



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Energie- und wassersparende Bodenbearbeitung

Gerhard Moitzi

5th International Conference on Organic Crop Production & Organic Field Day
20-21. 06. 2019

Poltava State Agrarian Academy, 1/3 Skovorody str., Poltava, Ukraine

Leitprinzipien für den Technikeinsatz

Bodenwassersparende Maßnahmen

Bodenverdichtung - Vermeidung

Energieeffizienz von Bodenbearbeitungssystemen



Agrarkultur/Agriculture



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Kultur: (lat. colere: pflegen, pflügen, verehren)

Industrialisierung erfordert lediglich technische Intelligenz

Ökologische Landbau erfordert hingegen technische und biologische Intelligenz.

IFOAM: International Federation of Organic Agriculture Movements



Organic agriculture is a production system that **sustains the health of soils**, ecosystems and people. It relies on **ecological processes, biodiversity** and **cycles adapted to local conditions**, rather than the use of inputs with adverse effects. Organic agriculture combines **tradition, innovation** and **science** to benefit the shared environment and promote fair relationships and a good quality of life for all involved.

Source: http://www.ifoam.org/growing_organic/definitions/doa/index.html

Technik im Dienste der Bodengesundheit



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

„Die **Bodenbearbeitung** muss von der Natur vorgegebene Vorgänge mit geringem Aufwand unterstützen“.

Leitprinzipien für den Einsatz von der Bodenbearbeitungstechnik:

- ⇒ Überlockerung vermeiden
- ⇒ Schadverdichtung verhindern
- ⇒ Überrollhäufigkeit verringern – Kombinationen
- ⇒ Bearbeitungsintensität, Einstellungen anpassen
- ⇒ natürliche Schichtung erhalten
- ⇒ Pressen, Schmieren, Schlupf vermeiden
- ⇒ Schutz gegen Bodenabtrag unterstützen

Effekt auf die Bodenstruktur

Quelle: H. Pichler, Bildungszentrum Mold der LWK NÖ

Durchmischungsvorgänge („Turbationen“)

Bioturbation: durch wühlende Bodentiere



Hydroturbation (Peloturbation): durch Wasserzufuhr und -entzug bei wechselfeuchtem Klima in tonreichen Böden mit hohem Gehalt an quellbaren Tonmineralen (Montmorillonit) starke Quellungs- und Schrumpfungs-Vorgänge



Kryoturbation: bei Wechsel von Frieren und Tauen in wassergesättigten Böden



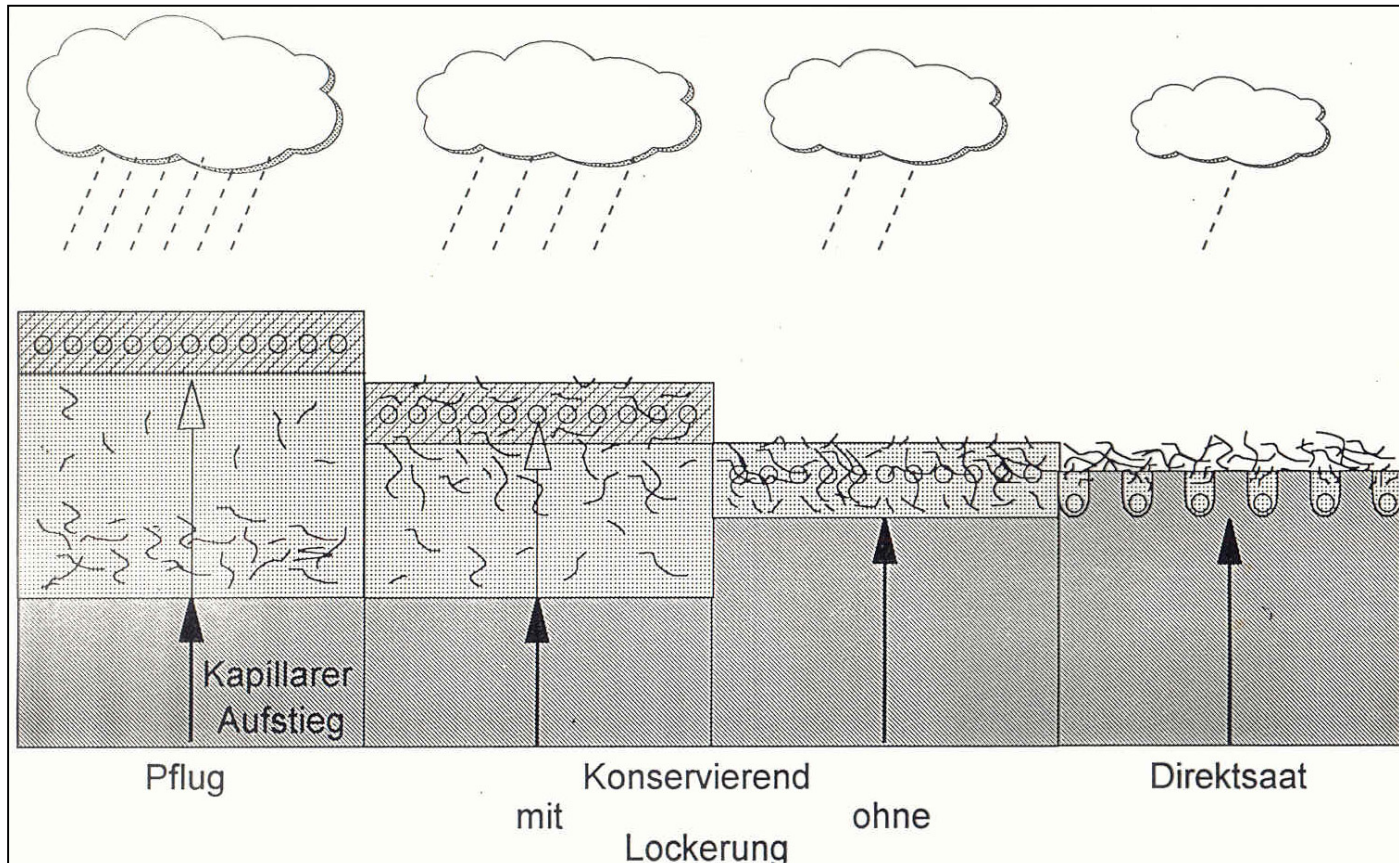
Technoturbation: mechanische Bodenlockerung durch technischen Energieeinsatz



Klimaangepasste Bodenbearbeitung



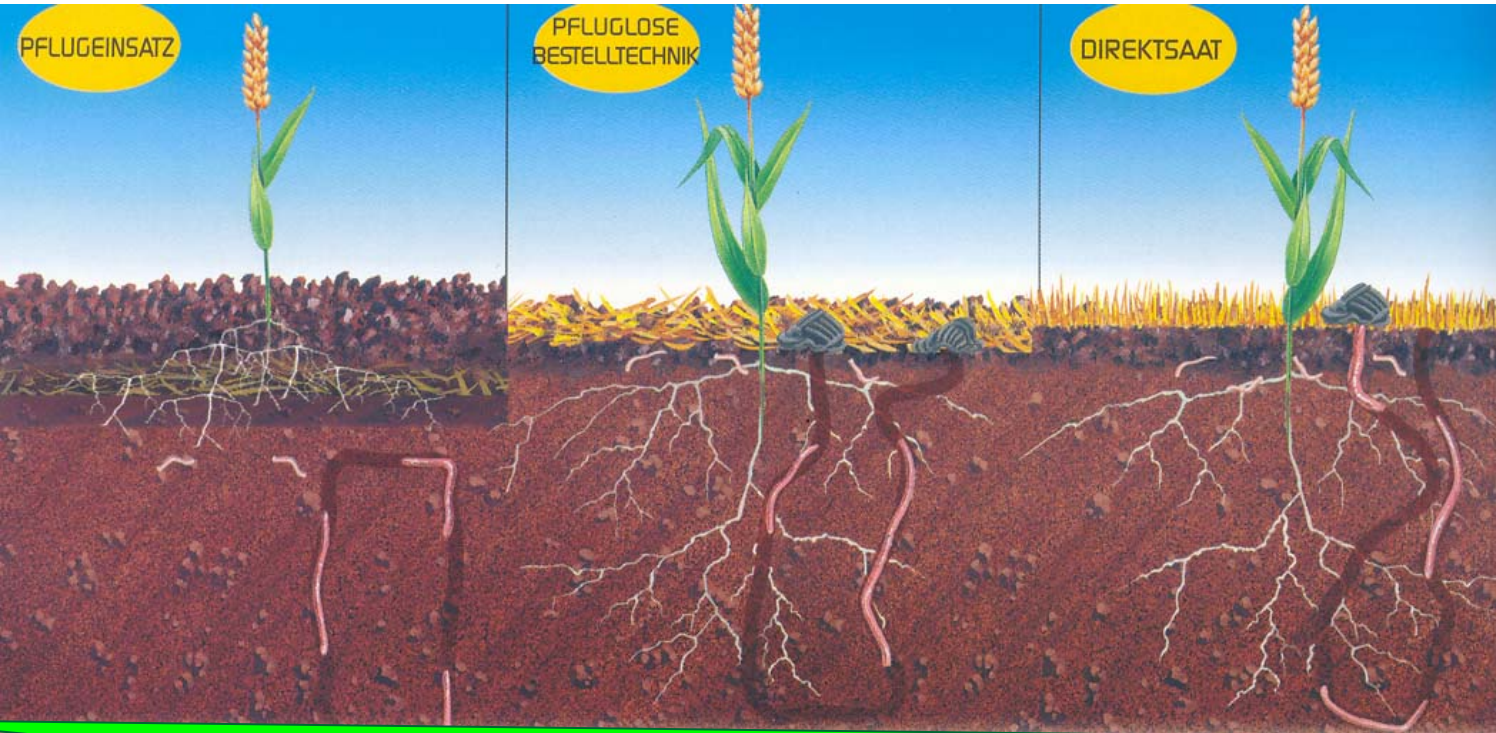
Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



**Saatguteinbettung:
Anschluss an den
kapillaren
Wasseraufstieg**



Mechanische vs. Biologische Bodenlockerung



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Bodenleben:

ca. 25 t/ha Flora

ca. 5 t/ha Fauna

≈ 9 GVE/ha

Bildquelle: Bourguignon, 2000

mechanisch

biologisch

37 l/ha

28 l/ha

10 l/ha

Dieselaufwand beim Anbau

1 cm Bearbeitungstiefe: 100 – 150 t/ha → 0,5 – 1,5 l/ha Dieserverbrauch beim Pflügen

1 – 20 mm/h

50 - 80 mm/h

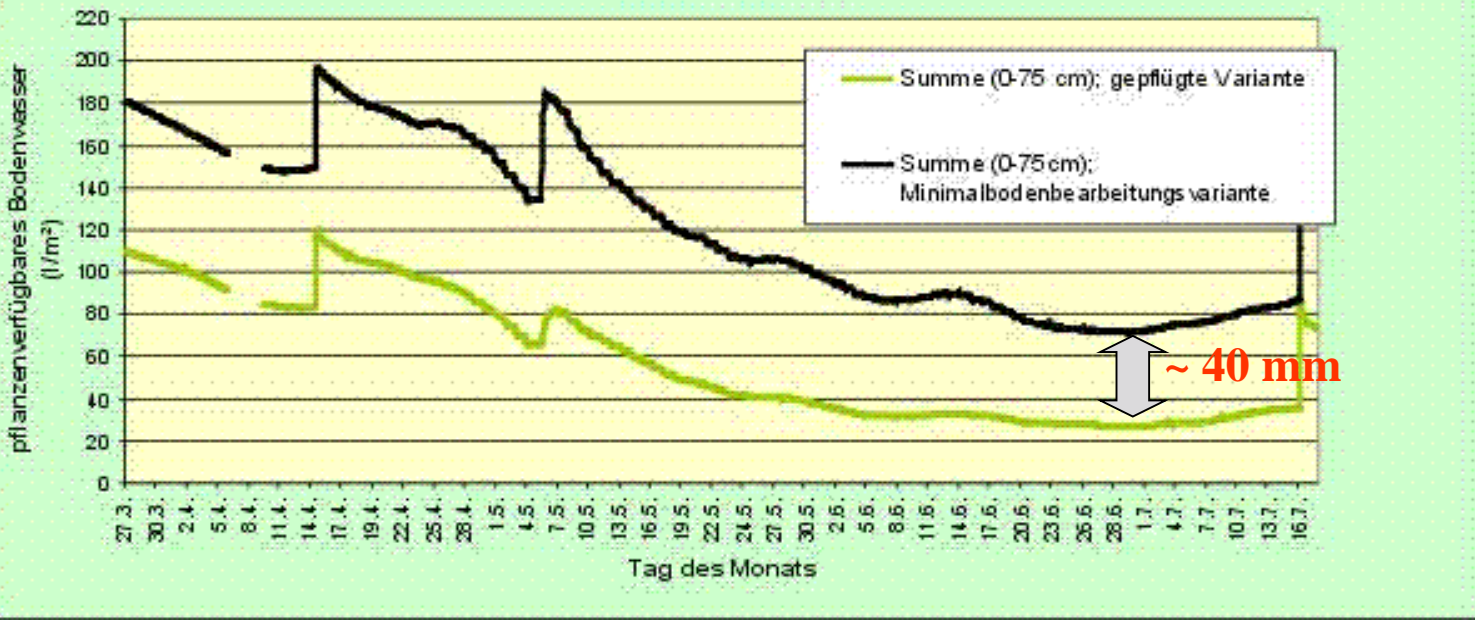
80 - 100 mm/h

Infiltrationsrate

Bodenwasserkonservierung durch pfluglose BB



Vergleich des pflanzenverfügbaren Bodenwassers
im März - Juli 2002, Raasdorf, Bodenbearbeitungsversuch
Winterweizen



Impact of soil cultivation on soil water storage (Eitzinger et al., 2004)

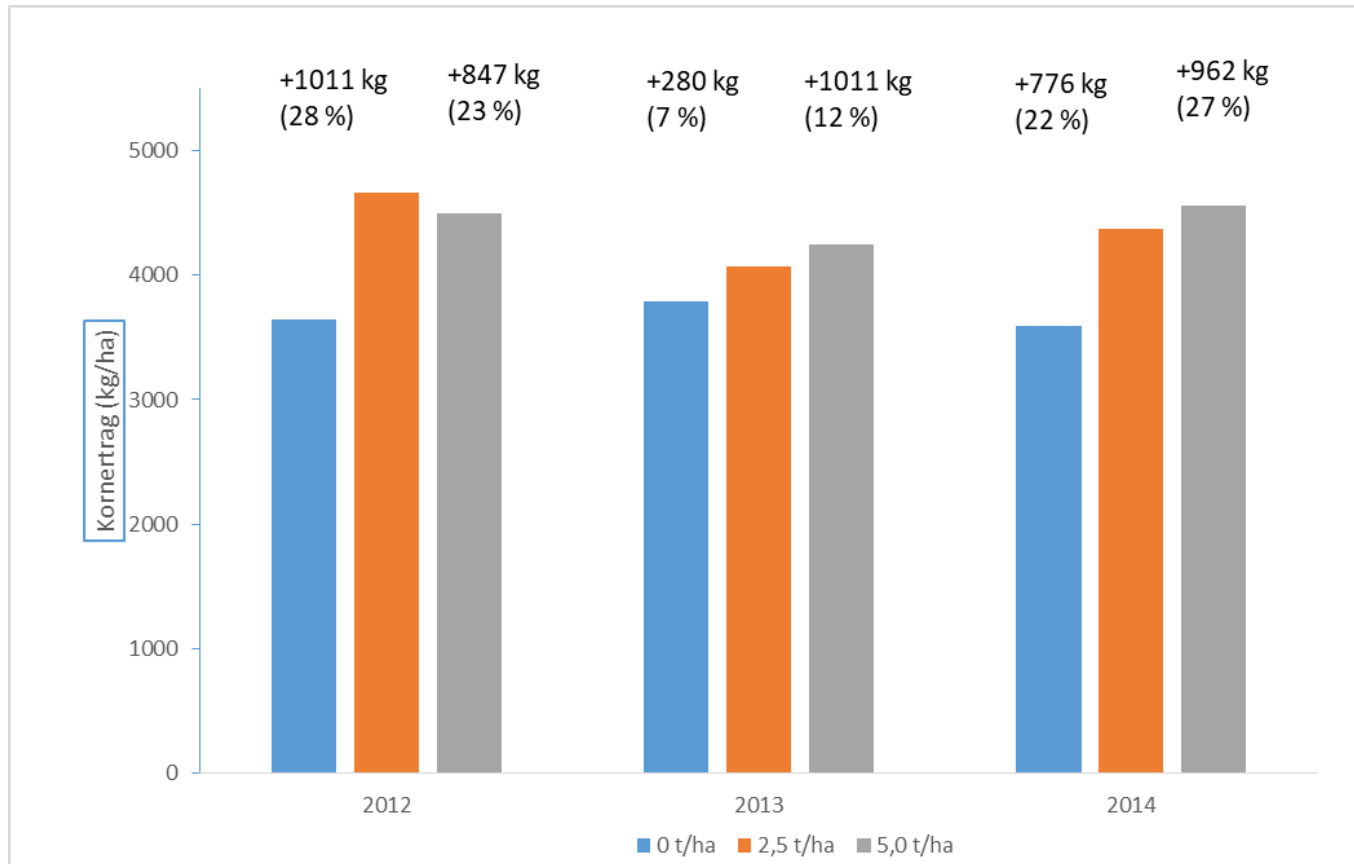
Bodenwasserkonservierung durch Mulch (Strohabdeckung)



Ertragseffekt bei Durumweizen



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



Strohmenge:

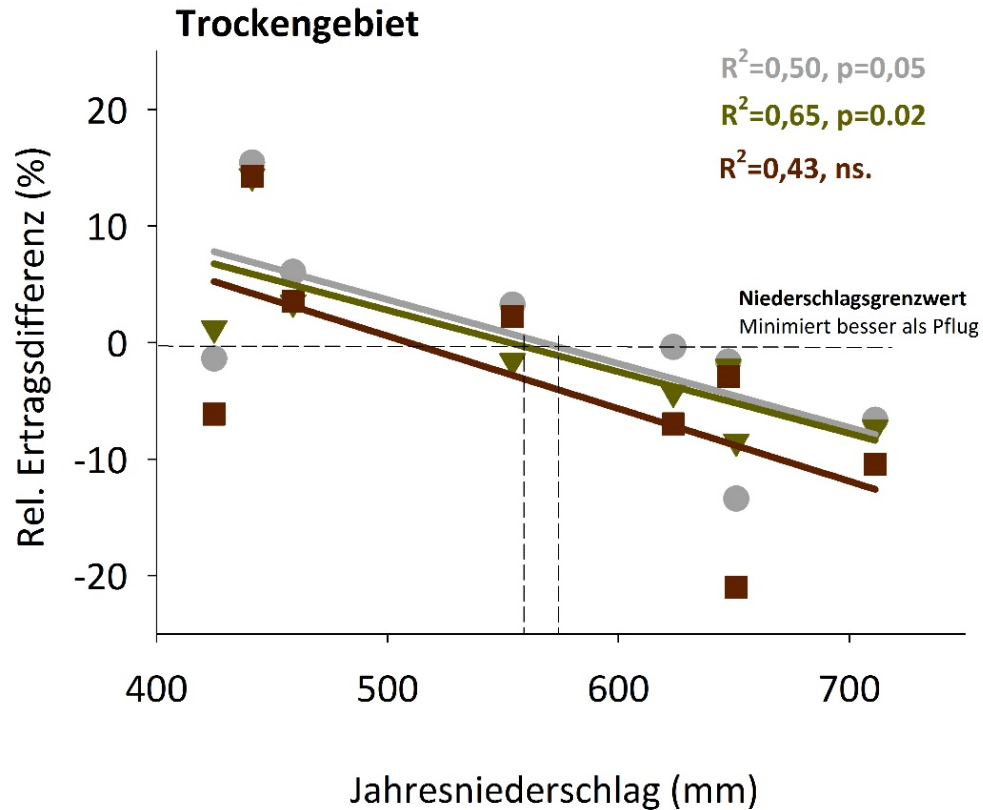
- 0 t/ha
- 2,5 t/ha
- 5,0 t/ha

Grenzwert für höherer Ertragsfähigkeit reduzierter Bodenbearbeitungssystemen



Situation Österreich (LAKO-Versuche 2009-2017; \bar{x} 6 Standorte pro Jahr)

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



Grenzwert für höherer Ertragsfähigkeit reduzierter Bearbeitungssysteme:
500-600 mm Jahresniederschlag.

- Grubber vs. Pflug
- Scheibenegge vs. Pflug
- Direktsaat vs. Pflug

Bodner et al. 2019

Effekte der Erhöhung der Arbeitsproduktivität



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

- SF_1936
- Matador 1965
- Dominator 100_1973

Claas Lexion 760 (9 m Schnittbreite)
490 PS

3,6 ha/h



Mähdruschwettbewerb;
August 2013 in Franken

3,3 ha/h

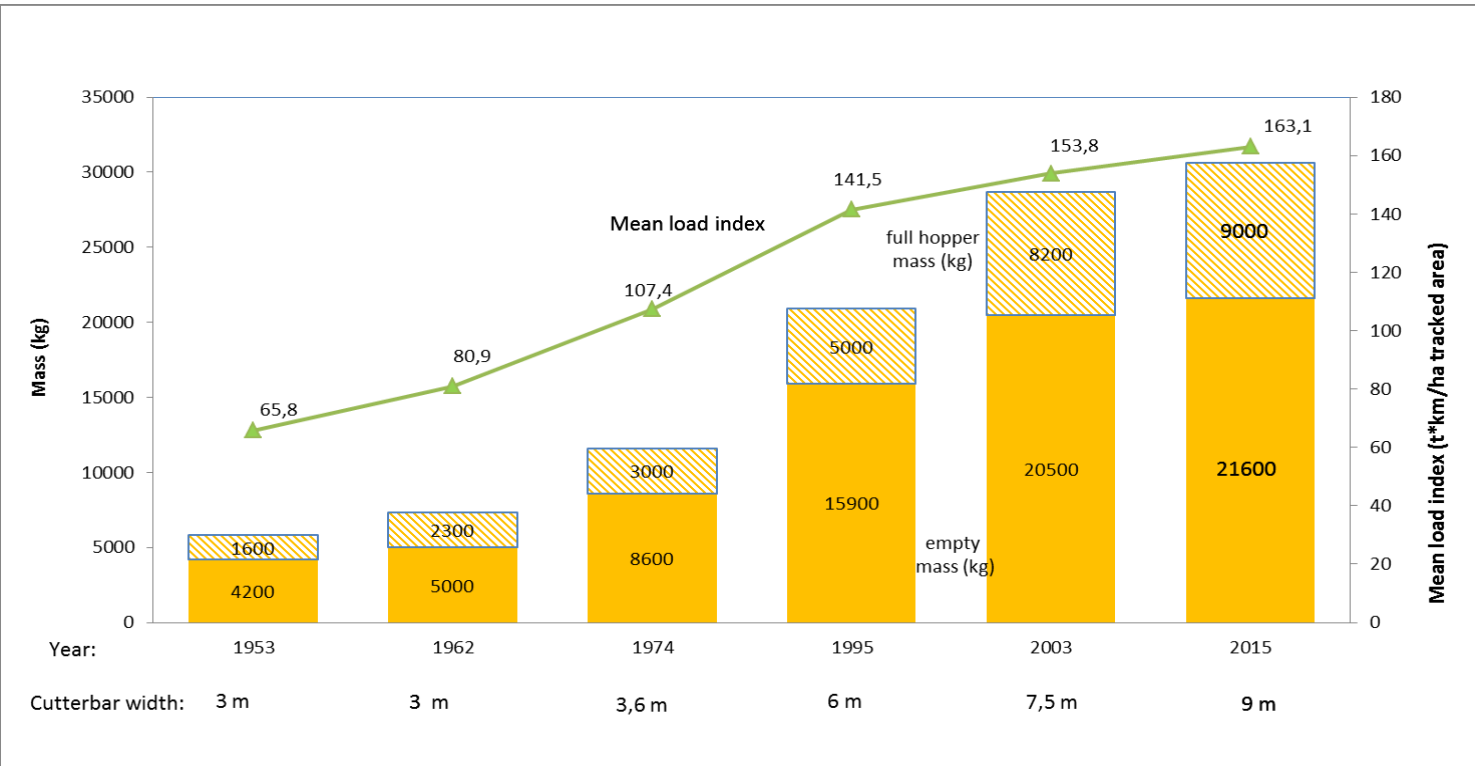


Drei auf einen Streich. Die drei Oldie-Mähdrescher (von links) Dominator 100, Matador Gigant und SF traten gegen einen Lexion an.

Entwicklung der Maschinenmassen bei Mähdrescher



Development of combine harvesters in empty mass, hopper capacity and mean load index. (Load index is the product of the half loaded combine harvester mass multiply with driven distance in the field. This product is divided by the tracked area). Bernhardt et al. 2006 extended by Moitzi 2015



(Load index: t*km/ha tracked area)



Grenzen der optimalen Saatbettgestaltung



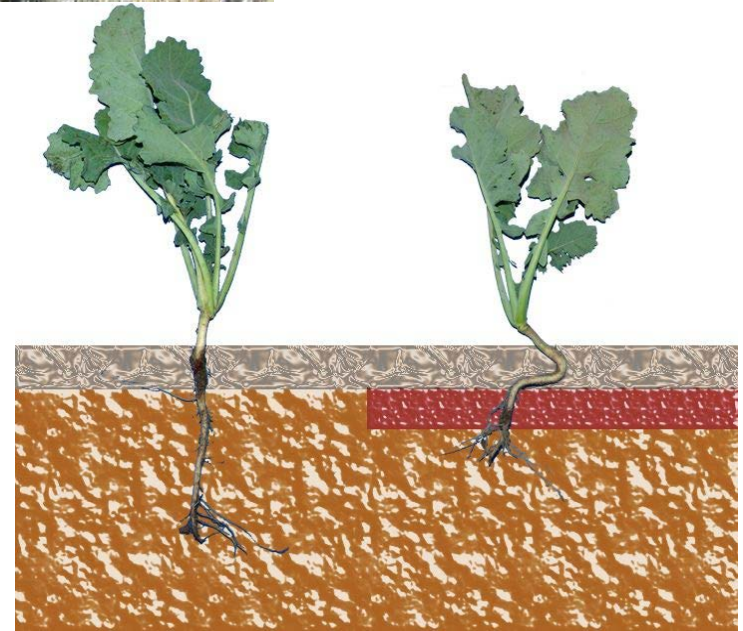
21. November 2006 nach dem Pflügen



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



Bildquelle: Weißbach, 2006



Bodenschäden durch Verdichtung



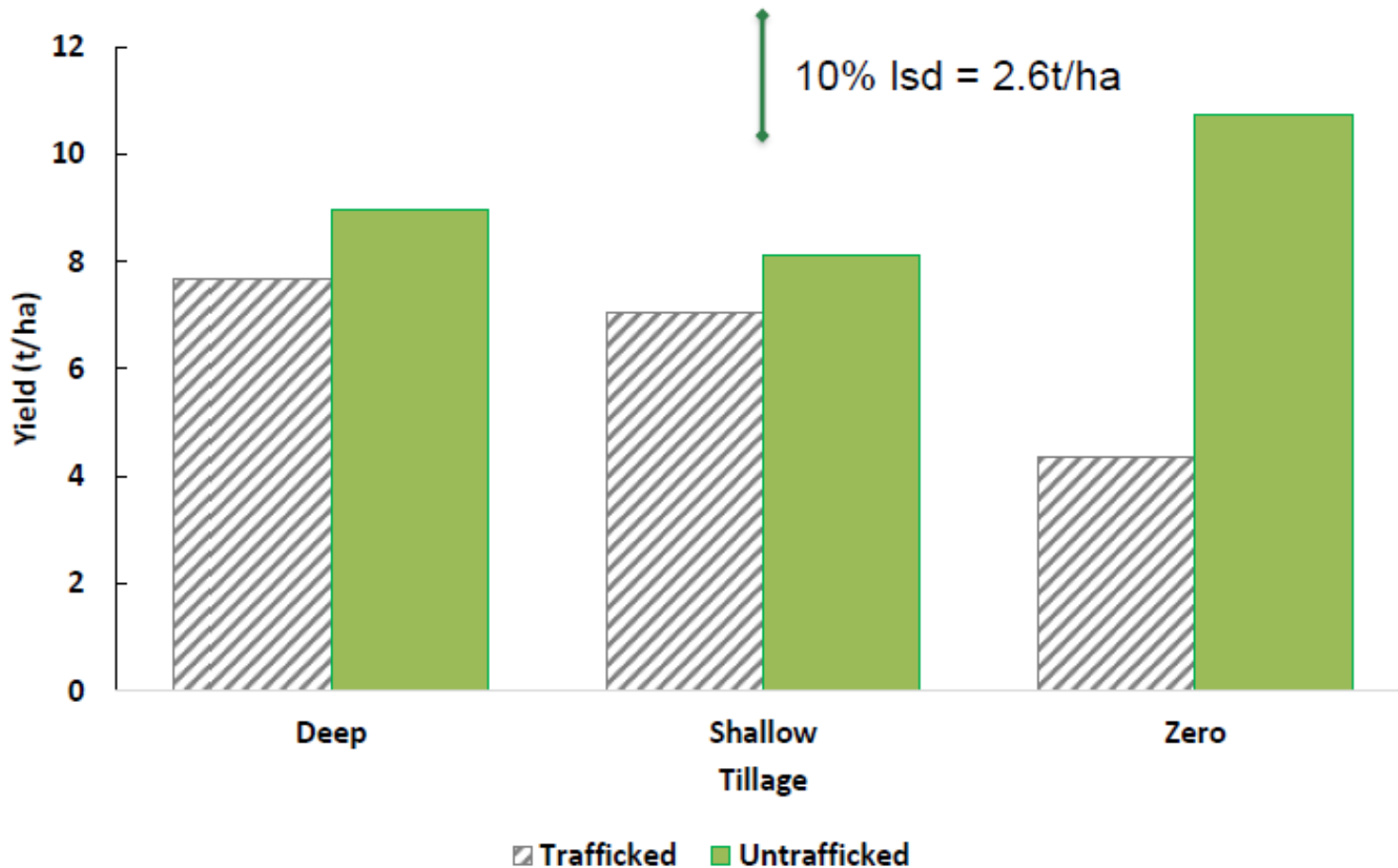
- n Bodendeformation
- n Bildung von Plattenstrukturen
- n verändertes Pflanzenwachstum
- n gesenkte Filtrationsleistung
- n Verschwinden der Grobporen
- n Sauerstoffmangel
- n verspätete Bodenerwärmung im Frühjahr
- n weniger Regenwürmer
- n Erosionsgefahr
- n Ertragsverluste bis zu 35 %
- n uvm.

Winterweizen – handgeerntet

Einfluss der Überrollung mit Maschinen



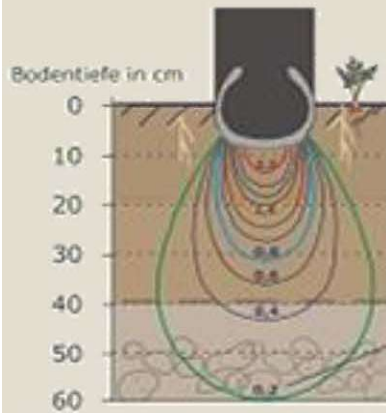
Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



After: Smith, Misiewicz, Chaney, White and Godwin, 2014

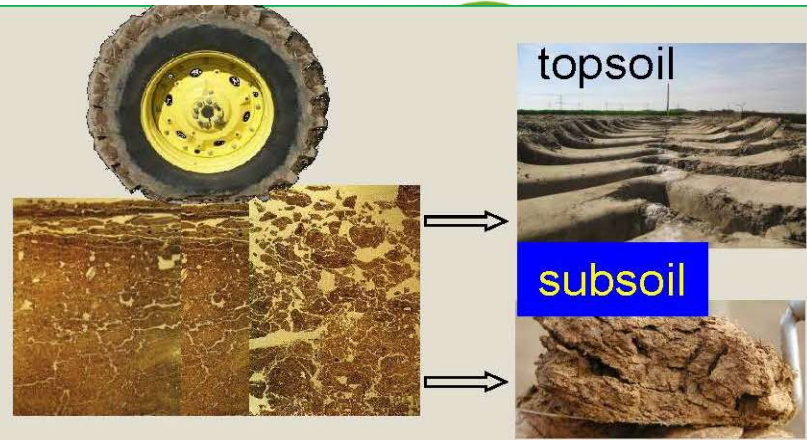
Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf

Physical soil degradation threat



Stress propagation in the subsoil

Changes of physical soil functions



Consequences for ecological properties

• structure deterioration



- Infiltration
- aeration
- water storage
- ponding



- root growth
- Water-, gas- and
- Nutrient uptake
- microbial activity



- erosion/ landsliding
- nutrient loss
- water pollution



- Yield uncertainty
- Wind/water erosion

Sichtbarer Indikator – Spurtiefe

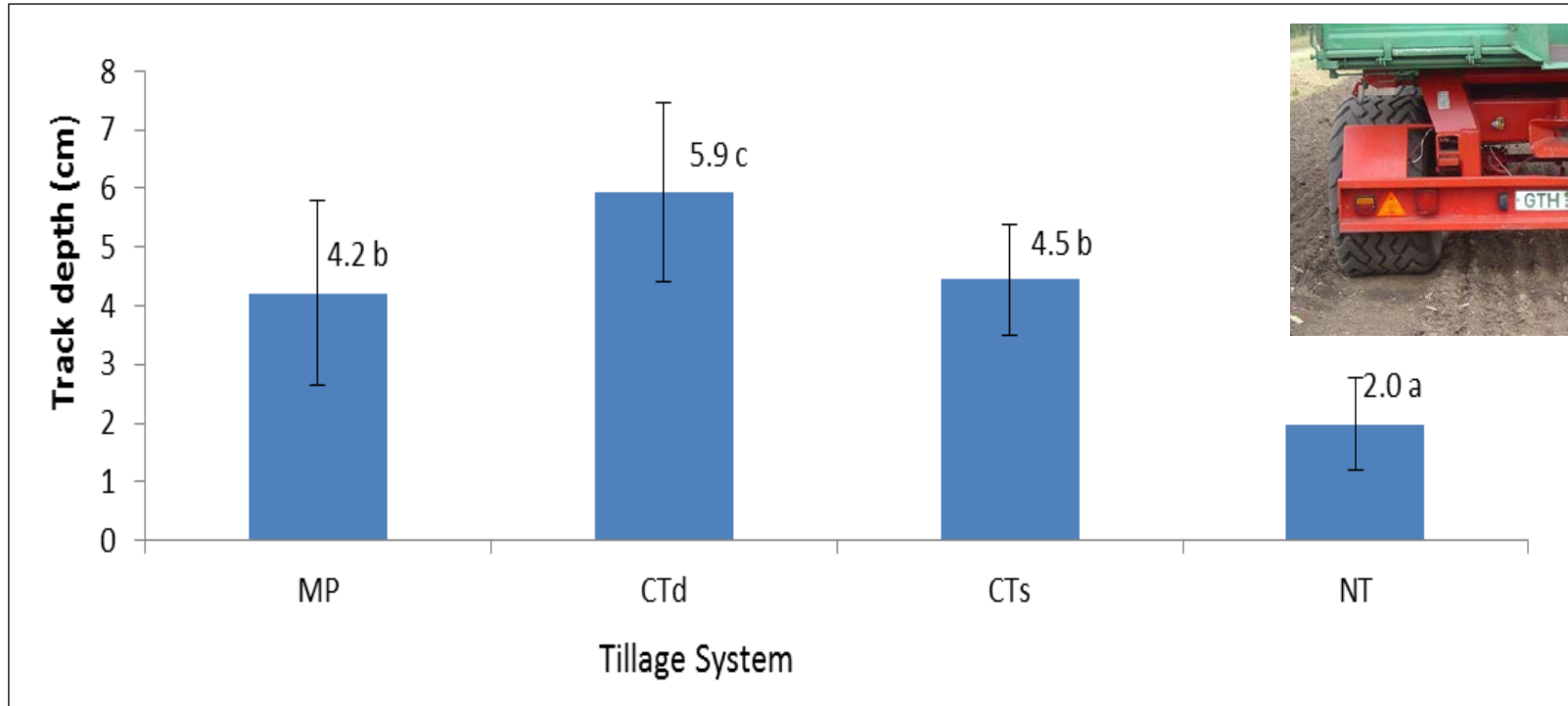
Mean track depth with SD in different tillage systems

N=64; measuring date: 23th March 2017.

Narrow rear tire: 9.5-42

Inflation pressure: 30 kPa

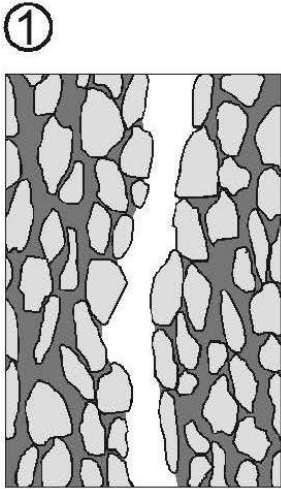
Rear wheel load: 13.7 kN (=1400 kg)



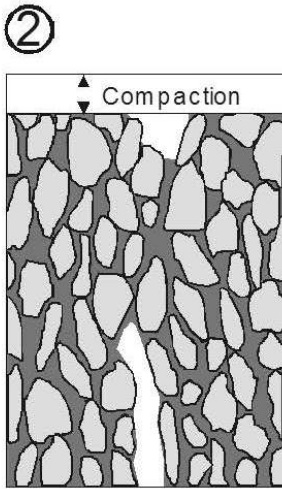
Influence of soil deformation on water and gas flux



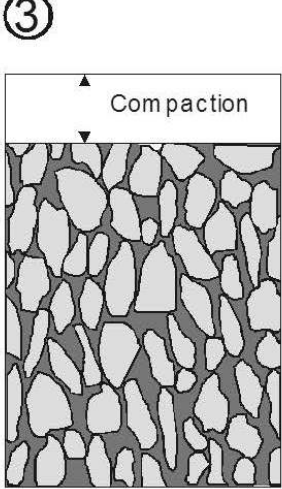
it für Bodenkultur Wien
: für Nutzpflanzenwissenschaften



Original



Gas flux reduced due to decline in pore diameter and increased water saturation

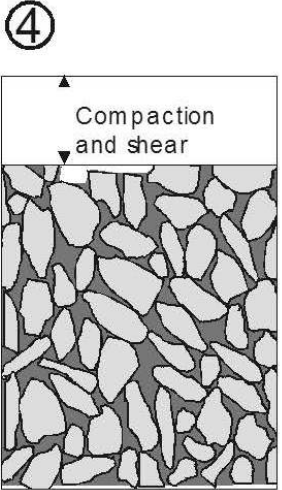


Water flux reduced according to pore diameter decrease

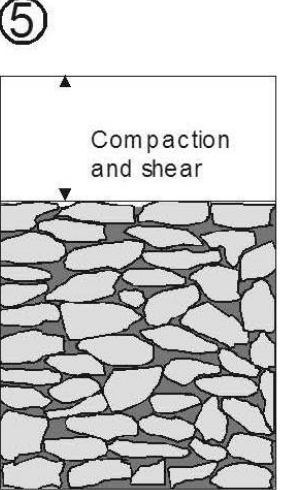
According Darcy:

$$K = \frac{r^2}{8\eta l}$$

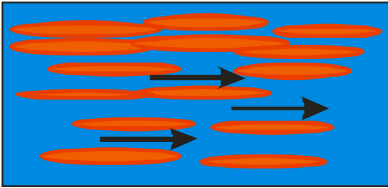
K: water conductivity coefficient
η: dynamic viscosity
l: flow length



Rearrangement of particles and/or pores



Anisotropy of pore functions
 $K_{horiz} > K_{vert}$
Increased erosion in the slopes; laterally hydraulic conductivity instead of vertically.

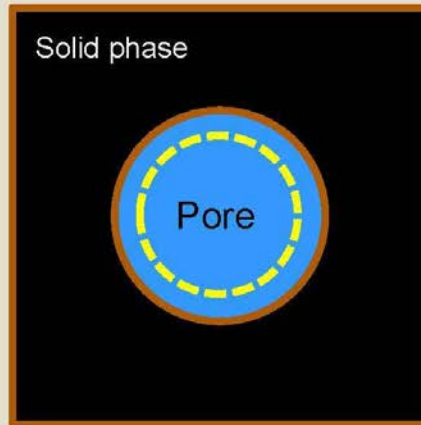


Source: Horn et al. 2014

Effekt der Porengröße auf den Wasserflussrate



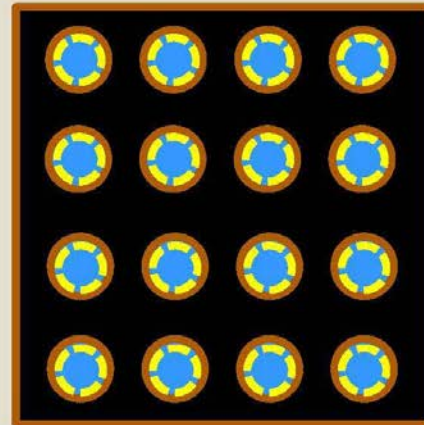
Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



Initial PV = 20 %
Radius pore = 1,8 mm

Assumption:
Length of pore = 1 m
hydr. pressure = 1 m WC
PV reduced by 5 %

Fluxrate = 145 l/h
at 15 % porosity = 82 l/h



Initial PV = 20 %
Radius single pore = 0,5 mm

Assumption:
Length of pores = 1 m
hydr. pressure = 1 m WC
PV reduced by 5 %

Fluxrate = 13,9 l/h
at 15 % porosity = 7,6 l/h

Hydraulic conductivity

Hagen-Poiseuille

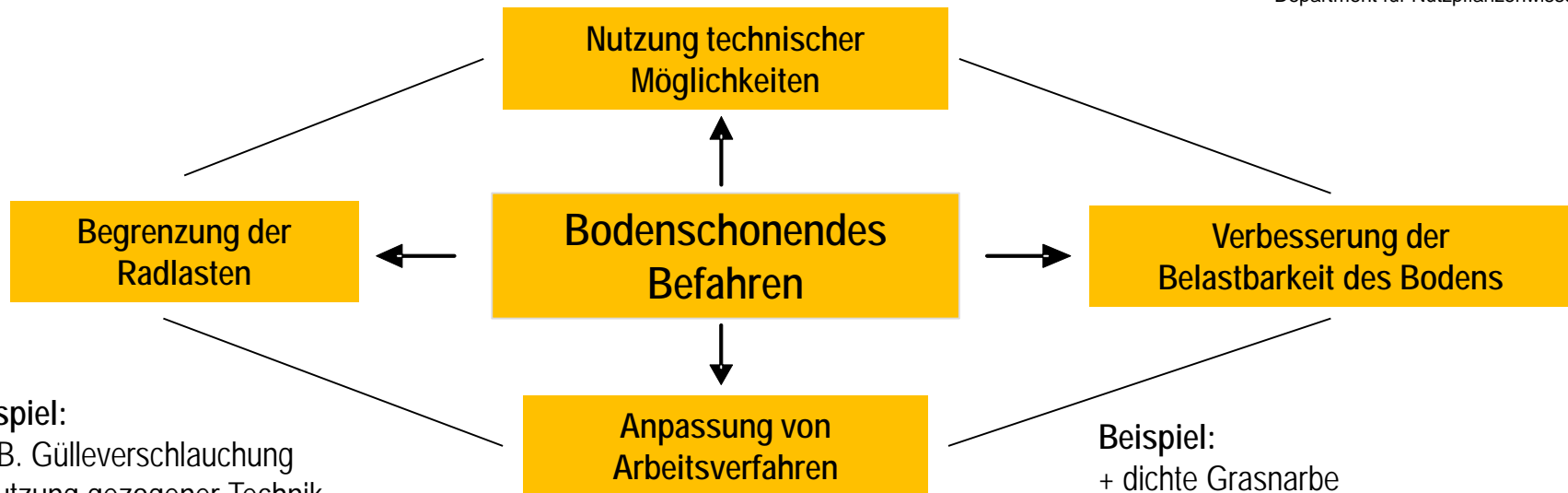
$$q = \frac{r^4 \pi}{8\eta} \cdot \frac{\Delta p}{L}$$

Maßnahmenbereiche für bodenschonendes Befahren



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Beispiel:
+ Breitreifen, Zwillingsbereifung
+ angepasster Reifeninnendruck



Beispiel:
+ z.B. Gülleverschlauchung
+ Nutzung gezogener Technik
anstatt der Aufsatteltechnik

Beispiel:
+ dichte Grasnarbe
+ humusaufbauende Bewirtschaftung

Beispiel:
+ Verringerung von Überfahrten z.B. Bereitung von Anwelksilage
+ Onland-Pflügen
+ Controlled-Traffic-Farming (CTF)

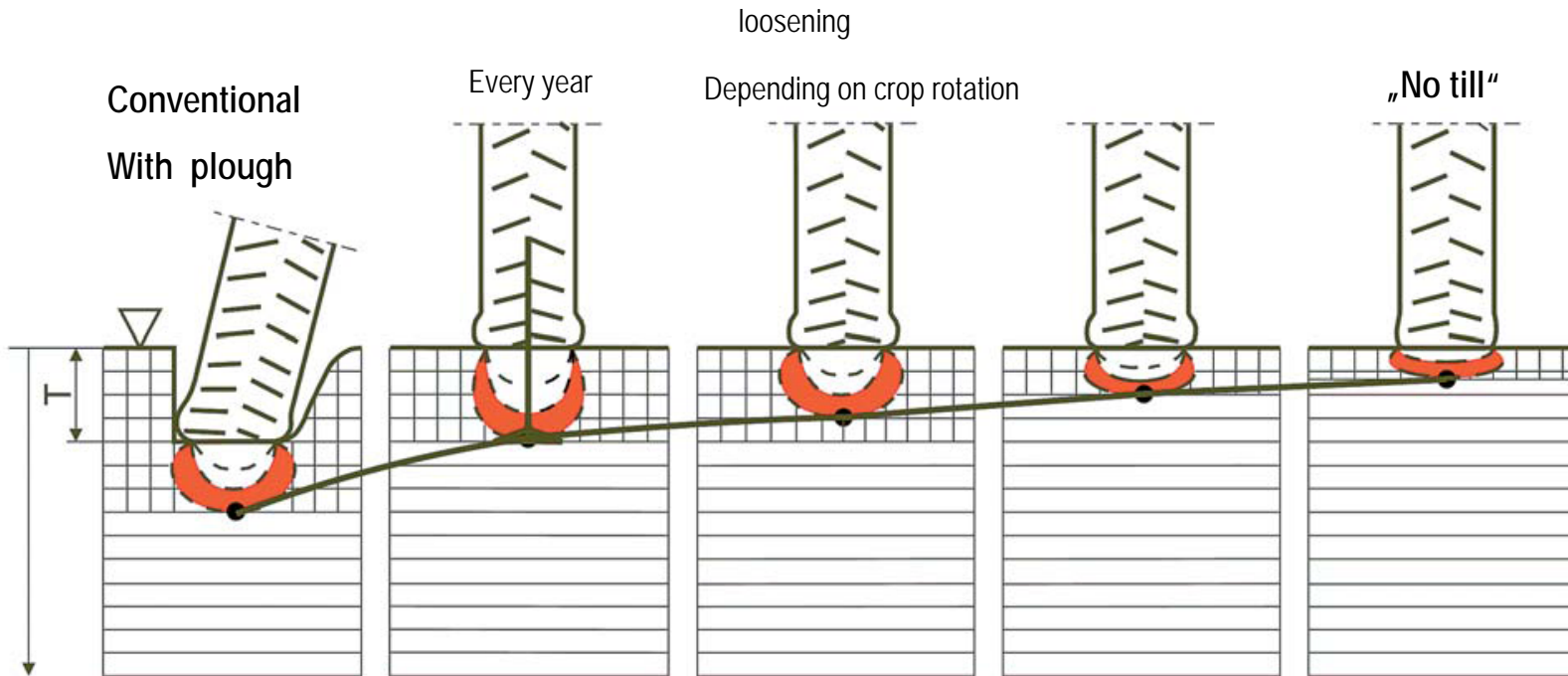
Quelle: nach Sommer (1983), Sommer und Brunotte (2003)

Bodendruck bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Conservation tillage without plough



Quelle: Voßhenrich et al, Landtechnik 2001

Erhöhung der Kontaktfläche zwischen Reifen/Band und Boden

30 % Schlupf =>



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

- **Schlupfreaktion bis 20 %**
- **Erhöhung der Vorfahrt bis 20 % (Flächenleistung ↑; Kraftstoffverbrauch ↓)**
- **Verringerung der Spurtiefe bis 50 %**
(1 cm Spurtiefe entspricht einem Dieserverbrauch bei ständiger Bergauffahrt von 1 % Steigung)
- Einsatzgebiet von **automatischen Reifenreglern**: Traktoren, Selbstfahrer und Landmaschinen, die häufig zwischen Straße und Acker wechseln (z.B.: Güllefahren, Dreschen, Häckseln, Rübenroden)

Automatische
Reifenregler



Bandlaufwerk



Beitrag zum
Bodenschutz und zur
Minderung des
Kraftstoffeinsatzes

Quelle: Volk; Landtechnik 2003

Richtwerte (VDI 6101):

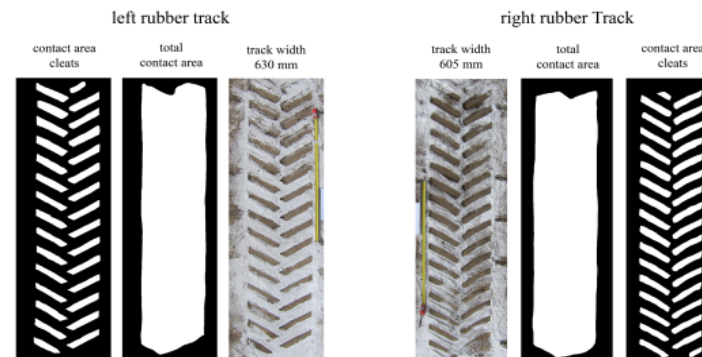
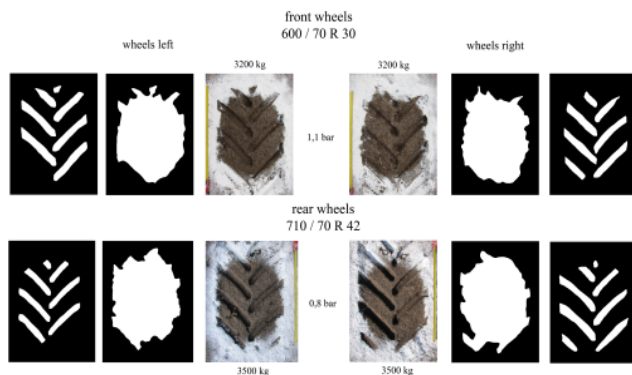
geloockter oder feuchter Acker (Frühjahr): max. 1 bar

Abgesetzter oder trockener Boden (Sommer/Herbst): max. 2 bar

Visualized contact area for a rubber tracked tractor (right) and wheeled tractor (left)



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



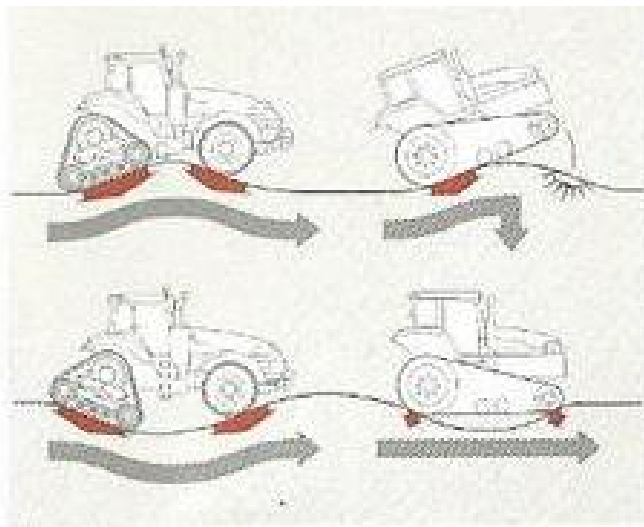
Half-tracked and fully-tracked tractors with rubber tracks



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



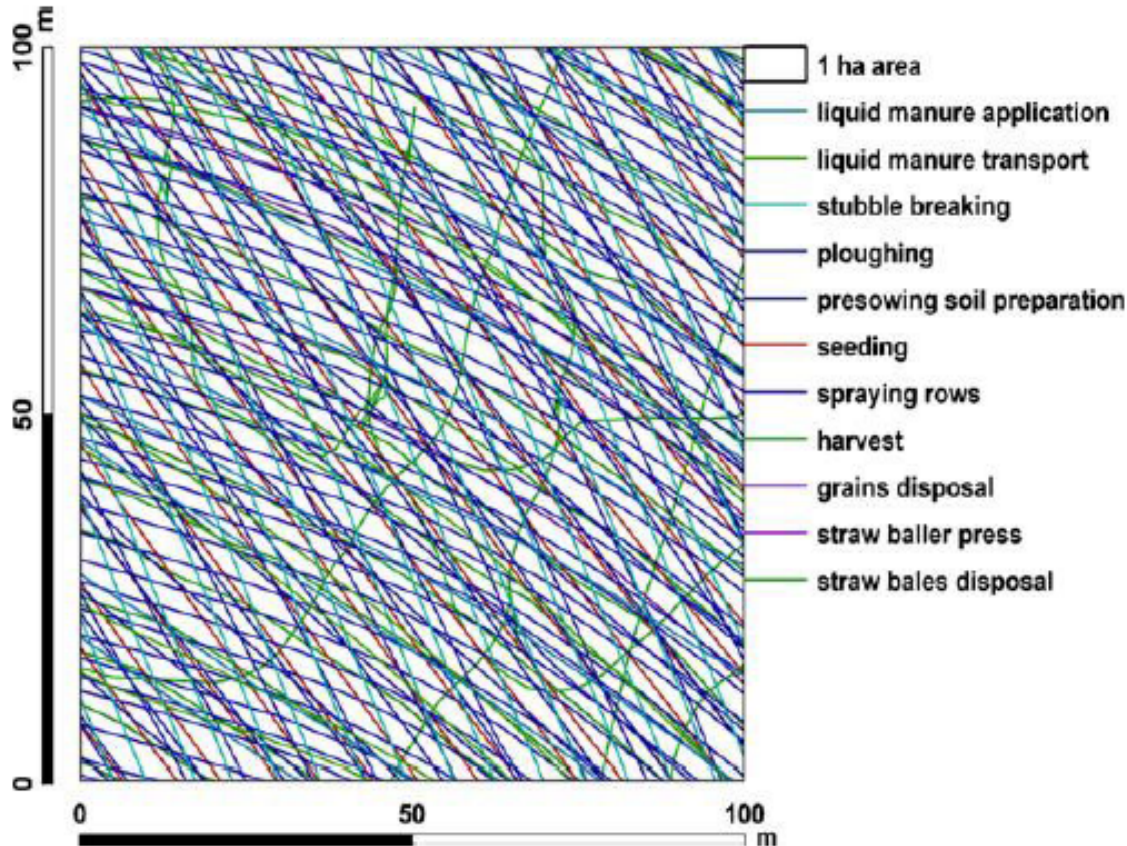
Source: Schreiberhuber 2015



In-field-traffic – Random traffic problems



Winter wheat – Czech Republic



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Kroulik et al., 2009

Controlled Traffic Farming (CTF)

In-field traffic on permanent traffic lanes:

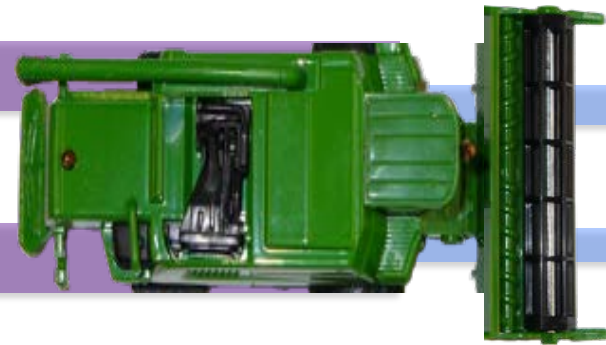
Separating the field area in:

=> area for plant cropping with optimal growth conditions

=> area for traffic lanes



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



Source: Holpp, M. (2014), Agroscope

Further informations: <http://www.controlledtrafficfarming.com/>

... Success in Australia

- GPS-based guidance systems introduces CTF in practice in the 1990s
- Track width > 3 m
- Small tyres (400/500)
- Large working width 9 m/12 m
- Track area <10 %
- Tracked area not in production



today: 3 Mio ha

Quelle: Isbister, Agroscope

Bodenerosion

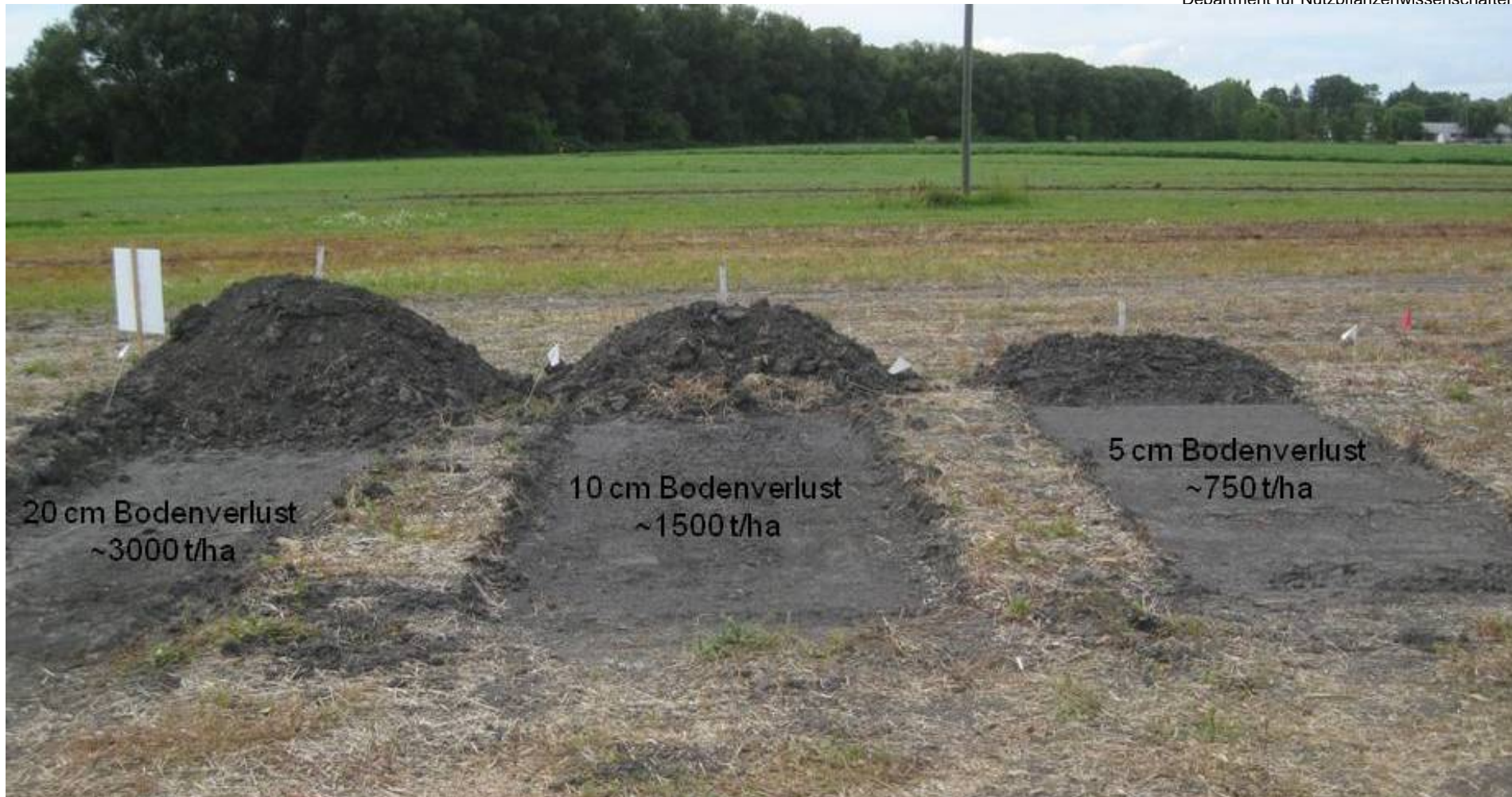
1 cm soil/ha ~ 150 t soil/ha



Soil and Manure Management Field Clinic in Portage la Prairie, Manitoba
5. August 2011



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



Erosionsminderung durch pfluglose Bodenbearbeitung

Results from Austrian long-term trials (Klik, Rosner 2013)



Mean measured erosion, run-off and yields (1994-2012),
Experimental site Mistelbach, Tulln, Pyhra



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

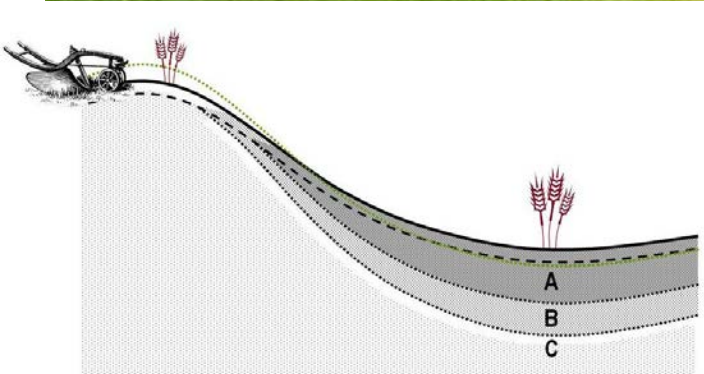
	Pflug	Mulchsaat	No-Till
Bodenerosion (t/ha)	10.0	2.3 (-77 %)	1.2 (-88 %)
C _{org} loss (kg/ha)	105	33 (-67 %)	17 (-82 %)
N loss (kg/ha)	14	6.9 (-51 %)	3.8 (-73 %)
P loss (kg/ha)	7	1.9 (-73 %)	0.9 (-87 %)
Run-off (mm)	25.0	21.3 (-15 %)	17.6 (-30 %)
Herbicide run-off		- 50 %	- 90 %
Yield	100	104	103

Soil tillage – Erosion

= technikbedingte Bodenverlagerung durch die mechanische Bodenbearbeitung

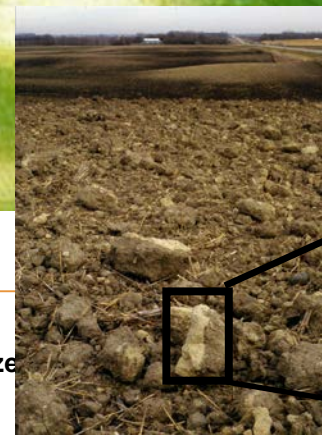


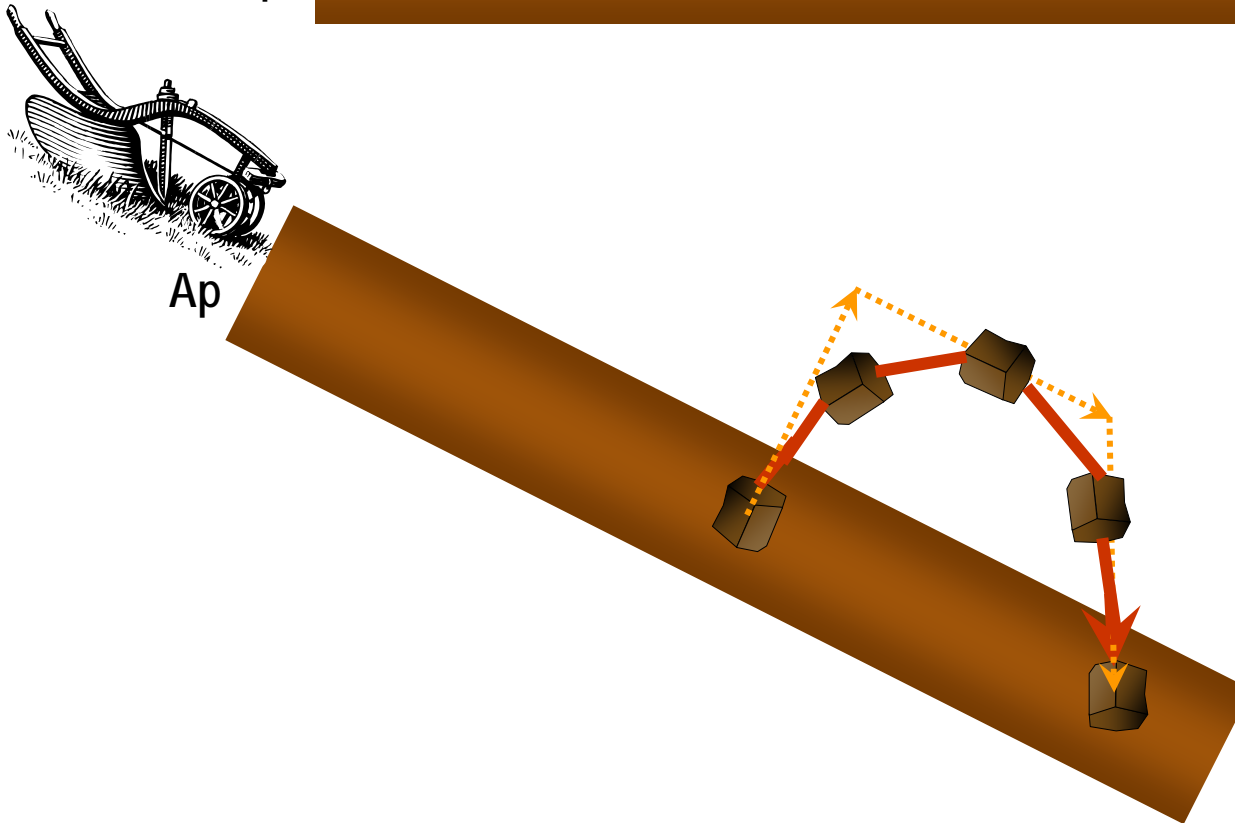
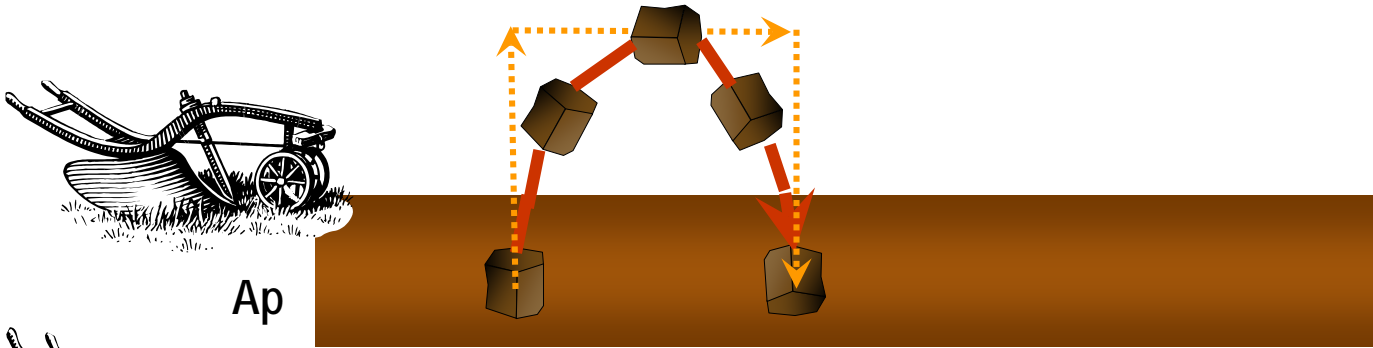
Der Abtrag von **1 cm Boden pro Hektar** mit einer mittleren Lagerungsdichte verursacht einen irreversiblen oder bedingt reversiblen Verlust von **150 Tonnen Boden**.



Bildquelle: Lobb,
University of Manitoba

Versuchswirtschaft Groß-Enze





Universität für Bodenkultur Wien
 Department für Nutzpflanzenwissenschaften





Bildquelle: Aschenbrenner, ÖKL



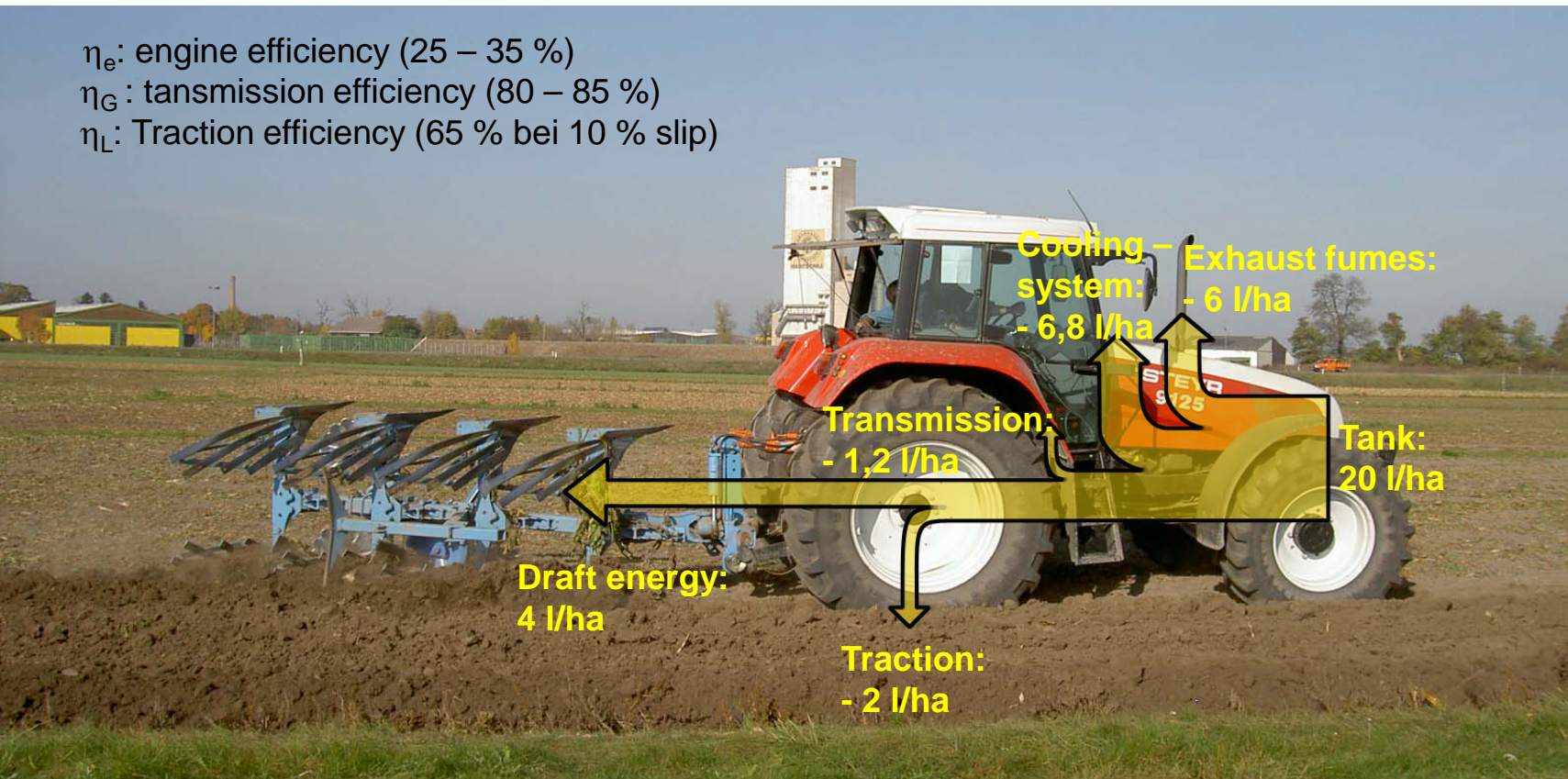
oß-Er

Energyflow in a tractor



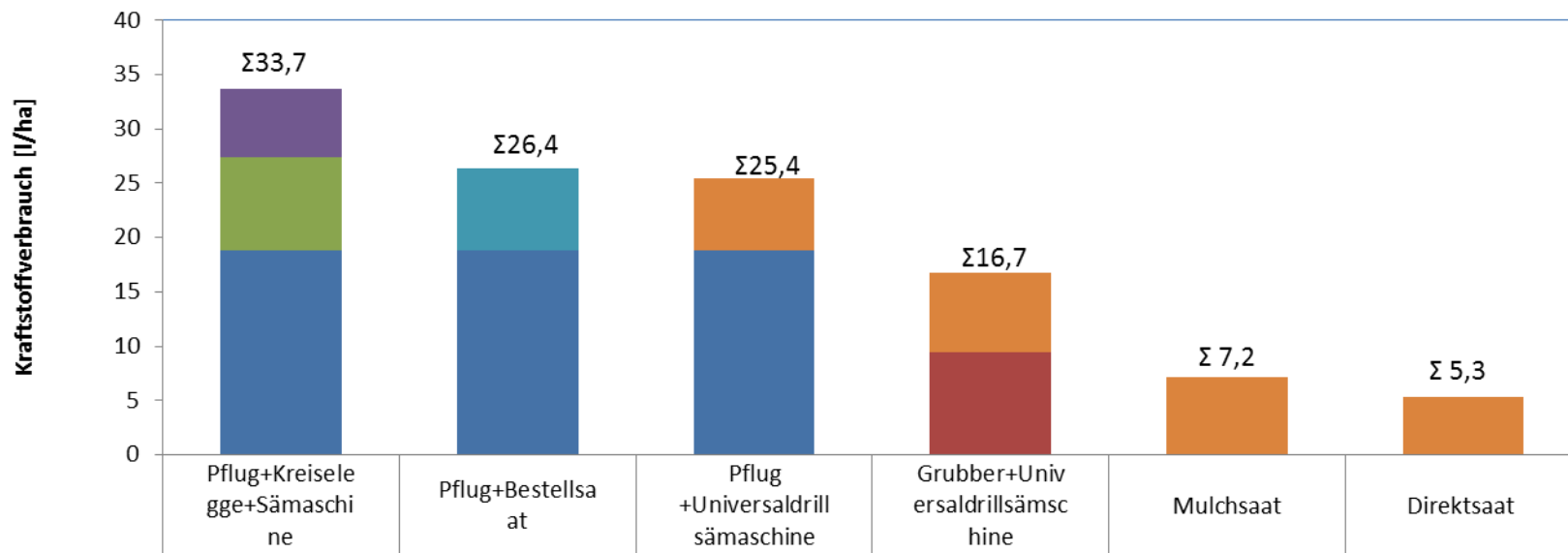
$$\eta_{ges} = \eta_e \times \eta_G \times \eta_L$$

- η_e : engine efficiency (25 – 35 %)
- η_G : transmission efficiency (80 – 85 %)
- η_L : Traction efficiency (65 % bei 10 % slip)





Kraftstoffverbrauch bei der Bodenbearbeitung und Aussaat mit unterschiedlicher Mechanisierung



Universaldrillsämaschine (pneu.)			6,6	7,3	7,2	5,3
Bestellsaat (Kreiselegge-Sämaschine)		7,6				
Drillsämaschine (mech.)	6,3					
Kreiselegge	8,6					
Grubber (3 m, Flügelschar)				9,4		
Pflug (4-Scharvoll-drehpflug)	18,8	18,8	18,8			

Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch



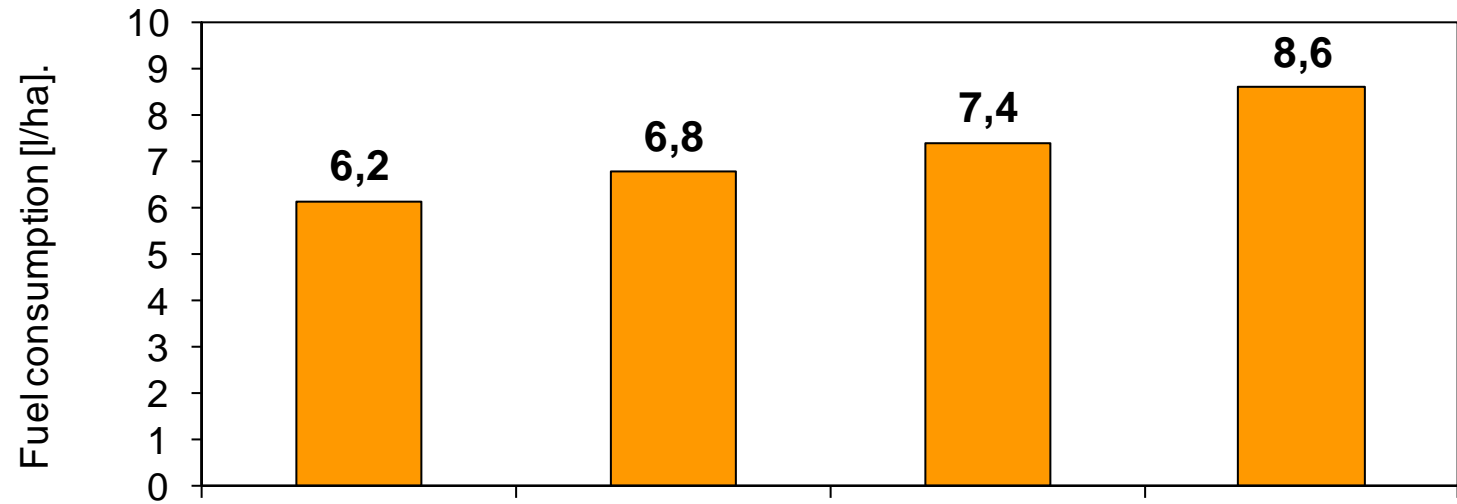
Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Geschwindigkeit: niedrig

hoch

Arbeitsbreite: groß

gering



AWD tractor: 101,5 kW

soil: clay

Working width [cm]	650	550	500	400
Working speed [km/h]	8,5	9,5	10,0	11,0
Technical field performance [ha/h]	5,5	5,2	5,0	4,4

Datenquelle: Filipovic et al. Energy efficiency in conventional tillage of clay soil. EE&AE 2004

„Breiter besser als schneller“



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Mähdrescher



Selbstfahrhäcksler



Bodenbearbeitung



Organic manure – Influence on fuel consumption at ploughing

Source:

McLaughlin et al. (2002): Effect of organic and inorganic soil nitrogen amendments on mouldboard plow draft; Soil & Tillage Research, 2002

McLaughlin et al. (2012) EFFECT OF ORGANIC AND INORGANIC AMENDMENTS ON 1 ENERGY FOR MOULDBOARD PLOUGHING IN CORN-LEGUME 2 ROTATIONS. CIGR-AgEng-conference in Valentia, 2012.



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

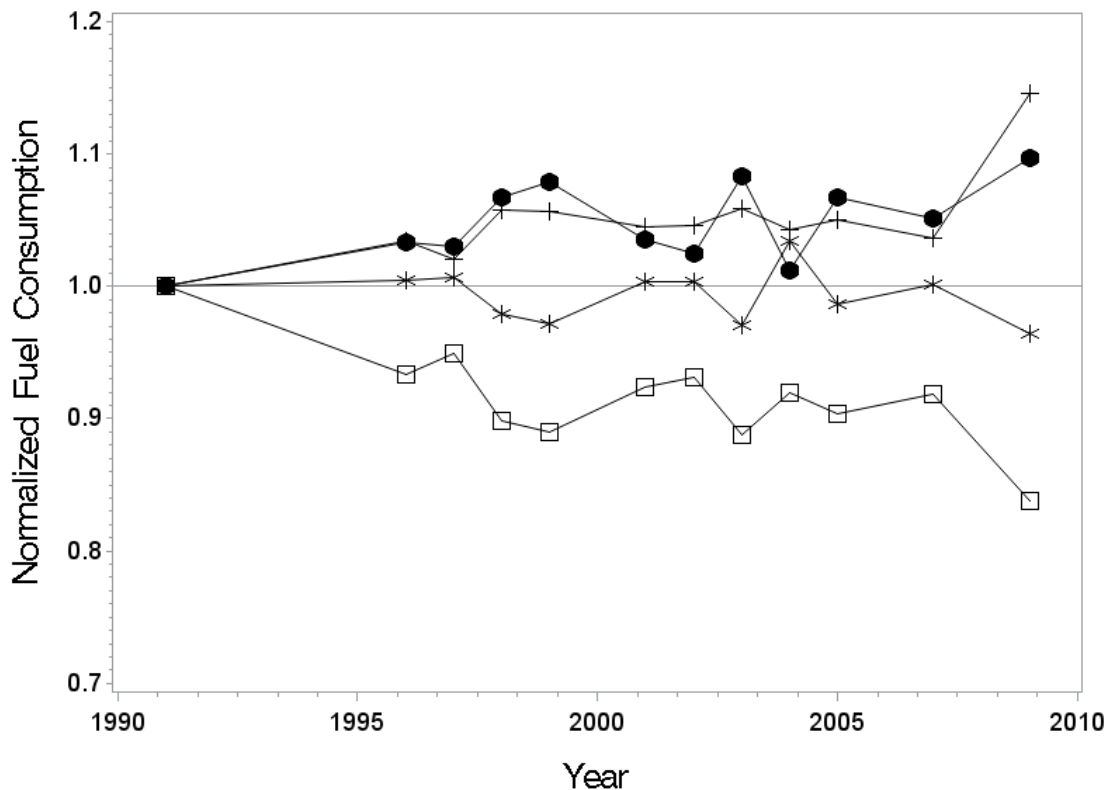


Figure 1. Normalized tractor fuel consumption vs. year for nitrogen amendments of
=> none (dot),
=> 100 kg N ha⁻¹ inorganic N fertilizer (plus),
=> >50 Mg ha⁻¹ stockpiled manure (star)
=> 50 Mg ha⁻¹ rotted 7 manure (square) for two year corn-legume forage crop rotation.

Organische Düngung reduziert den Zugkraftbedarf (- 38 %) und somit auch den Kraftstoffverbrauch.

Zusammenfassung



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

- Nachhaltige Intensivierung im Bioackerbau braucht **gesunde Bodenstruktur** (Vermeidung von Bodenverdichtung)
- **Bodenschutz** durch angepasste Fahrwerke fördern
- Pfluglose Bodenbearbeitungssysteme (**Mulchsaat, Direktsaat**) ist eine **Anpassungsmaßnahme** an den Klimawandel am Trockenstandort.
- **Erhöhung der Energieeffizienz** durch angepasste Mechanisierung



Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit

Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf
Schloßhoferstraße 31
A-2301 Groß-Enzersdorf
www.dnw.boku.ac.at/vwg



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



Streifenanbau

4 Reihen Mais
3 m Erbsen



Erbsenanbau: 26. März 2019
Maisanbau: 9. April 2019



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Reihenanbau

2 Reihen Mais
1,5 m Erbsen

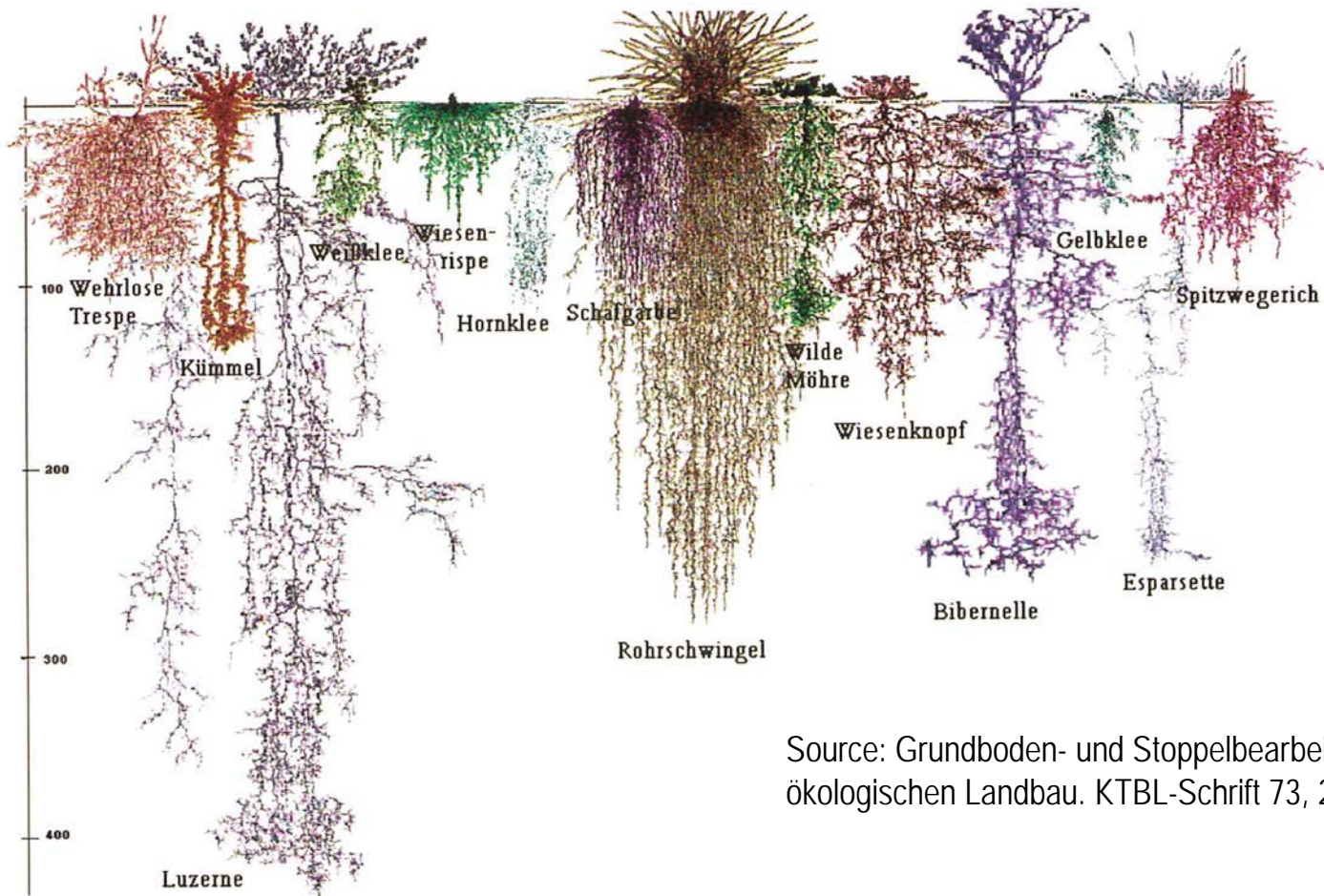


Bildaufnahme: 11. Juni 2019

Rooting of mixed plants (cover crops)



Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Nutzpflanzenwissenschaften



Source: Grundboden- und Stoppelbearbeitung im ökologischen Landbau. KTBL-Schrift 73, 2007

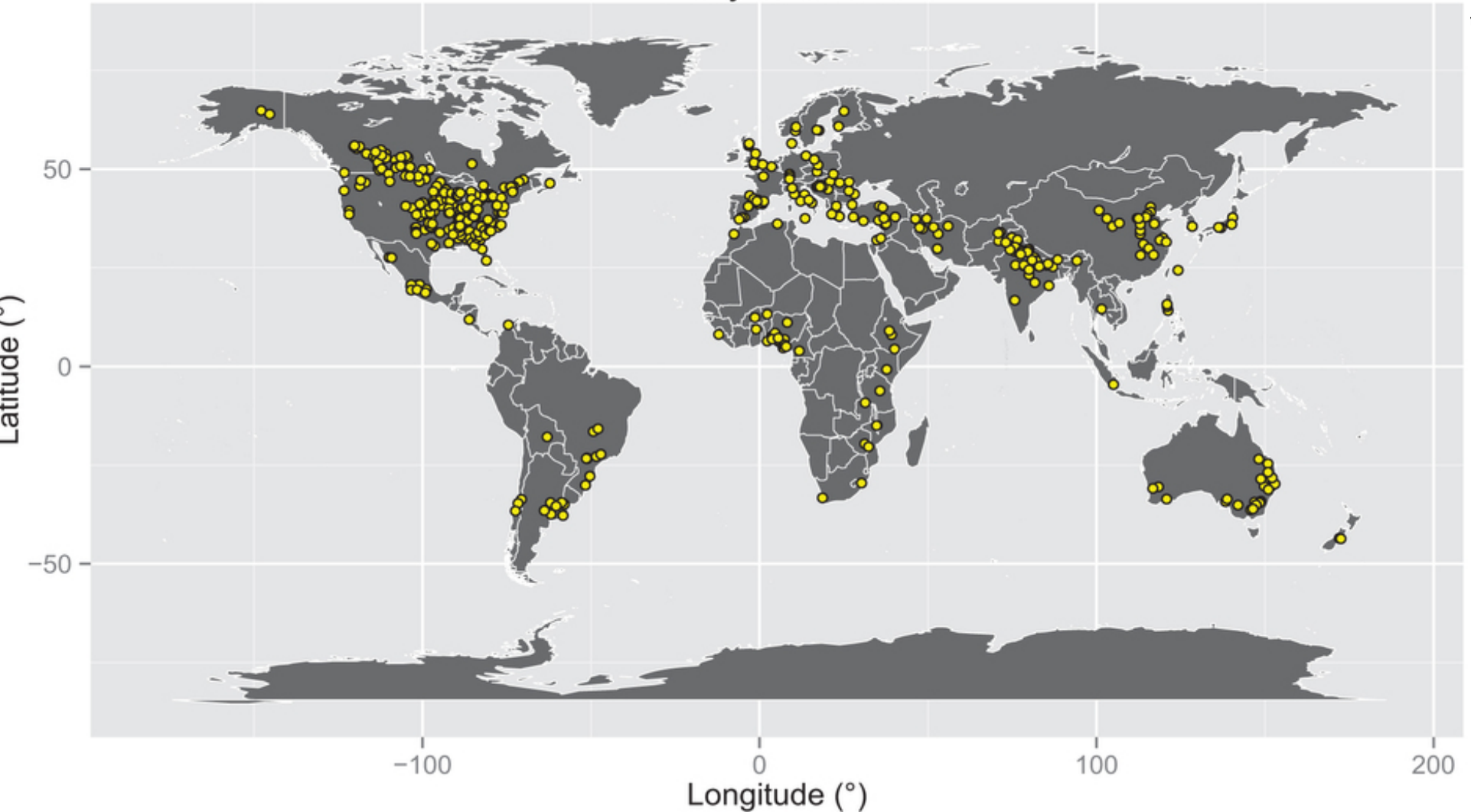
Abb. 29: Durchwurzelung des Bodenraums durch Mischkultur (BRAUN nach KUTSCHERA 1960, KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1982 und KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1992)

CM Pittelkow *et al.* (2015): Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture.
Nature 517, 365-368 (2015) doi:10.1038/nature13809



5,463 paired yield observations from 610 studies to compare not-till with conventional tillage practices across 48 crops and 63 countries

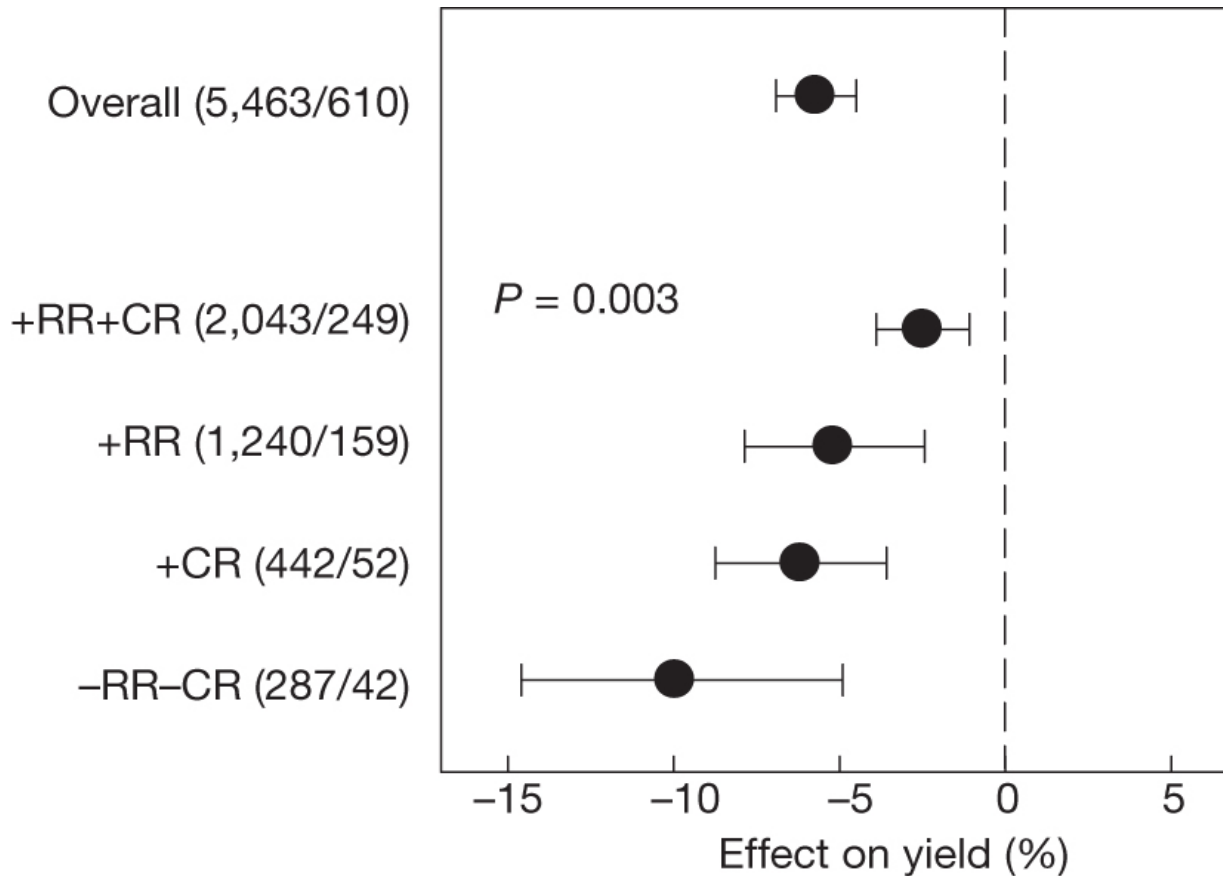
Study locations



Comparison of yield in no-till versus conventional tillage systems in relation to the other two principles of conservation agriculture.



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



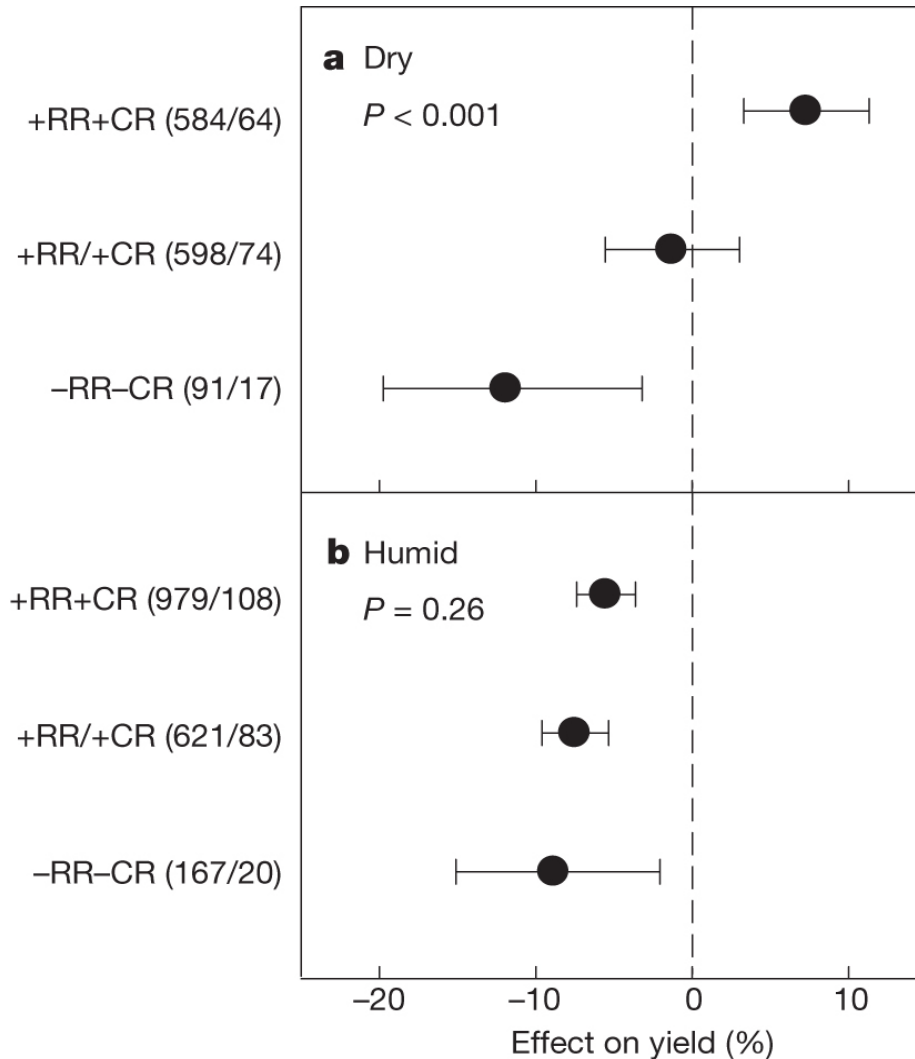
Results are shown for the entire data set (overall) and for subcategories of studies which indicated the presence or absence of residue retention and crop rotation for both no-till and conventional tillage systems: +RR+CR (residue retention + crop rotation), +RR (residue retention), +CR (crop rotation), or -RR-CR (without residue retention or crop rotation). The number of observations and total number of studies included in each category are displayed in parentheses. Error bars represent 95% confidence intervals. Significant differences between categories are indicated by *P* values based on randomization tests.

Comparison of rainfed crop yield in no-till versus conventional tillage systems

in relation to the other two principles of conservation agriculture as a function of climate.



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

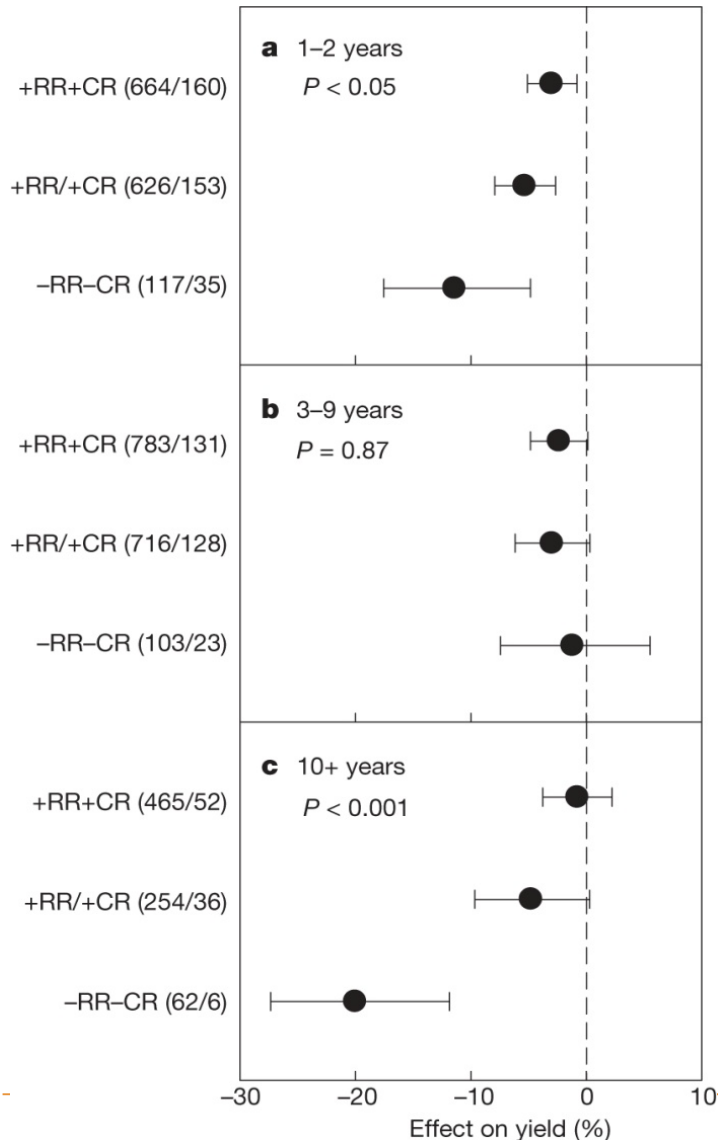


The influence of (a) 'Dry' and (b) 'Humid' climates, defined by aridity index values (mean annual precipitation divided by potential evapotranspiration) less or more than 0.65, respectively. Categories represent studies that indicated the presence or absence of residue retention and crop rotation for both no-till and conventional tillage systems: +RR+CR (residue retention + crop rotation), +RR/+CR (either residue retention or crop rotation), or -RR-CR (without residue retention or crop rotation). The number of observations and total number of studies included in each category are displayed in parentheses. Error bars represent 95% confidence intervals. Significant differences between categories are indicated by *P* values based on randomization tests.

Comparison of yield in no-till versus conventional tillage systems in relation to the other two principles of conservation agriculture over time.



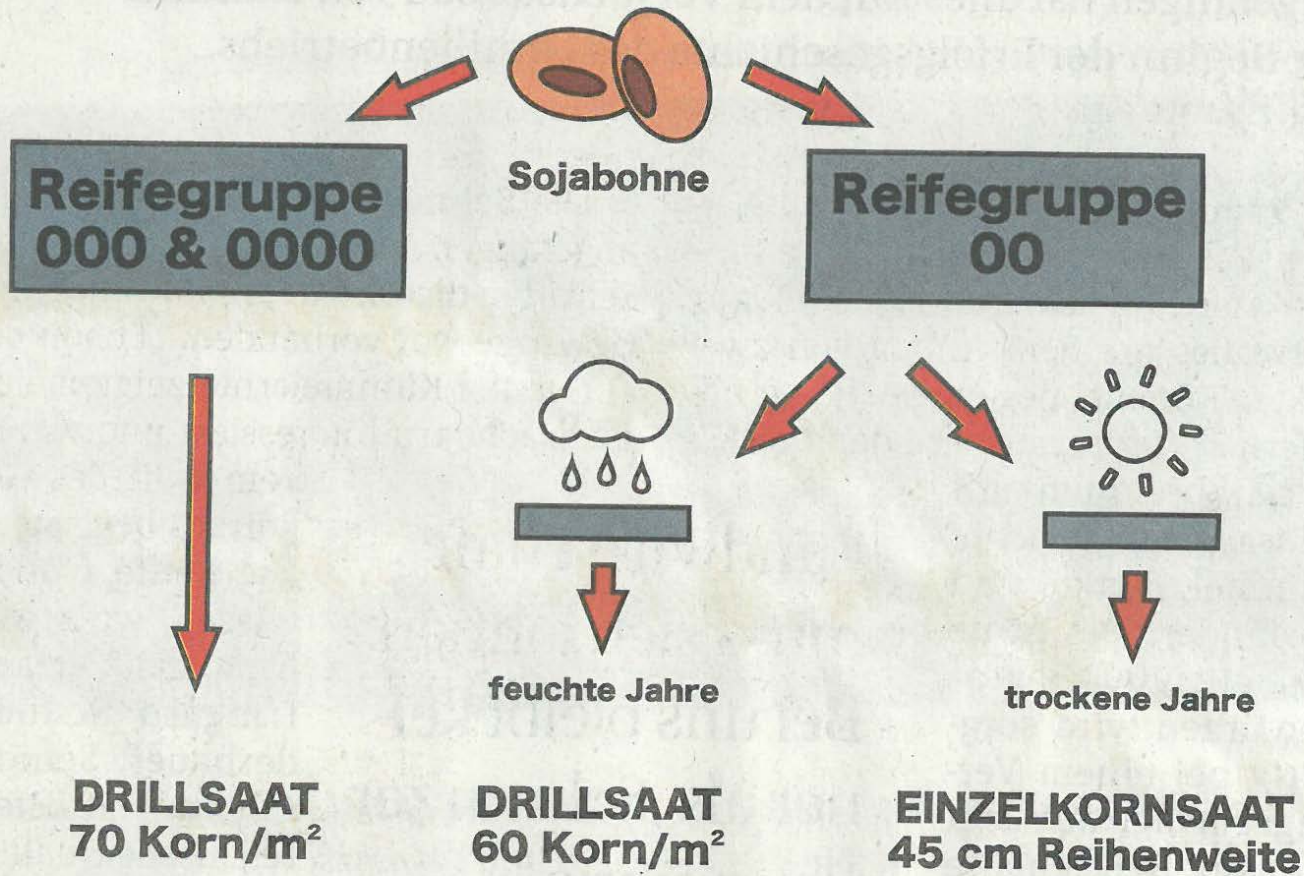
Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



The influence of (a) 1–2, (b) 3–9, and (c) 10+ years following no-till implementation. Categories represent studies that indicated the presence or absence of residue retention and crop rotation for both no-till and conventional tillage systems: +RR+CR (residue retention + crop rotation), +RR/+CR (either residue retention or crop rotation), or -RR-CR (without residue retention or crop rotation). The number of observations and total number of studies included in each category are displayed in parentheses. Error bars represent 95% confidence intervals. Significant differences between categories are indicated by *P* values based on randomization tests.

EINZELKORNSAAT VERSUS DRILLEN

Empfehlungen zum Saatverfahren je nach Reifegruppe und Witterung



BAUERNZEITUNG

QUELLE: RWA



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Plöschl, RWA 2019

Strohverteilung

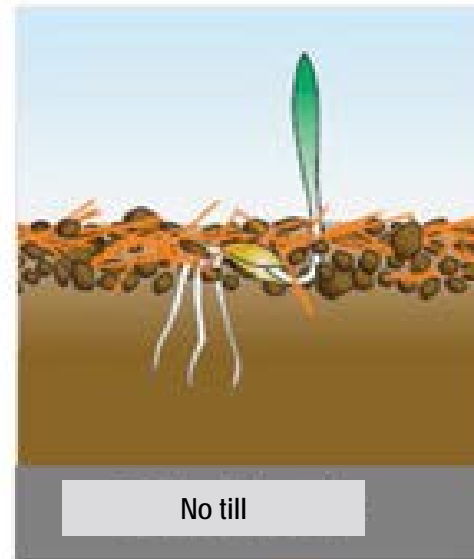
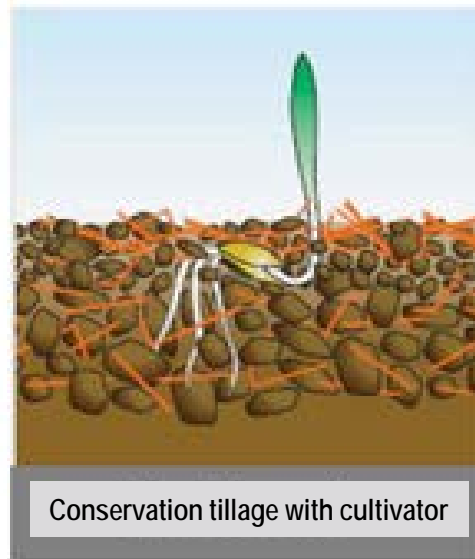
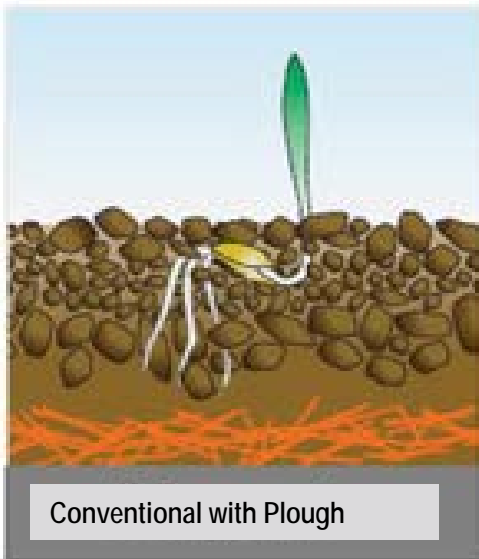


Bildquelle: Löser



Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Bildquelle: Brunner



Bildquelle: Amazone