

Notwendige Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel

- unter besonderer Berücksichtigung der Bodenbearbeitung
und des Ackerbaus -

PD Dr. Kurt Möller
LTZ Augustenberg

Vortrag in Hohenheim am 16.1.2020

Veranstaltung des AK Konservierende Bodenbearbeitung und
Direktsaat Baden-Württemberg



Gliederung

- Einleitung
 - Klimaveränderungen und hydrologischer Kreislauf
- Anpassungsstrategien
 - Pflanzenbaulich
 - Ackerbaulich (Fruchtfolge, organische Düngung, Bodenbearbeitung)
- Landwirtschaftliches Fazit
- Übergeordnete Ansätze
- Gesamtfazit



Pflanzenbaulich relevante Veränderungen durch Klimawandel

- Erhöhung atmosphärische CO₂-Gehalte → „CO₂-Düngung“
- Erhöhung Gesamtniederschlagsmengen, aber:
 - Erhöhung Winterniederschläge & Verringerung Sommerniederschläge
 - Häufigere (lokal begrenzte) Starkniederschlagsereignisse
 - Stabilere Wetterlagen: längere Trocken- bzw. Feuchtperioden
- Erhöhung der Temperaturen, v. a. der Tiefsttemperaturen
- Längere Vegetationsperioden



Pflanzenbauliche Maßnahmen zur Erhöhung der Wassereffizienz (ergänzt nach Bodner et al. 2015)

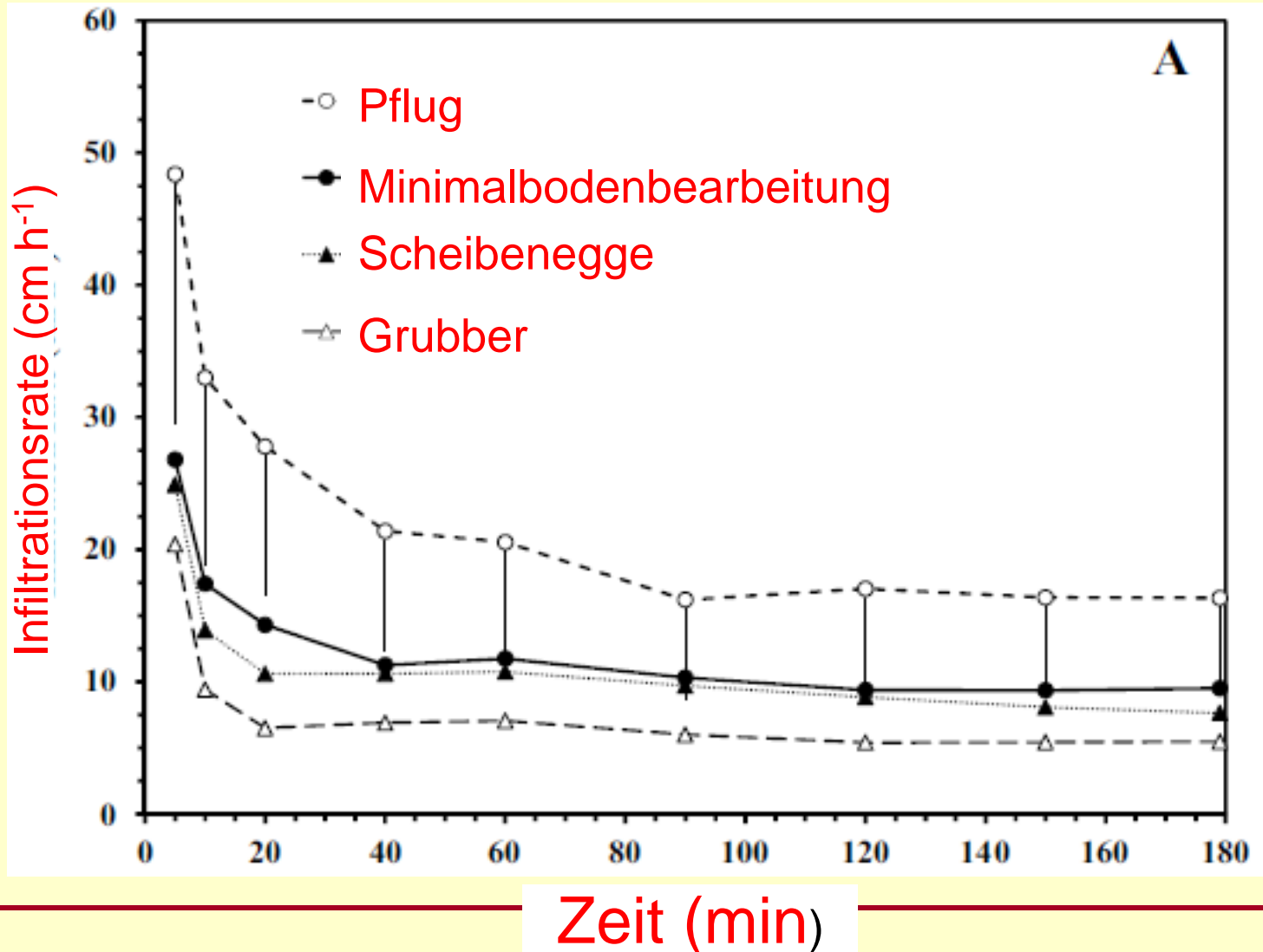
- **Frühere Aussaaten (Winterungen & Sommerungen)**
 - → allerdings höhere Ertragsschwankungen, ggf. Pflanzenschutz, etc.
- **Niedrigere Bestandesdichten:**
 - geringere Konkurrenz, höhere Ertragsstabilität
 - Gefahr erhöhter Verdunstung und/oder Abschwemmung
 - Verhaltene Bestockung, Ährentypen bei Getreide! → höherer H-Index
- **Züchtung:**
 - Kurzfristig: Frühreifere Sorten, ggf. kürzere Halme
 - Langfristig: Einkreuzung C4-Stoffwechsel in C3-Pflanzen, Sorten mit geringerer Transpiration oder/und Austrocknungstoleranz
 - → Zuchtfortschritt verg. Jahrzehnte v.a. auf humiden Standorten (2,9 % im Vergleich zu 0,2% in semiariden)
- **Neue Arten:** Sommerungen → Wassereffizienz „Winterwasser“?
- **Angepasste Düngung:**
 - zu hohe N-Zufuhr: erhöhte Bestockung und Blattoberfläche, höhere intraspezifische Beschattung → unverhältnismäßig erhöhte Transpiration⁴
 - zu niedrige N-Zufuhr: erhöhte Verdunstungsverluste



Einfluss der Bodenbearbeitung auf Infiltration und Verdunstung

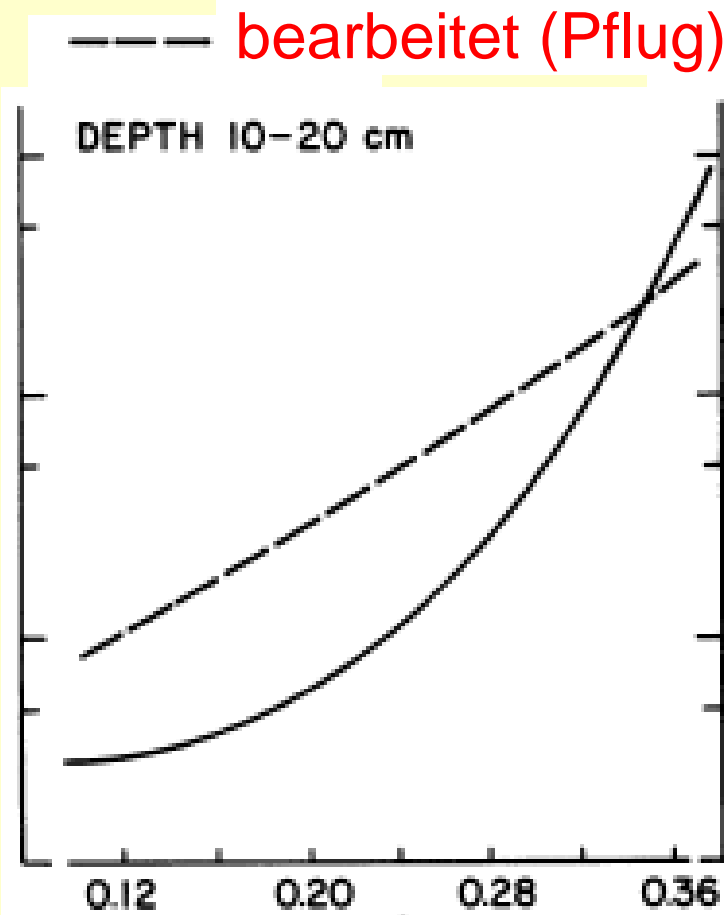


Infiltrationsrate nach 35 Jahren unterschiedlicher Bodenbearbeitung mit Körnermais in Selbstfolge in Ost-Nebraska (Blanco-Canqui et al. 2017)

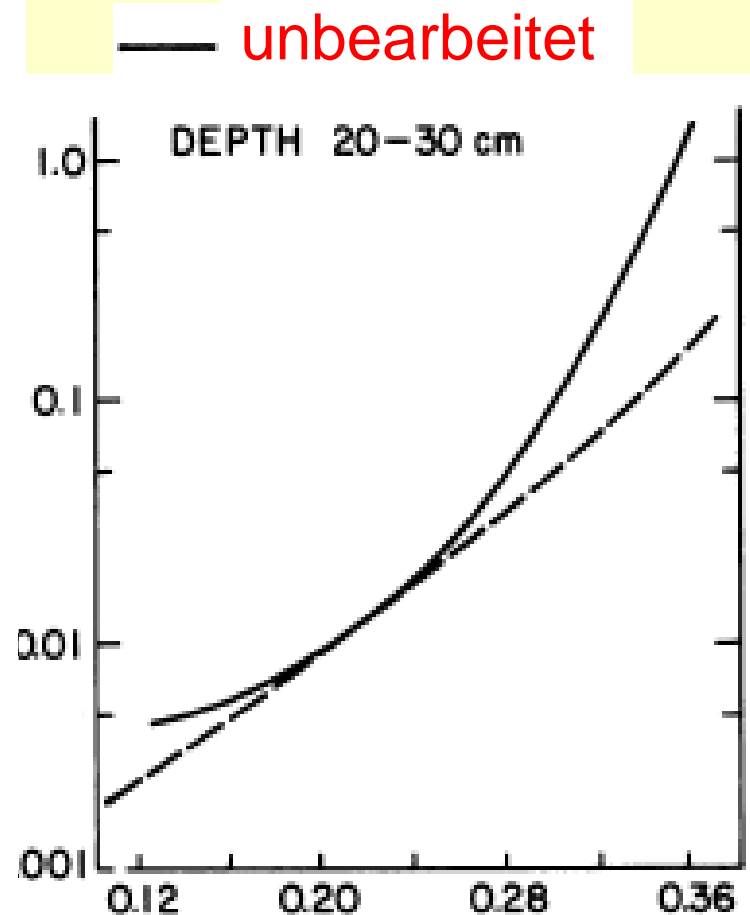


Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Bodenwasserdiffusivität (kapillares Leitvermögen) in Abhängigkeit des Boden- wassergehalts (Ehlers 1976, nach Klute et al. 1982)

Kapillares Leitvermögen (cm min^{-1})



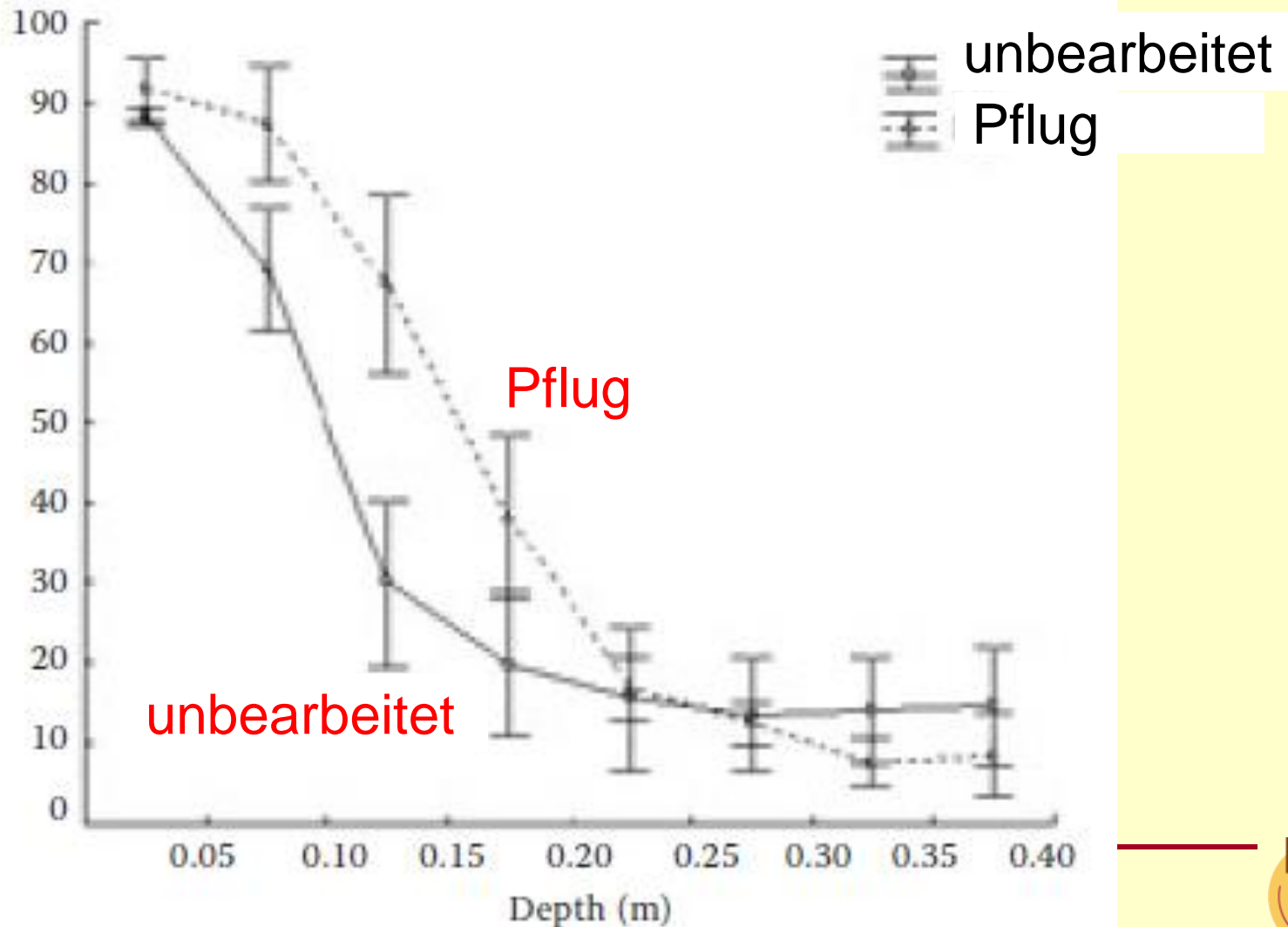
Wassergehalt Boden
(cm^3/cm^3)



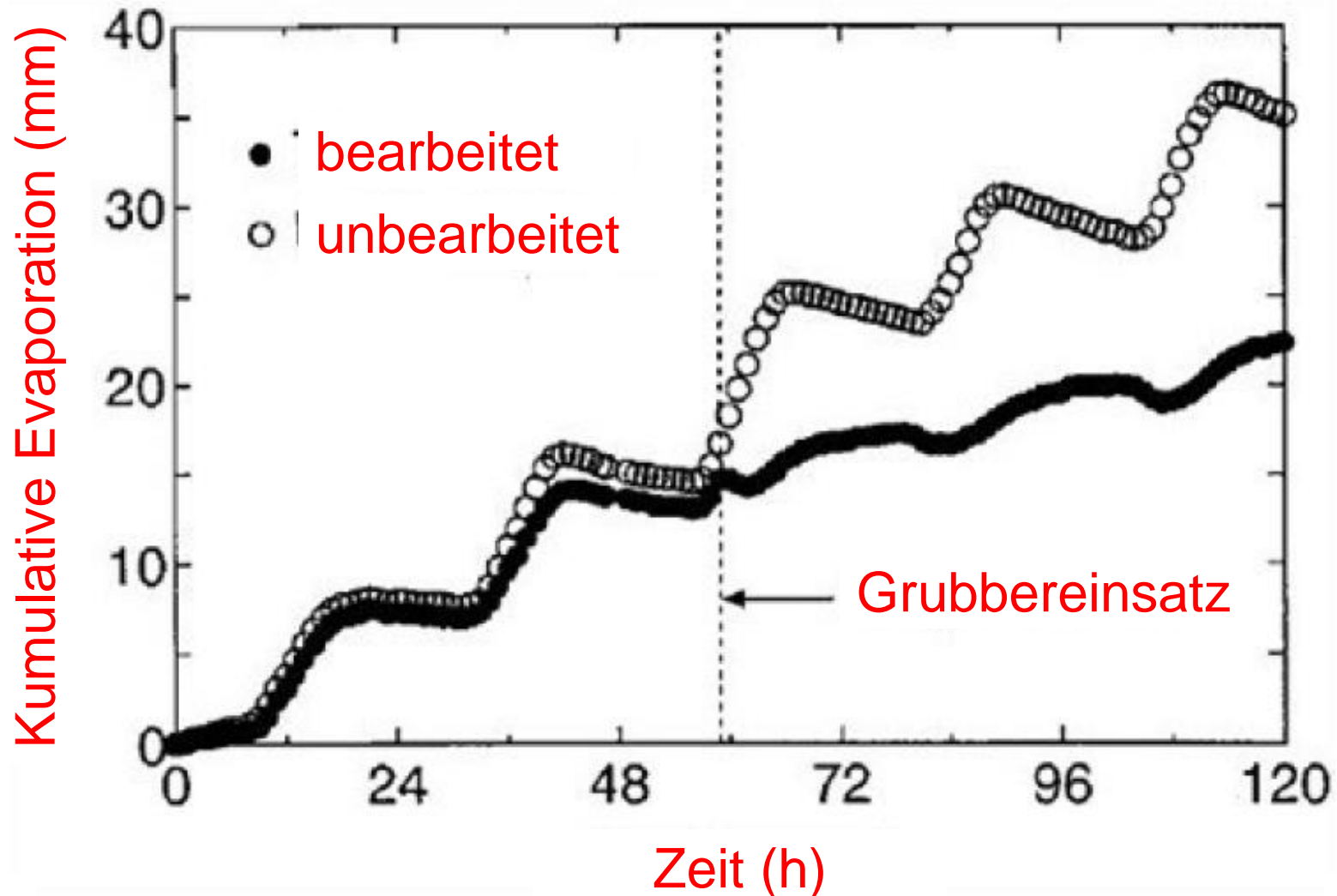
Wassergehalt Boden
(cm^3/cm^3)

Wasserdurchflussraten in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung im Dauerversuch Klapý (Klapay/Nordböhmen) nach dem Auflaufen von Mais; Fehlerbalken: ± 1 S.E. (Kroulik et al. 2007)

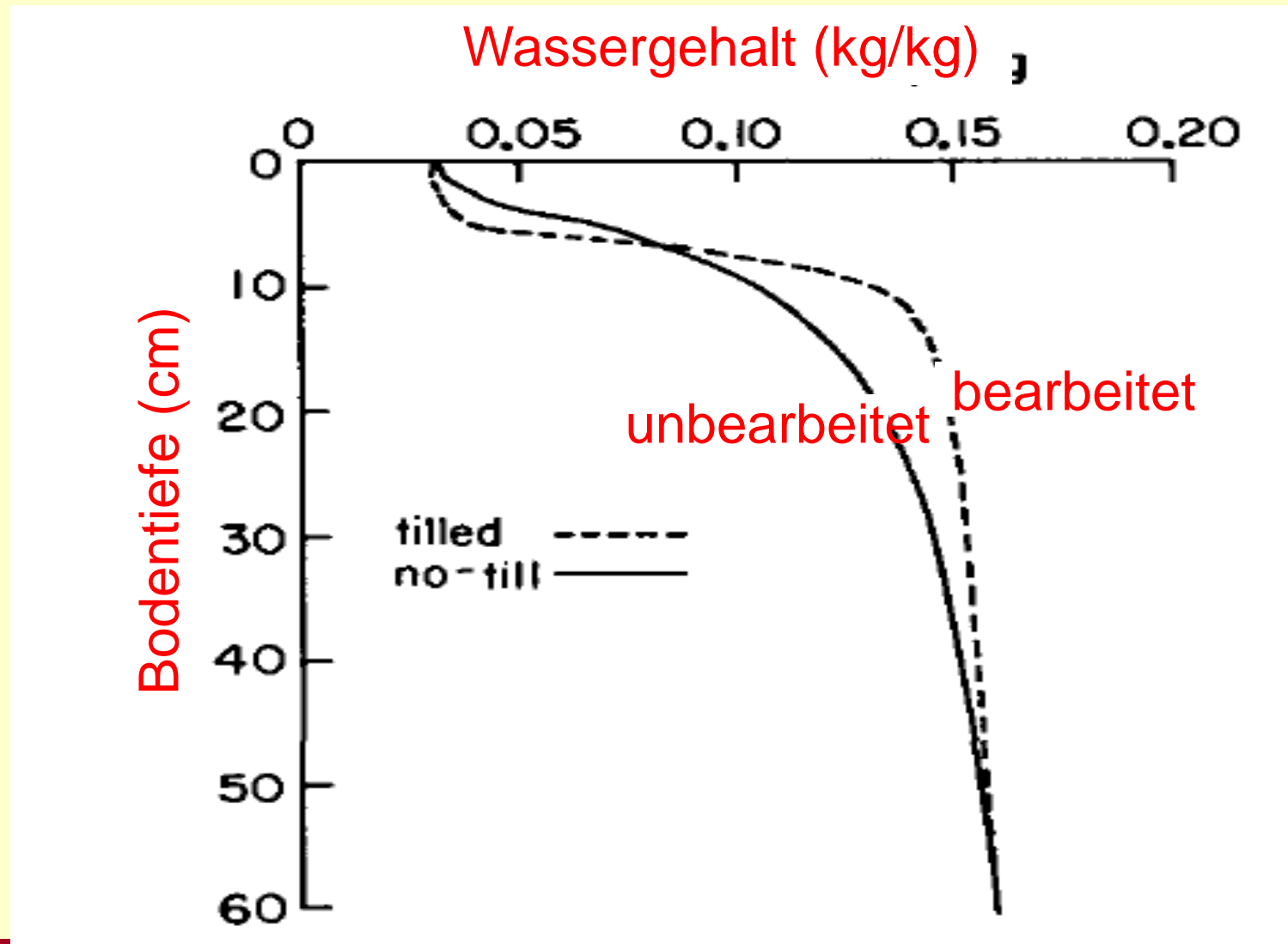
Blau gefärbte Oberflächen (%)



Einfluss einer flachen Bodenbearbeitung auf die kumulative Verdunstung (Evaporation) (Moroizumi & Horino 2002)



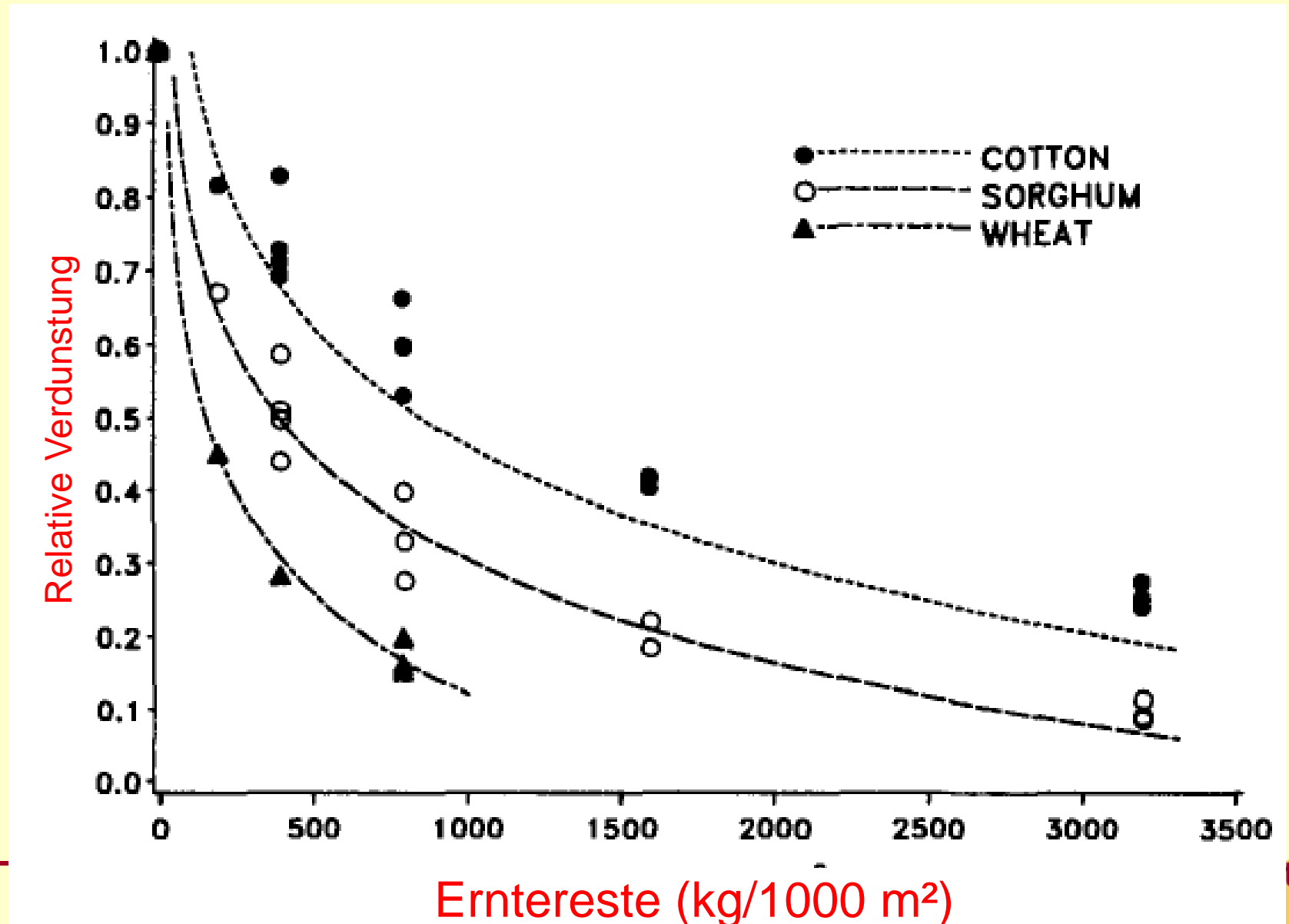
Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Bodenwassergehalte im Bodenprofil nach einer 90d-Trockenperiode (Hammel et al. 1981)



Bedeutung der Bodenbedeckung



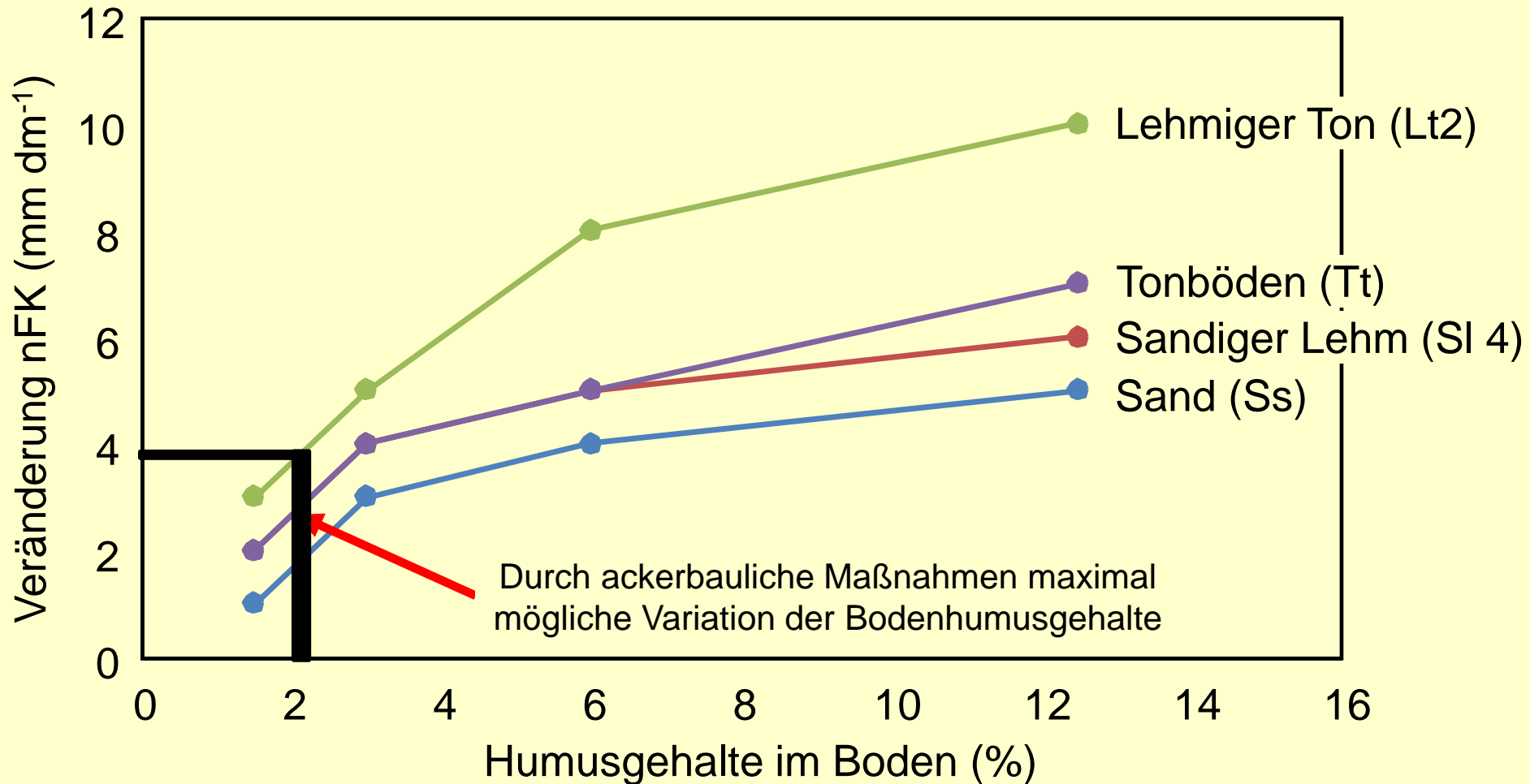
Einfluss Erntereste auf die relative Boden-Wasserverdunstung (Steiner 1989)



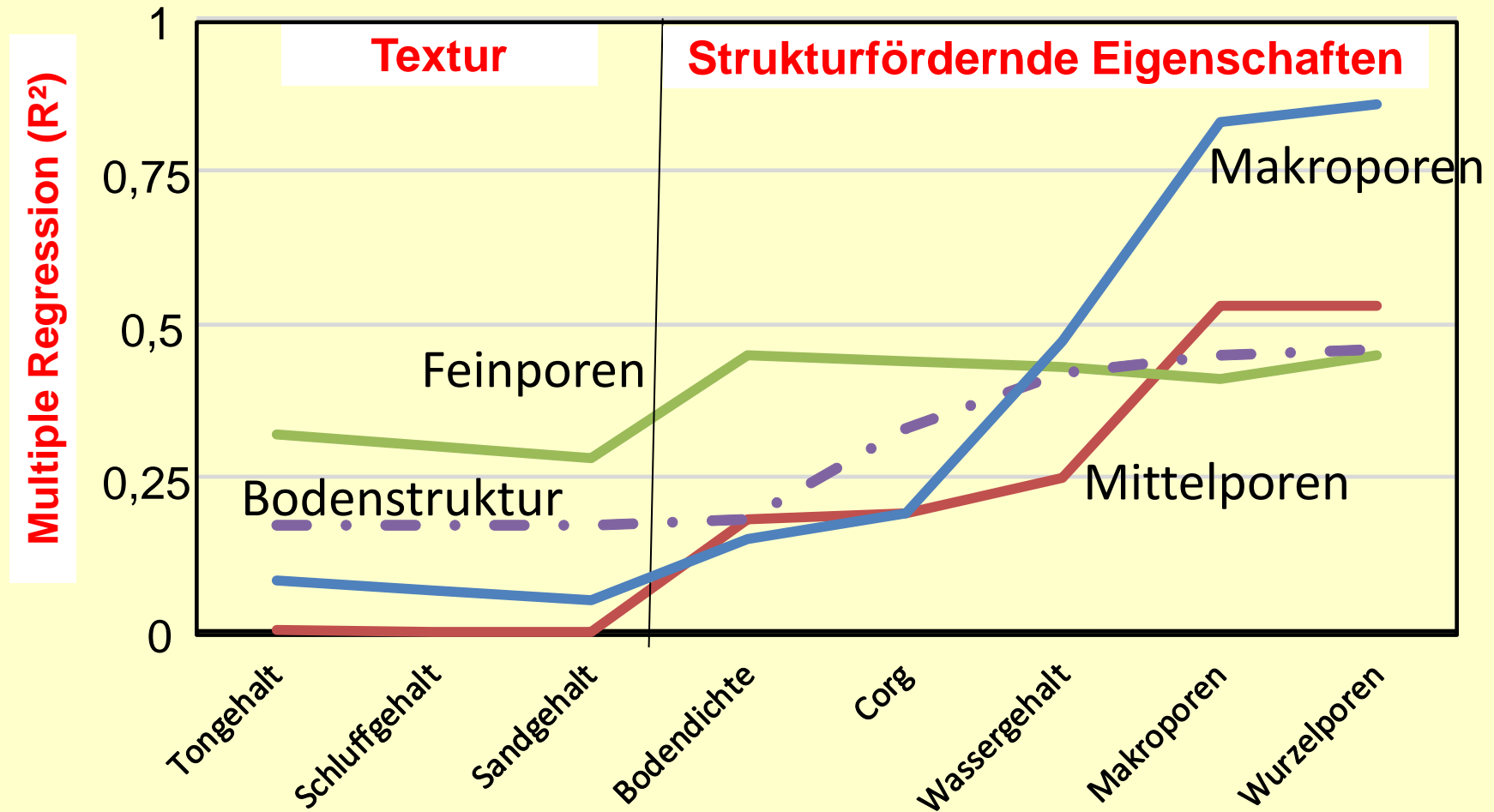
Bedeutung von Humus, Textur und Aggregatstabilität



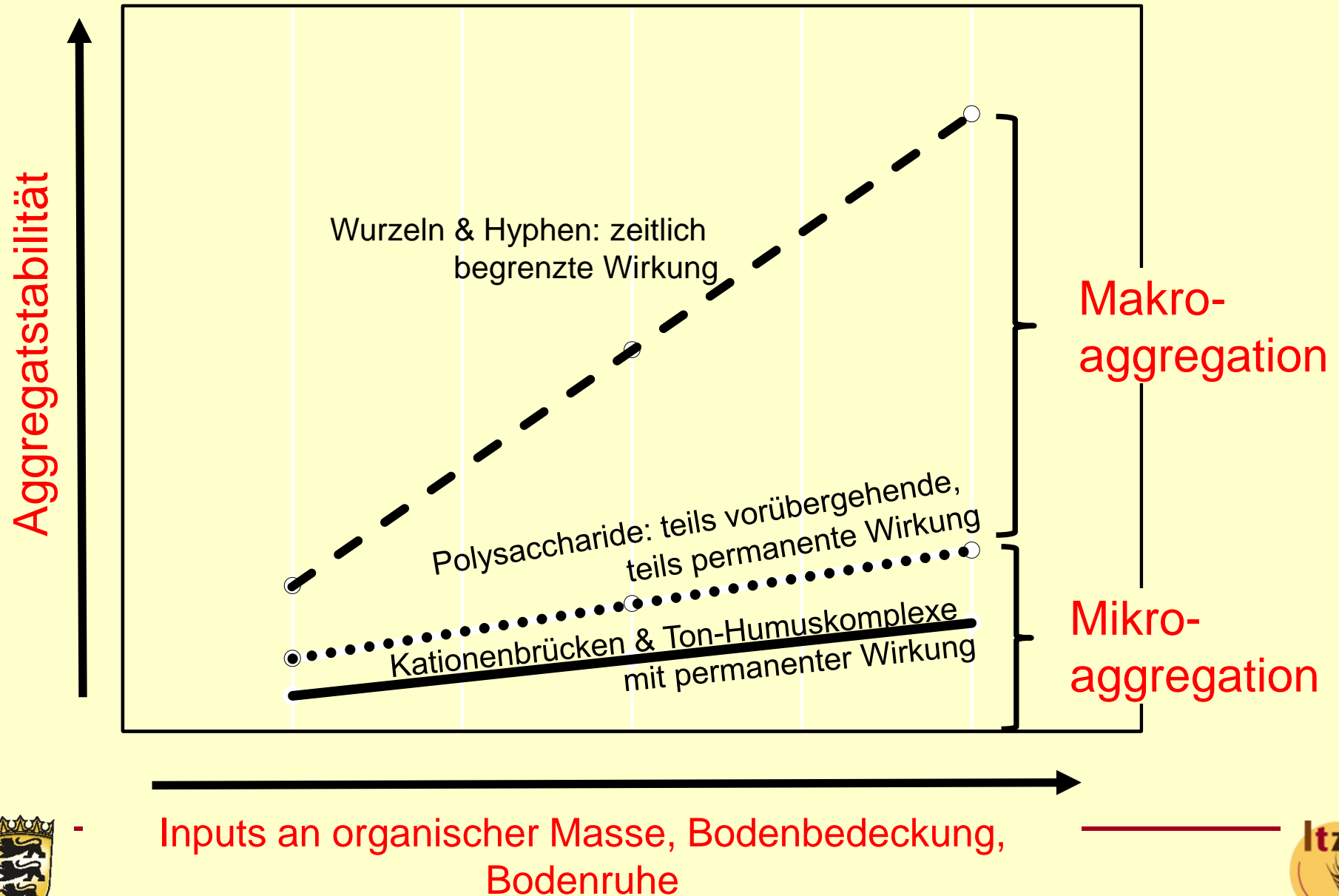
Möglichkeiten zur Veränderung der Humusgehalte und daraus abgeleiteter Einfluss der Humusgehalte auf die nutzbare Feldkapazität (mm dm⁻¹) von vier ausgewählten Bodenarten (Bodenkundliche Kartieranleitung 2005)



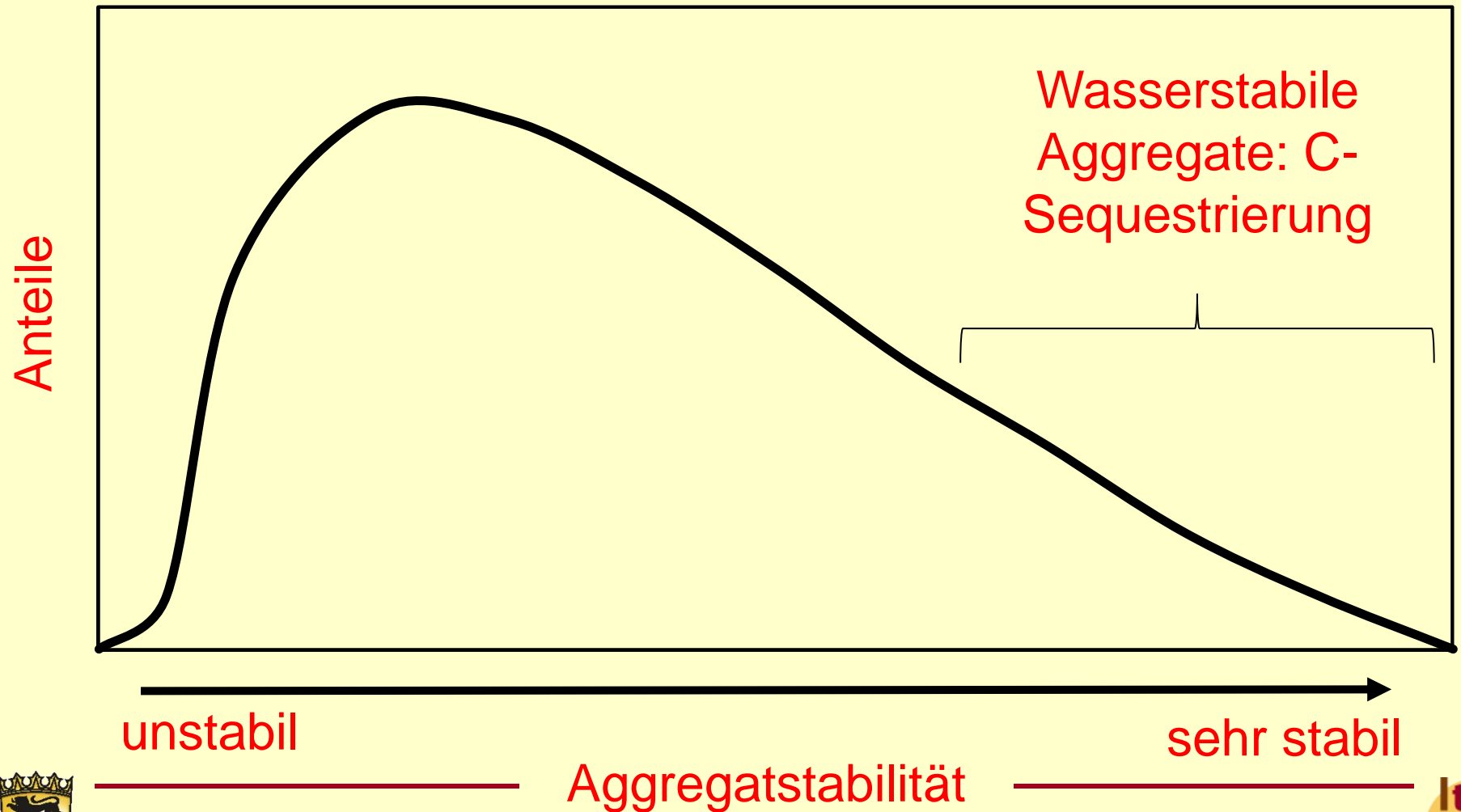
Multiple Regression zur Abschätzung der Abhängigkeit von Durchflussraten in Makroporen, Mittelporen und Mikroporen sowie Parameter der Bodenstruktur (Lin et al. 1999)



Schematische Darstellung der Wirkung der organischen Düngung auf Bodengefüge (verändert nach Tisdall et al. 1982)



Die Verteilung der Bodenaggregate nach ihrer Stabilität – schematisch - (Six und Paustian 2014)



Ackerbauliche Maßnahmen: Organische Düngung

- **Org. Düngung erhöht:**
 - Makroporen zwischen Aggregate (Haynes und Naidu 1998)
 - Volumen innerhalb der Aggregate (Haynes und Naidu 1998)
- **→ höhere spez. Oberfläche → höhere Infiltration**
- **Temporäre Veränderungen Aggregatstabilität abhängig von:**
 - Bodenbedeckung (Abschirmung vor Umwelteinflüssen) (Folorunso et al. 1992, Hermawan und Bomke 1997, Thorup-Kristensen et al. 2003)
 - Abbau von organischer Substanz (De Gryze et al. 2006)
 - → Aggregatstabilität v.a. abhängig von labiler organischer Masse (Blair et al. 2006a,b, Bronick and Lal 2005)
 - kaum von Humusgehalten (Six und Paustian 2014, Tisdall et al. 1982)
- **→ Veränderungen der Humusgehalte wirken sich kaum auf die Bodeneigenschaften aus (Loveland und Webb 2003)**
- **→ auf die Zufuhr von OM kommt es an, nicht auf die Humusanreicherung!!**



Ackerbauliche Maßnahmen: Fruchtfolge

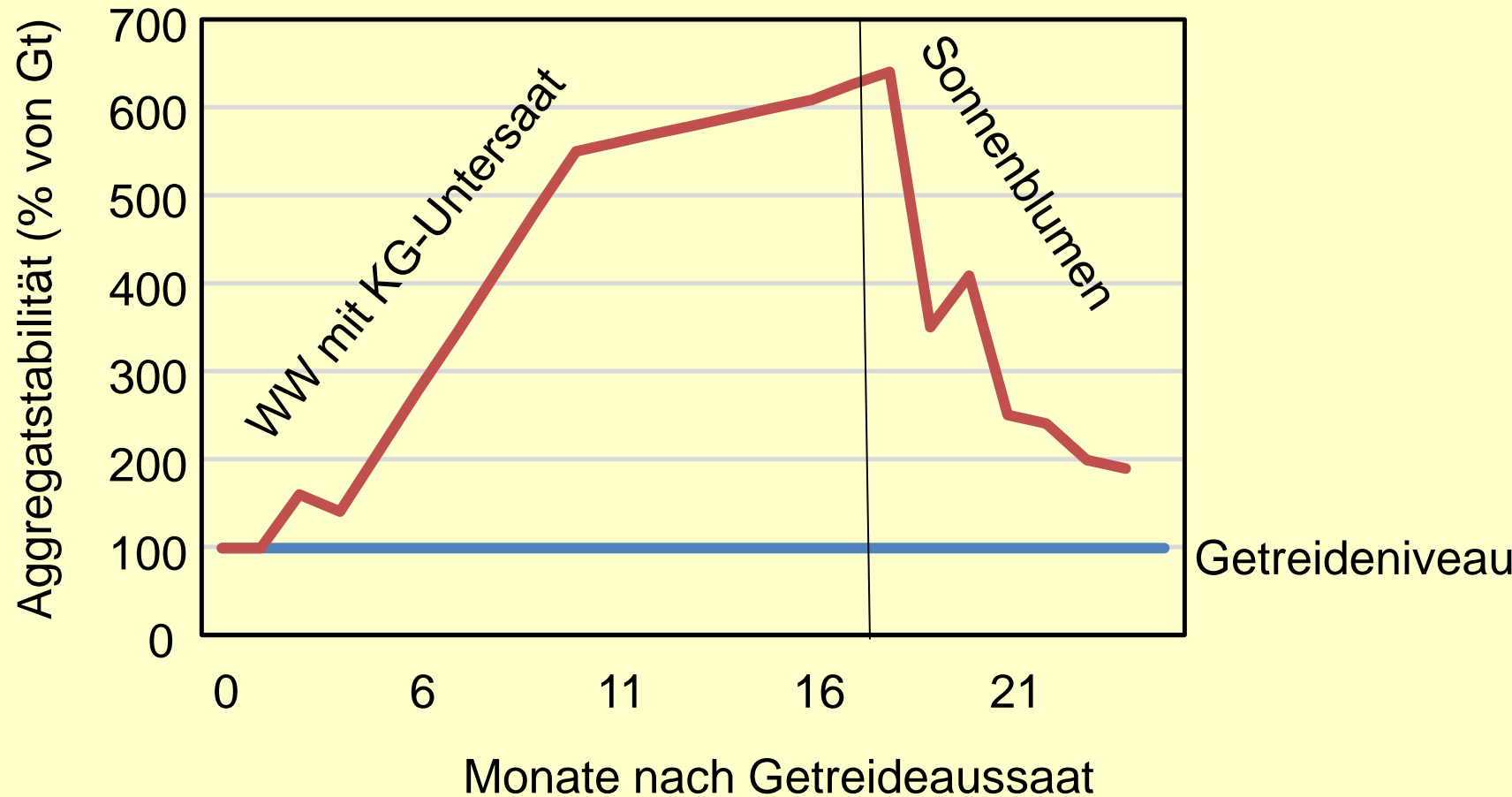


Ackerbauliche Maßnahmen: Fruchtfolge

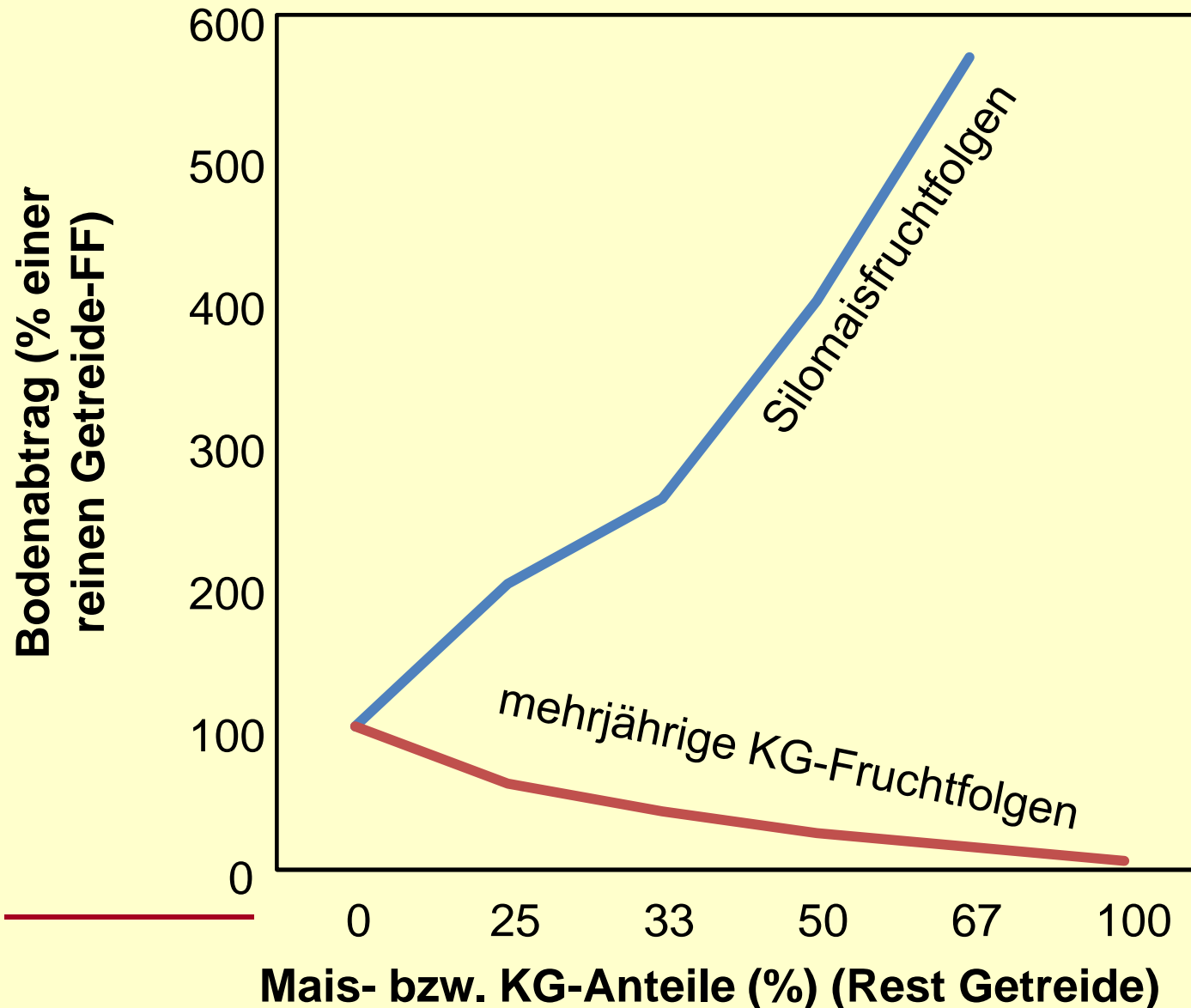
- **Gründüngung (Zwischenfrüchte):**
 - Erhöhung Bodenstruktur und Aggregatstabilität bei geringeren Verschlammungsneigung (physikalische Abschirmung) (Folorunso et al. 1992, Hermawan und Bomke 1997, Thorup-Kristensen et al. 2003)
 - Verringerung Oberflächenabfluss (40 – 100 %) und Infiltration (Dexter et al. 2001, Blanco-Canqui et al. 2015)
 - Stabilisierung der Poren über Winter (Bodner et al. 2008)
- **Hauptfrüchte:**
 - Klee gras und anderer Leguminosen erhöht Aggregatstabilität und Infiltration bzw. Wasserhaltefähigkeit (Blair et al. 2006c, Armstrong et al. 1999, Migliarina et al. 2000, Masri und Ryan 2006)
 - Getreide: kaum Wirkung (Głąb et al. 2013)
- **Allerdings:**
 - Überlagerung Wirkungen durch Frost-Tau- oder Feucht-Trocken-Zyklen (Logsdon et al. 1993, Bodner et al. 2013)
- **→ regelmäßiger ZF-Anbau und Einbeziehung von Leguminosen entscheidend für Aggregatstabilität!!**



Wie entsteht die günstige Wirkung des Kleegrasanbaus? (Auerswald 1999)



Relativer Einfluss des Anteils an Klee gras und Silomais (%) auf den Bodenabtrag (%) im Vergleich zu Getreide (Auerswald 1999)

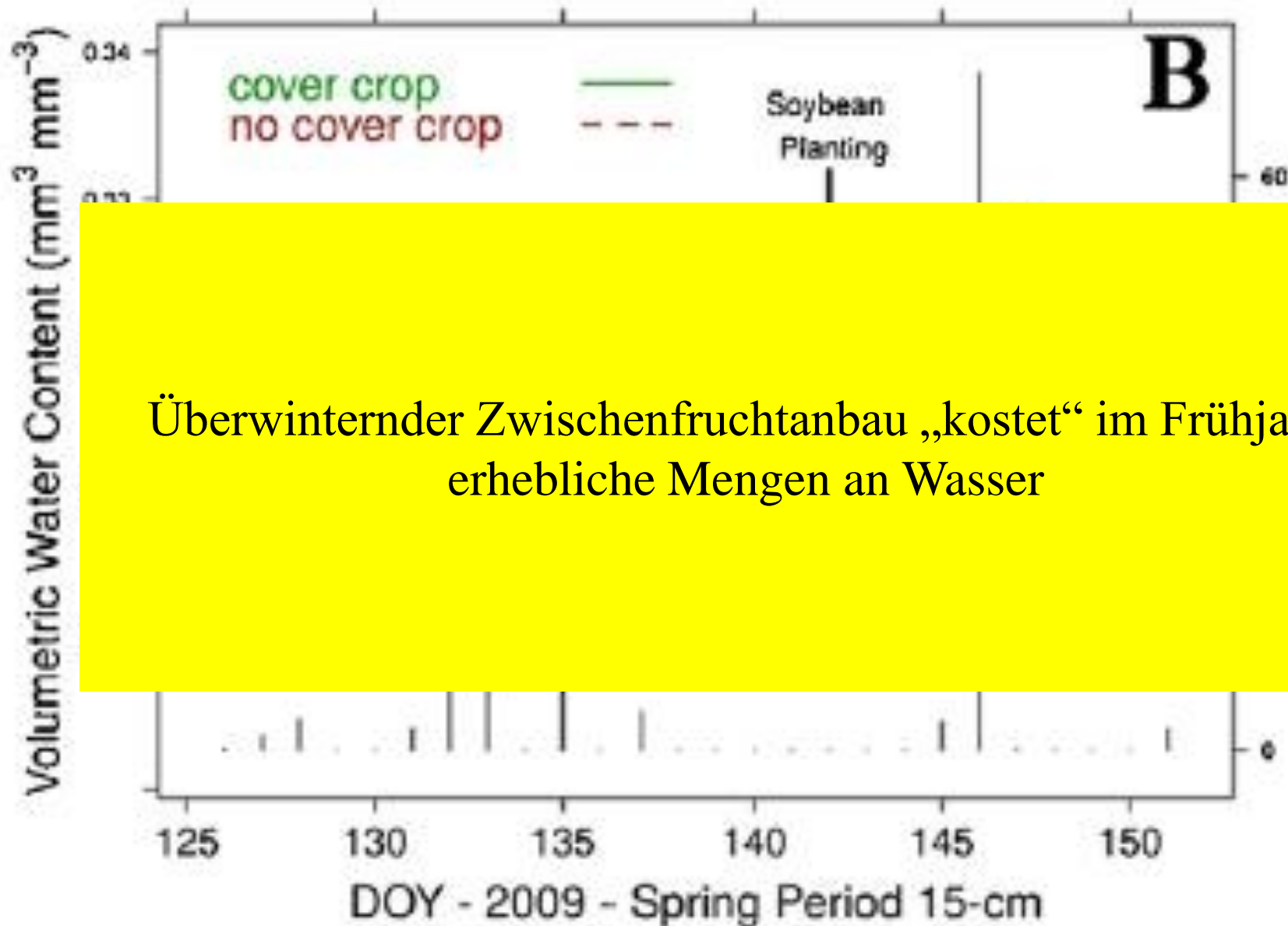


Effekte Zwischenfruchtanbau

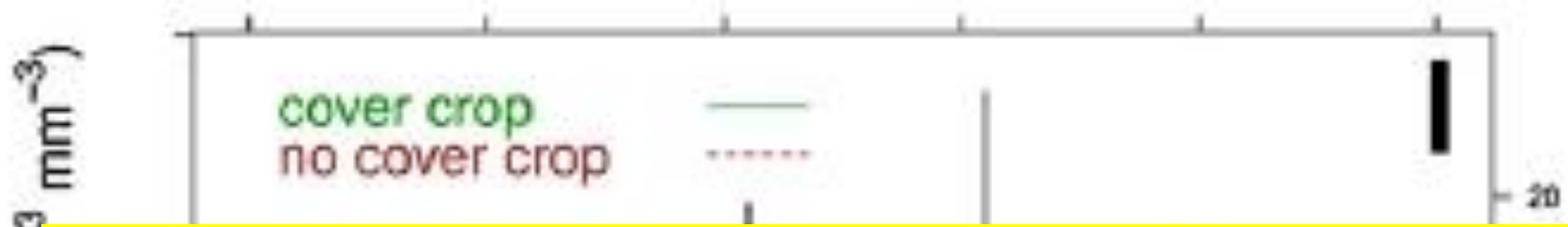
- ZF-Anbau erhöht vorübergehend Anteile von Mikro- und Makroporen + Stabilisierung → erhöhte Infiltration und H₂O-haltfähigkeit (Gabriel et al. 2018)
- ZF-Anbau „kostet“ Wasser (Basche 2016)
- Nettowirkung auf Nachfrucht abhängig von:
 - Einfluss auf Infiltration (Unger & Vigil 1998)
 - Reduzierte Verdunstung nach Absterben (Mulchschicht) (Unger & Vigil 1998)
 - Wiederauffüllung Bodenwasservorrat nach Umbruch (Unger & Vigil 1998, Basche 2016)
- ZF sind für humide und semi-humide Gebiete geeigneter als für semi-aride Anbaugebiete (→ häufig Ertragsreduktion)
- Unter semi-ariden Bedingungen kann Minimalbodenbearbeitung + ZF-Mulch Wassereffizienz erhöhen (Unger & Vigil 1998)



Wassergehalte im Boden in 0-15 cm mit und ohne Zwischenfruchtanbau (Basche 2016)

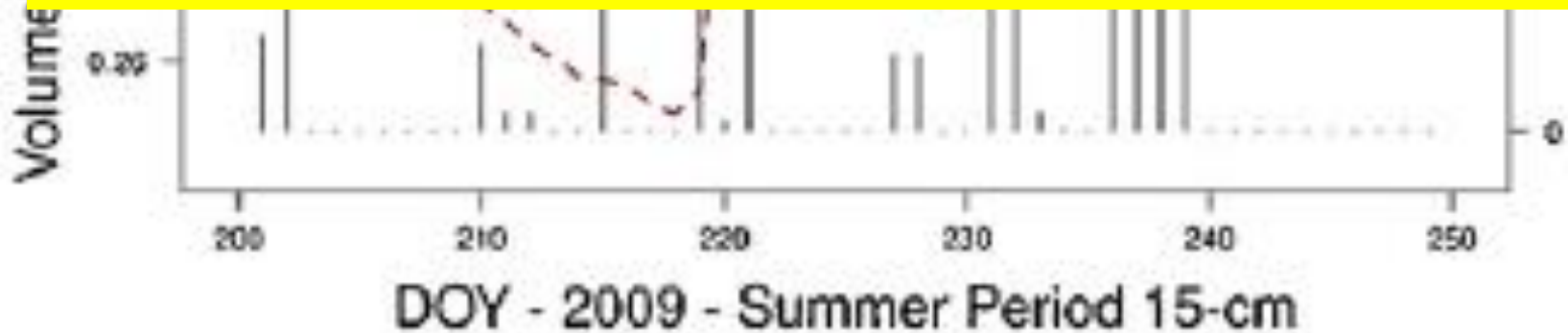


Wassergehalte im Boden in 0-15 cm mit und ohne Zwischenfruchtanbau (Basche 2016)



Das dadurch verursachte Wasserdefizit kann nur durch erhebliche Frühjahrs- oder Sommerniederschläge kompensiert werden

→ Überwinternde Zwischenfrüchte entweder nur in Gebieten mit hohen Sommerniederschlägen anbauen, oder frühzeitig umbrechen



Zusammenfassung Ackerbau

1. Nichts ist einfach!!!!

- Unterscheidung zwischen Signifikanz und Relevanz → Effekte müssen immer in einen Gesamtkontext gestellt werden!

2. überall „lauern“ Zielkonflikte, z. B.

- Bodenerosion vs. Pflanzenschutz, Oberflächen-Wasserabschwemmung (samt gelöstem P), Ertrag, gasf. N-Emissionen
- ZF-Anbau: Wasserverbrauch vs. Infiltration vs. Sommertrockenheit
- → Zielkonflikte: keine pauschale, sondern standortangepasste Lösungen

3. Wasserhaushalt:

- Humus hat keinen relevanten Einfluss
- Bodenbedeckung erhöht Infiltration und senkt Verdunstung
- Erhöhung der Aggregatstabilität relevanteste ackerbaulich beeinflussbare Maßnahme

4. Moderate Erhöhung Leguminosenanteil und gezielter Anbau erosionsanfälliger Kulturen (Aggregatstabilität) würde viel helfen

5. Entscheidend: regelmäßige Zufuhr von organischer Masse und deren Abbau (Zwischenfrüchte)

6. Irrelevant: Erhöhung der Humusgehalte!!!!



Zusammenfassung Bodenbearbeitung

- **Bodenbearbeitung = Zielkonflikte:**
 - Einerseits: erhöhte Erosion, geringere Bedeckung, erhöhter Kraftstoff- und AK-Bedarf
 - Andererseits: **die** vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahme (Pilze, Unkräuter, etc.), erhöhte Wasserinfiltration, geringere Verdunstung, höherer Ertrag
- **Je intensiver die Bodenbearbeitung, desto höher die unmittelbare, aber verringerte mittelfristige Verdunstung**
- **Minimalbodenbearbeitungssysteme**
 - geringere, aber tiefere Infiltration bei höherer Verdunstung
 - könnten bes. auf ZF-Anbau angewiesen sein (Infiltration, Unkrautregulierung)
- **Wechsel intensiverer Grundbodenbearbeitung und konservierender Bestandesetablierung im Kontext von Jahreszeit & Nachfrucht**
 - Bevorzugung einer Sommerpflugfurche mit stabilisierendem ZF-Anbau?
 - Minimalansätze zu erosionsanfälligen Reihenkulturen
- **Die Kunst ist die Bodenbearbeitung so zu setzen, dass anschließend eine rasche Stabilisierung stattfindet**



Zusammenfassung Landwirtschaft

- Landwirtschaft kann ihren Pflanzenbau relativ rasch umstellen
- Eigentliche Herausforderung:
 - Effizientere Nutzung der Winterniederschläge
 - regionale „Speicherung“ der Winterniederschläge → Erhöhung der Wasserverfügbarkeit und –verdunstung über Sommer → in Stadt und Land!!!
 - Anschließende Nutzung zur Beregnung
- Technischer Wasserschutz zur Erhöhung regionaler Wasserkreislauf und Ausbau der Bewässerungsinfrastruktur!



Gesamtfazit

- pflanzenbaulichen Anpassungsstrategien:
 - Aussaattermine, moderate N-Düngung,
 - neue Sorten → zu Lasten des Zuchtfortschritts beim Ertrag
 - graduell neue Arten
- Ackerbaulich: regelmäßige Erhöhung Aggregatstabilität!
 - organische Düngung, Bodenbedeckung, ZF-Anbau und (zeitweise) Bodenruhe
- Gezielte/angepasste Bodenbearbeitung → „Verbesserung“ Wasserhaushalt
- Die hohe Kunst: Bodenbearbeitung und –bedeckung zusammenbringen
- Ausbau der Bewässerungsinfrastruktur und technische Maßnahmen zur Wasserrückhaltung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

