivität entstehen Krümel (Ø 1-10 mm)



Krümel (Bodenaggregat)

## „Kitt“

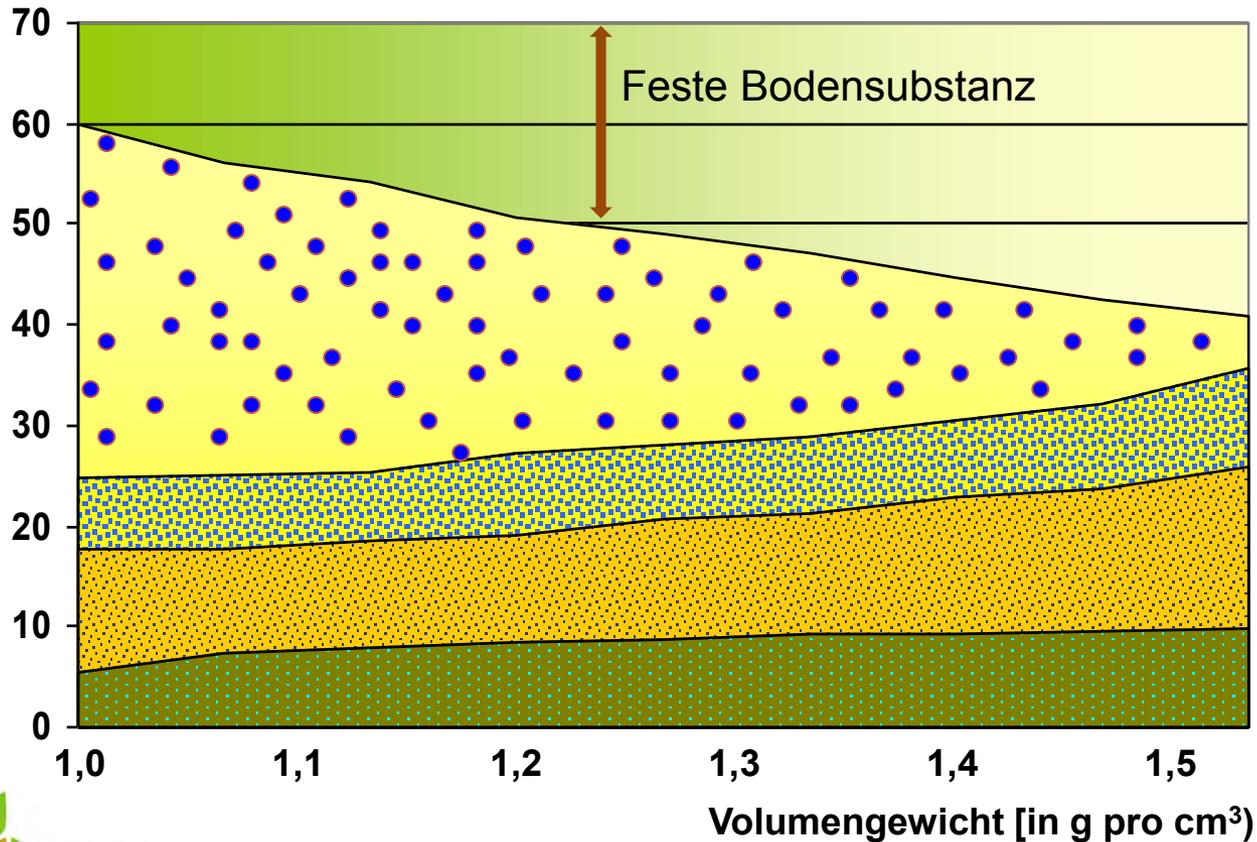
- Bakterien, Algen
- Pilzmycele
- Haarwurzeln
- Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen und Wurzeln
- Eisenoxide
- Kalk



Krümelgefüge

# Anteil des Volumens der Grob-, Mittel- und Feinporen in Abhängigkeit vom Volumengewicht als Maß für den Verdichtungsgrad

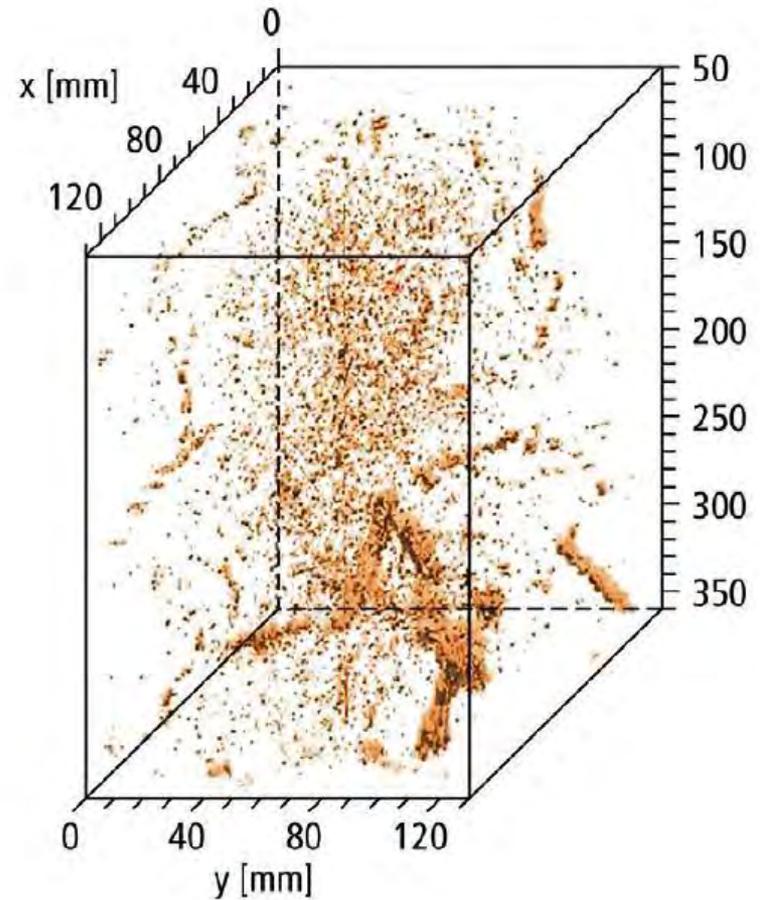
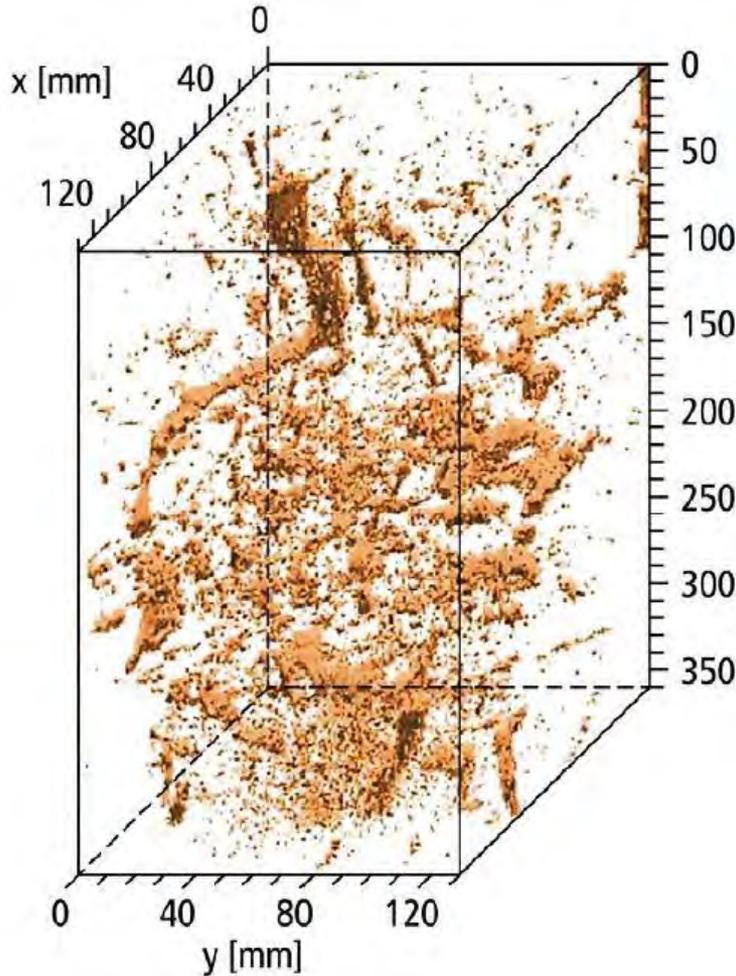
Anteil der Poren in %



<u>Porenklasse</u>	$\varnothing$ in $\mu\text{m}$
weite Grobporen (Luftkapazität !)	> 50
enge Grobporen	10 - 50
Mittelporen	0,2 - 10
Feinporen	< 0,2

# 3-D-Visualisierung: Krume nach Pflugfurche

## Makroporen mit und ohne Druckbelastung



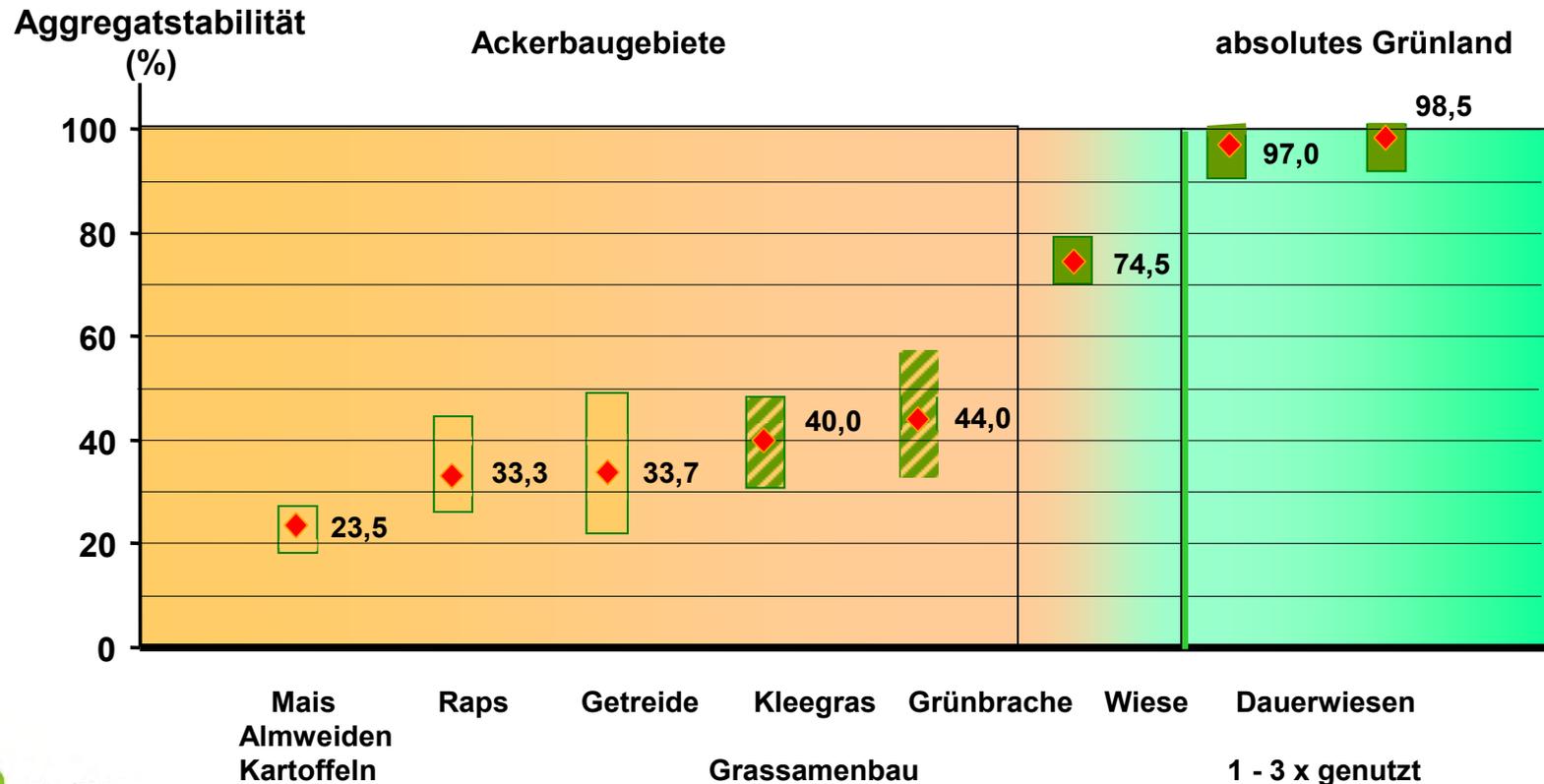
Quelle: Jegou et al., 2001, in: aid 3614/2013:  
Gute fachliche Praxis Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz

Folie: R. Brandhuber

# Stabilität von Bodenaggregaten bei unterschiedlicher Bewirtschaftung

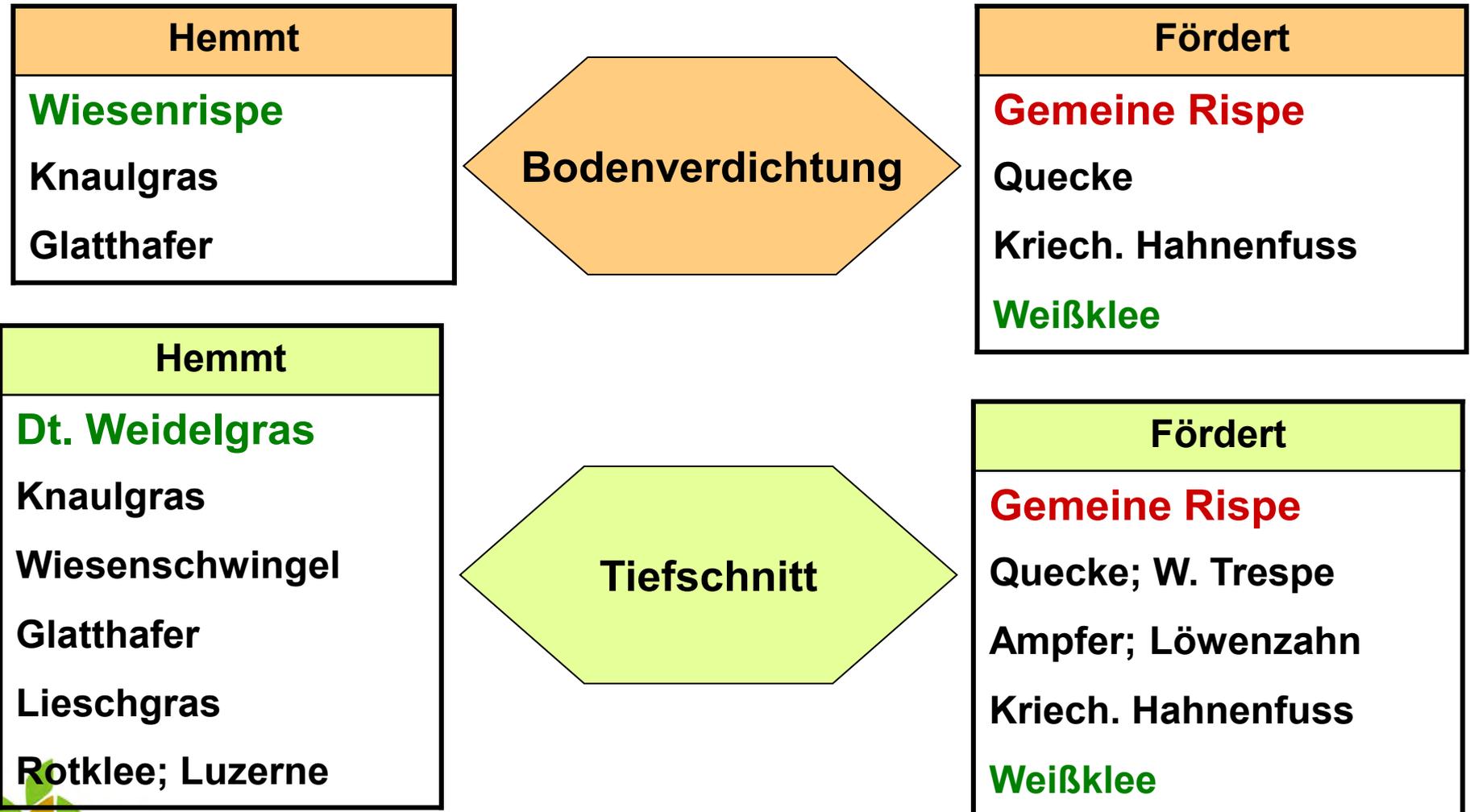
- Ein Boden mit hohem Humusgehalt und guter Struktur (Dauergrünland) hält Wasser und Nährstoffe für die Pflanzen nachhaltig bereit

Quelle: Buchgraber et. al (2003)

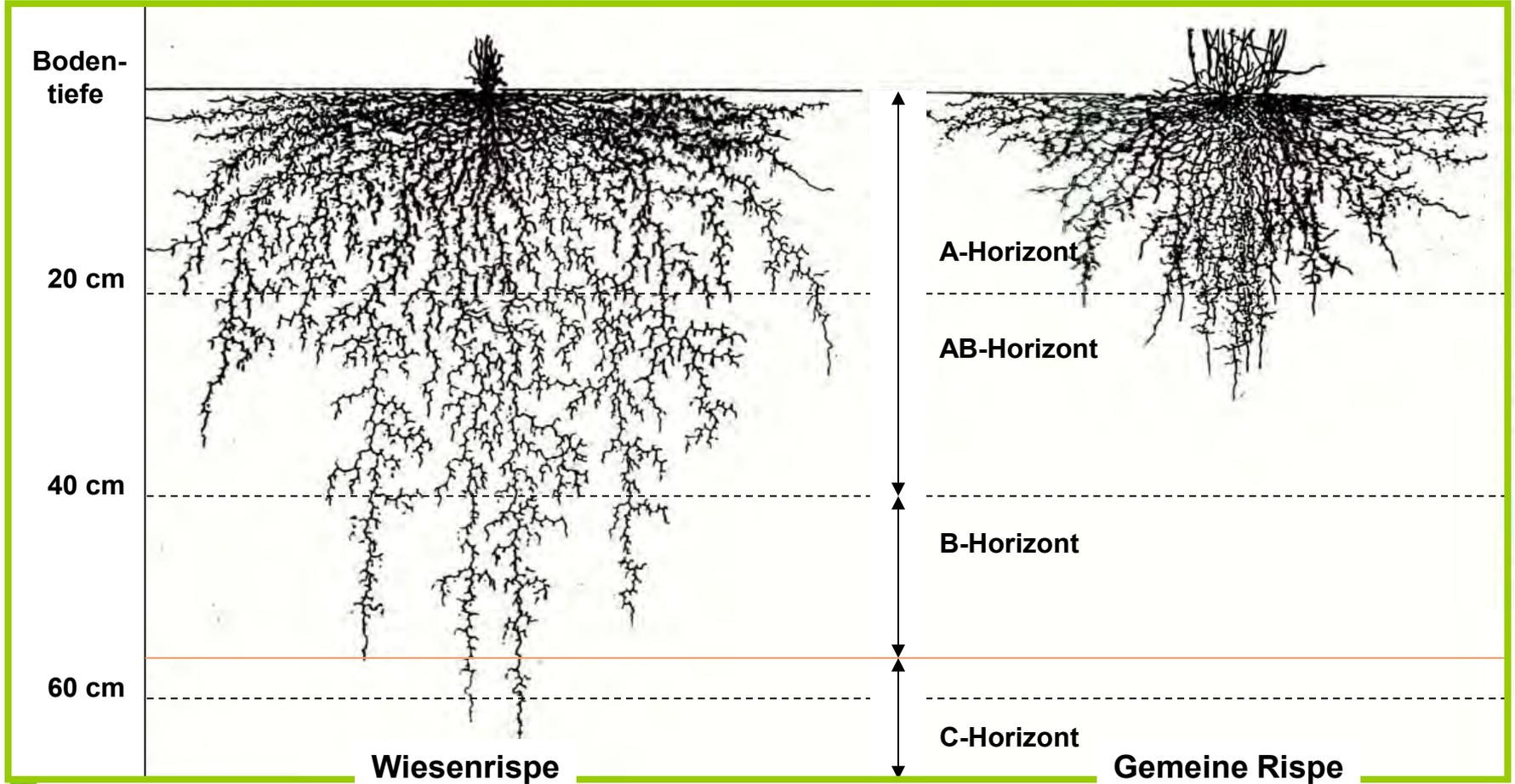


# Was bewirken Bodenverdichtung und Tiefschnitt ?

Quelle: Nach J. Galler, LK Salzburg



# Wurzelbilder (nach SOBOTIK, 1996)



# Ausgangspunkte für die Versuche der LfL

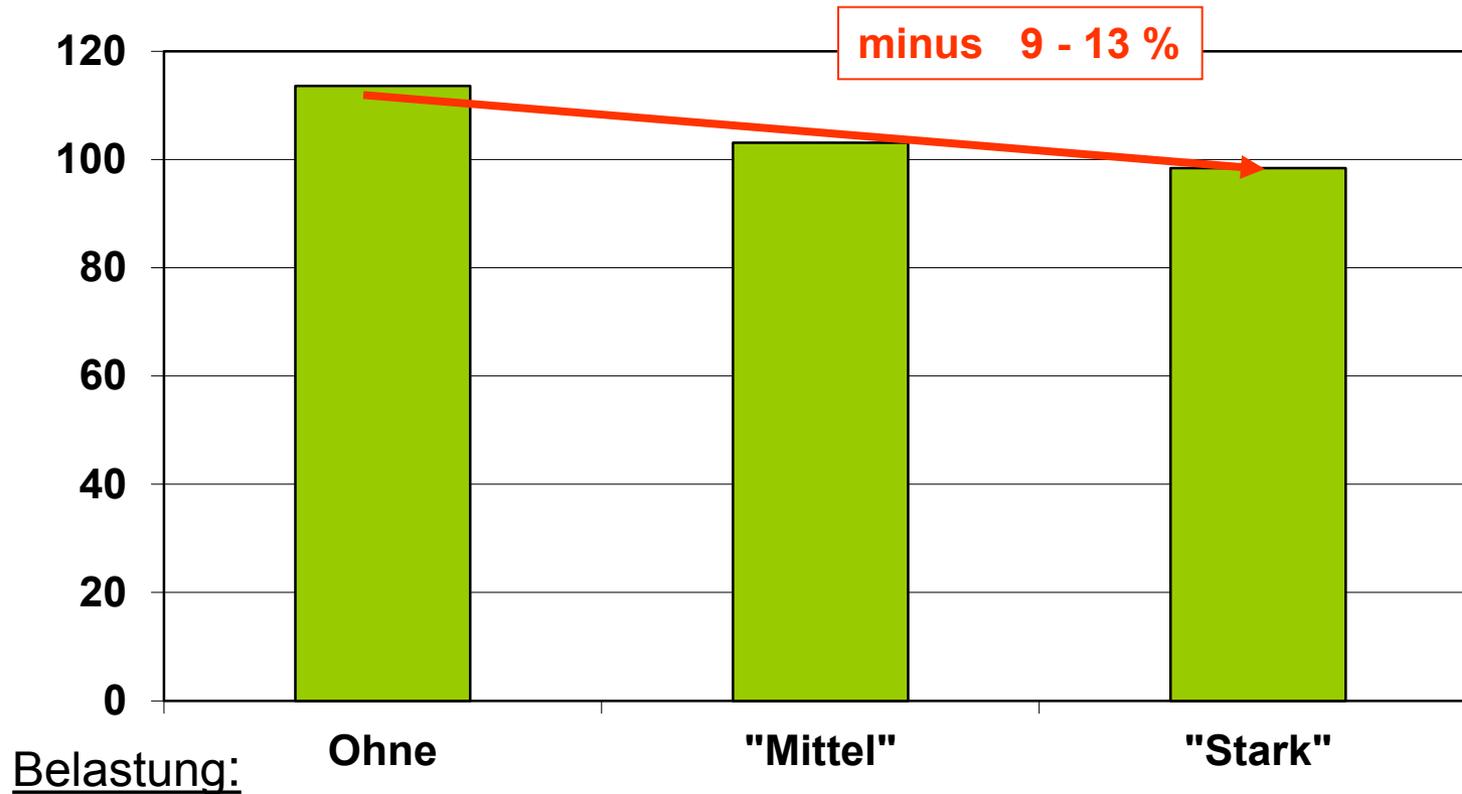
---

- ... Grünland wird immer häufiger befahren, die Geräte immer schwerer, der Zeitdruck immer größer.....
- ... Wer kennt sie nicht, die Stellen im Grünland, die immer mehr zur Vernässung neigen...
- ... Gibt es versuchsgestützte Anhaltspunkte, dass im Intensivgrünland die zunehmenden Gewichte der landwirtschaftlichen Fahrzeuge im Grünland die Bodenstruktur, das Bodenleben, den Ertrag, den Pflanzenbestand und die Futterqualität negativ beeinflussen?

# Versuch 1 zur Auswirkung von Bodenbelastung im Grünland

Spitalhof/Kempton, 2001-2004

TM-Ertrag (dt/ha)

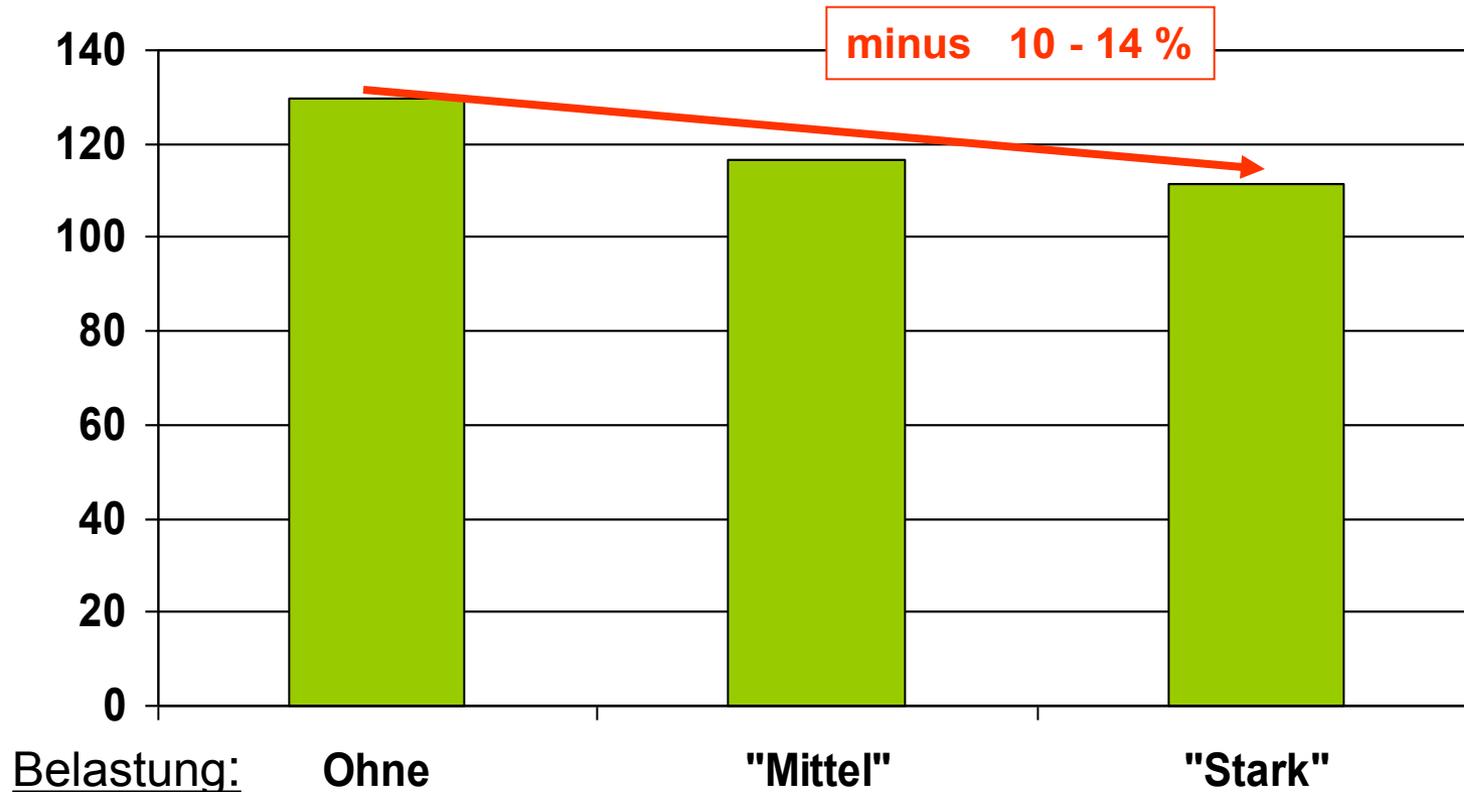


Quelle: Diepolder, Schröpel Brandhuber, Bauchhenß; 2005

# Versuch 2 zur Auswirkung von Bodenbelastung im Grünland

Gschwendt, Lkr. SR, 2003-2006

TM-Ertrag (dt/ha)

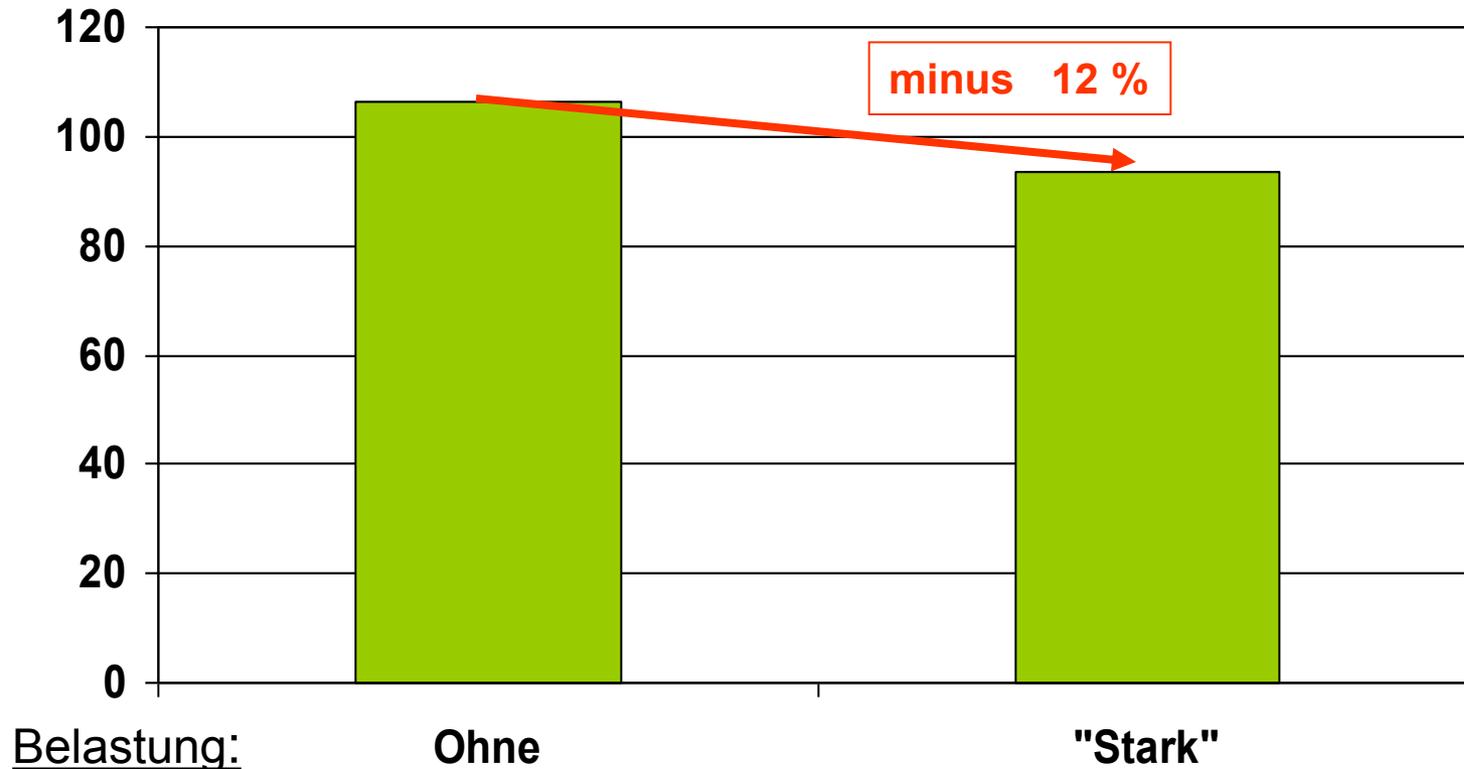


Quelle: Diepolder und Raschbacher, 2008

# Versuch 3 zur Auswirkung von Bodenbelastung im Grünland

Puch, Lkr. FFB, 2003-2007

TM-Ertrag (dt/ha)



Quelle: Diepolder, Raschbacher, Brandhuber, Kreuter; 2009

# Material und Methoden – Versuch Spitalhof

- **Standort** **Spitalhof/Kempton; Allgäuer Alpenvorland**  
730 m ü. NN  
1290 mm/a Niederschlag  
7,0 °C mittlere Temperatur  
Parabraunerde aus lehmigem Sand - schluffigem Lehm  
In 0-10 cm Tiefe: pH 6,0  $P_{CAL}$  und  $K_{CAL}$  in C
- **Bestand** **Dauergrünland**  
weidelgrasbetonte Wiese
- **Versuch** **6 Varianten, 4 Wiederholungen; 4 Schnitte/a**  
Auswertung 5 Jahre (2007-2011)
- **Varianten** **3 Belastungsstufen** („ohne“, niedrig, mittel)  
2 Kalkstufen (ohne/mit)

# Varianten

Mechanische Belastung *	Gewicht Schlepper und Güllefass; Vorfahrtsgeschwindigkeit		Kalkung **
1 Ohne (Kontrolle)	-	-	1.1 ohne
			1.2 mit
2 Niedrig	ca. 7 t	6-7 km/h	2.1 ohne
			2.2 mit
3 Mittel	ca.12 t	2,5-3,5 km/h	3.1 ohne
			3.2 mit

\* **Belastung:** Fahren „Spur an Spur“ 4x im Jahr

\*\* **Kalkung:** 20 dt/ha kohlen-saurer Kalk zu Versuchsbeginn (2001),  
ab 2004, 2007, 2010 je 15 dt/ha

NPK-Düngung: Ab 2007 4 dt/ha Nitrophoska (15/5/20) zu jedem Aufwuchs,  
bis 2006 4xGülle + 1xKAS

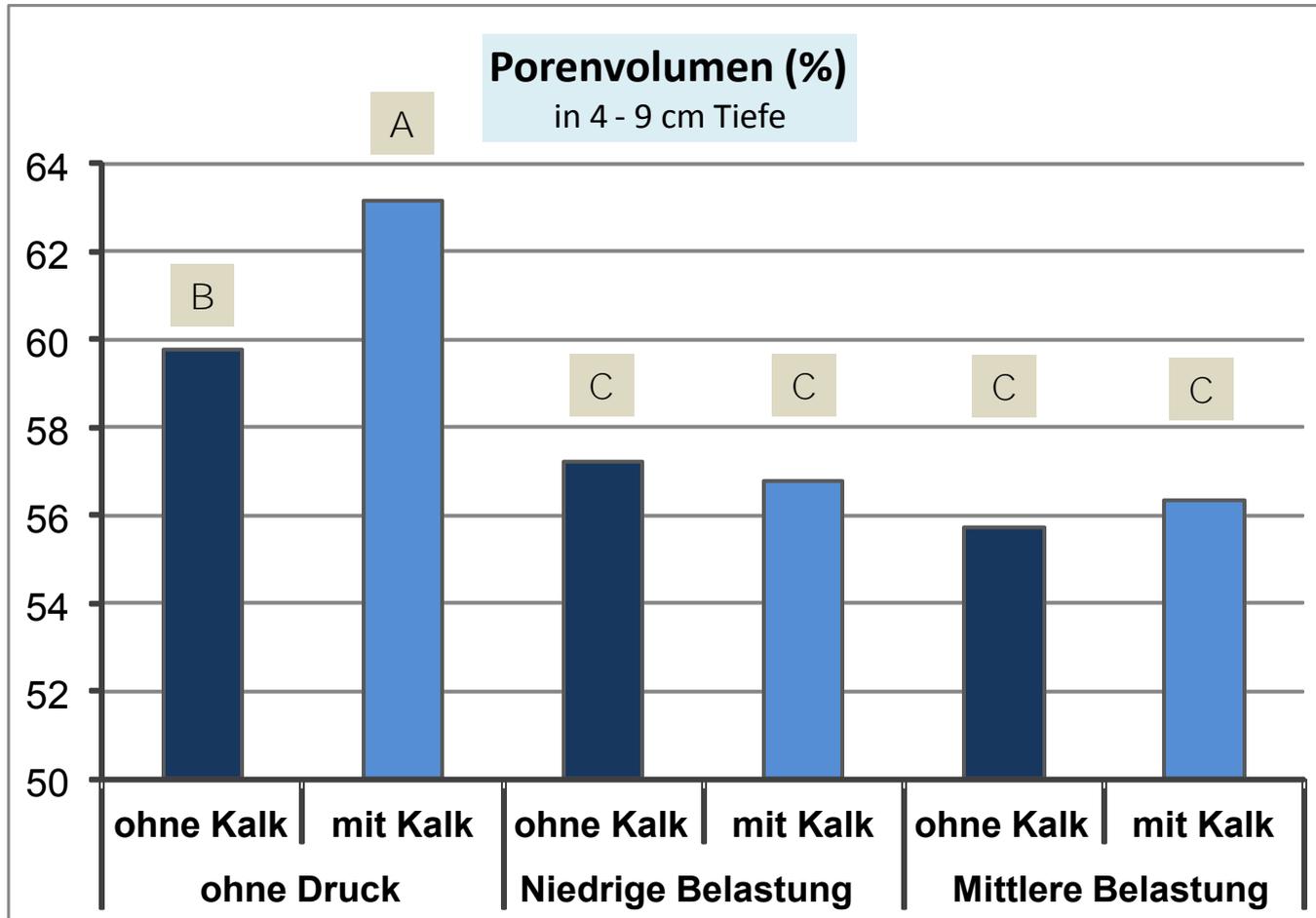
# Erzeugen von Druck/Belastung im Versuch



Umknicken der Pflanzen durch Befahren



# Spitalhof, Versuch 474, Herbst 2012



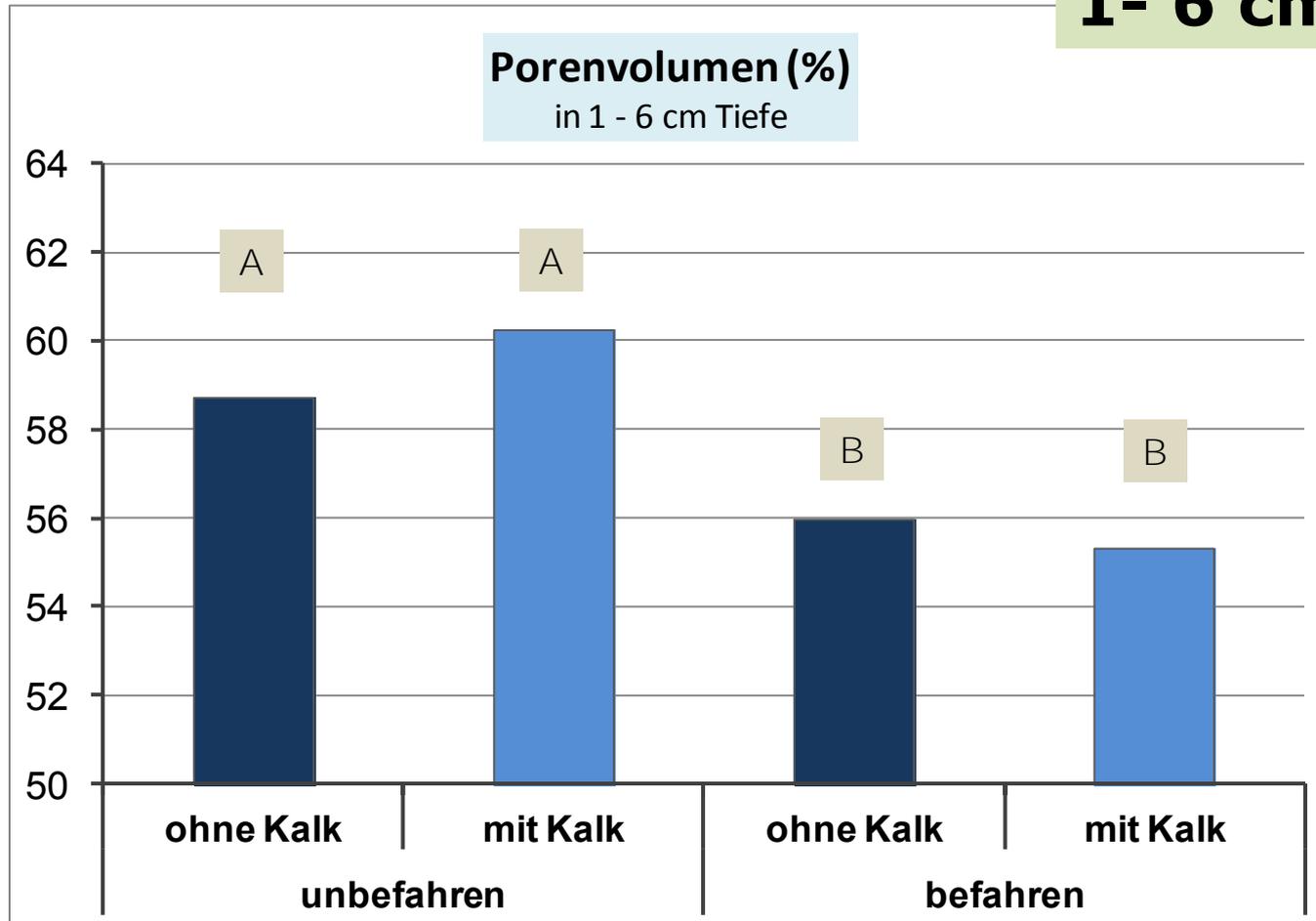
# Bodenverdichtung im Grünland

## Ergebnisse Versuch 474, Spitalhof:

- „Unbefahren“ in der oberen Krume mit höherem Porenvolumen als „befahren“.
  - Kalkwirkung mit höherem Porenvolumen bei „unbefahren“, nicht aber bei „befahren“
- 
- Wie sieht es bei vergleichbaren Versuchen aus?

# Spitalhof, Versuch 451, Herbst 2012

**1- 6 cm Tiefe**

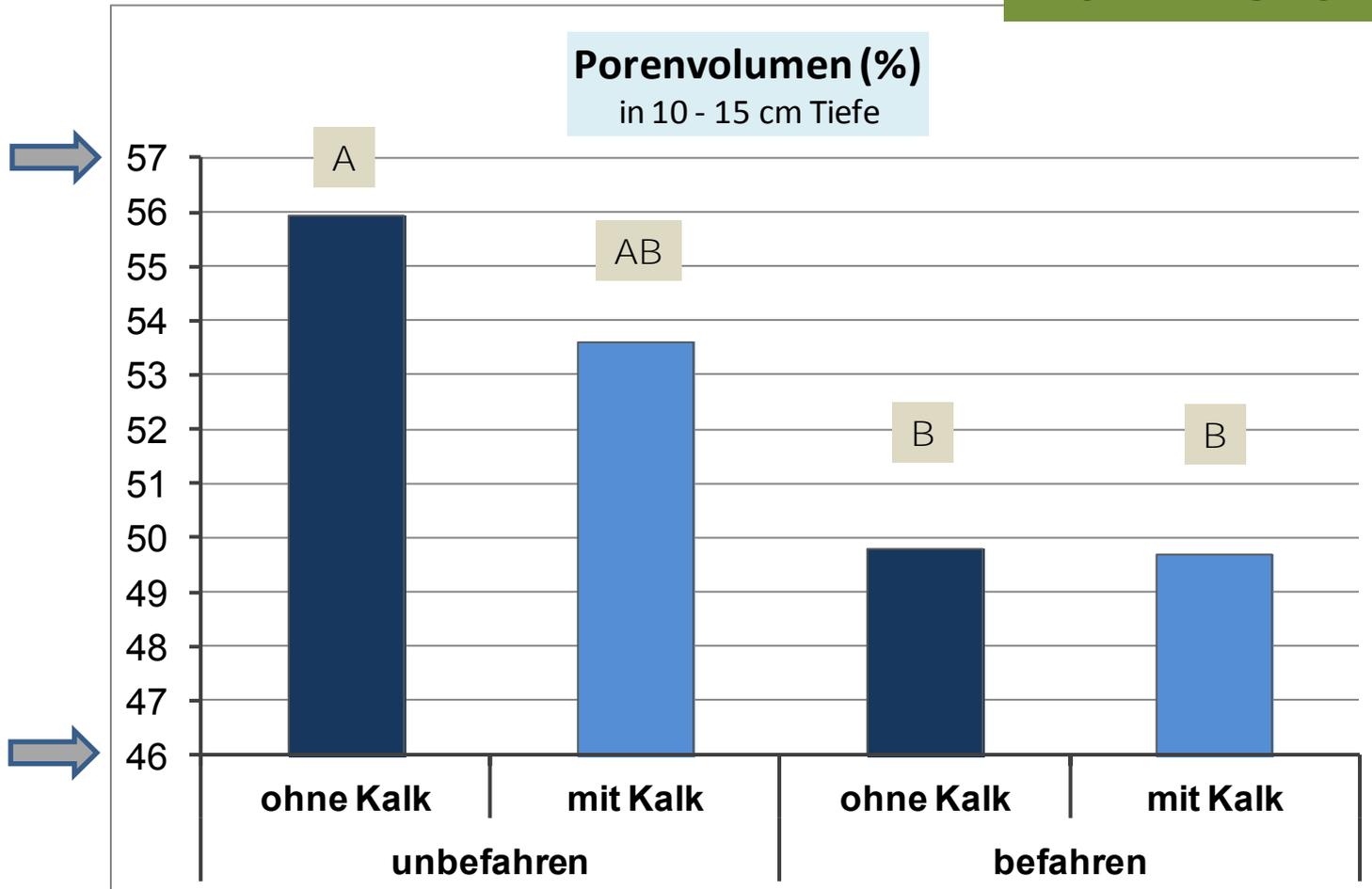


Körnung:  
25 % Ton  
42 % Schluff  
33 % Sand  
„schach  
sandiger bis  
schwach  
toniger  
Lehm“

**Vergleichbares Ergebnis wie bei Versuch 474**

# Spitalhof, Versuch 451, Herbst 2012

**10 – 15 cm Tiefe**



Körnung:  
25 % Ton  
42 % Schluff  
33 % Sand  
„schach  
sandiger bis  
schwach  
toniger  
Lehm“

# Bodenverdichtung im Grünland

## Ergebnisse Versuch 474, Spitalhof:

- „Unbefahren“ in der oberen Krume mit höherem Porenvolumen als „befahren“.
- Kalkwirkung mit höherem Porenvolumen bei „unbefahren“, nicht aber bei „befahren“

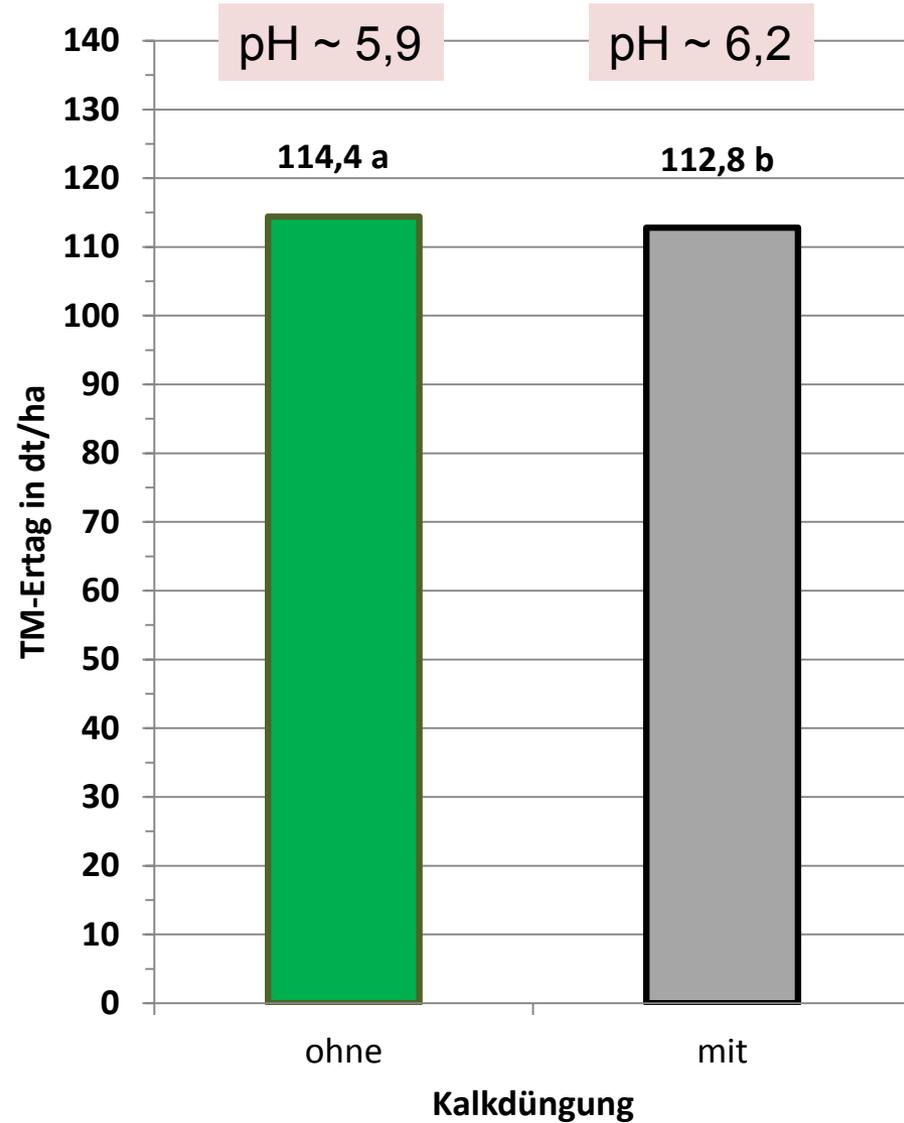
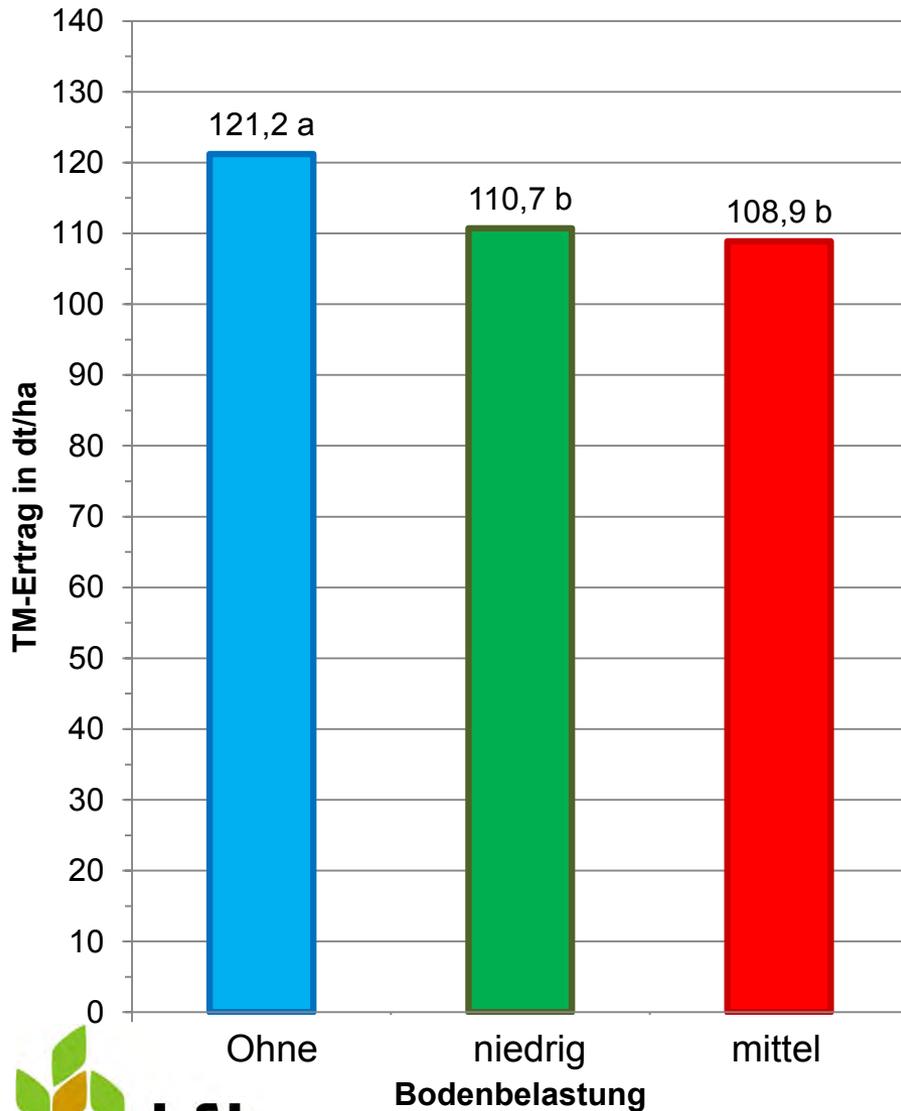
## **Wie sieht es bei vergleichbaren Versuchen aus?**

### Ergebnisse Versuch 451, Spitalhof:

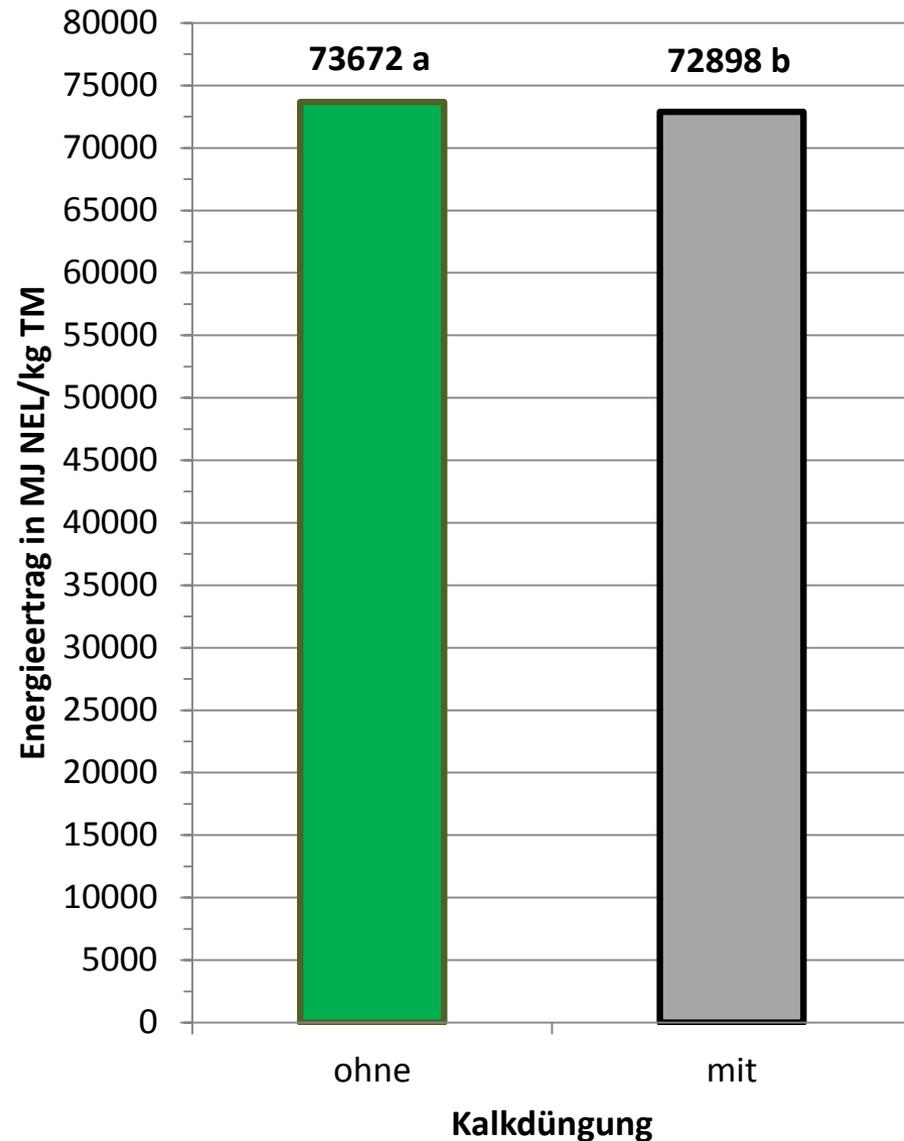
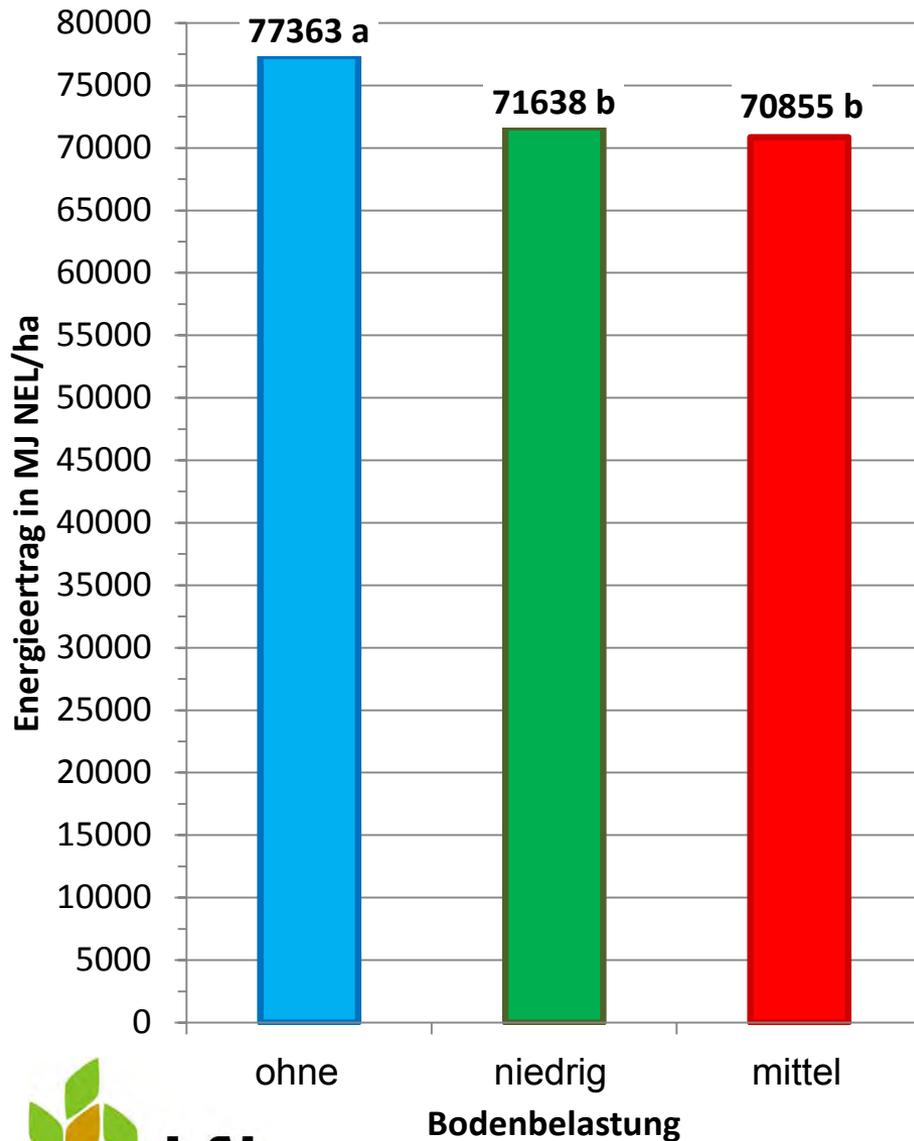
- „Unbefahren“ in der oberen und unteren Krume mit höherem Porenvolumen als „befahren“.
- Keine signifikante Kalkwirkung in der unteren Krume

## **Wie relevant sind diese Bodenverdichtungen für Ertrag, Qualität,.. ...?**

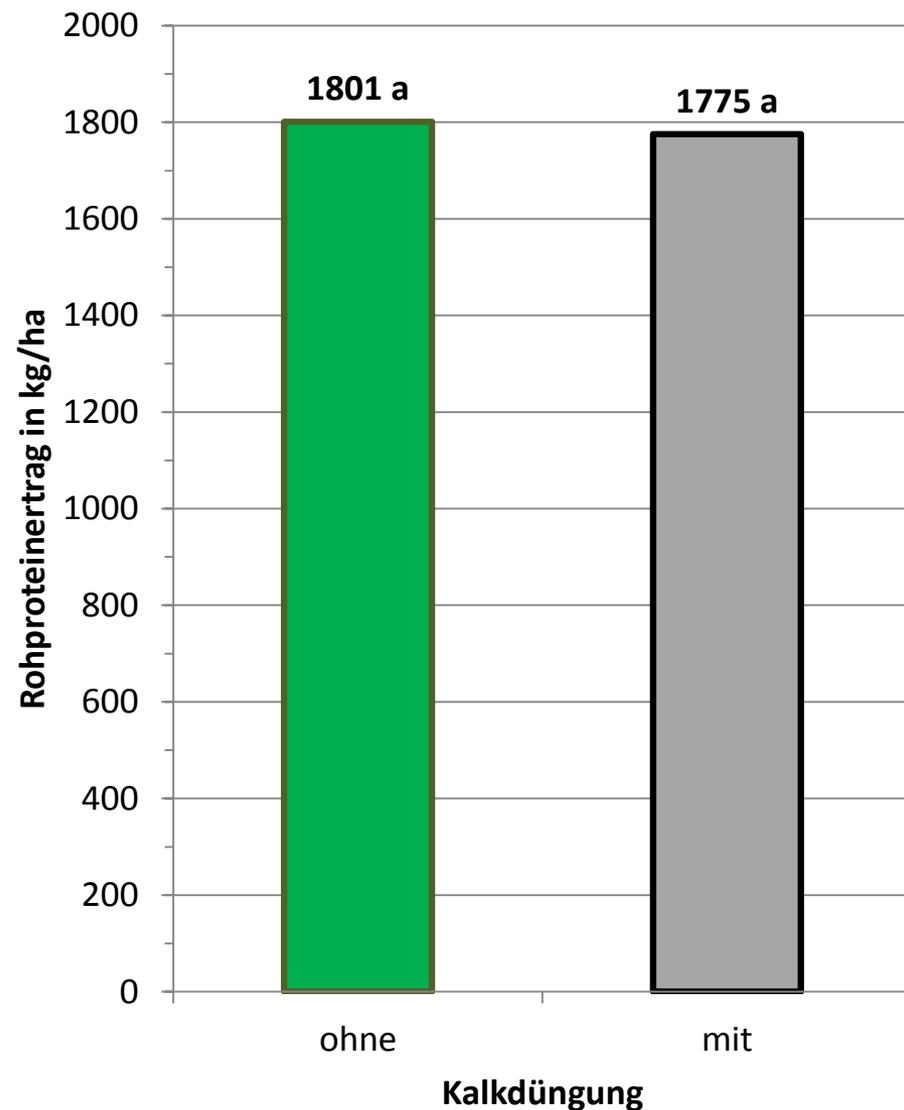
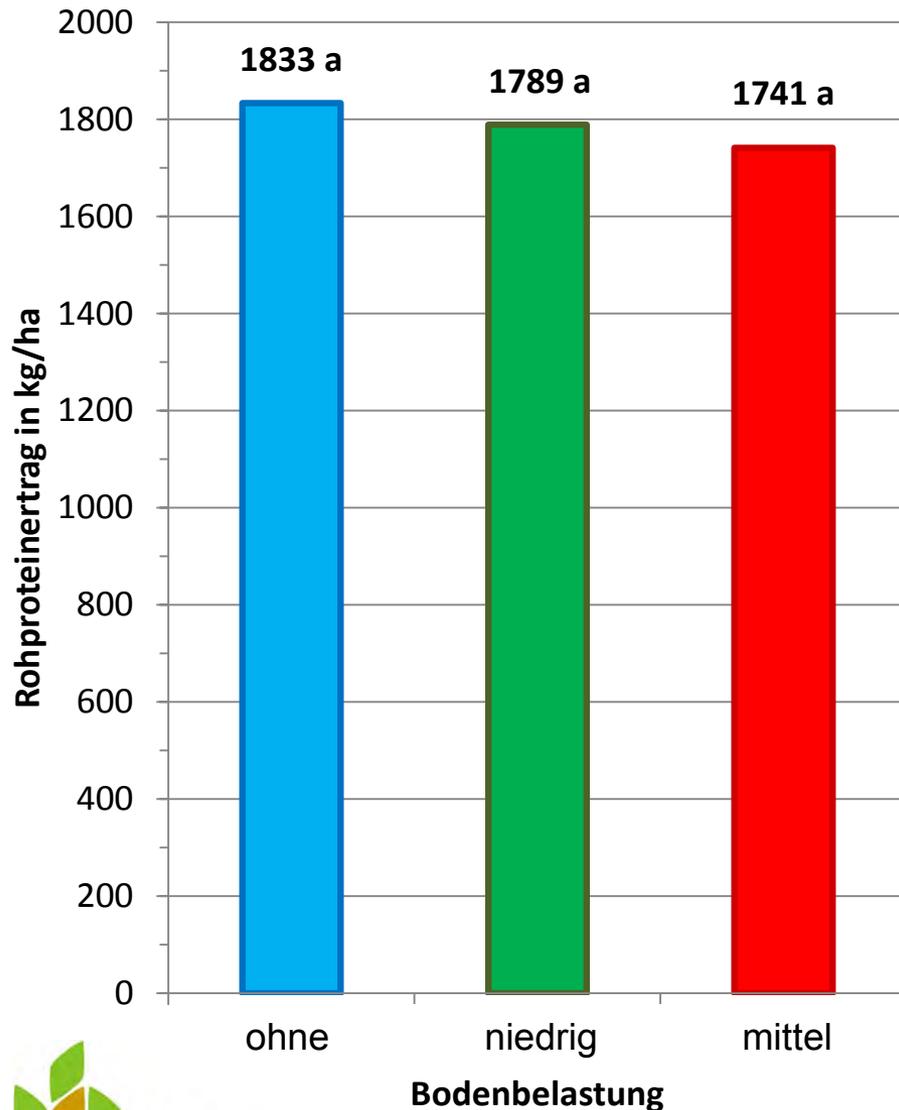
# TM-Ertrag (Mittel 2007-2011)



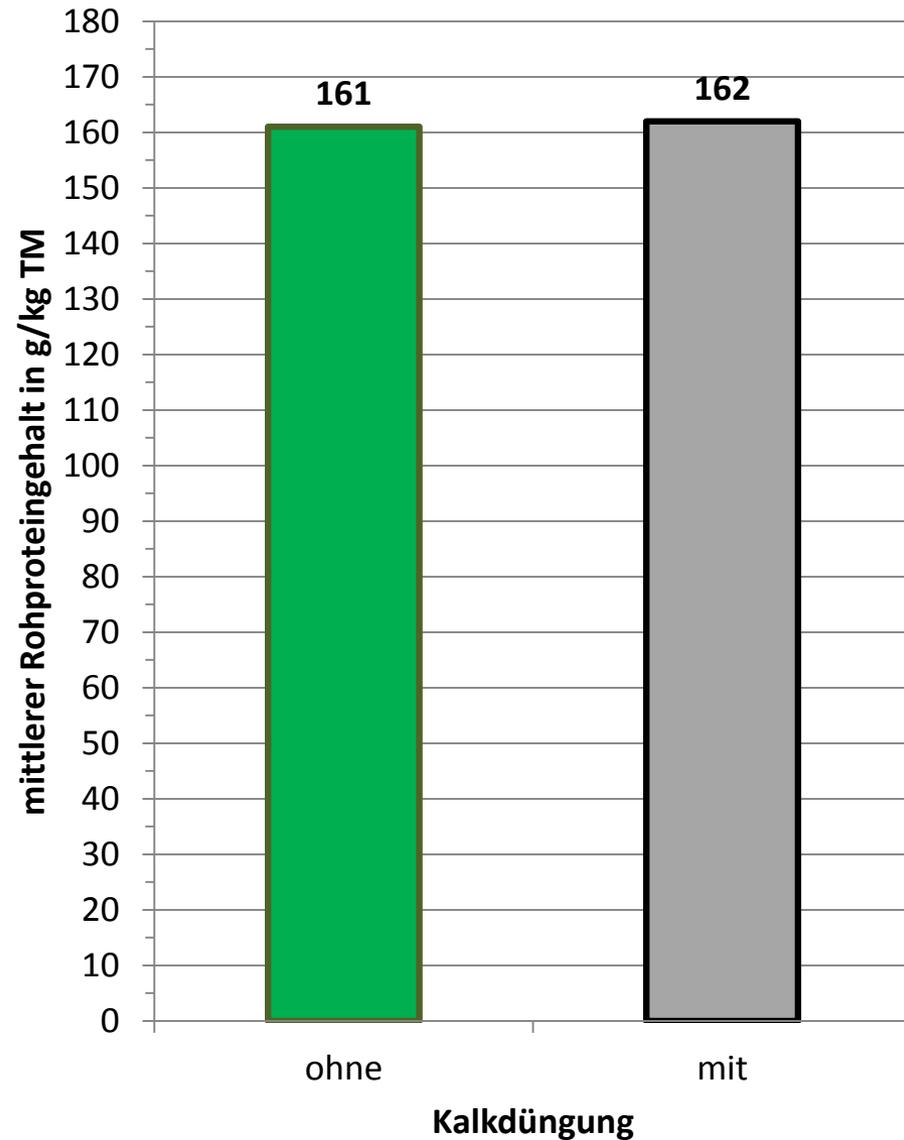
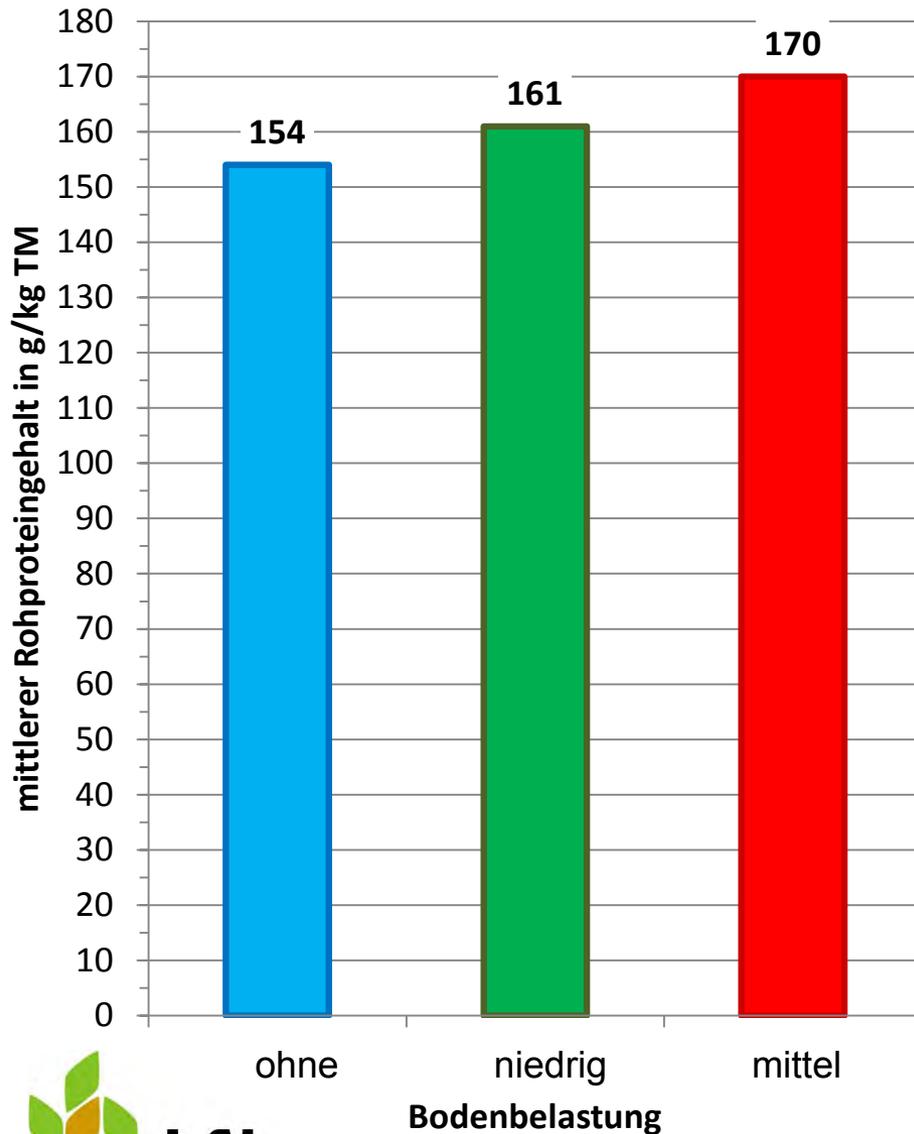
# Energie-Ertrag (Mittel 2007-2011)



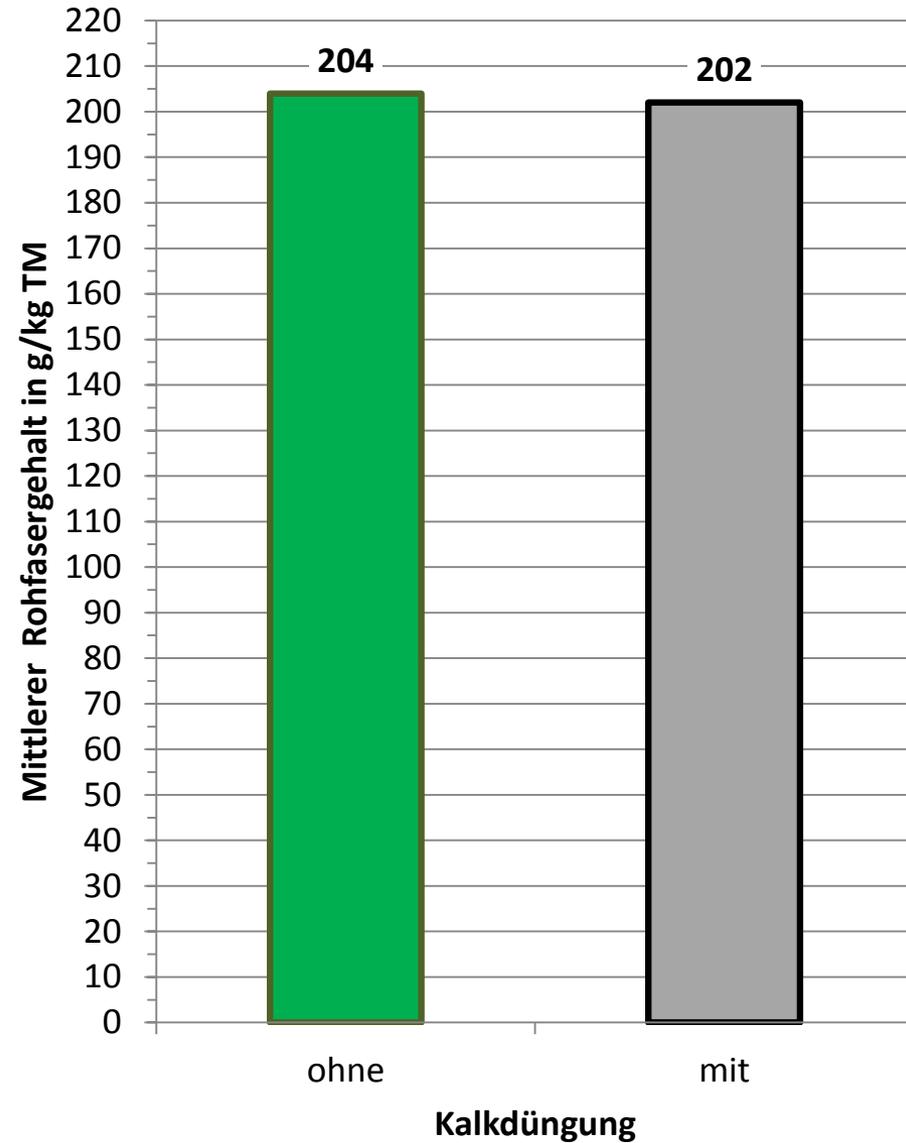
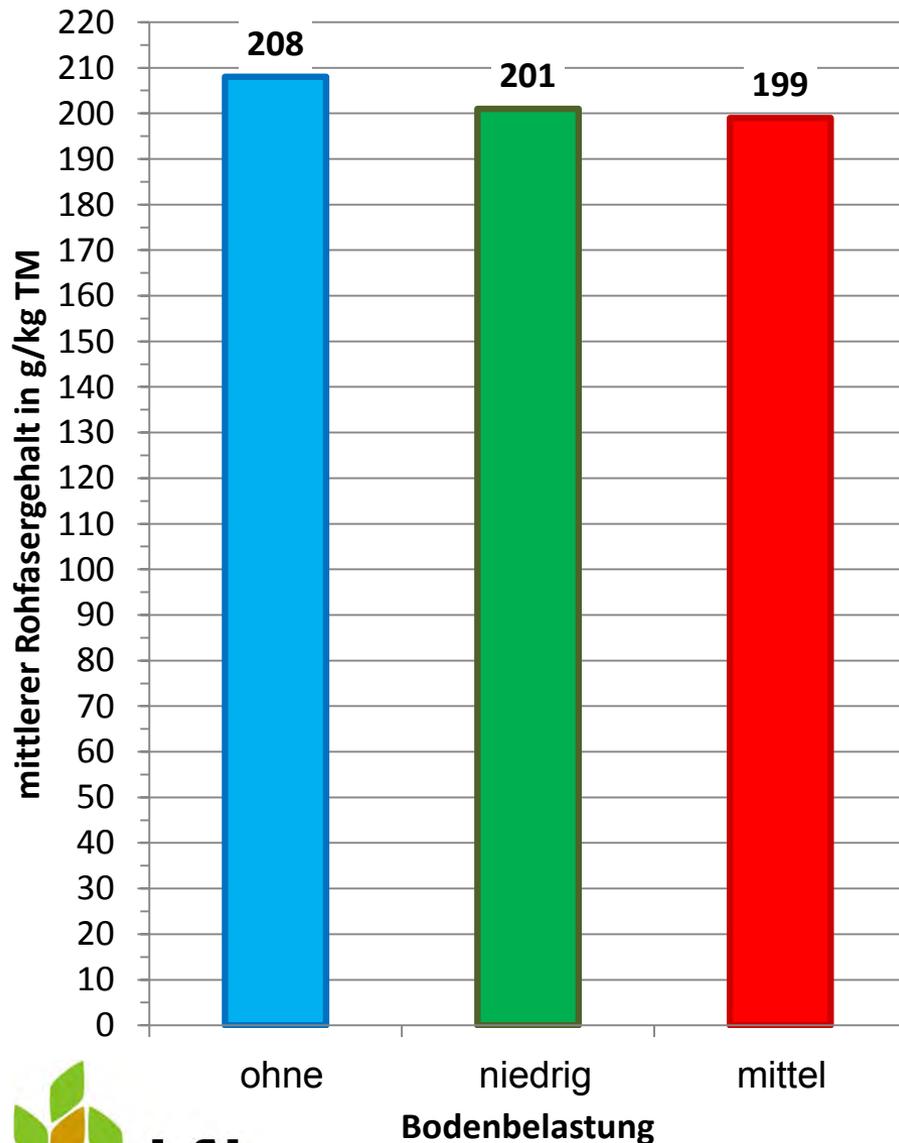
# Rohproteinерtrag (Mittel 2007-2011)



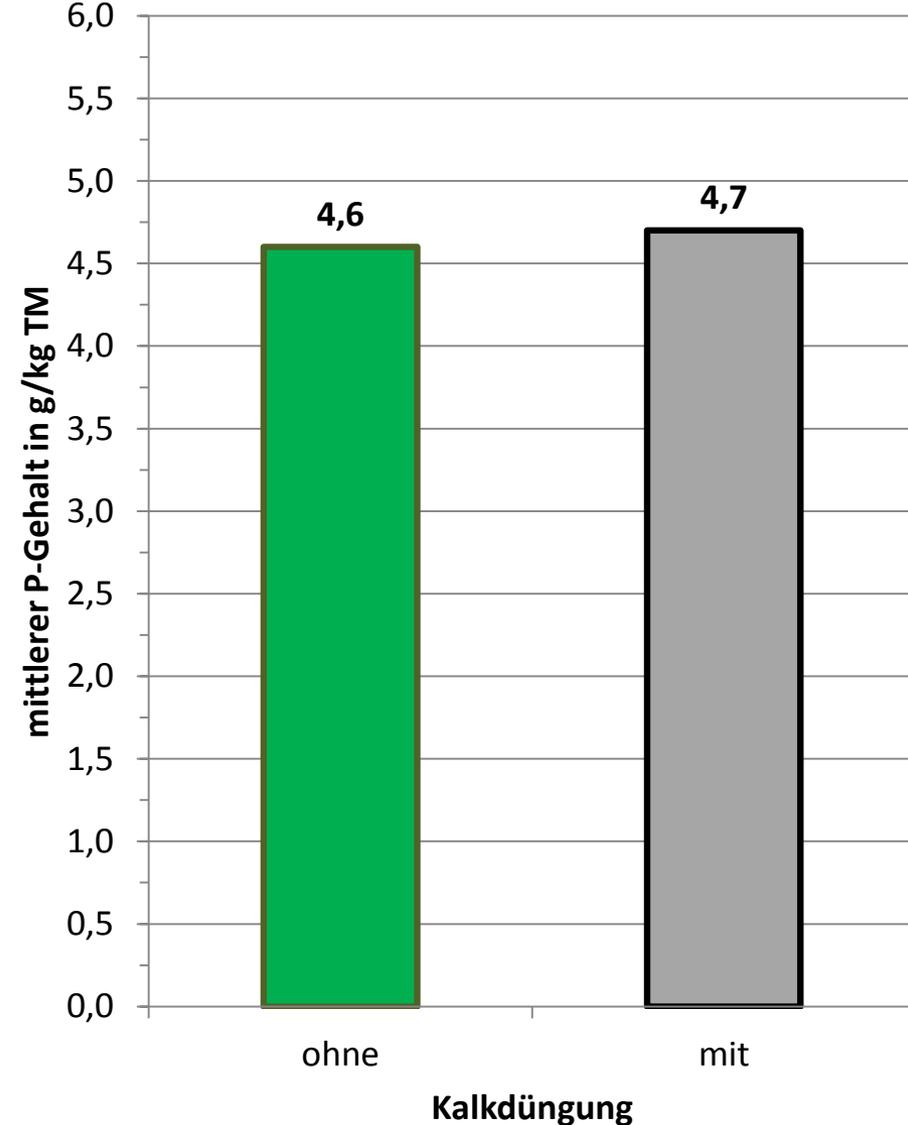
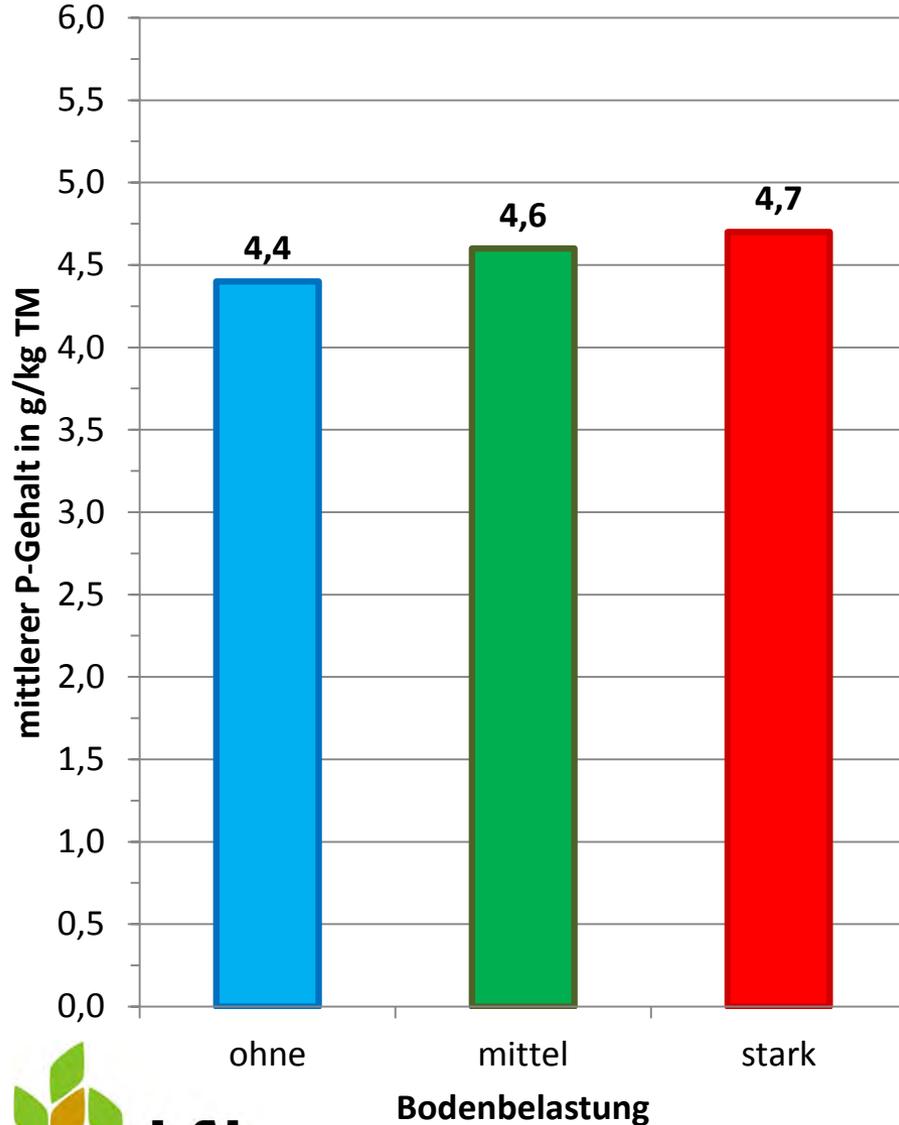
# Mittlerer Rohproteingehalt (2007-2011)



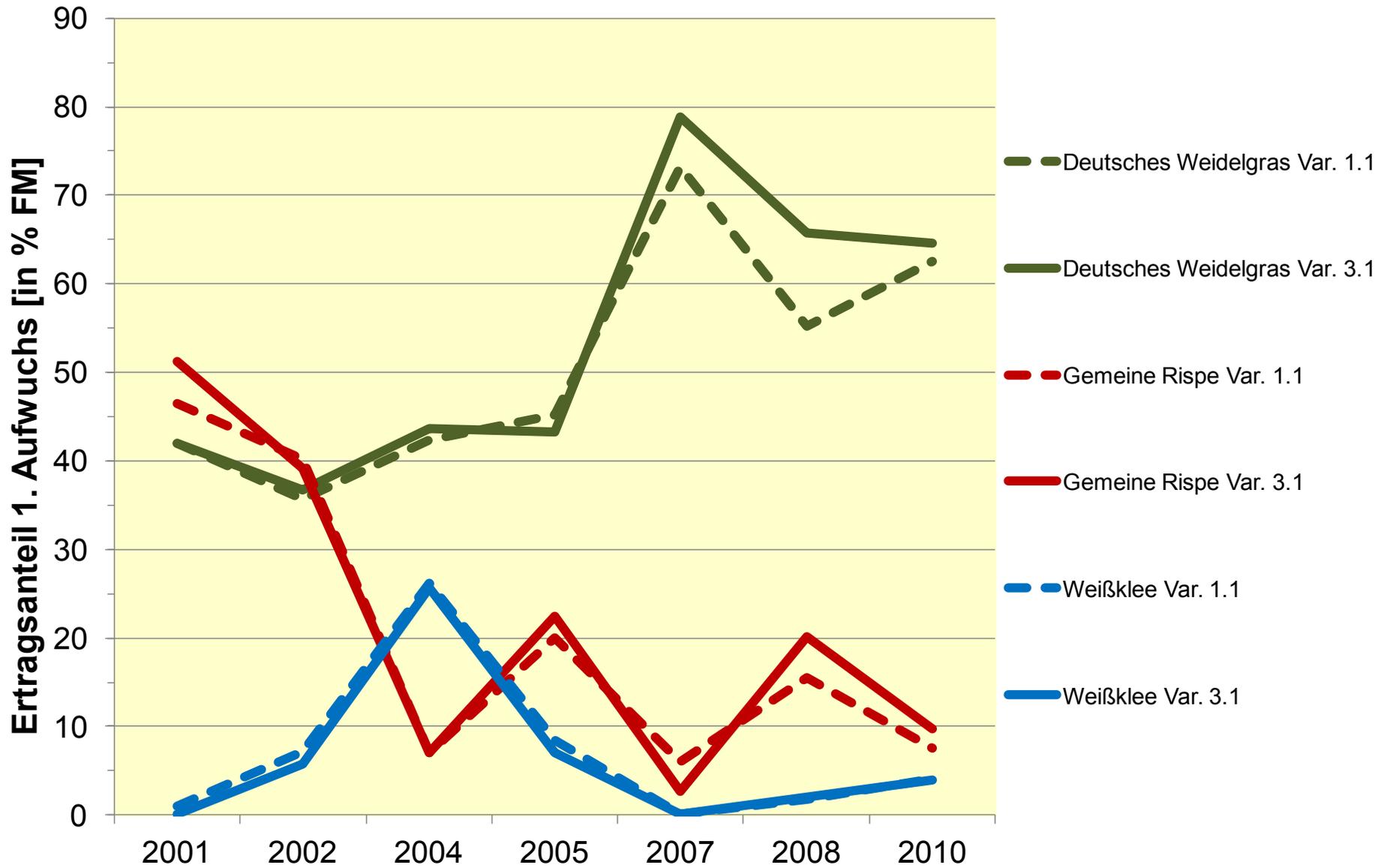
# Mittlerer Rohfasergehalt (2007-2011)



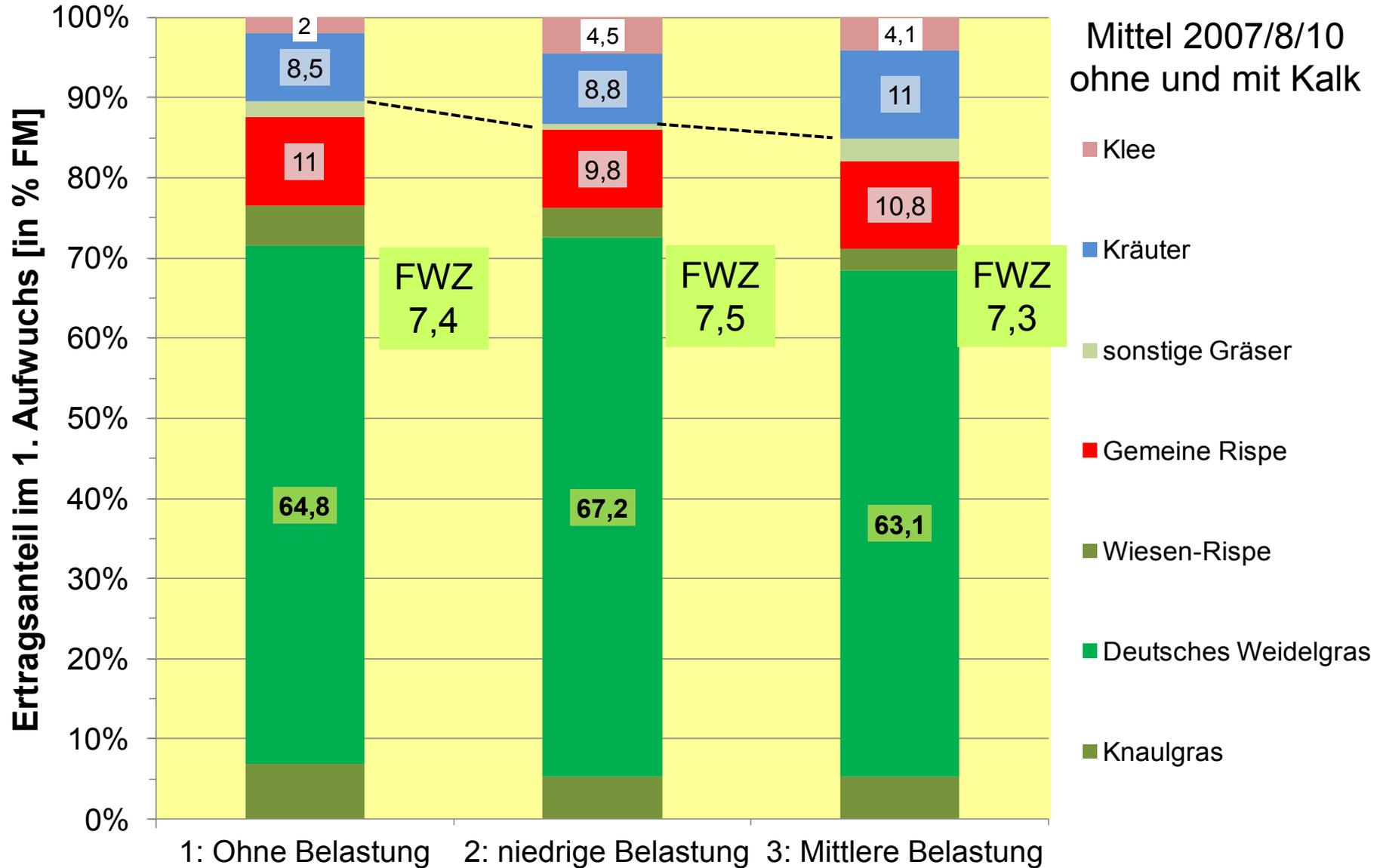
# Mittlerer Phosphorgehalt (2007-2011)



# Einfluss von Jahr und Varianten auf drei Pflanzenarten



# Bestandszusammensetzung bei unterschiedlicher Belastung



# Versuch am Spitalhof 2012 – mechanische Bodenbelastung

## Regenwurmerfassung

1. Austreibung mit 0,2 %iger Formaldehydlösung



2. Handauslese, ausgehobenes Bodenmaterial wird von Hand zerkrümelnt



Je Variante 6 Stichproben

# Lebensformen/ökologische Gruppen der Regenwürmer

## Streubewohner (epigäische Arten)

- temporäre Röhren oder keine, leben nahe der Bodenoberfläche von vorzersetzer Streu



### Primärzersetzer

- Vorkommensschwerpunkt v.a. im Grünland und Wald

z.B.: *Lumbricus castaneus*



## Mineralbodenformen (endogäische Arten)

- Röhren: horizontal-diagonal (bis ca. 60 cm Tiefe),



**sorgen für eine gute Verteilung des infiltrierten Wassers** im Wurzelraum

- hohe Grabaktivität



**Feindurchmischung** von organischer Substanz mit dem Mineralboden.

z.B.: *Octolasion lacteum*



*Aporrectodea caliginosa*



## Tiefgräber (anezische Arten)

- Senkrechte stabile Röhren bis tief in den Unterboden



**begünstigen das Eindringen von Niederschlägen**

- Ziehen Pflanzenreste (z.B. Stroh) von der Bodenoberfläche in ihre Röhren



**mischen organisches Material in den Boden ein**

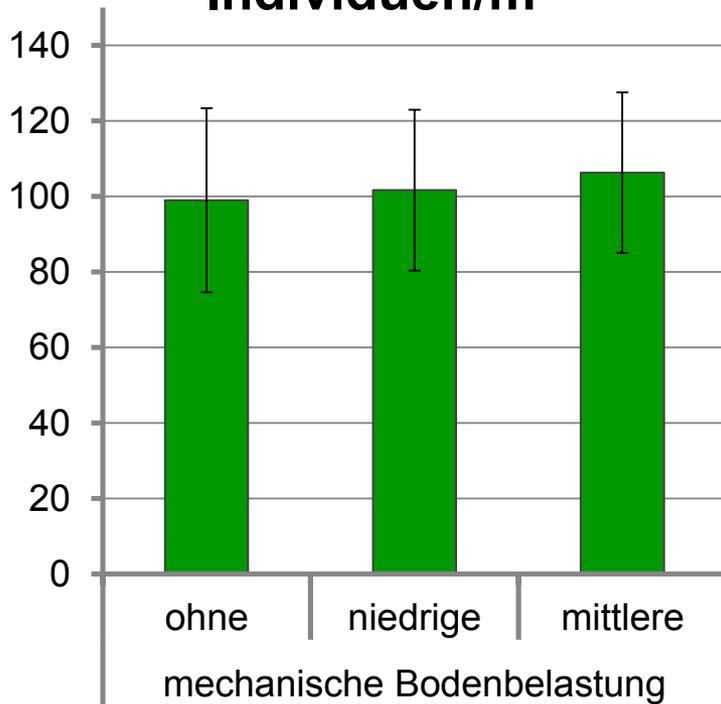
z.B.: Tauwurm, *Lumbricus terrestris*



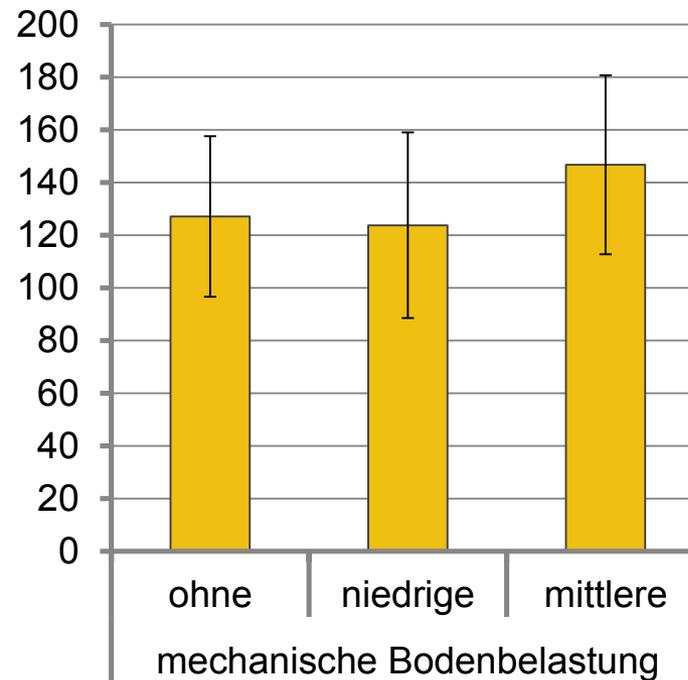
# Versuch am Spitalhof 2012 - Einfluss von mechan. Belastung

## Regenwürmer der Gattung *Lumbricus* (v.a. Tauwurm)

Individuen/m<sup>2</sup>



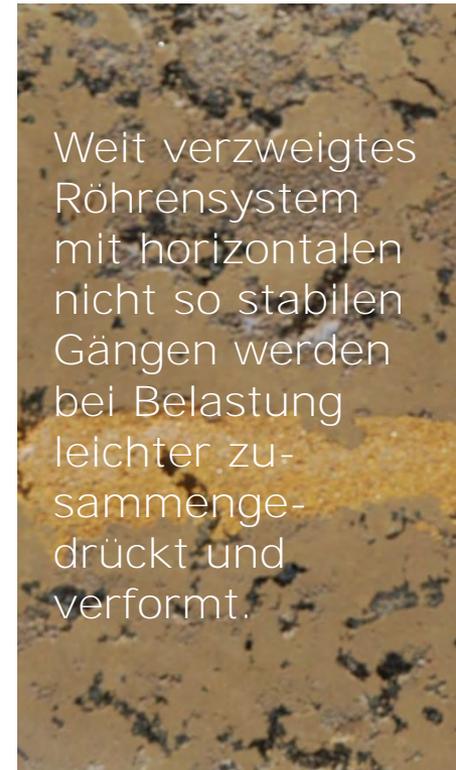
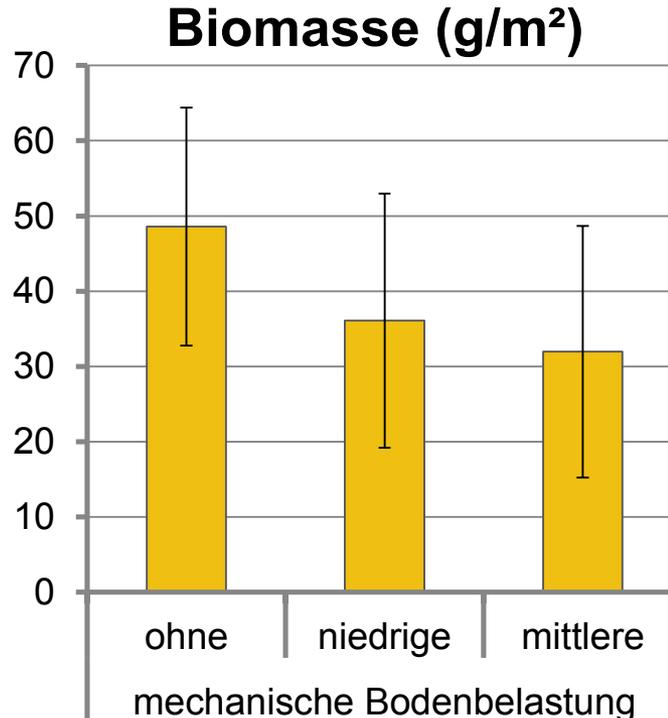
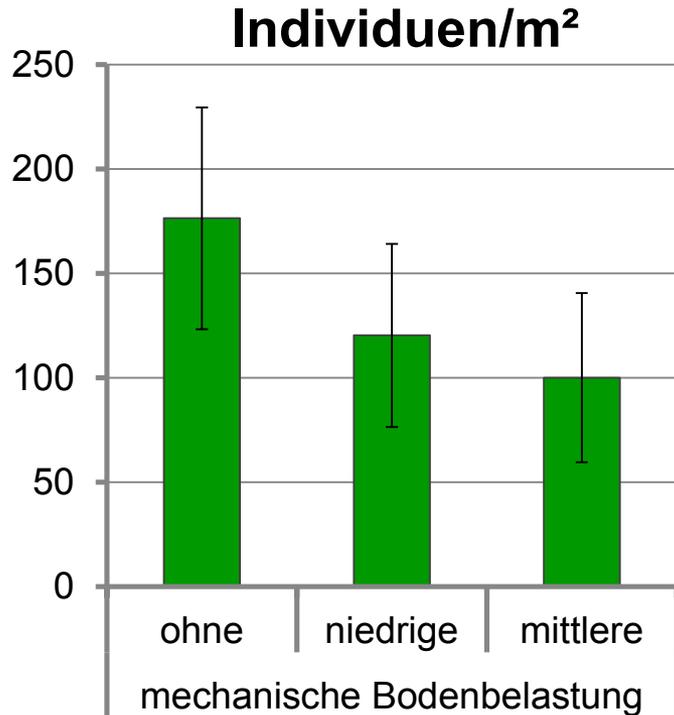
Biomasse (g/m<sup>2</sup>)



Für die *Lumbricus*-Arten (am Standort v.a. der Tauwurm, ein Tiefgräber) kein Effekt durch Belastung feststellbar.

# Versuch am Spitalhof 2012 - Einfluss von mechan. Belastung

## Mineralschichtbewohner\*



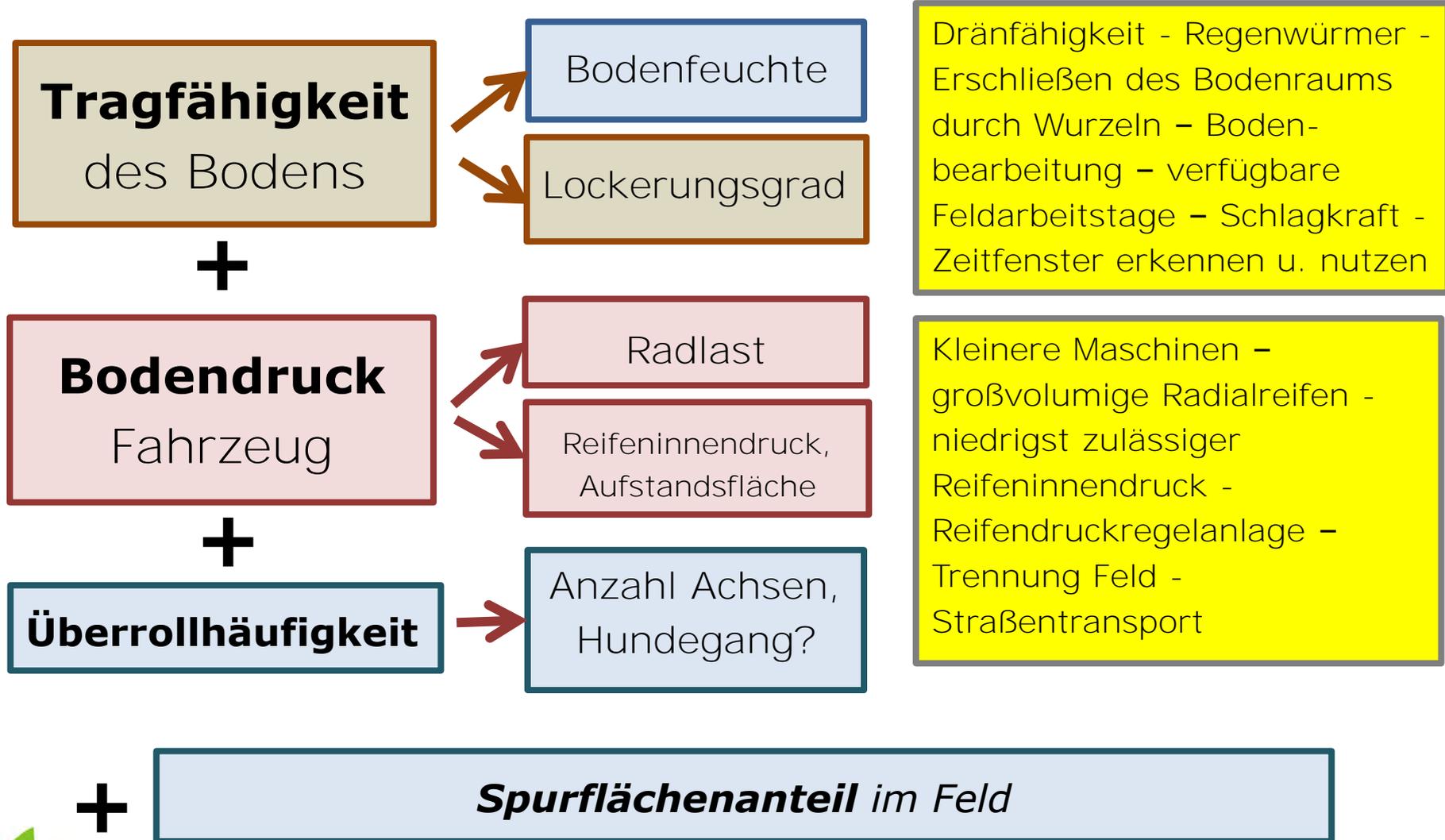
Mineralschichtbewohner reagieren empfindlicher auf mechanische Bodenbelastung.

\* einschließlich *A. longa* Mischform: Mineralschichtbewohner und Tiefgräber

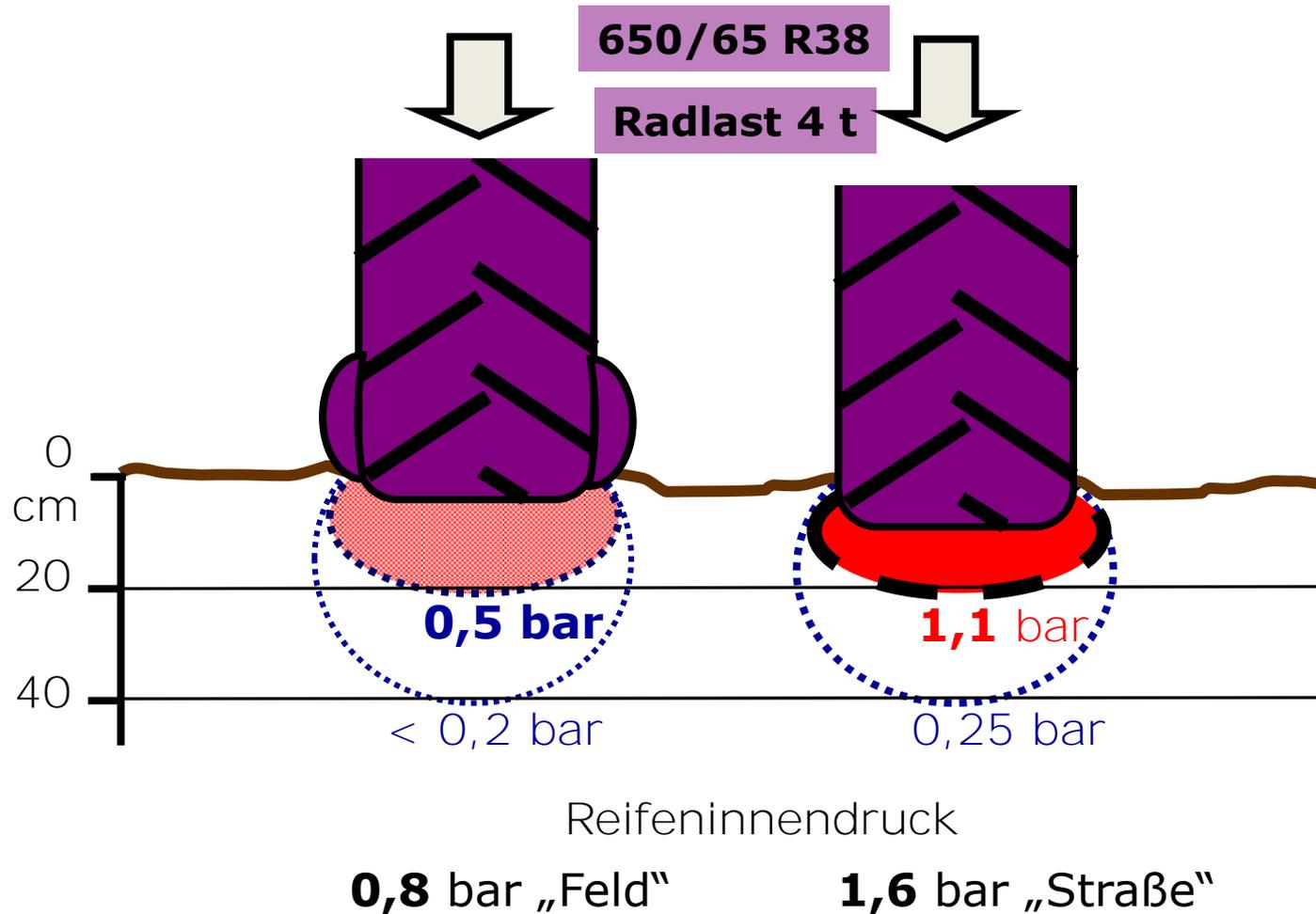
# Fazit des Versuchs am Spitalhof

- Durch Befahren/Belastung gegenüber „unbefahren“ rund **9-10% weniger TM-Ertrag, 7-8% weniger Energieertrag**.
- Die um rund 2-5% geringere Rohprotein-Erträge bei „befahren“ waren statistisch nicht absicherbar.
- Keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen „niedriger“ und „mittlerer“ mechanischer Belastung.
- Im Versuch keine negativen Auswirkungen durch „Befahren“ auf den Pflanzenbestand und die Futterwertzahl.
- Bei Befahren etwas mehr Kräuter/Klee
- Bei Befahren tendenziell niedrigere mittlere Rohfaser- und höhere Rohprotein- sowie Phosphorgehalte in den Aufwüchsen
- Keine positiven Effekte der Kalkdüngung auf dem humusreichen Standort mit optimalem pH-Wert von ca. 6,0.
- Mechanische Bodenbelastung wirkte sich unterschiedlich auf die Regenwurmarten aus, abhängig von ihrer Lebensweise und Röhrensystem.

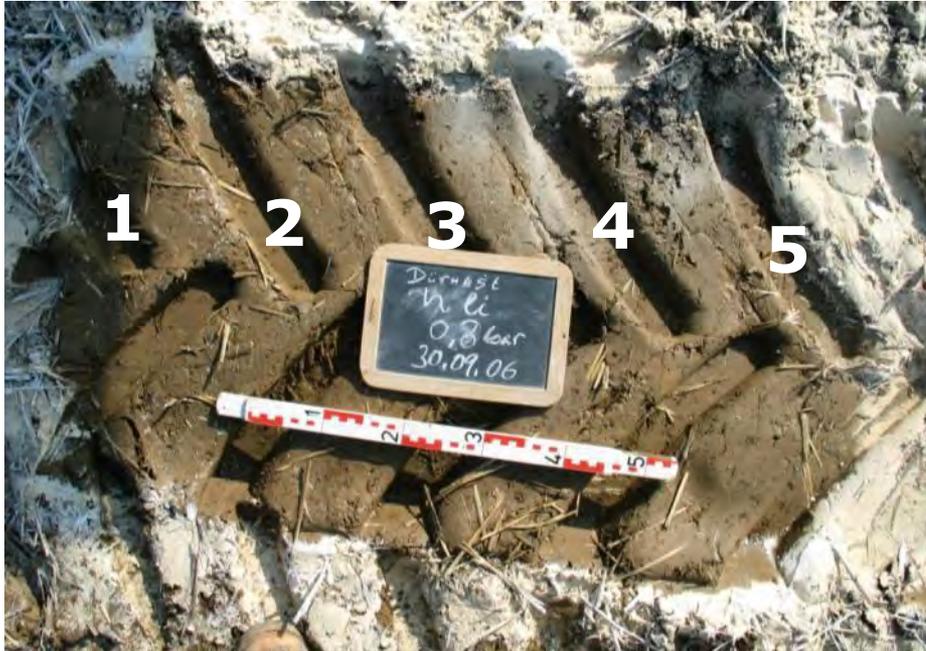
# Bodenverdichtung: Einflussgrößen



# Versuch: Reifeninnendruck „Feld“ und „Straße“



# Versuch: Reifeninnendruck „Feld“ und „Straße“



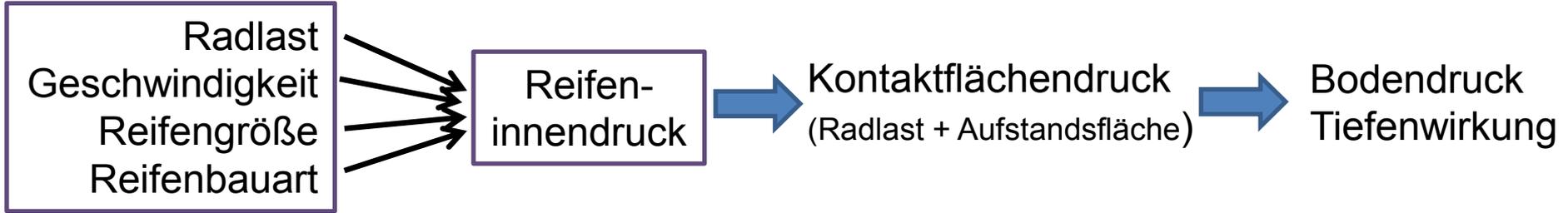
**0,8 bar**



**1,6 bar**

**Reifen 650/65 R38**

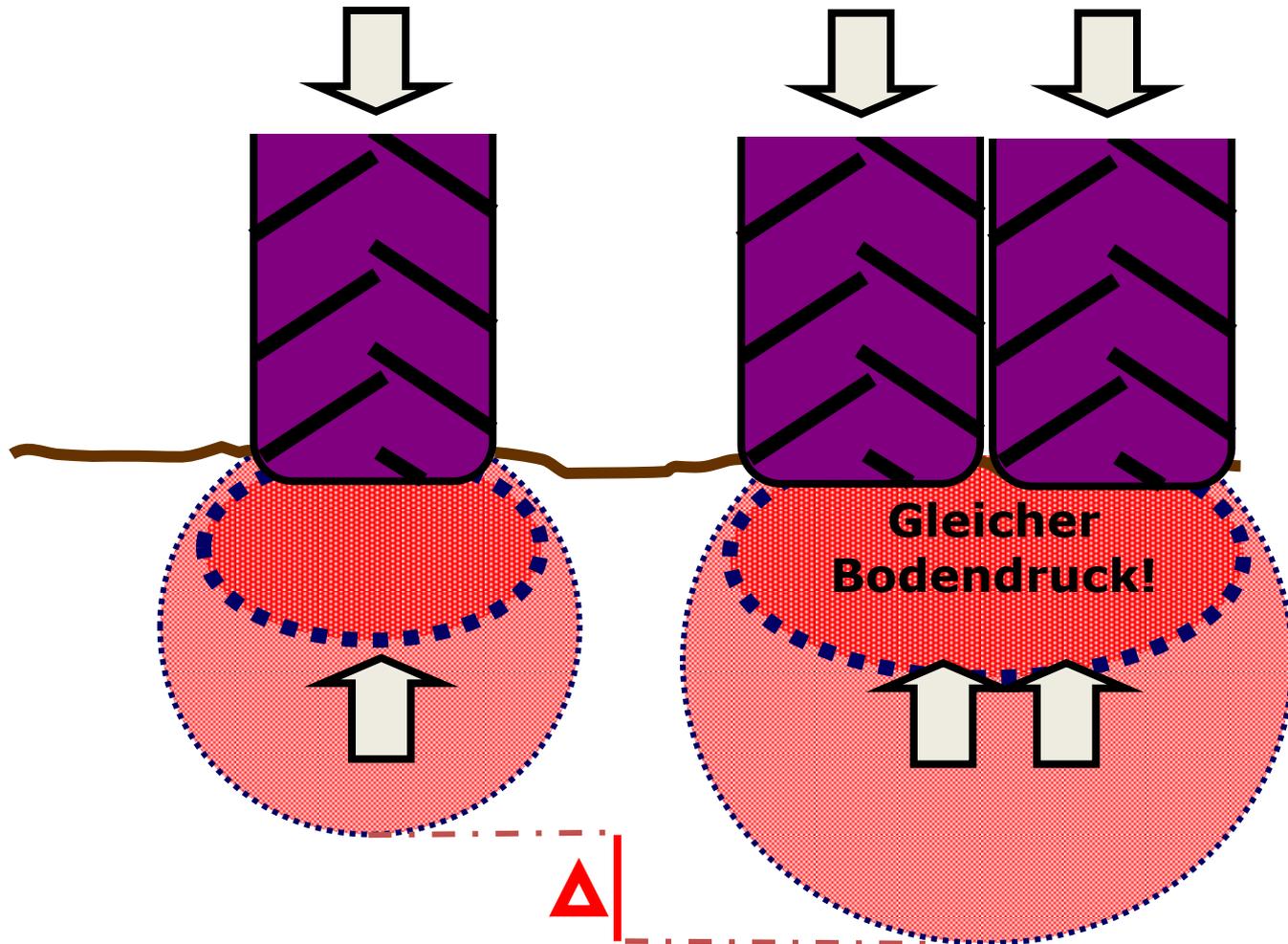
# Technische Zusammenhänge Reifen - Boden



## Reifendruckliste MICHELIN XM 108 650/65 R 38

Tragfähigkeit (kg) pro Reifen														
Größe	Reifen	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	Luftdruck (bar)
650/65 R 38 (20.8 R 38)	X M 108 Tubeless		2060	2520	2780	3050	3320	3590	3860	3990	4130			50 km/h
			2060	2520	2920	3320	3720	4130						40 km/h
		1920	2310	2690	3120	3550	3980	4410						30 km/h
		2410	2850	3280	3810	4340	4870	5390	5920	6190				10 km/h

# Verdoppelung von Radlast + Aufstandsfläche



**Aber: Tiefenwirkung nimmt zu!**

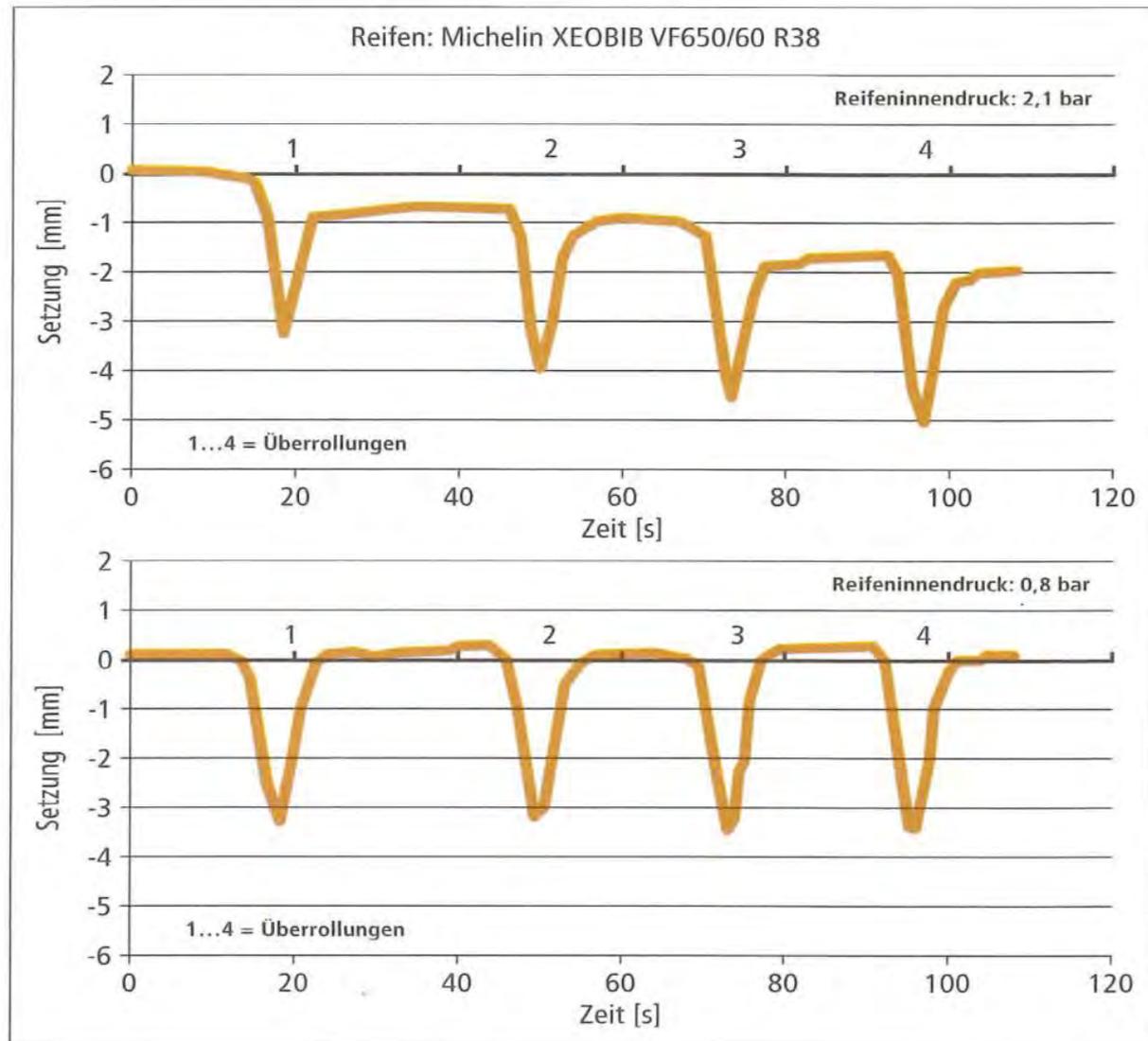
# Maßnahmen zur Vermeidung von Verdichtungen im Grünland

---

- Kein Befahren von sehr feuchten oder gar nassen Böden!
- Vor allem bei feuchten Böden keine hohen Radlasten und so wenig Überfahrten wie möglich.
- Richtige Reifenwahl, Reifeninnendruck anpassen, moderne Technik nutzen, denn: Feldfahrten mit hohem Innendruck belasten den Boden unnötig. **Ziel:** Auf feuchtem Boden (Frühjahr) möglichst unter 1 bar und auf trockenem Boden (Sommer) unter 2 bar.
- Bei Kombination von **Gülletransport** und Ausbringung mit schweren Fässern: Großvolumige Radialreifen in Kombination mit einer Reifendruckregelanlage.
- Bei **Silagebergung**: Transport- und Ladefahrzeuge mit bodenschonender Technik (mehrachsige Fahrwerke, großvolumige Reifen).
- Optimierte Silage-/Gülle-**Management** (Kapazitätsplanung), um Ernte bzw. Düngung bei ungünstigen Verhältnissen (nasse Böden) unterbrechen zu können – trotz Kostendruck.

# Optimierung des Systems Reifen – Boden: *Mehrfachüberrollung*

**Bodensetzung in 40 cm Tiefe nach 4-facher Überrollung mit unterschiedlichem Reifeninnendruck, Radlast 4 t (NOLTING et al. 2006)**



**Gute fachliche Praxis  
aid infodienst 2013**

# Ausblick: Neuer Versuch 2015-2018 Spitalhof

## 7 Varianten mit Kombination Reifendruck und Zahl der Überfahrten:

- Ohne Belastung
- Genau definierte Radlast (4 t)
- Angepasster Reifendruck, 1 Überfahrt
  - Hoher Reifendruck, 1 Überfahrt
  - Angepasster Reifendruck, 2 Überfahrten
  - Hoher Reifendruck, 2 Überfahrten
  - Angepasster Reifendruck, 3 Überfahrten
  - Hoher Reifendruck, 3 Überfahrten



# Zukunft – CTF - Regelfahrspurverfahren ?



Systembreite = Arbeitsbreite 12 m



Quellen: Kjeldal, Pedersen, DME AGRO

20 Lohnunternehmer in Dänemark bieten CTF an (15.000 ha)

43

# Mechanische Bodenbelastung im Grünland – Grundlagen und Versuchsergebnisse

## Danke für die Aufmerksamkeit!

[www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/](http://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/)

