



# Bodenfruchtbarkeit im Ackerbau

Anton Weig, AELF Bamberg



# Boden ...

- ist wichtigste **Produktionsgrundlage** der Landwirte
- unterliegt **vielfältigen Einflüssen** (z.B. Klima, Witterung, Bewirtschaftung, ...)

- ist **unvermehrbar**

Die natürliche Bodenbildung beträgt 0,03 – 0,1 mm pro Jahr, d.h. **in 100 - 300 Jahren** wird **1 cm** neu gebildet. Künstliche Krumenvertiefung durch den Menschen hat Grenzen!!



# Definitionen:

Bodenfruchtbarkeit ist ..

„ ... Maß für die Eignung eines Bodens für das Pflanzenwachstum; ausgedrückt wird seine **Fähigkeit, die Lebensbedürfnisse der Pflanzen zu befriedigen**, z.B. ihre Wurzeln mit Wasser, Luft und Nährstoffen zu versorgen.“

Meyers Lexikon

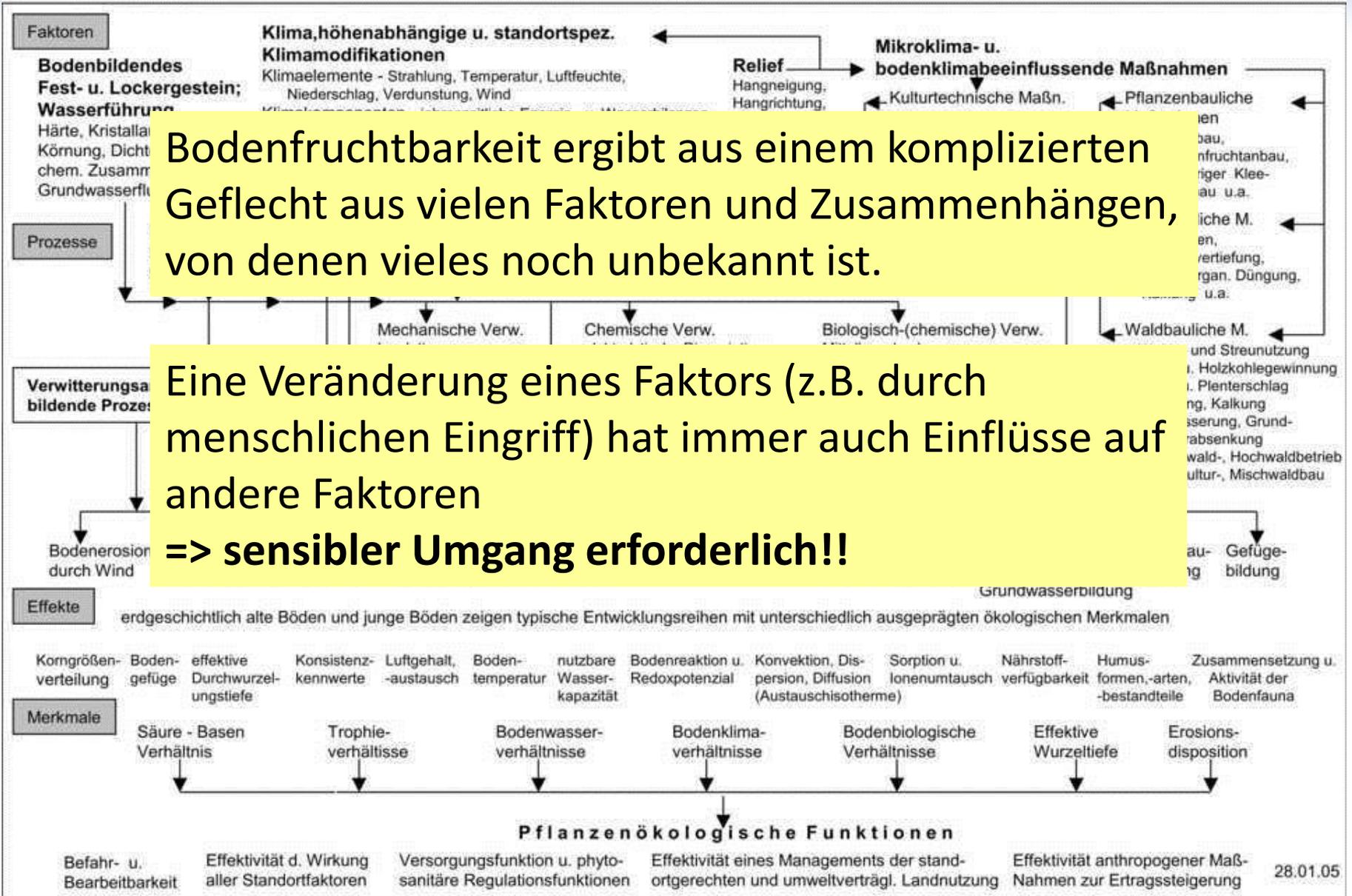
„ ....die **Fähigkeit** eines Bodens, **Frucht zu tragen**, d.h. **den Pflanzen als Standort zu dienen und nachhaltig regelmäßige Pflanzenerträge von hoher Qualität zu erzeugen**“.

Gisi et al. 1997, zitiert in <http://hypersoil.uni-muenster.de>

„ ... die **Fähigkeit** von Natur- oder Kulturböden, den **Pflanzen als Standort zu dienen**“

Scheffer/Schachtschabel 2002





Bodenfruchtbarkeit ergibt aus einem komplizierten Geflecht aus vielen Faktoren und Zusammenhängen, von denen vieles noch unbekannt ist.

Eine Veränderung eines Faktors (z.B. durch menschlichen Eingriff) hat immer auch Einflüsse auf andere Faktoren  
 => sensibler Umgang erforderlich!!

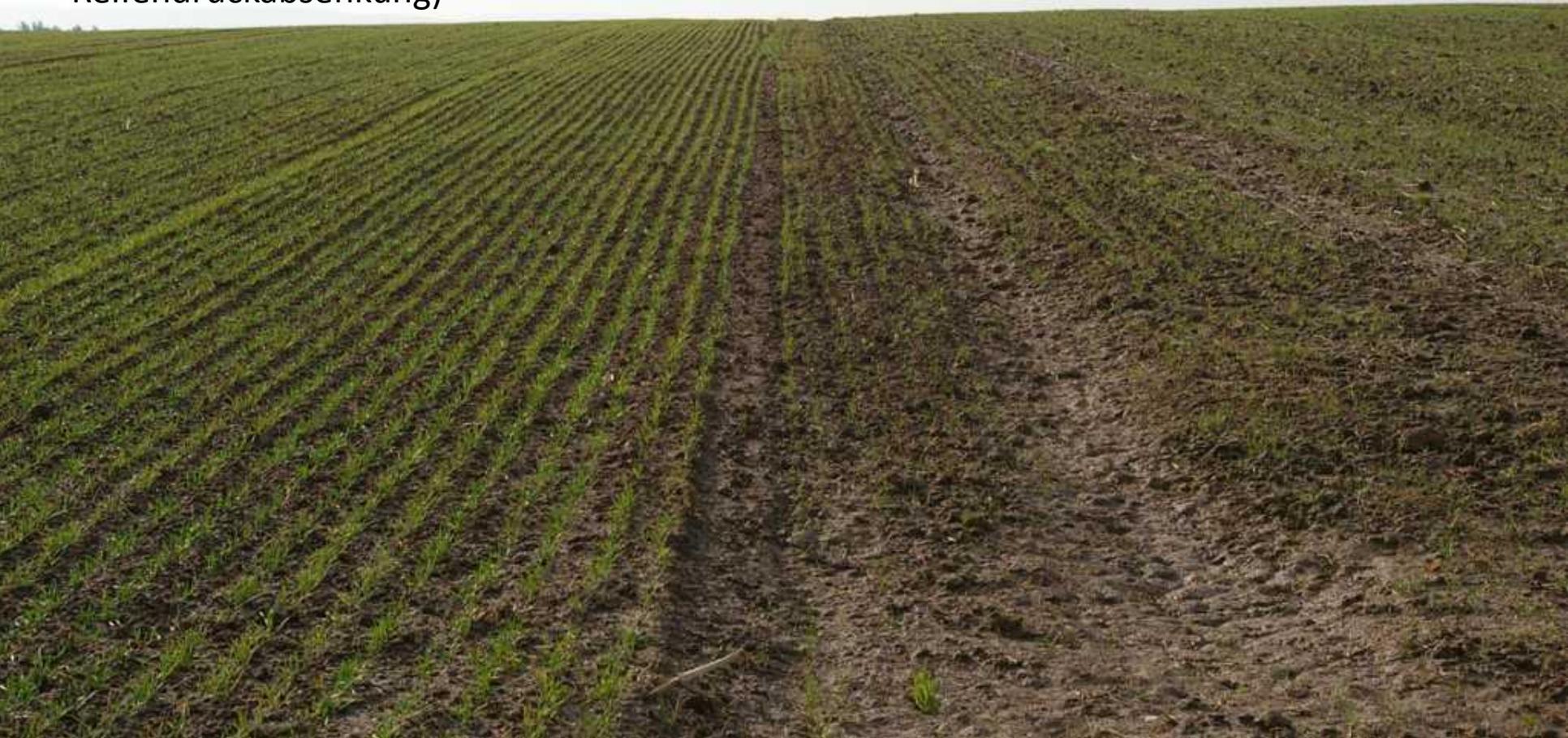


# Einfluss der Bewirtschaftung

2 Weizenbestände mit gleichem Saattermin, aber verschiedenen Bewirtschaftern

Vorfrucht Silomais (in Mulchsaat),  
Reifendruckabsenkung)

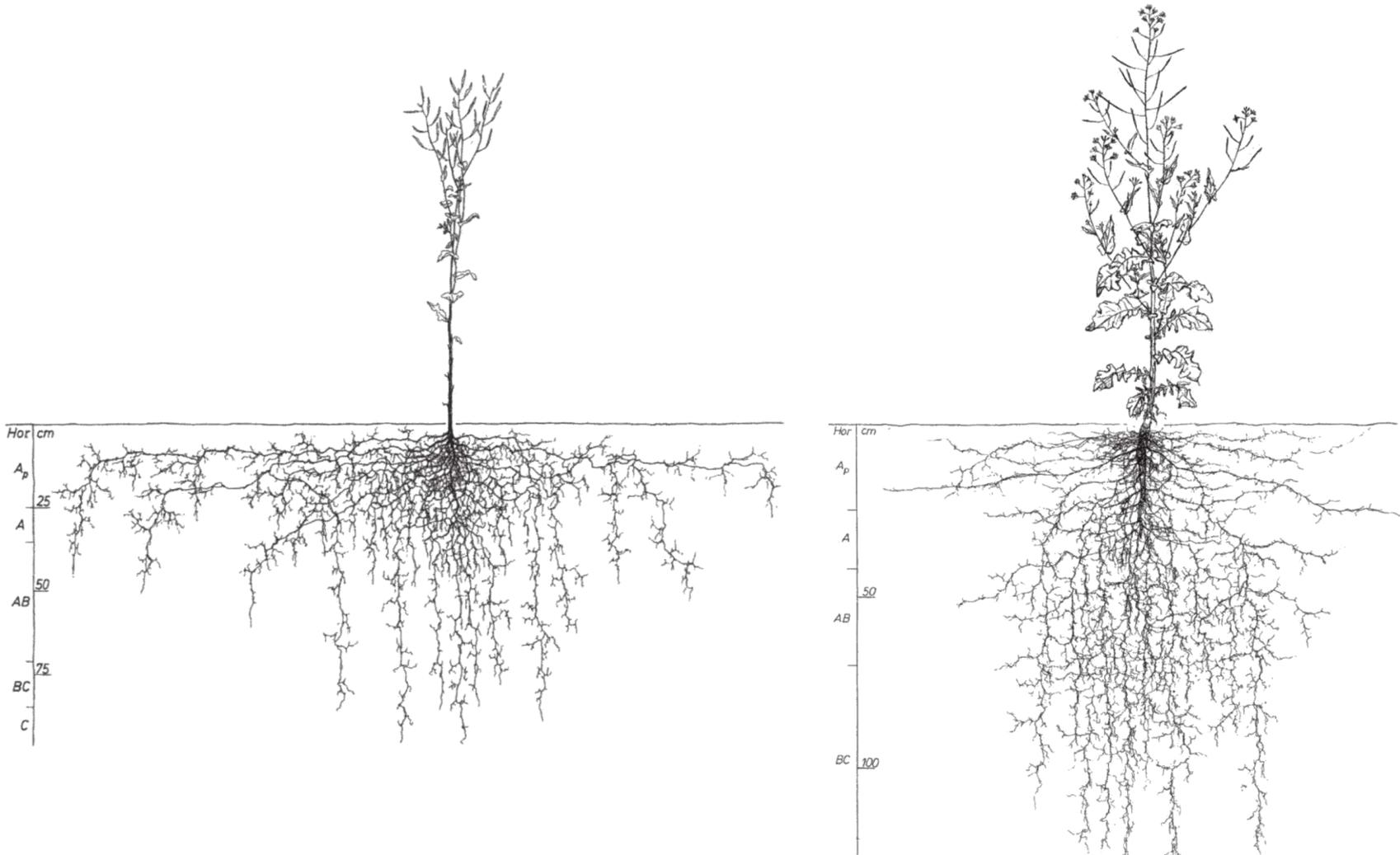
Vorfrucht Sommergerste

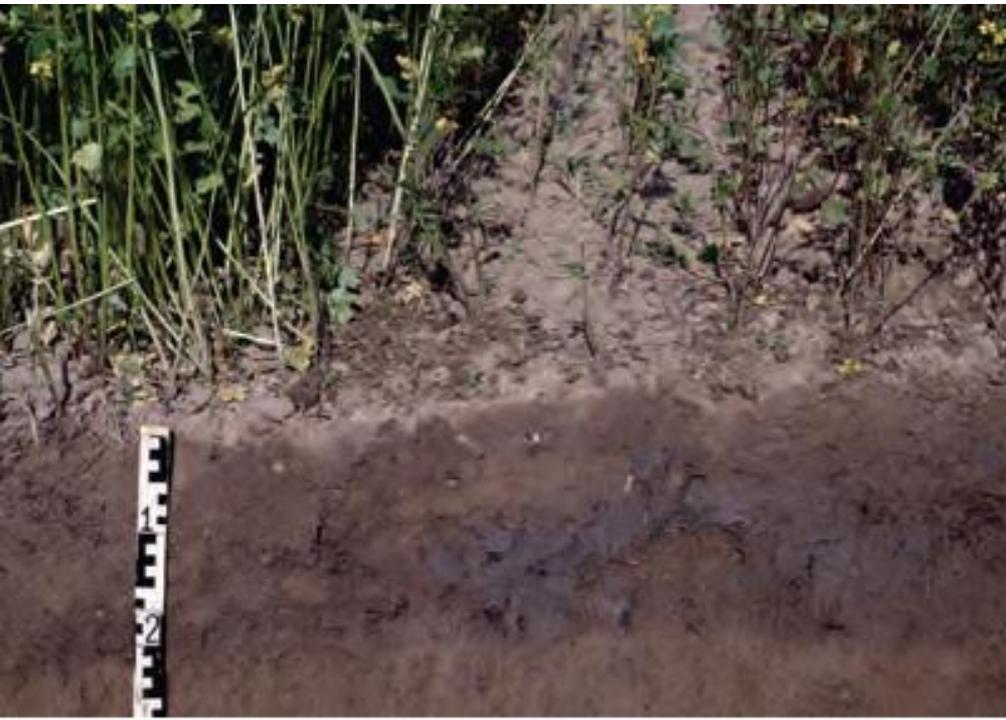


Jahrelang 2 Bewirtschafter, jetzt einer => Sorte, Produktionstechnik usw. erstmals identisch , aber unterschiedliche Pflanzenausbildung



# unterschiedliche Wurzelausprägung bei Raps – warum?





## Verfärbungen und Geruch des Bodens

Bildquellen:

Linke Seite: „Bodenstruktur erkennen und beurteilen“ (T. Diez, H. Weigelt, R. Brandhuber) LfL

Rechte Seite: Verfasser

# Der Geruch allein sagt schon viel



# **Einige Grundlagen als Ausgangsbasis für weitere Betrachtungen**



# Wasserbedarf von Winterweizen I

Die Literaturangaben für den Wasserbedarf von **1 kg Weizen (Korn+Stroh)** schwanken zwischen etwa 300 und 600 l.

Ergebnisse der Lysimeter-Versuchsstation Groß – Lüsewitz (Uni Rostock) für 1 kg Weizenaufwuchs:

- Im feuchten Jahr 2002 **210** – 220 l Wasser
- Im Trockenjahr 2000 550 – **610** l Wasser

⇒ **Je trockener das Jahr gleichzeitig je höher der Anteil sehr heißer Tage ist, desto mehr Wasser wird verbraucht**

- da trockene Umgebungsluft Wasserabgabe fördert
- da an sehr heißen Tagen viel Wasser zur Kühlung verbraucht wird



# Wasserbedarf von Winterweizen

## Annahmen!!!:

die Bildung von 1 kg TM Winterweizen (55,6 % Korn + 44,4 % Stroh)  
benötigt 400 l Wasser

Die Bildung von 1 kg FM Winterweizen mit 14 % Feuchte (55,6 % Korn +  
44,4 % Stroh) benötigt 344 l Wasser

*Ca 10 % davon wurden schon im Herbst verbraucht => Wasserbedarf im  
Frühjahr 320 l*

## Tatsache:

Niederschläge (l/qm) in Wiesengiech 2014:

Jan. -Febr.	78
<b>März - Juli</b>	<b>248</b>
August	13

Maximal mögliches Ernteergebnis bei 248 mm Niederschlag:

<b>Gesamt:</b>	<b>78 dt/ha</b>
davon 44,4 % Strohertrag	35 dt/ha
davon 55,6 % <b>Kornertrag</b>	<b>43 dt/ha</b>



# Gefahren für den Boden

- **Bodenabtrag durch Wasser oder Wind (Erosion)**
- **Schadverdichtungen**
- **Humusabbau**
- **Belastung mit Schadstoffen**
- **Schädigung des Bodenlebens**
- **Anreicherung von schwer bekämpfbaren Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen**



# Wasser kann nicht in den Boden eindringen und sammelt sich in Fahrspuren



# Rillenerosion in Spurreißer-Furchen



# Maisfeld (Mulchsaat) am Hang nach Starkregen

Mulch hält den Boden, außer da, wo der Spurreißer die Mulchaufgabe beseitigt hat



# Fehlender Erosionsschutz – Bodenabtrag auch bei kurzen Hanglängen



# Fränkischer Jura: ein Starke reichte, um einen Großteil der flachen Bodenkrume zu verlagern



Steine wachsen nicht aus dem Boden heraus, sondern der wertvolle Boden geht weg – die Steine bleiben



Erodiertes  
Winterrapsfeld im  
Herbst (oben),  
Maisacker auf dem  
Fränkischen Jura  
(links)

# Rapsfeld (leichter Boden, fein bearbeitet) nach Starkniederschlag



## Erosion in Sämaschinen Spuren





2013/05/30 17:23



# Der Bodenanteil im Wasser fehlt auf unseren Feldern



# Der Bodenanteil im Wasser fehlt auf unseren Feldern



# Der Bodenananteil im Wasser fehlt auf unseren Feldern

## Annahmen für die Regnitz in Bamberg

Wassermenge (m <sup>3</sup> /s)	Erdanteil (%) *	Erdmenge (t/s)**	Erdmenge (t/h)**	Erdmenge (t/d)**
---------------------------------	-----------------	------------------	------------------	------------------

### Wassermenge in Bamberg bei leichtem Hochwasser: ca. 100m<sup>3</sup>/s\*\*\*

100	0,1	0,13	468	11232
100	1	1,3	4680	112320

### Wassermenge in Bamberg bei 1-jähr. Hochwasser: ca. 250 m<sup>3</sup>/s\*\*\*

250	0,1	0,32	1170	28080
250	1	3,25	11700	280800

\* Annahmen: Sedimentanteil im Wasser mit 0,1 % (Szenario 1) bzw. 1 % (Szenario II)

\*\*  $\gamma = 1,3$

\*\*\* Auskunft Wasserwirtschaftsamt Kronach



# Große Mengen verunreinigten Bodens landen auf Deponien



# Bodenabtrag durch Wind (2 benachbarte Schläge)

Ohne Bewuchs

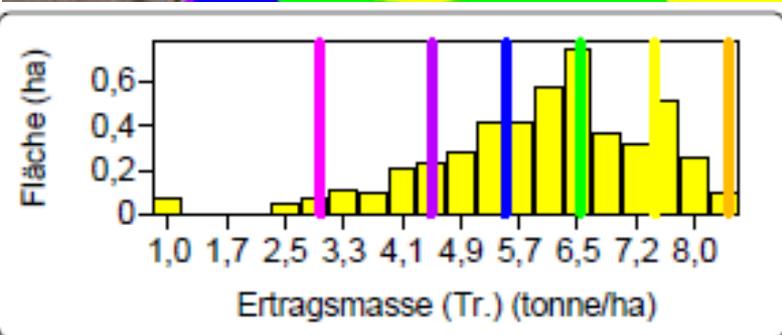
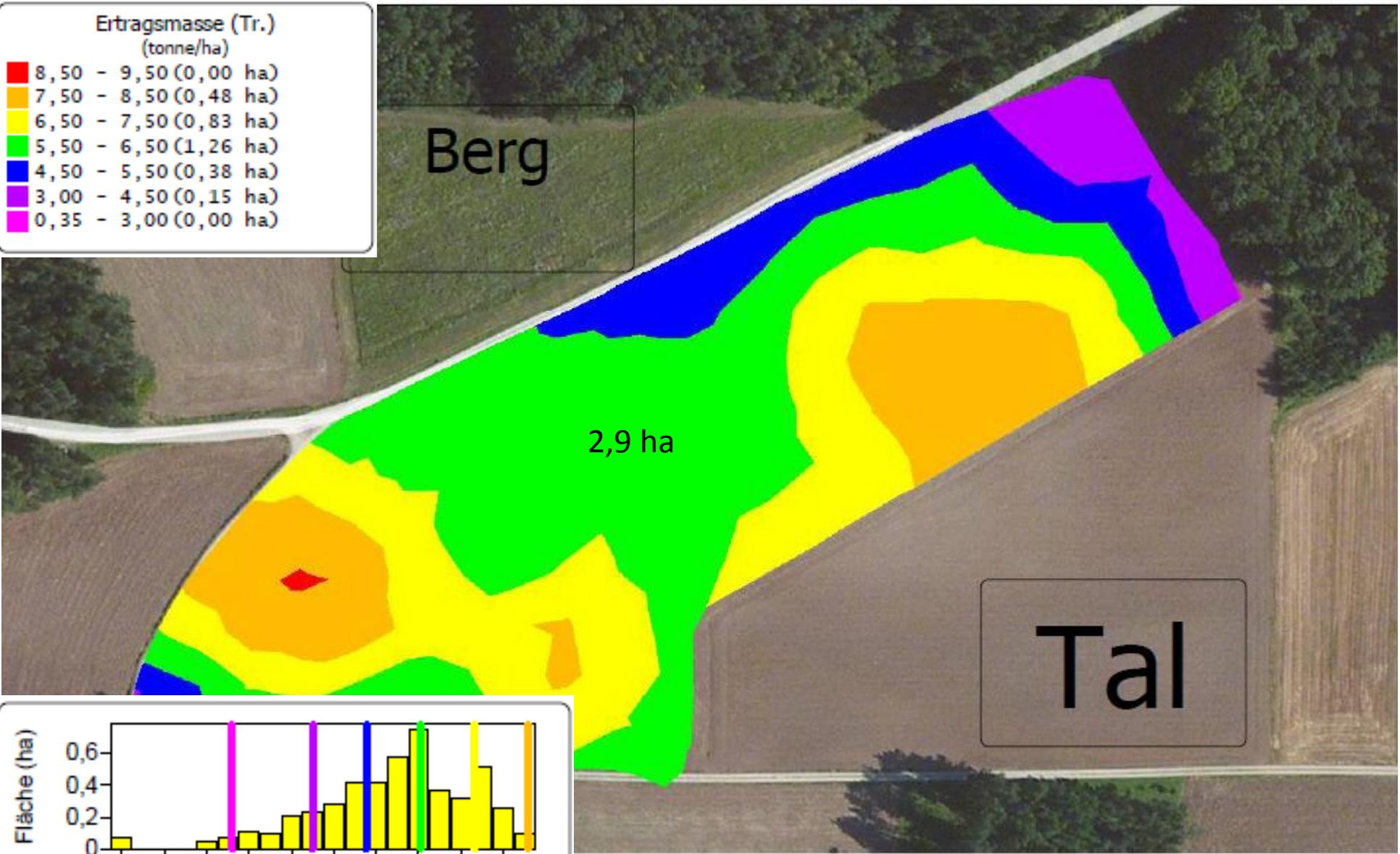
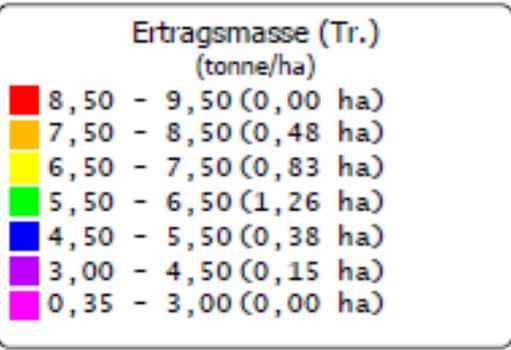
Mit Bewuchs



# Zunehmende Bodenunterschiede erschweren die Bewirtschaftung



# Ertragskartierung mit dem Mähdrescher gibt Aufschluss



Grafik: Jörg Deinlein, verändert

©Anton Weig, AELF Bamberg



# Zunehmende Bodenunterschiede erschweren die Bewirtschaftung

Welches Bearbeitungsgerät?

Optimaler Bearbeitungszeitraum?

Wo zieht man die Proben für Nährstoffuntersuchungen?

Welche Düngermenge?

Art und Menge der Pflanzenschutzmittel?

und viele weitere Fragen

# Zerstörung von Bodenkrümeln durch Regentropfen

1 l Wasser (= 1 mm/m<sup>2</sup>) ergibt ca. 13000 – 14000 Regentropfen



Boden ohne Bedeckung (Pflanzen, Mulch, ..) ist der Zerstörung der Oberflächenstruktur hilflos ausgesetzt



# Boden ohne Bedeckung (Pflanzen, Mulch, ..) ist der Zerstörung der Oberflächenstruktur hilflos ausgesetzt

..und das umso schlimmer, je geringer die Gefügestabilität (Lebendverbauung durch Bodenlebewesen, organischen und anorganischen Bestandteilen, Kalk,..) ist

**=> Abnahme von:**

Wasserinfiltrationsvermögen, nutzbarer Feldkapazität, Gasaustausch, Bodenleben und damit auch die Nährstoffumsetzungsraten, ....

**=>Zunahme von:**

Ertragsdepressionen, erschwerter Bearbeitung, Krankheits- und Schädlingsbefall, Zeit- und Kostenaufwand , .....

# Bei Starkniederschlag: Dammbildung durch Pflanzenreste nach pflugloser Bearbeitung



# Bodendruck



# Benachbarte Wintergersten im Herbst 2014 auf vergleichbaren Böden (I)



Grundbodenbearbeitung mit Pflug

# Benachbarte Wintergersten im Herbst 2014 auf vergleichbaren Böden (II)



Grundbodenbearbeitung mit Grubber



# Benachbarte Wintergersten im Herbst 2014 auf vergleichbaren Böden (III)



Grundbodenbearbeitung mit Grubber

39

©Anton Weig, AELF Bamberg



# Benachbarte Wintergersten im Herbst 2014 auf vergleichbaren Böden (III)

=> Entscheidender als die Frage Pflug oder pfluglos sind hier Bearbeitungszeitpunkt (Befahrbarkeit), absolute und spezifische Maschinengewichte, vorhandene Bodenstruktur, Fruchtfolge, .....

# Problem Vorgewende



# Problem Vorgewende



# Bodenverdichtung beim Anheben und Wenden



# Bodendruck erzeugt Plattengefüge



# Maschinengewichte und Gewichtsverteilung



Pflug oben: **10145 kg**

= **7705 kg** + **2440 kg**

Pflug unten: **8210 kg**

= **3620 kg** + **4590 kg**

# Maschinengewichte und Gewichtsverteilung



Grubber oben: **10885 kg**

= **8965 kg** + **1920 kg**

Grubber unten: **8210 kg**

= **3760 kg** + **4450 kg**



# Maschinengewichte und Gewichtsverteilung



# Mähdrescherspuren im Versuchsfeld (2010)



Claas Lexion mit ca. 14 t. Leergewicht und 650 er Reifen vorn

Konsequenz: seit 2011 800er Reifen vorn, Problem jetzt Hinterreifen

# Mähdrescher mit 12000 l Korntankvolumen, Raupenfahrwerk



# Bereifungen bei Großmähdreschern

Claas Lexion 580, 7,50 m AB



## Bereifungen

Vorn: 710/75 R34  
Hinten: 600/50 R26,5  
Reifendruck: mind. 1,6 bar  
Transportbreite: 3,60

Ausnahmegenehmigung wurde nicht mehr erteilt



# Mähdrescher zum Wagen oder Wagen zum Mähdrescher



Mähdrescher: Bereifung vorne: 710 / R 38  
Schneidwerk ca. 2 t , nächste Größe hätte ca. 3 t



# Fahrzeuge mit hohen Luftdrücken gehören auf die Straße



Abkürzung über Nachbarfeld - Was ist hier von der Ausbildung hängen geblieben??

# Bodenschäden durch Mähdrescher

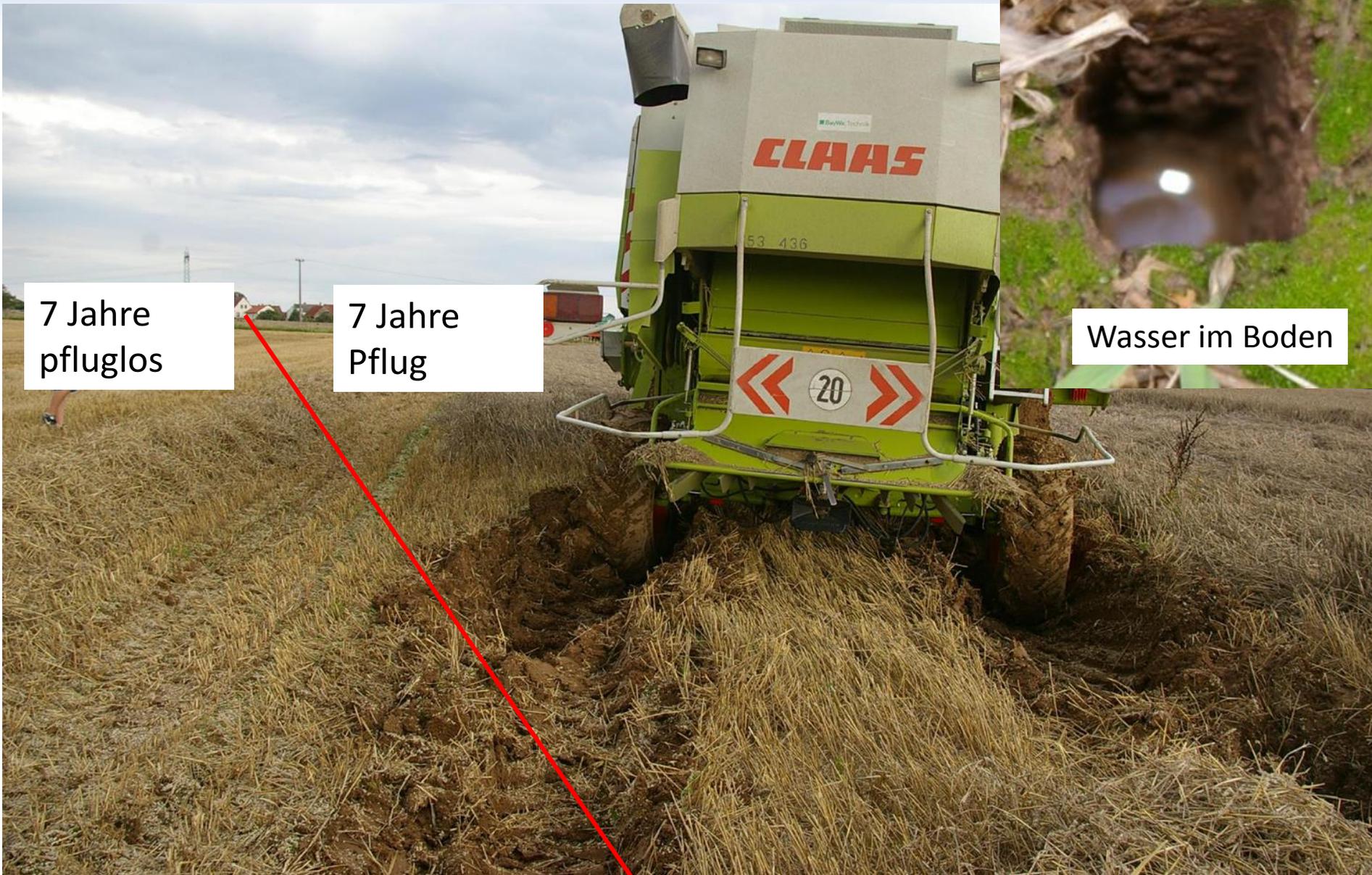


# Einfluss der Bewirtschaftung

7 Jahre  
pfluglos

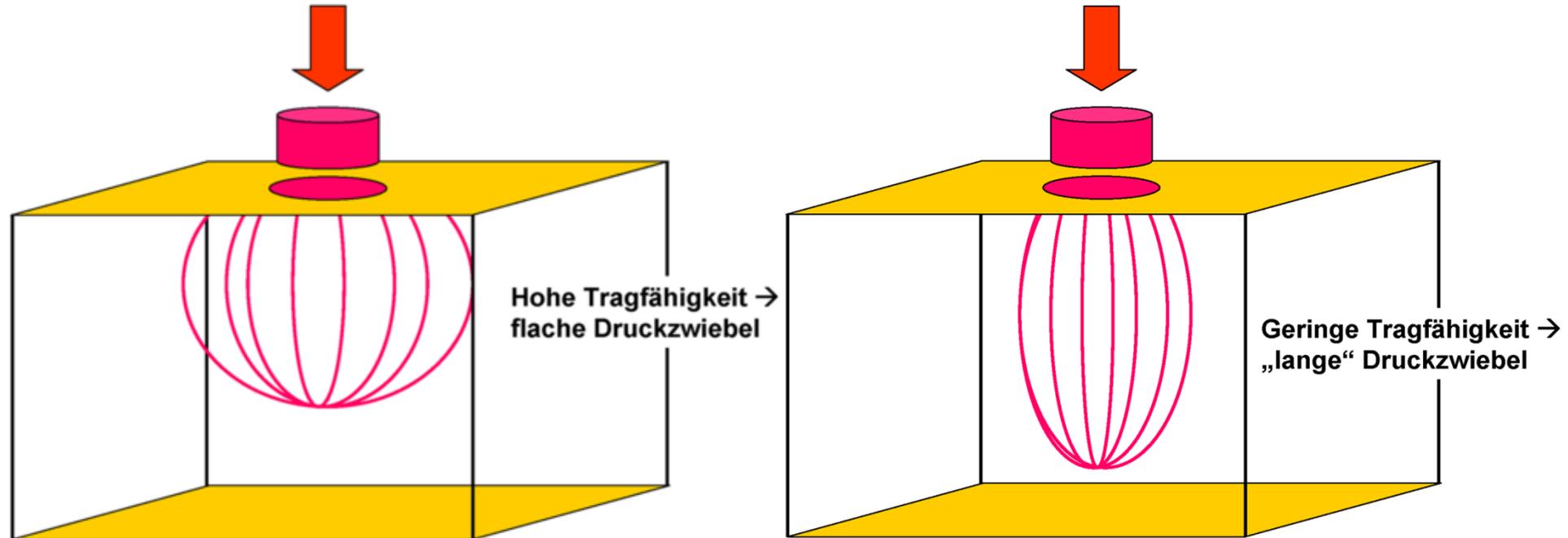
7 Jahre  
Pflug

Wasser im Boden



# Modell: Isobaren in homogenem Substrat

Radlast und Aufstandsfläche in beiden Fällen identisch

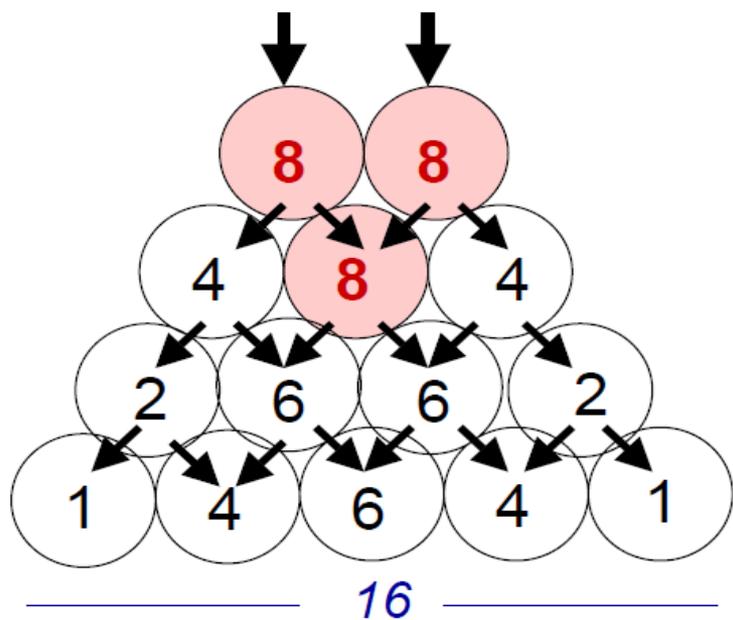


Für die Praxis: **je weniger tragfähig der Boden**, z. B. durch höhere Feuchte und/oder mangelnde Struktur, **desto größer ist die Tiefenwirkung** einer bestimmten Last.

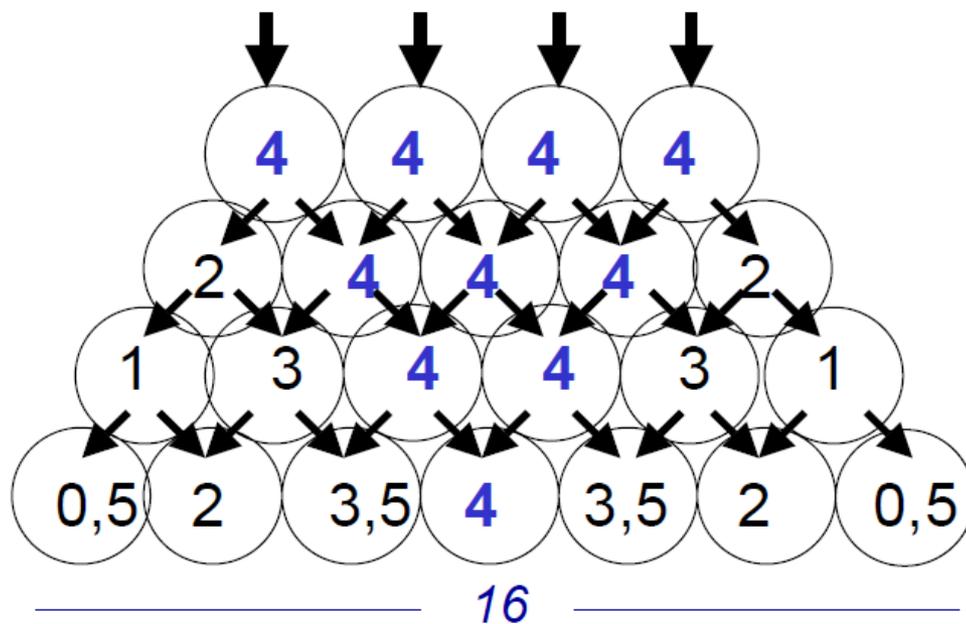
# Prinzip des Druckabbaus im zweidimensionalen Modell (1)

## Entlastung durch größere Aufstandsfläche

Radlast = 1  
Kontaktflächendruck = 8



Radlast = 1  
Kontaktflächendruck = 4



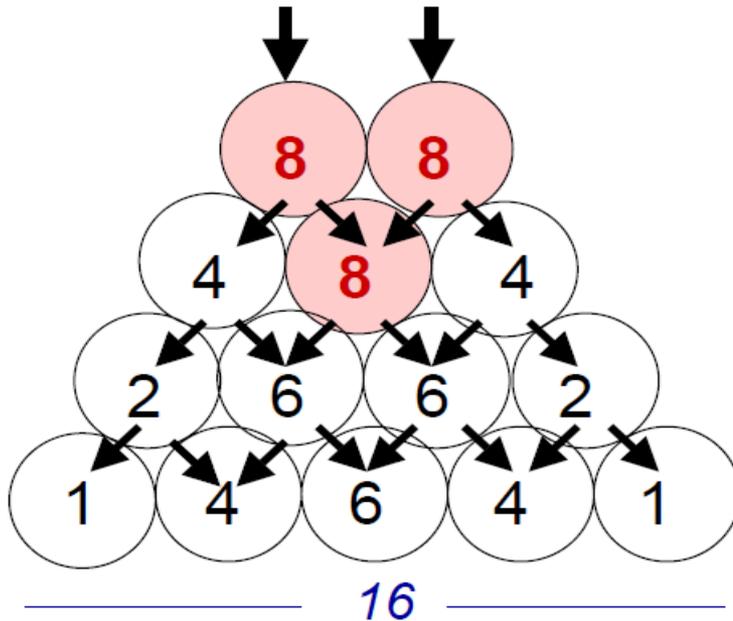
Wird die Aufstandsfläche bei gleichbleibender Radlast erhöht, sinkt der Kontaktflächendruck und die Bodenbeanspruchung nimmt ab



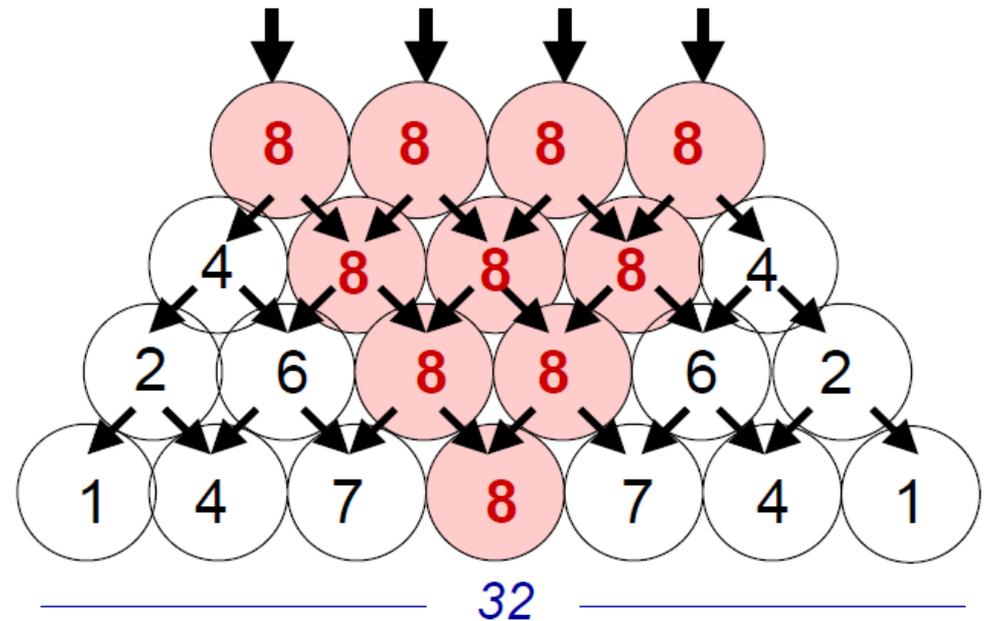
# Prinzip des Druckabbaus im zweidimensionalen Modell (2)

Tiefenwirkung hoher Radlast => Masse zieht in die Tiefe

Radlast = 1  
Kontaktflächendruck = 8

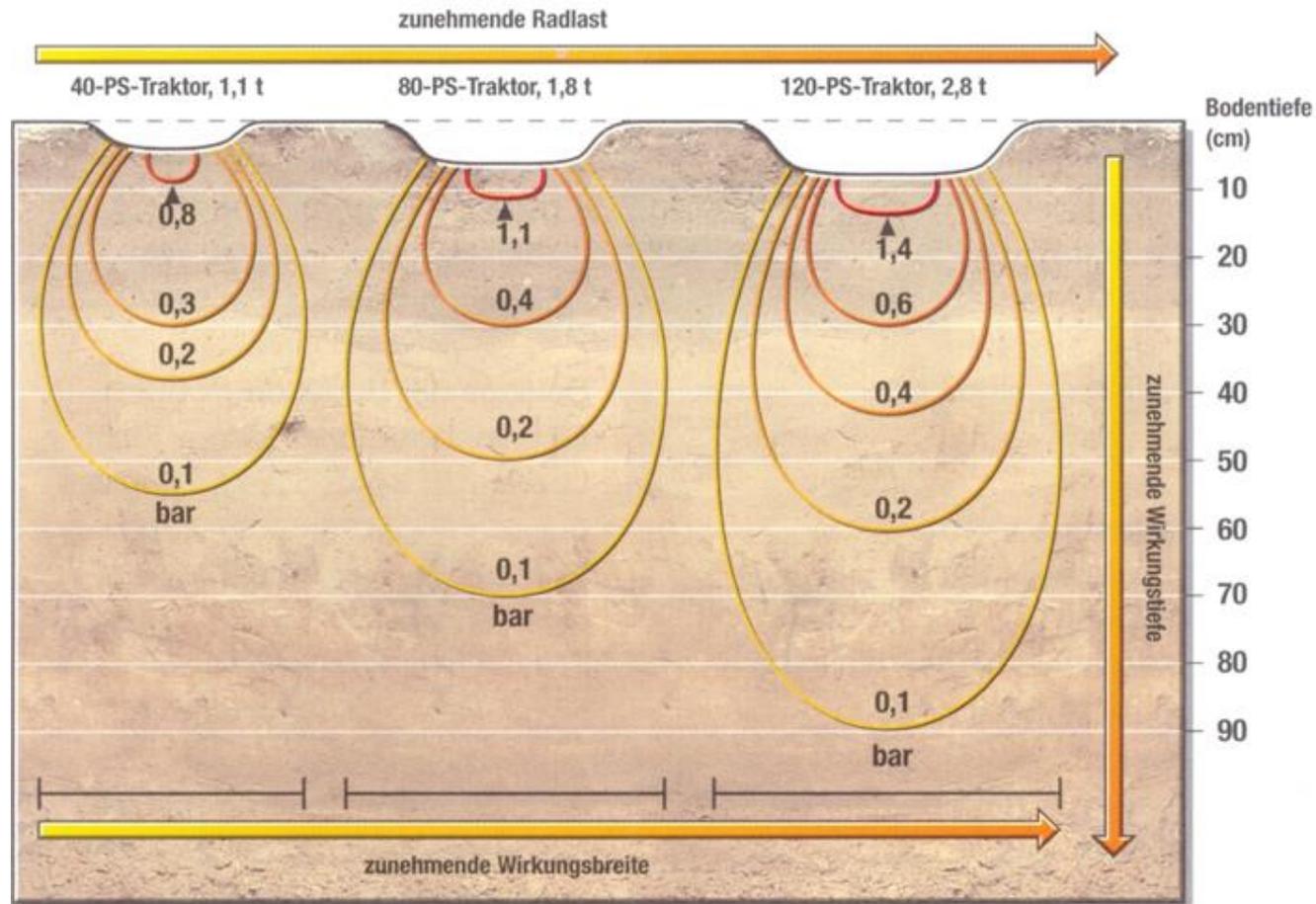


Radlast = 2  
Kontaktflächendruck = 8



Werden Radlast und Aufstandsfläche im gleichen Verhältnis erhöht, bleibt zwar der Kontaktflächendruck konstant, die Tiefenwirkung der Bodenbeanspruchung nimmt aber zu.

# Problem: zunehmende Radlasten, aber nicht ausreichend mitwachsende Aufstandsflächen der angebotene Standardbereifungen



Druckzwiebeln unter einem Traktor-Hinterrad mit Standardbereifung bei wachsender Radlast und mangelnder Erhöhung der Aufstandsfläche für einen durchschnittlich befahrbaren Lössboden. Beim 120-PS-Traktor mit 1,4 bar an der Bodenoberfläche bzw. 0,6 bar an der Pflugsohle bereits kritische Bodendrücke auf. (Quelle: Techn. Universität München)



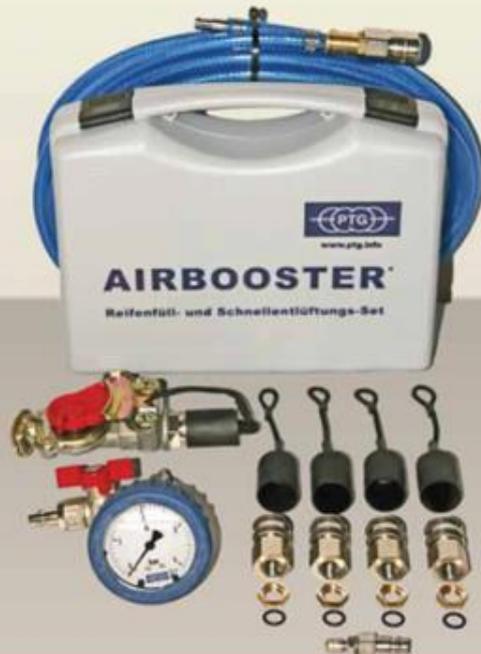
# Breite Reifen – Problem der zulässigen Fahrzeugbreiten



# Reifen kostengünstig schnell ent- und belüften



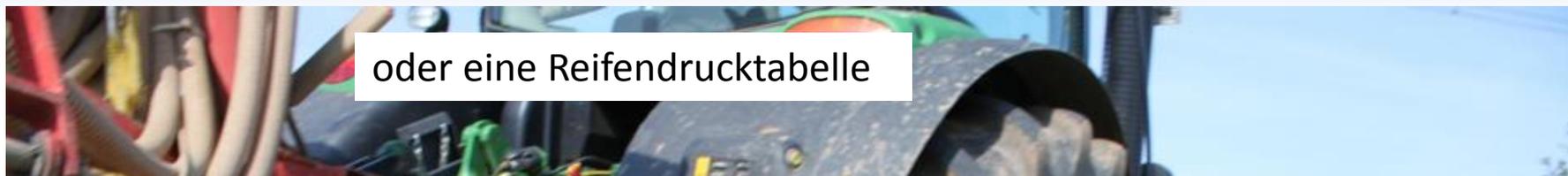
Reifendruckregelsysteme



**AIRBOOSTER®**  
Reifenfüll- und Schnellentlüftungs-Set für alle Traktoren



# Zum Absenken des Reifendrucks braucht man manchmal gute Nerven



oder eine Reifendrucktabelle

Größe	Tragfähigkeit (kg) <b>pro Reifen</b> bei Luftdruck (bar)													
	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,4	km/h
650/65 R 42 (20.8 R 42)	-	2130	2590	2870	3150	3420	3700	3970	4110	4250				50
	-	2130	2590	3010	3420	3840	4250	-	-					40
	1980	2380	2770	3220	3660	4100	4550	-	-					30
	2490	2930	3380	3920	4470	5010	5560	6100	6380					10

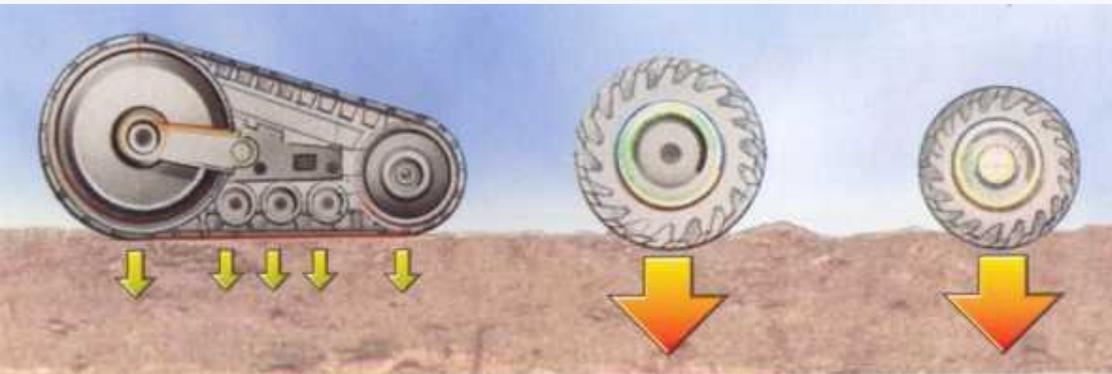


# Ernte 2010 – Wasser ohne Ende

## Radmähdrescher an der Grenze – Raupenlaufwerke gefragt

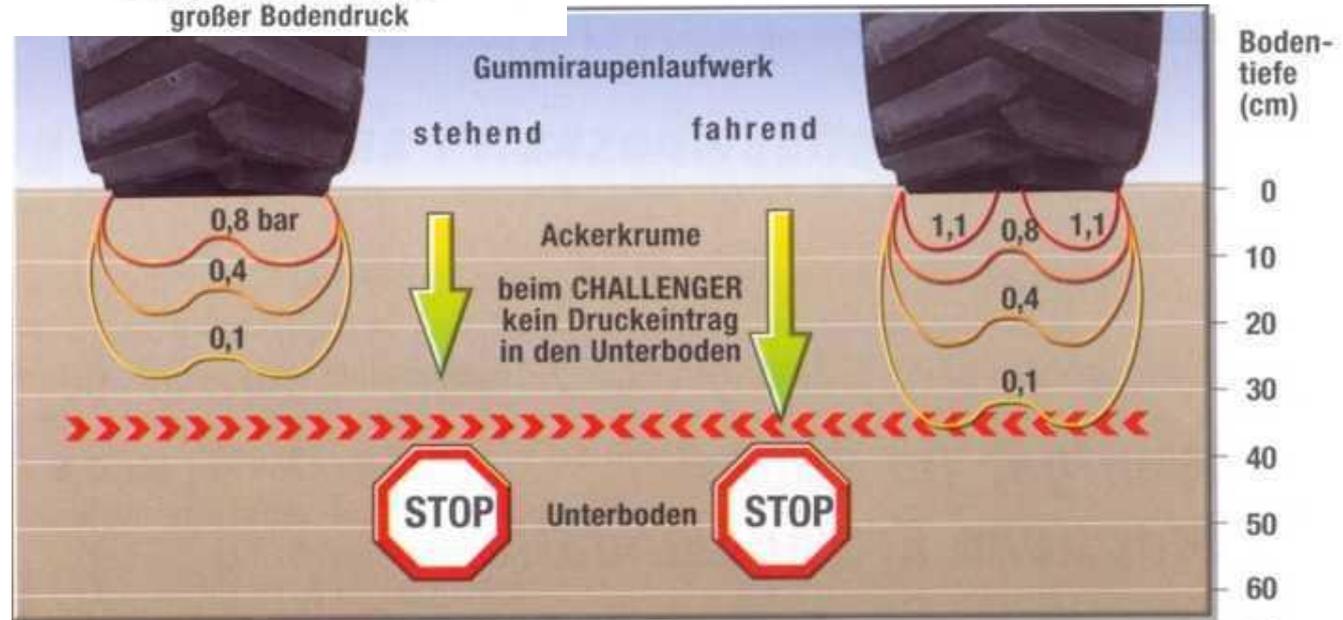


# Bandlaufwerk v.s. Räder



Große Aufstandsfläche –  
geringer Bodendruck

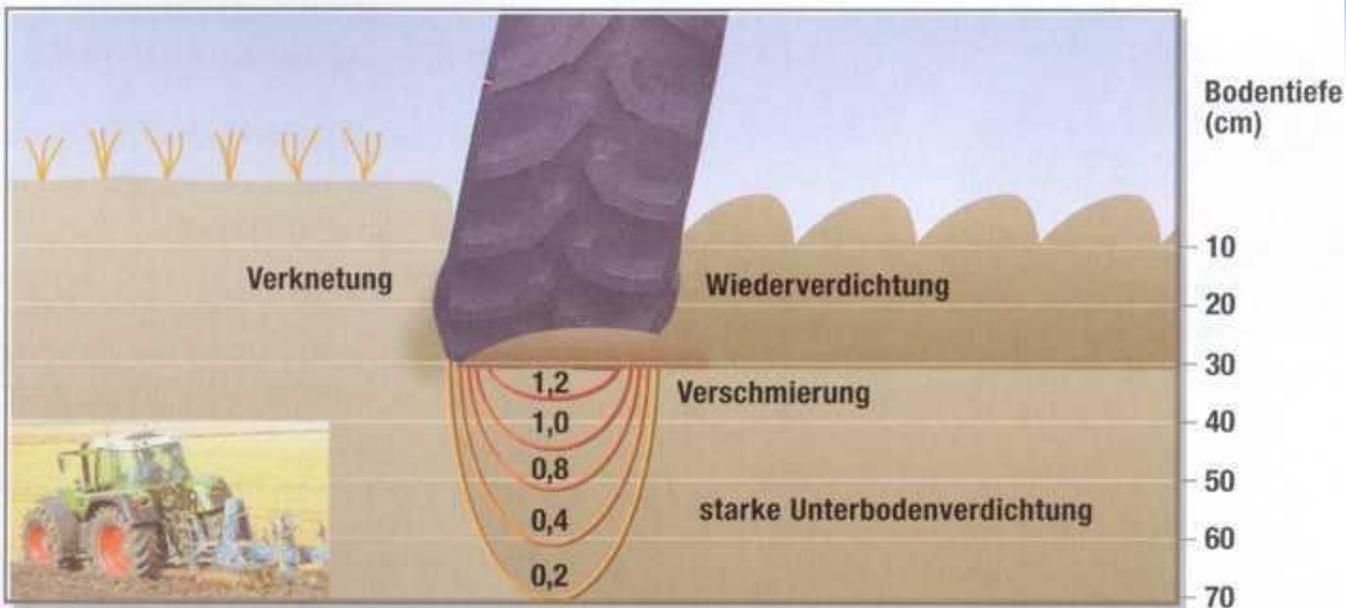
Geringe Aufstandsfläche –  
großer Bodendruck



Schneller Druckabbau und geringe Wirkungstiefe schützen beim Raupenschlepper  
vor Unterbodenverdichtungen



## Nachteile beim „Pflügen in der Furche“ mit bereiften Traktoren



## Vorteile beim „Onland-Pflügen“ mit dem CHALLENGER



Bildquelle: Fa. Claas



# Reifendruckregelanlagen



Ballastierung mit  
auf dem Feld  
abrollendem Gerät



Frontgewicht  
abbauen, wenn es  
nicht zwingend  
erforderlich ist

Saat mit Reifendruck < 1 bar, flache KE-Einstellung  
Gleichmäßige Saatgutablage auf unbearbeiteten Horizont  
=> gleichmäßiger Feldaufgang bei Wintergerste



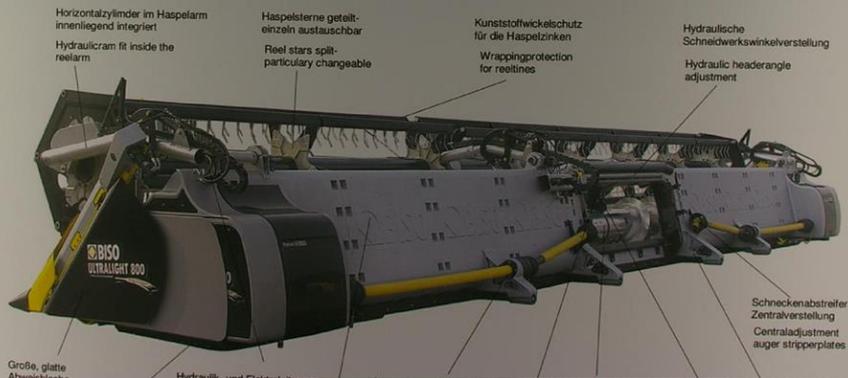
# ULTRALIGHT 800

Mit der Entwicklung des Schneidwerkes der Baureihe ULTRALIGHT 800 ist der Firma BISO Schrattecker der Sprung in eine neue Dimension gelungen. Große Schneidwerksbreiten bis 14,2 m, die aufgrund der immer leistungstärkeren Mähdrescher unumgänglich sind,

With development of the header modull ULTRALIGHT 800 the company BISO Schrattecker jump into new dimenson. Big cutting widths to 14,2 m, essential for powerful combines, are now no problem any more. High

stellen nun kein Problem mehr da. Hochwertige Materialien, wie Aluminium und Edelstahl, in Verbindung mit einer robusten Mechanik, hochwertigen Hydraulik und bedienerfreundlichen Elektronik, ergeben eine effiziente Arbeitsweise, die bisher unvorstellbar war.

quality materials, such as aluminium and stainless steel used in connection with robust mechanics, first class hydraulics and userfriendly ajustments, result to an unbelievable new effcent working system.



Verminderung des Bodendrucks durch leichtere Materialien



**Die Ernte 2011 hat es bewiesen: insbesondere unter schwierigen und stark wechselnden Bedingungen schlägt das Premium Flow VARIABLE Schneidwerke um Längen!**

Größer:  
Neu: bis 10,70m Schnittbreite  
Neu: 15 % weniger Gewicht  
Neu: minimaler Wartungsaufwand

Besser:  
- gleichmäßige Beschickung durch Zuführibänder  
- 10 Minuten - Rapsbau  
- Top Leistung bei geringer Fahrerbelastung

**ZÜRN GmbH & Co. KG**  
Kapellenstraße 1, D-74214 Westernhausen,  
Tel: 0 79 43 / 91 05-0, [www.zuern.de](http://www.zuern.de)



# Tiefenlockerung darf keine Dauerlösung sein





In einer Hand voll guten Humusbodens leben mehr Organismen als Menschen auf der Erde.



Ohne dieses Leben könnte der Stoffkreislauf nicht funktionieren, wäre kein Pflanzenwachstum möglich, würde sich der Abfall türmen

# Bodenlebewesen brauchen auch kontinuierlich Futter !!

## Gesamtmasse an Bodenleben

Ø 10 t/ ha [5-25 t/ ha]

10 t/ ha = 20 GV/ ha  $\cong$  13-14 Kühe



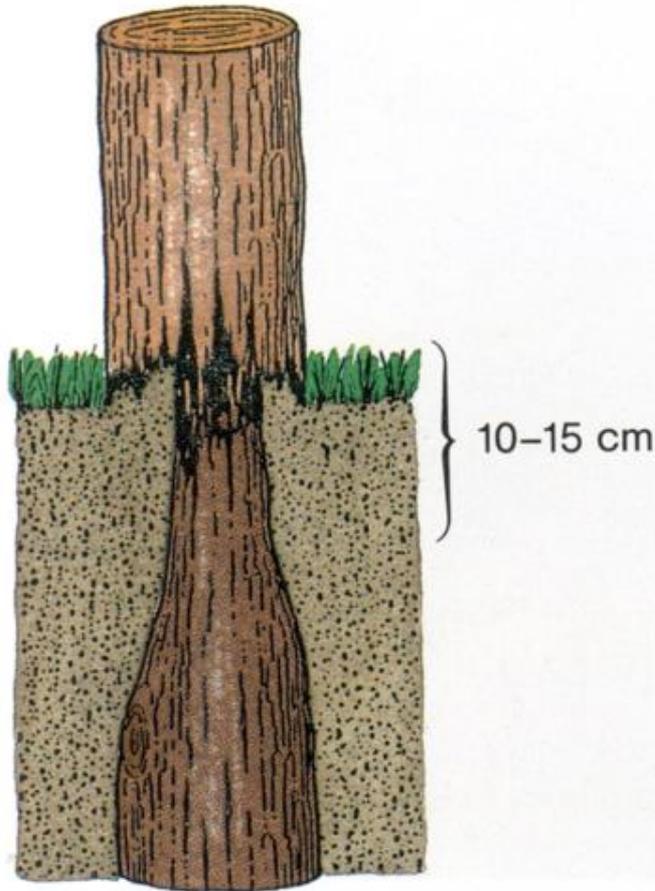
**Regenwurmmasse**

**500 - 2000 kg/ha**

**Ø bei intaktem Boden 1500 kg/ha = 2 Kühe mit 750 kg**



# Die Umsetzung organischer Substanz braucht Sauerstoff



Intensivste Umsetzung organischer Substanz in der Zone 0 – 15 cm.  
=> In diesen Bereich muss auch organische Düngung platziert werden!







Regenwürmer  
haben 11. Klasse  
1. Klasse Tafe

Regenwürmer  
haben 11. Klasse  
1. Klasse Tafe

Regenwürmer  
haben 11. Klasse  
1. Klasse Tafe

Regenwürmer  
in der  
"Bömmel-Löhle"

Luftvergrößerung einer  
verlassenen Regenwürm-  
röhre  
(350-fache Vergrößerung)

Verlassene Regenwürmer-  
röhren haben im Winter  
einen Durchmesser von  
ca. 1 cm. Im Sommer  
sind sie oft verengt und  
haben einen Durchmesser  
von ca. 0,5 cm. Die  
Röhren können aus z.B. Stroh-  
schwämmen und Humus  
bestehen.



In 1 ha Ackerboden leben 80 - 100 Regenwürmer pro Quadratmeter. In einem  
Geweck hat 20 - 100 Gramm  
Diese Regenwürmer haben 5-10 cm Länge und 1-2 cm Durchmesser. Sie sind  
rotbraun oder rötlich. Sie leben in der Erde und sind sehr aktiv. Sie  
haben an der Bodenoberfläche eine ab  
Die Regenwürmer haben 300 - 400 Köpfe mit einer Gesamtlänge von  
10-15 cm. Durch ihre Regenwürmer-Löhle können mehr als 1 l Wasser in den  
Boden sickern.

Kreuz und Abspaltung  
Johannes Rau-Museum  
Leipzig-Talbrunn

2007/11/16 13:26









Beim Anbau von **Mais** nach **Getreide** vergehen:

- Ca. 11-12 Monate, in denen **kein Nährstoffentzug** stattfindet (Gefahr der Nitratverlagerung)
- Bei Pflugfurche im Oktober ca. 9 Monate, in denen die **Bodenoberfläche und das Bodenleben nicht vor Witterungseinflüssen geschützt** sind











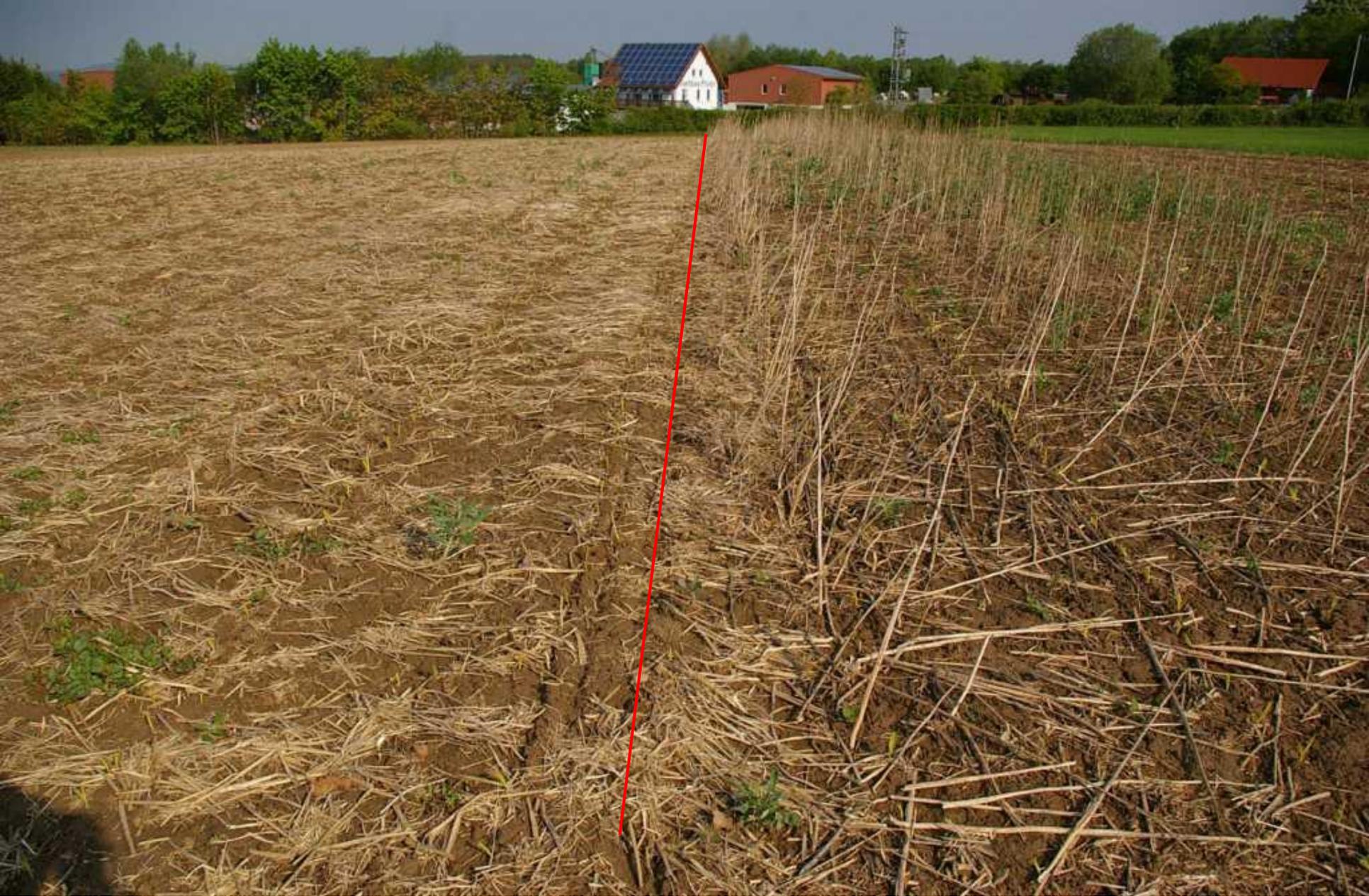
Scheibeneggen (links) vergraben viel organische Masse













2 direkt benachbarte Maisbestände nach langer Trockenheit  
(gleicher Saattermin, links Mulchsaat in Zwischenfrucht, niedriger Reifendruck usw.,  
rechts zu feiner verschlammter Boden, ...)



Die Vorteile bodenschonenden Arbeitens zeigen sich besonders bei extremen Verhältnissen

# Erfahrungen mit Strip-tillage



# Rübendirektsaat in im Herbst gelockerte Streifen



Das Sägerät war für diese Bodenverhältnisse nur bedingt geeignet => hier ca. 6 % niedrigerer Feldaufgang als bei eingeebneten Streifen.

# Kräftige Strip-till-rüben und viel Regenwurmaktivität in der Fahrspur



# Vergleich Grubber – strip-till (Herbst) – strip till (Frühjahr) zu Mais 2010/2011, Versuchsanlage mit 3 Wiederholungen



Stand vor Winterbeginn.

**Links: Betriebsüblich, Mitte: noch unbearbeitet** für Strip-till im Frühjahr, **Rechts: Strip-till im Herbst** mit Horsch Prototyp ohne nachlaufende Walze

# Vergleich Grubber – strip-till (Herbst) – strip till (Frühjahr) zu Mais 2010/2011, Versuchsanlage mit 3 Wiederholungen



# Vergleich Grubber – strip-till (Herbst) – strip till (Frühjahr) zu Mais 2010/2011, Versuchsanlage mit 3 Wiederholungen

Verfahren	dt FM/ha	% TS	dt TM/ha
Betriebsüblich (Grubber Herbst)	621	33,6	208
Streifenlockerung Herbst	639	32,5	208
Streifenlockerung Frühjahr	611	33,3	203



# Gülleinsatz ist auch vor Strip-till in Kombination mit Zwischenfrucht möglich





Zu feine Bearbeitung der  
Zwischenfrucht mit Kreiselegge

Strip-till in Zwischenfrucht Senf

# Streifenlockerung in Zwischenfrucht im Herbst , Mais mit (z.T.) Grasuntermosaat im folgenden Herbst



# Zum Abschluss (I): am besten immer die kleinere (leichtere) Technik wählen, wenn es damit auch geht



# Zum Abschluss (II): Kalken nicht vergessen, denn eine optimale Kalkversorgung ist Voraussetzung für einen tragfähigen fruchtbaren Boden



Hier fehlt Kalk



## Zum Abschluss (III)

Möglichst **vielseitige Fruchtfolge** anstreben, Wechsel von

- Halm- und Blattfrüchten
- Winterungen und Sommerungen

unter Einbeziehung von Zwischenfrüchten (falls sinnvoll möglich)

⇒ deutliche Reduzierung von Unkraut- und Gräserproblemen (Ackerfuchsschwanz, Trespen, ...), weniger Gefahr der Resistenzbildung

⇒ vielseitige Nahrung für die Bodenlebewesen und viele weitere Vorteile für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung



# Zum Abschluss (IV): Bodenverhältnisse vor Bearbeitung überprüfen und auch mal daran riechen, dann erlebt man manche Überraschung



# Zum Abschluss (V): Das Thema Bodenfruchtbarkeit bei der Ausbildung ernst nehmen !!

Wer die Grundlagen verstanden hat, tut sich leicht, die richtigen Entscheidungen für den Boden zu treffen



# zum Abschluss (VI): Die optimale Bodenbearbeitungstechnik für alle Ansprüche gibt es nicht



außer man baut sie selbst...

...und ist damit zufrieden

# Und am Ende: Bodenbearbeitungsgeräte auch mal stehen lassen

Denn:

rostet der Pflug\* .....



...freut sich der Wurm



\*gilt auch für übermäßigen Einsatz  
alternativer Geräte!