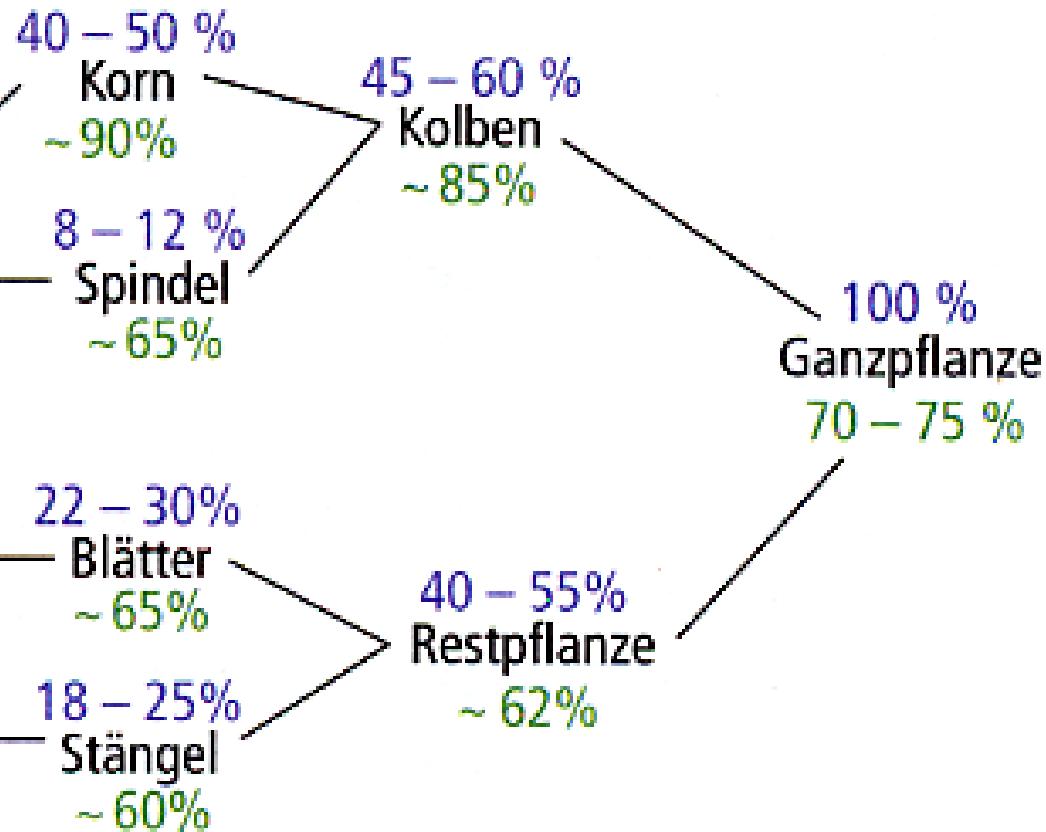


Landwirtschaftliche Nutzpflanzenkunde

LT3 - Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

01.12.2025



TM-Anteil an der Ganzpflanze
In-vitro-Verdaulichkeit der organischen Masse

Standortansprüche

Mais: Standortansprüche

- Anbau auf fast allen Böden möglich
 - Optimal: Lehmböden, humose Sand- und Eschböden mit guter Wasserversorgung und Erwärmung im Frühjahr
- pH-Wert: zwischen 5,5 – 7,0 (je nach Bodenart)
- Empfindlich gegenüber Bodenverdichtungen, sowohl im Saathorizont (Fahrspuren) als auch im Unterboden (schwer durchwurzelbar)
- Frostempfindlich (bei < -3 °C frieren Blätter ab, im Herbst Schäden ab – 1 °C), nach Frühfrösten muss Silomais zeitnah gehäckselt werden (Qualität sichern)







Die „Macht“ pH-Wertes

- ... hier mit pH-Wert von 4,0 !



Anzustreben: 5,2 – 5,6
Notwendige Kalkung von ca.
35 dt/ha CaO

Maximal dürfen nur (je nach Bodenart) gedüngt werden:
S: 10 dt CaO
IS: 15 dt CaO
sL: 20 dt CaO
L: 30 dt CaO

Durchwurzelbarkeit / Störschichten / Wasserführung



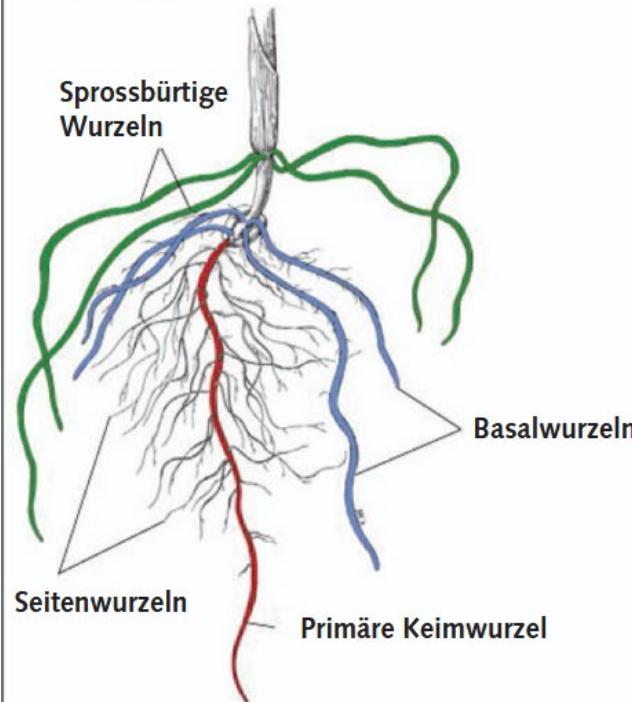
ohne Tiefenlockerung

mit Tiefenlockerung

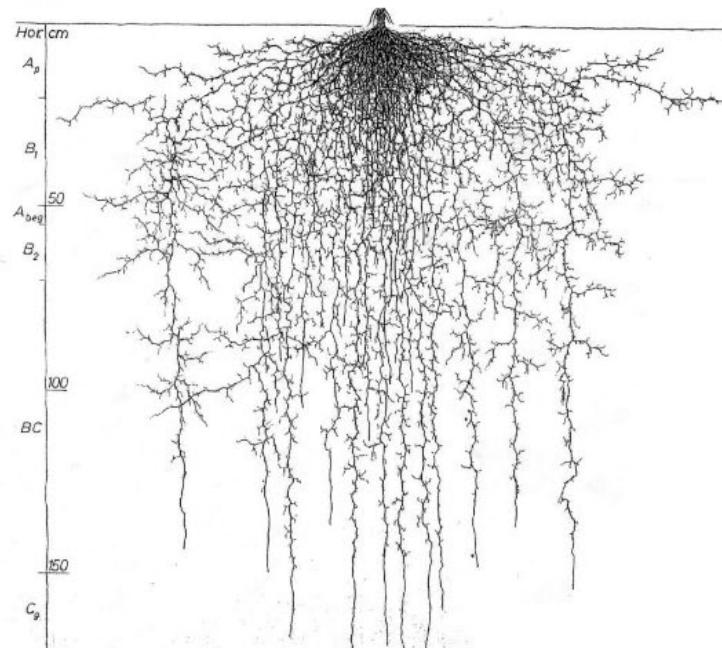
Abb. 3: Wurzelsystem einer jungen und entwickelten Maispflanze

(aus: Hochholdinger und Tuberosa, 2009: Current Opinion in Plant Biology;
Kutschera et al., 2009: Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßiger Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaus. DLG-Verlag, Frankfurt/Main)

(a) Jungpflanze



(b) Entwickelte Pflanze



Quelle: Current Opinion in Plant Biology 12, 2009

Quelle: Wurzelatlas, 2009

Entwicklung Wurzelwerk

- Nach der primären Keimwurzel treten aus dem Samen weitere 3 bis 5 samenbürtige Wurzeln („Basalwurzeln“) aus.
- Diese Wurzelachsen sind für die **Verankerung** und **Versorgung** der jungen Pflanzen zuständig.
- Sie sollten einen möglichst spitzen Winkel zueinander haben und so **rasch in die Tiefe vordringen**.



Entwicklung Wurzelwerk

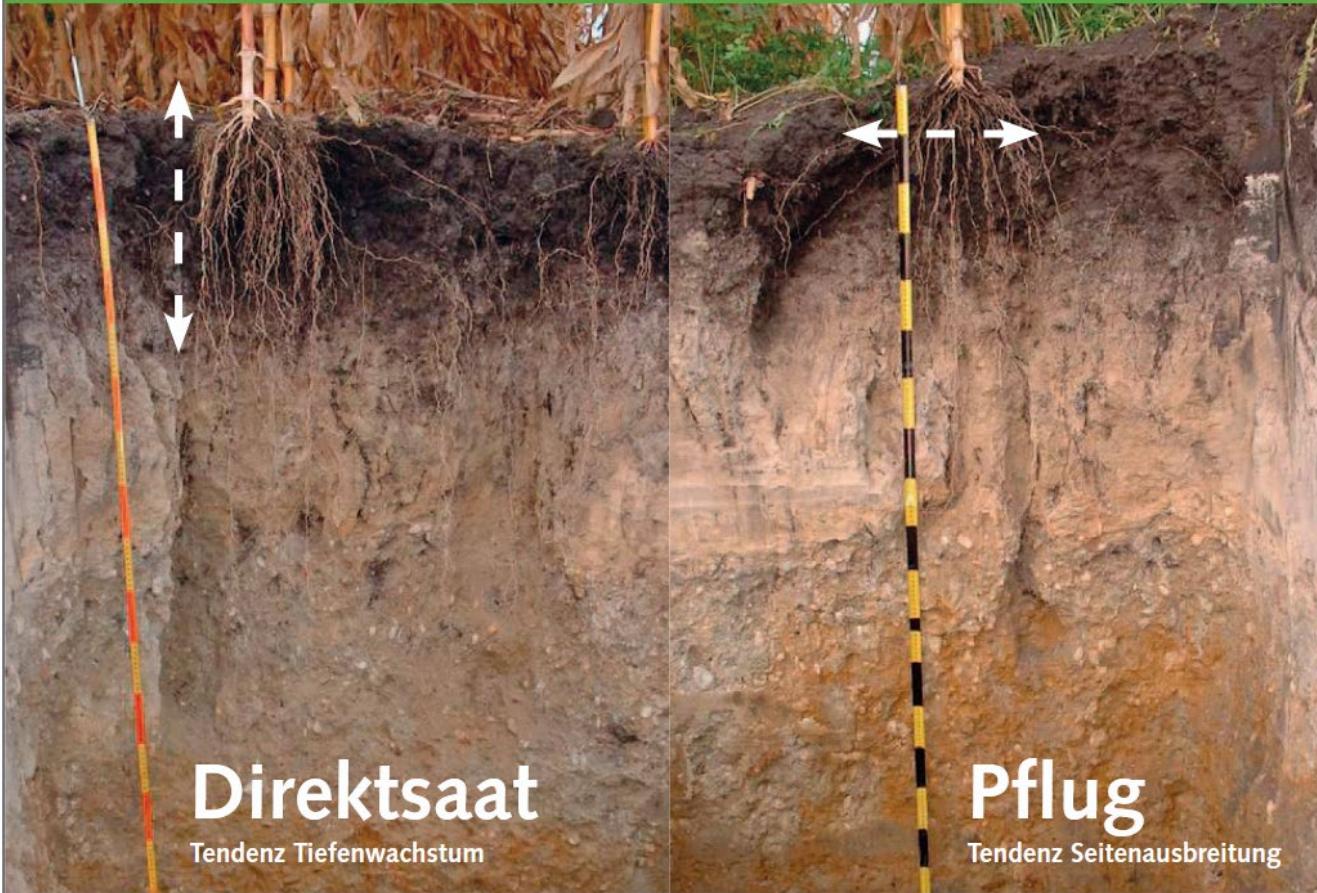
- Sprossbürtige Wurzeln bilden das dominante Wurzelsystem
- am 2. und 3. Stängelknoten bilden sich die Kronenwurzeln
- intensives Feinwurzelsystem zur Wasser- und Nährstoffaufnahme in den oberen 30 cm
- Wasseraufnahme durch tiefe Wurzeln auch in Trockenphasen



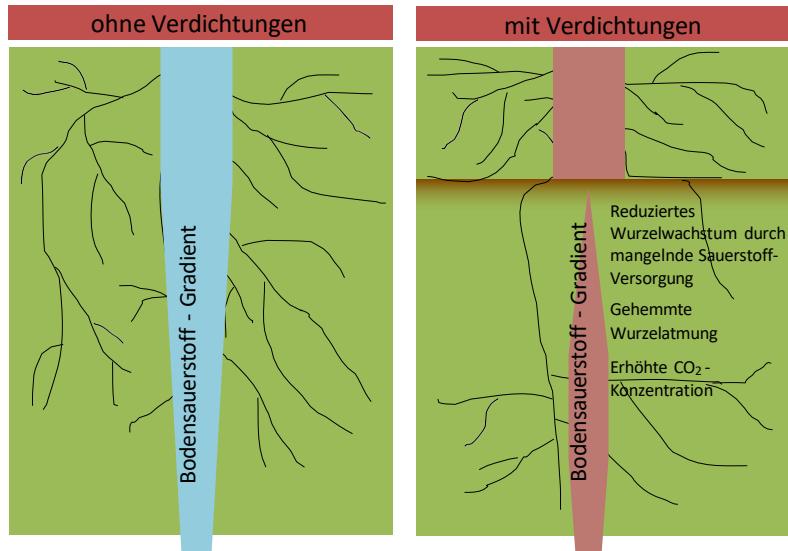


Abb. 4: Freilegung von Maiswurzelsystemen bei zwei Bodenbearbeitungssystemen

(Durchgeführt unter Leitung von Dr. Monika Sobotik, Andau, September 2009)

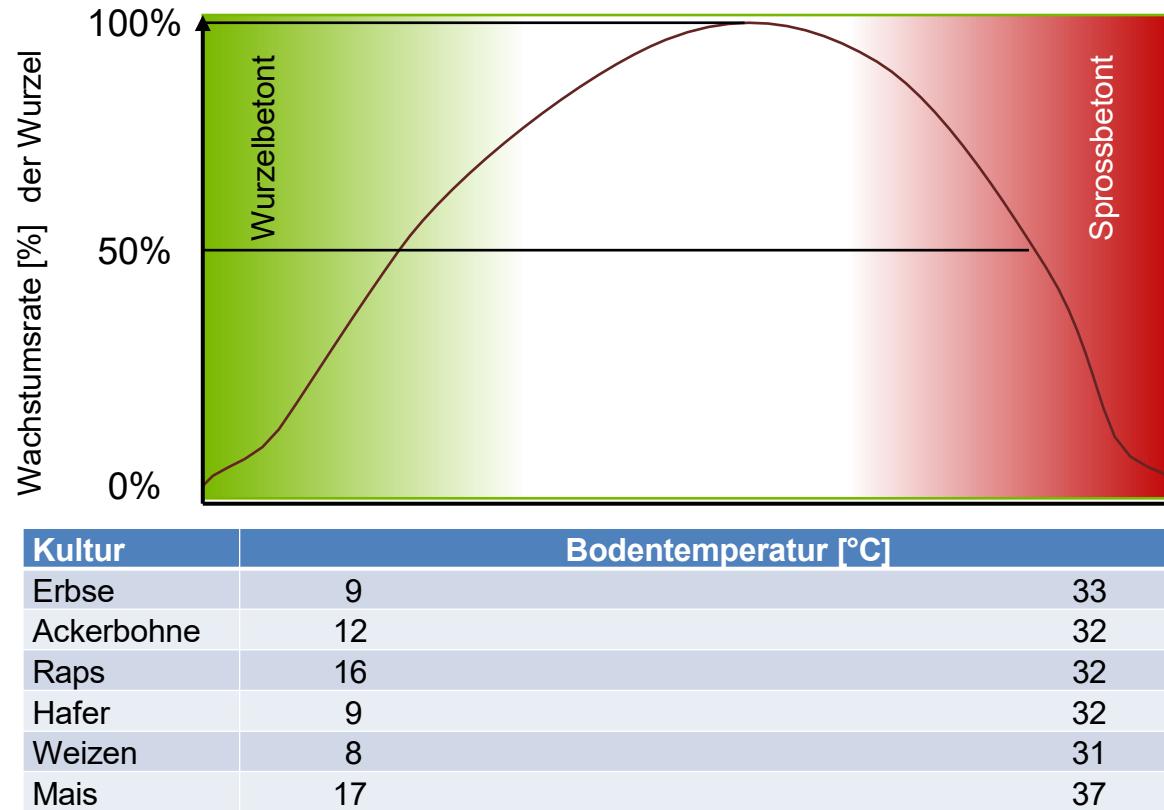


Gehemmter Gasaustausch unter Sohlen und Scherflächen



Was beeinflusst Wurzelwachstum?

- Pflanzenbedingtes Wurzelwachstum
 - Genetische Rahmenbedingungen
 - Energieversorgung
 - Samen
 - Photosynthese
- Bodenbedingtes Wurzelwachstum
 - Lagerungsdichte
 - Wasserversorgung
 - Gasaustausch
 - Temperatur



nach Keppler (1987)

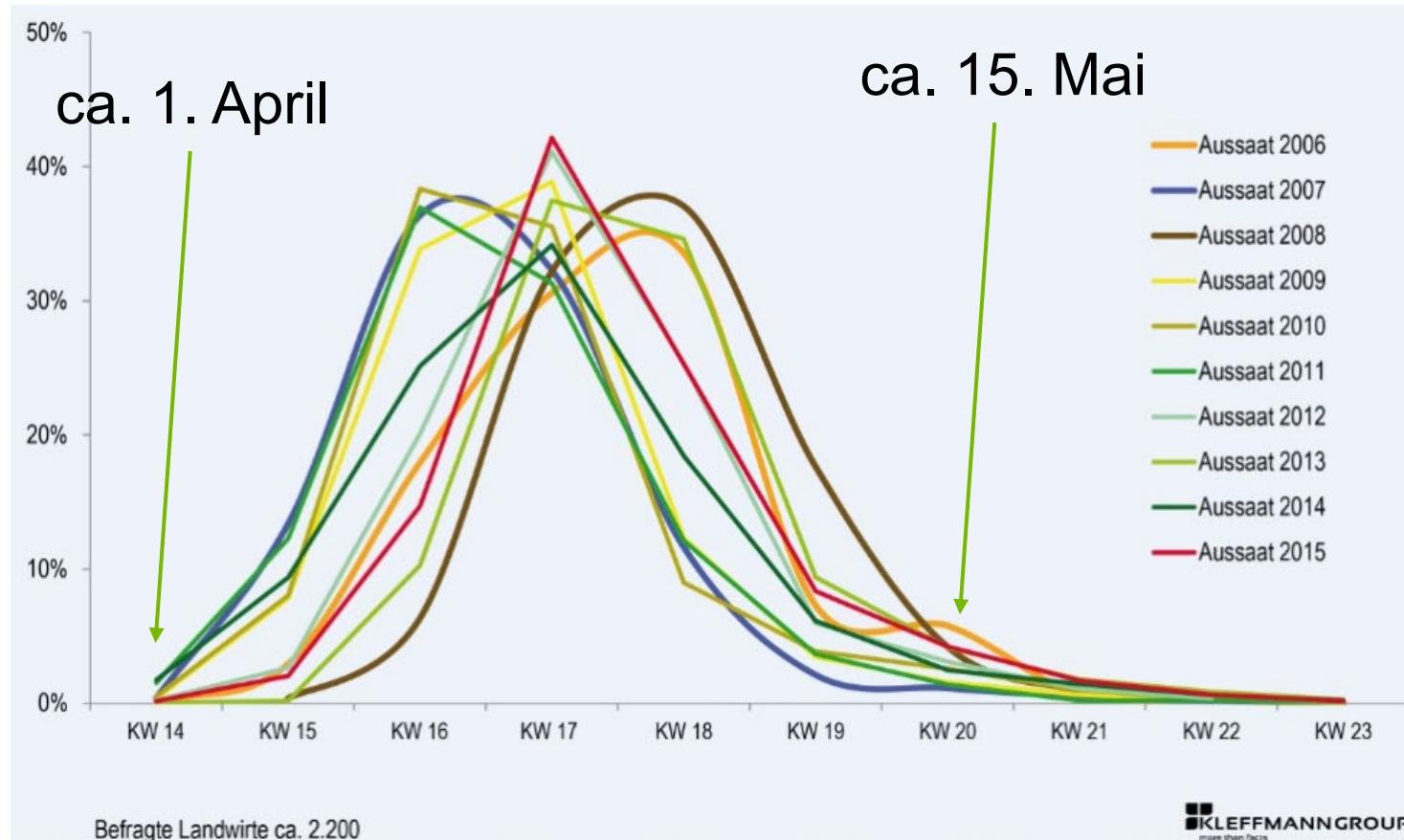


Anbau

Aussaat und Bestandesdichten

- Bodentemperatur > 8°C, besser 10°C
 - Möglichst nachfolgend warme Witterungsphase
 - Witterung/Temp. ist wichtiger als Datum
- Tiefe exakt einstellen: ca. 3 - 6 cm
 - Bodenfeuchte muss gegeben sein
- Ablage Düngeband einstellen: 5 cm tiefer u. 5 cm seitlich versetzt
 - Verätzung durch Dünger vermeiden, ggf. Abstand auch geringer
- Saatstärke an Standort, Sorte und Bedingungen anpassen
 - Wasserführung des Bodens ist entscheidend,
 - 7 – 9 Pfl./m² sind Standard,
 - bei Hackeinsatz ein Korn mehr säen

Zeitpunkte der Maisaussaat 2006-2015



Silomais: Einfluss der Bestandesdichte auf Ertrag und Qualität, NDB 2007 - 2021 (n = 40)

100% = 209 dt/ha TM

100% = 70 dt/ha

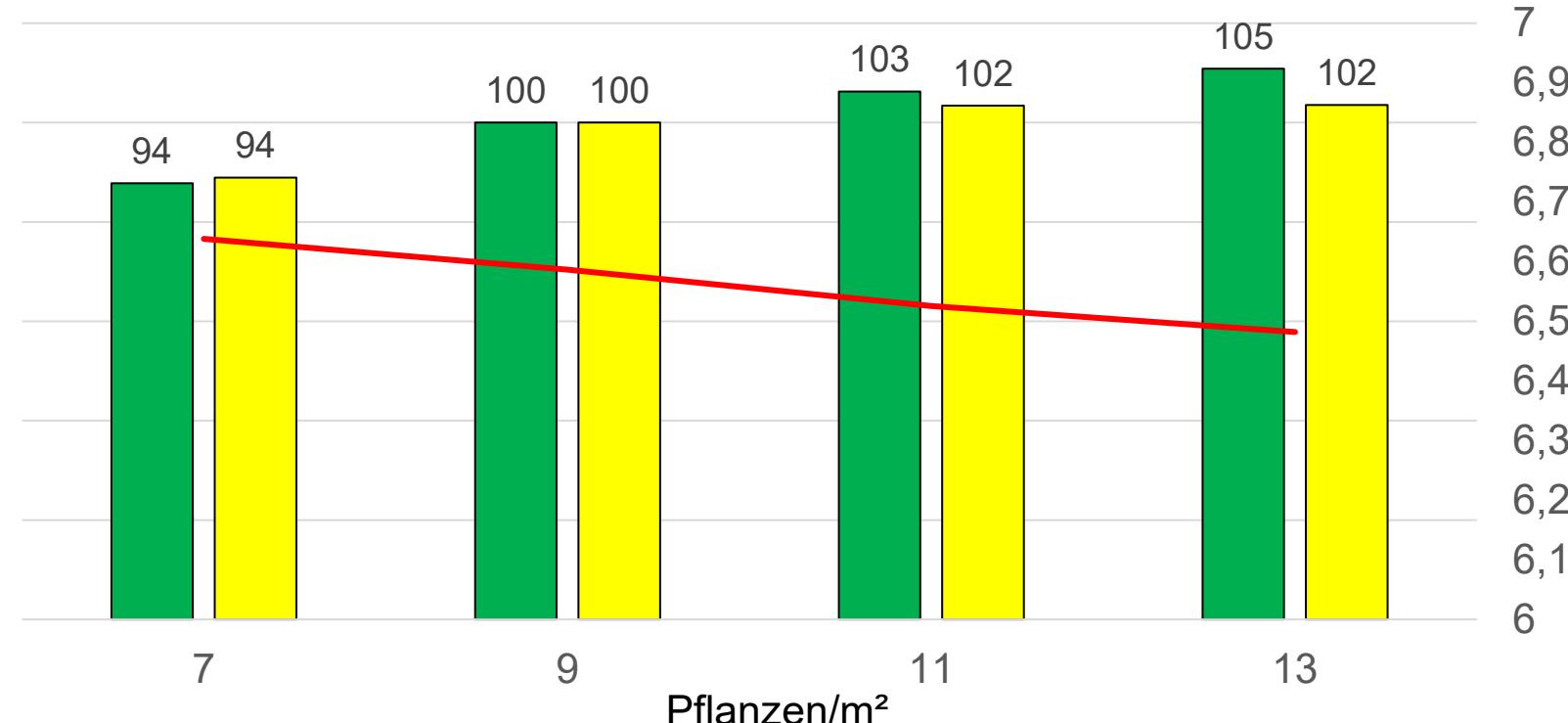
Stärke
(%)

TM dt/ha rel

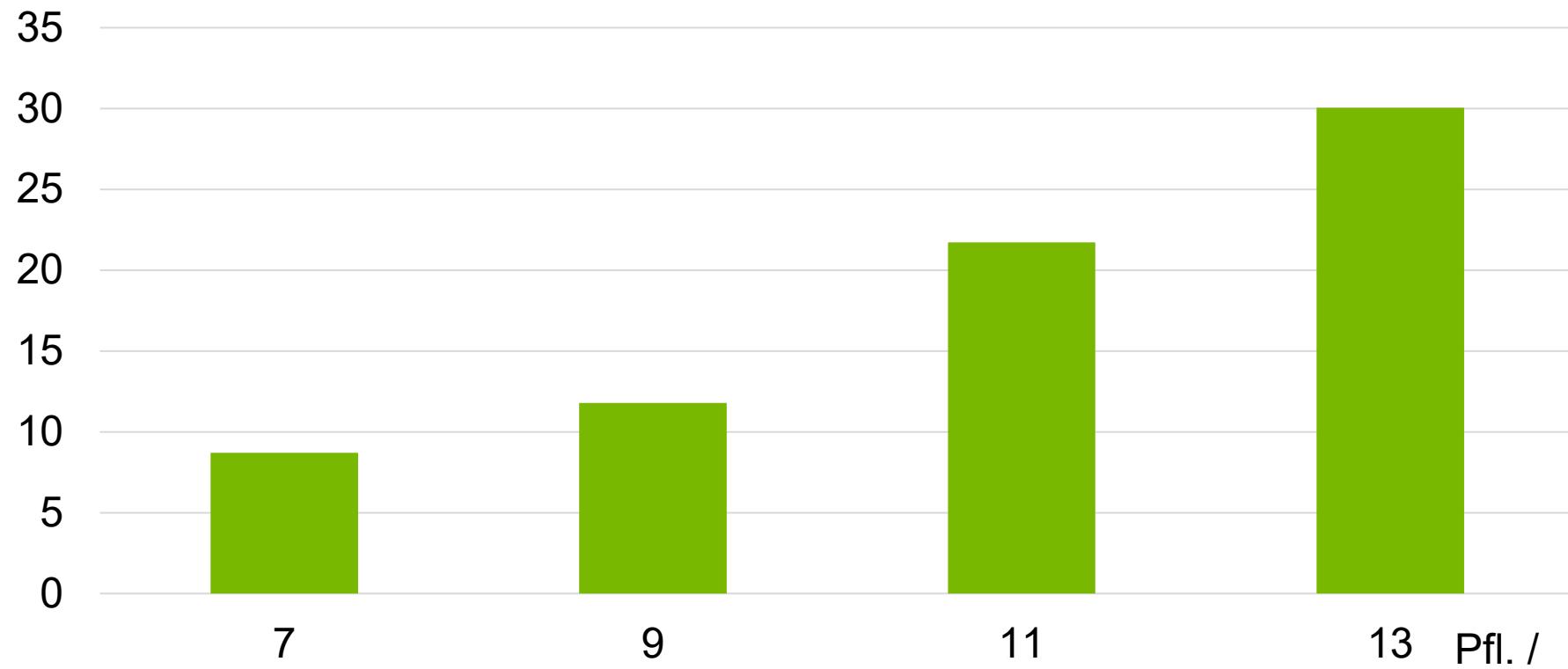
Stärke dt/ha rel.

MJ NEL/kg

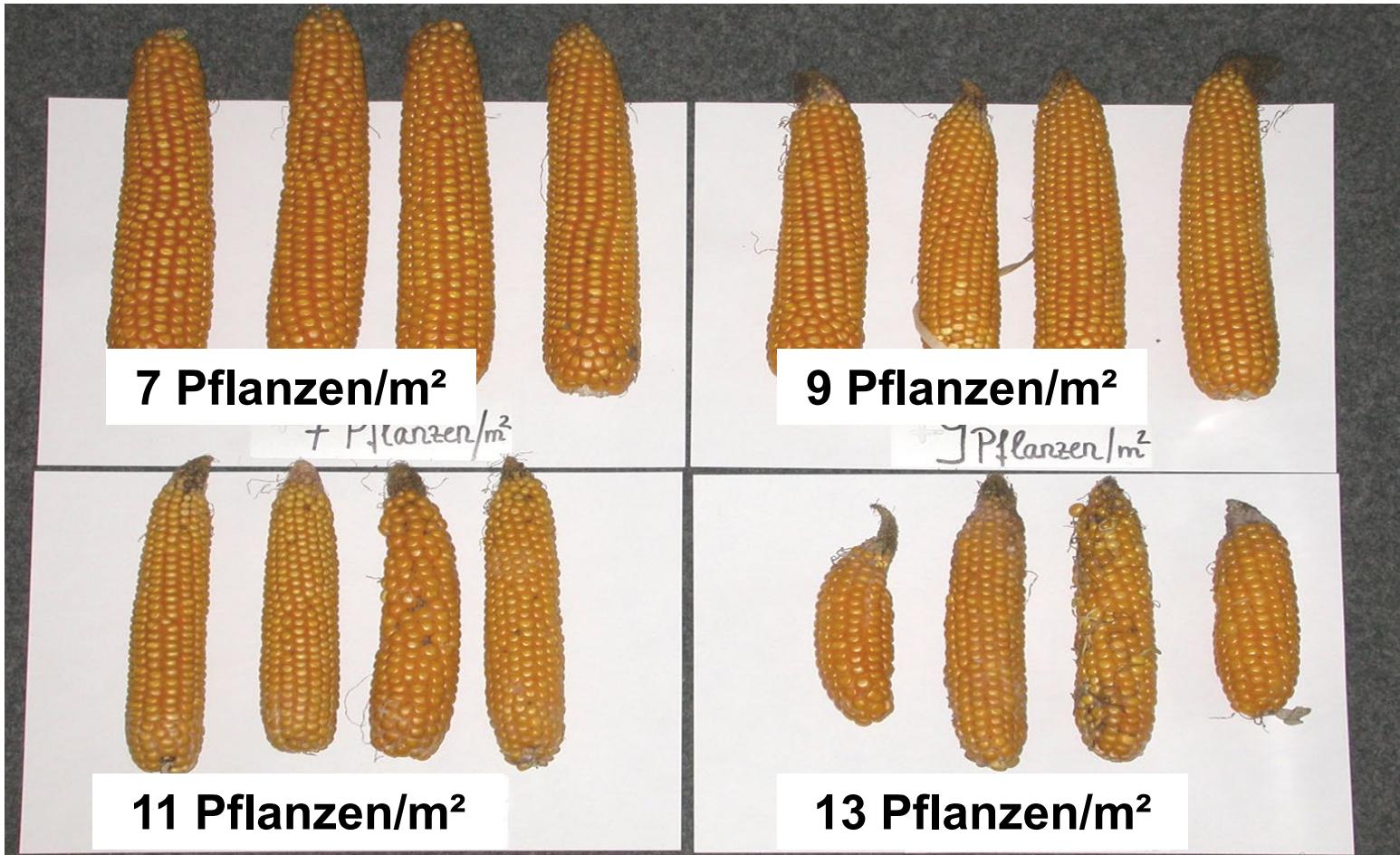
NEL / kg



Lager (%) bei Auftreten von Lagerereignissen (n = 7)



Bestandesdichte - Wassermangel



Empfehlungen zur Bestandesdichte Silomais

(Ausnahme: Ultrafrüher Mais → >10)

Mögliche Aufschläge:

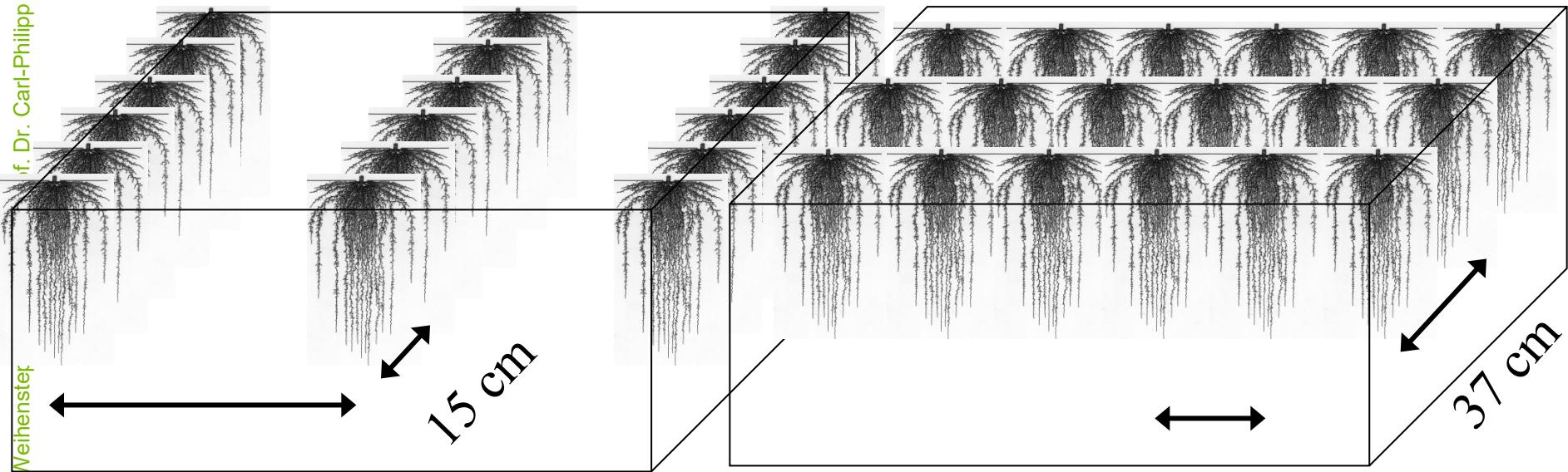
- Red. Keimfähigkeiten
- Schlechte Saatbettbedingungen

| Sortengruppen | Wasserversorgung der Böden | | |
|---|----------------------------|--------|---------------------------|
| | schlecht | mittel | gut |
| | häufige Trocken-schäden | | sichere Wasser-versorgung |
| anzustrebende Pflanzenzahl je m ² | | | |
| massenwüchsige Sorten | von ← | → bis | |
| I: Iléo, Agrogant, Agrolupo, Already, Amanova, Aroldo, Capuceen, Chelsey, Clementeen, Clooney, DKC 3327, DKC 3414, Emeleen, ES Blackjack, ES Traveller, Farmaquez, Farmpower, KWS Berro, KWS Monumento, KWS Lupolino, KWS Shako, Jakobo, Janeen, LID 2404 C, LG 30258, LG 31207, LG 31222, LG 31223, LG 31238, LG 31245, LG 31253, LG 31256, LG 31265, LG 31272, LG 31293, LG 32257, Maxoletta, Micheleen, Murphy, P 8329, P 8888, Quentin, Smartboxx, Senator, Wesley | 6 ← | → 8,5 | |
| II: Beppo, Haiko, Ludmillo, Amarola, Amarone, Amavit, Ashley, KWS Bernardinio, Bismark, Bone, Bots, Digital, DKC 3144, DKC 3323, DKC 3418, DKC 3419, DKC 3438, Evidence, Farmactos, Farmalou, Farmidabel, Farmirage, Farmoritz, Farmueller, Farmumba, Fight, Glutexo, Goodhead, Greatful, Honoreen, Jakleen, Jam, Justy, KWS Arturello, KWS Emporio, KWS Gustavius, KWS Johaninio, Lacorna, Ladino, LG 31205, LG 31212, LG 31215, LG 31227, LG 31240, LG 31276, Murphey, P 7364, P 7381, P 7647, P 8153, P 8255, P 8271, P 8317, P 8812, P 83224, Plutor, Purple, RGT Exxon, Rancador, Rooma, SU Crumber, SY Amfora, SY Bradford, SY Remco, SY Talisman | 7 ← | → 9,5 | |
| III: Dentrico, Grizmo, Agrosana, Amatino, DKC 3400, DKC 3888, KWS Nevo, LG 31219, Privat, RGT Alyxx, Snowy, Sumumba | 8 ← | → 10 | |
| kleinwüchsige Sorten | | | |

Nachteile zu hoher Bestandesdichten

- Höhere Saatgutkosten
 - Stärkeres Längenwachstum
 - Schlechte Kolbenausbildung bei Wassermangel
 - Erhöhte Lagergefahr
 - Erhöhtes Beulenbrandrisiko (Stresssymptom)
- Erhöhtes Anbaurisiko, besonders auf leichten Böden

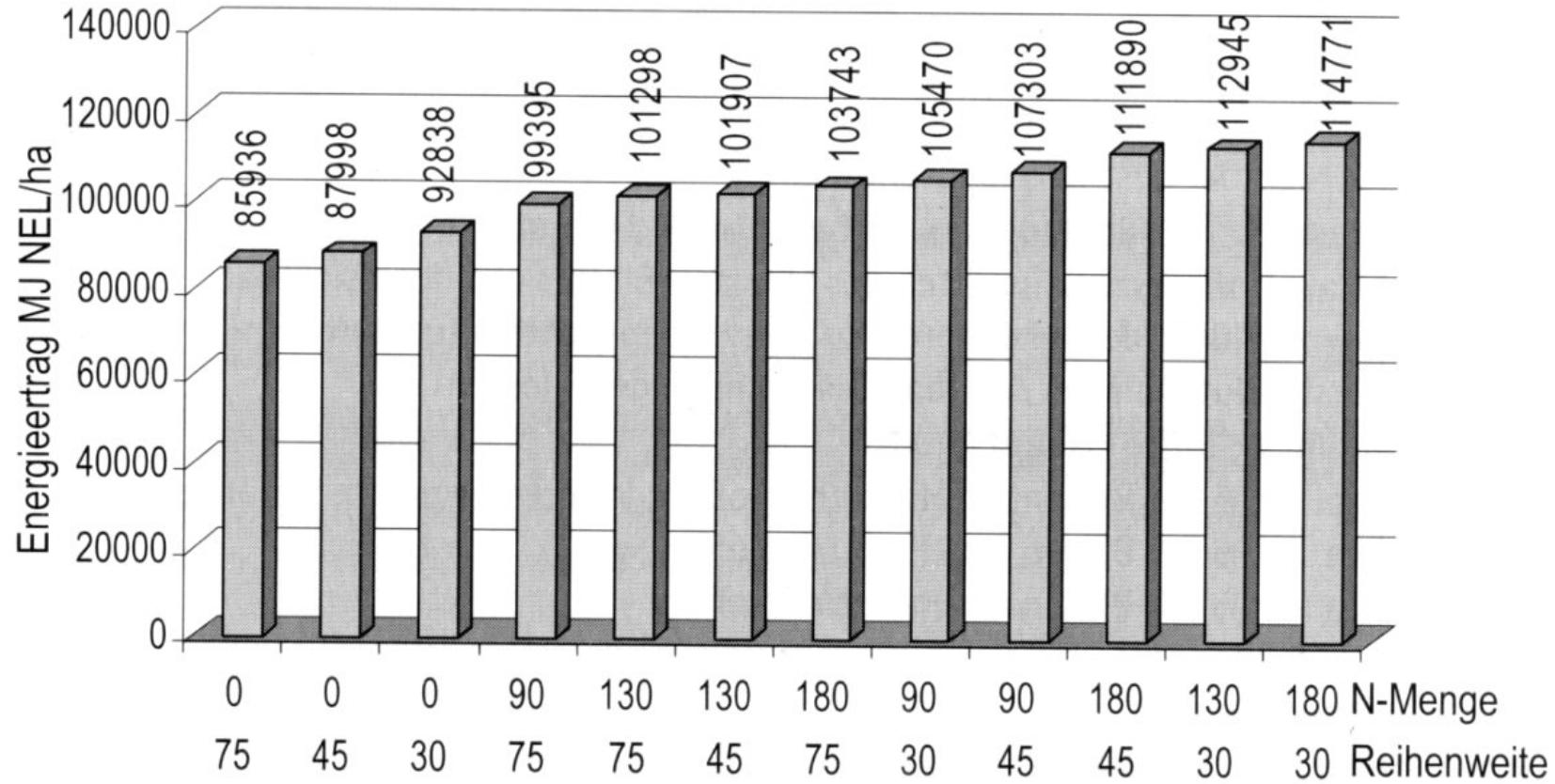
Standraumverteilung bei unterschiedlichen Reihenweiten



75 cm Reihenabstand

30 cm Reihenabstand

Energieerträge in Abhängigkeit von N-Düngung & Reihenweite



Rest-Nmin-Gehalte in Abhängigkeit von N-Düngung und

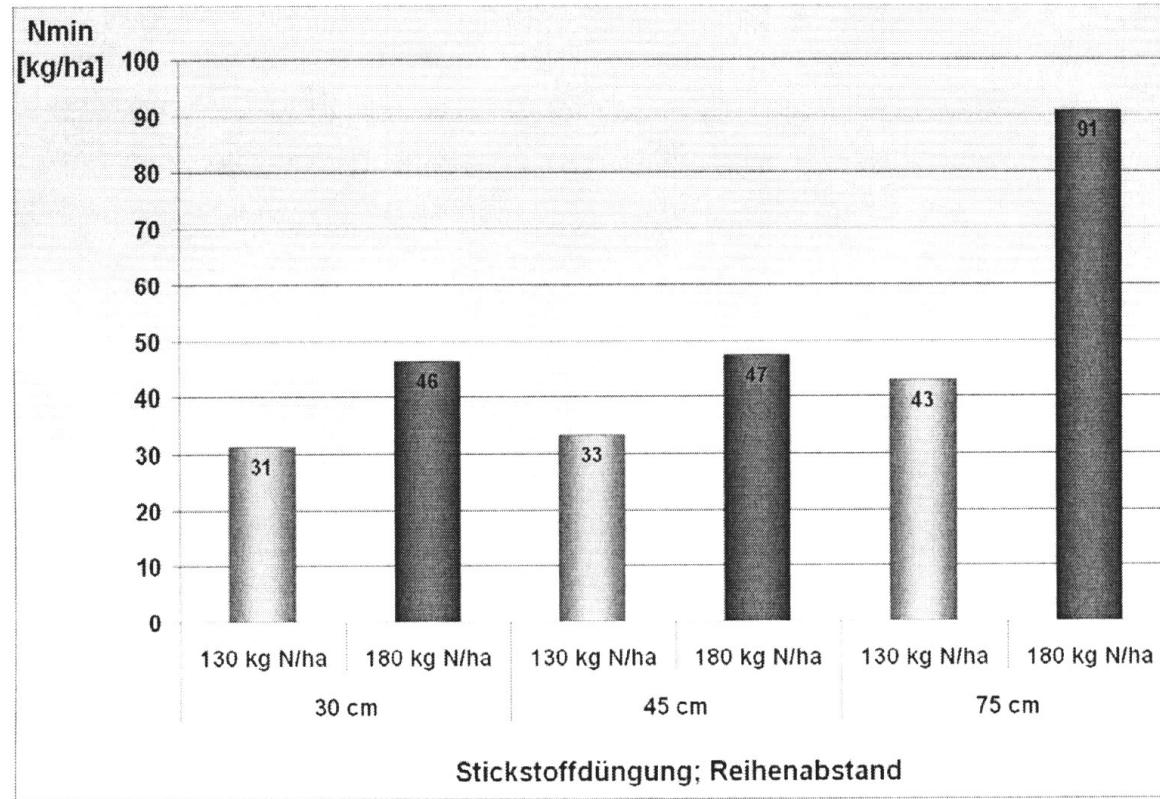
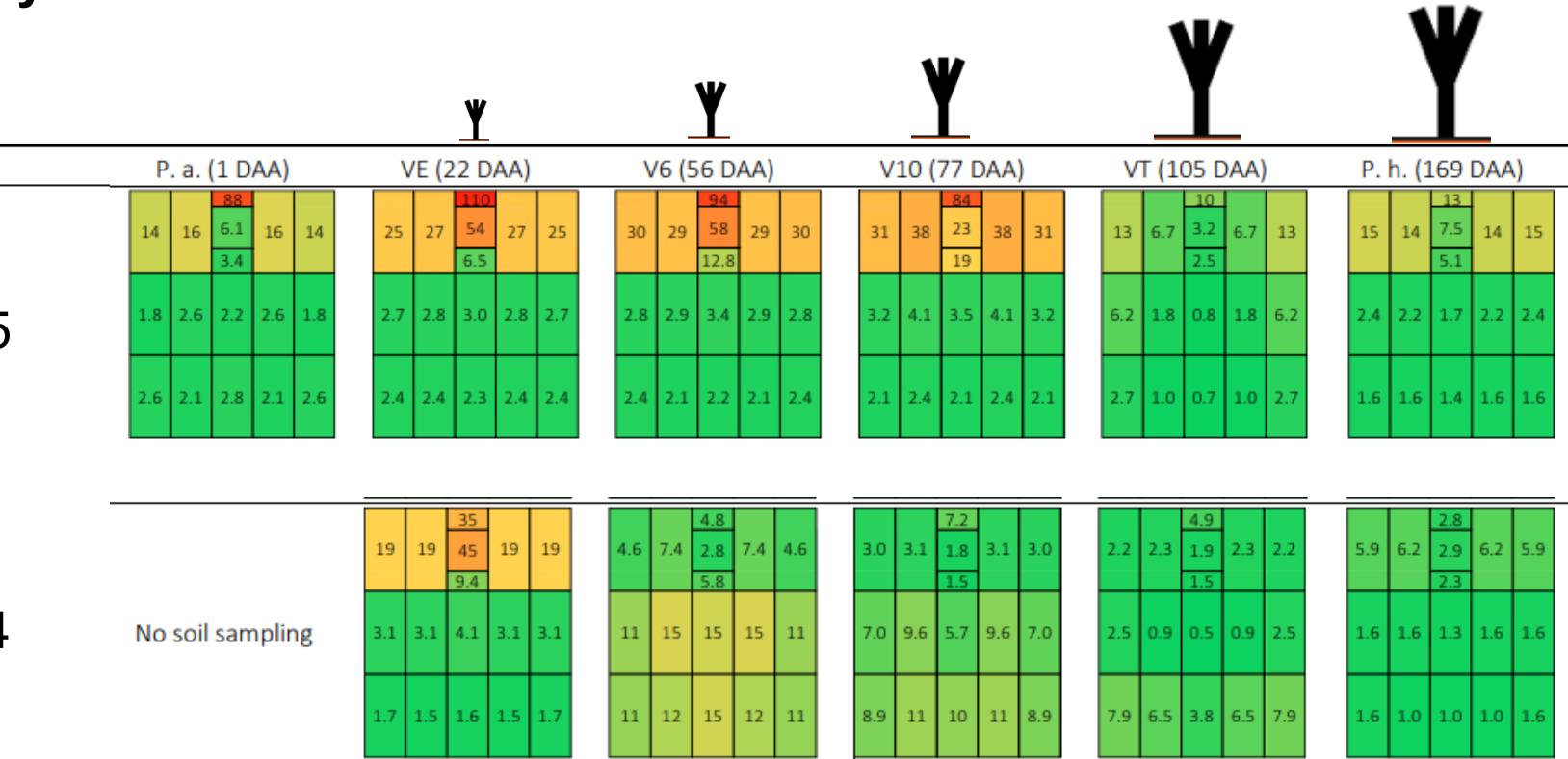


Abbildung 3 Einfluss der N-Düngung und der Reihenweite auf den Rest-Nmin-Gehalt nach der Silomaisernte, Standort Thülsfelde 1998 - 2000

N-Dynamik bei 75 cm Reihenabstand



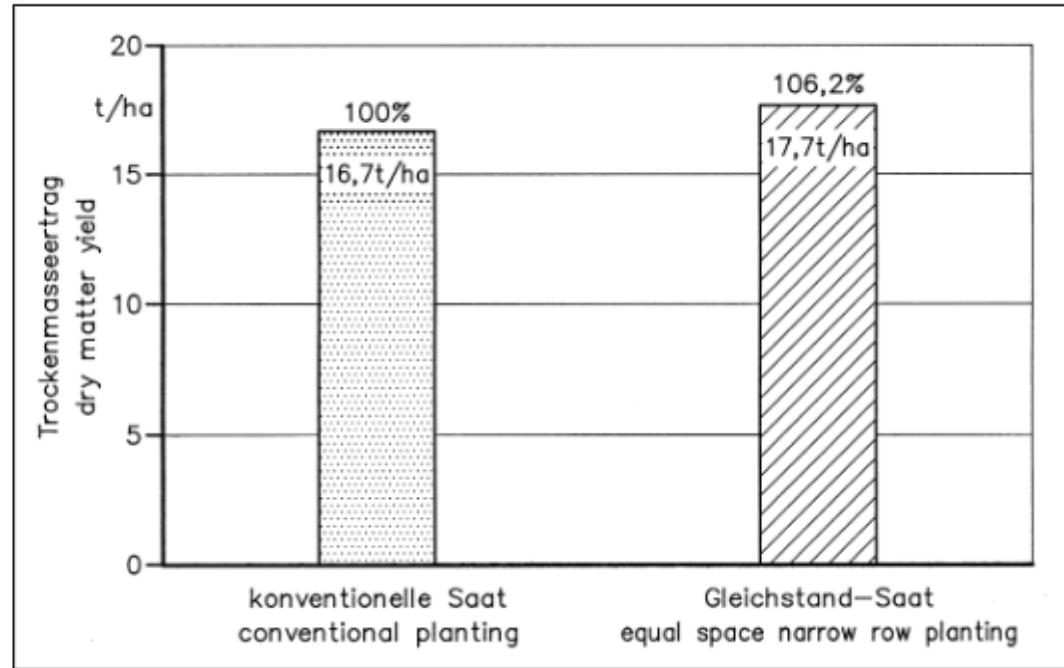
(Güllédüngung breit per Schleppschnauze + min. UFD)

2014: Sehr hohe Niederschläge in der Jugendentwicklung

2025: Sehr trockenes, kühles Maisjahr (DAA = Days after application)

**Bild 3: Absoluter und
relativer Silomais-
Trockenmasseertrag bei
konventioneller und
Gleichstandsaat**

**Fig. 3: Absolute and
relative silage maize
DM-yield of conventional
and of equal space
narrow row planted
maize**



früherer Bestandesschluss, etwas geringere Energiedichte

Unterschiedliche Reihenweiten und N-Düngung - Mittel der Standorte Bramstedt, Dasselsbruch und Rockstedt 02-03

Trockenmasseertrag dt/ha abs.

| Reihenweite | ohne Düngung | 100 kg/ha N | 140 kg/ha N | 180 kg/ha N | Mittel |
|---------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|--------|
| 75 cm | 102,5 | 134,7 | 143,8 | 152,5 | 133,4 |
| 37,5 cm | 100,1 | 135,4 | 144,0 | 157,8 | 134,3 |
| Mittel | 101,3 | 135,0 | 143,9 | 155,1 | |

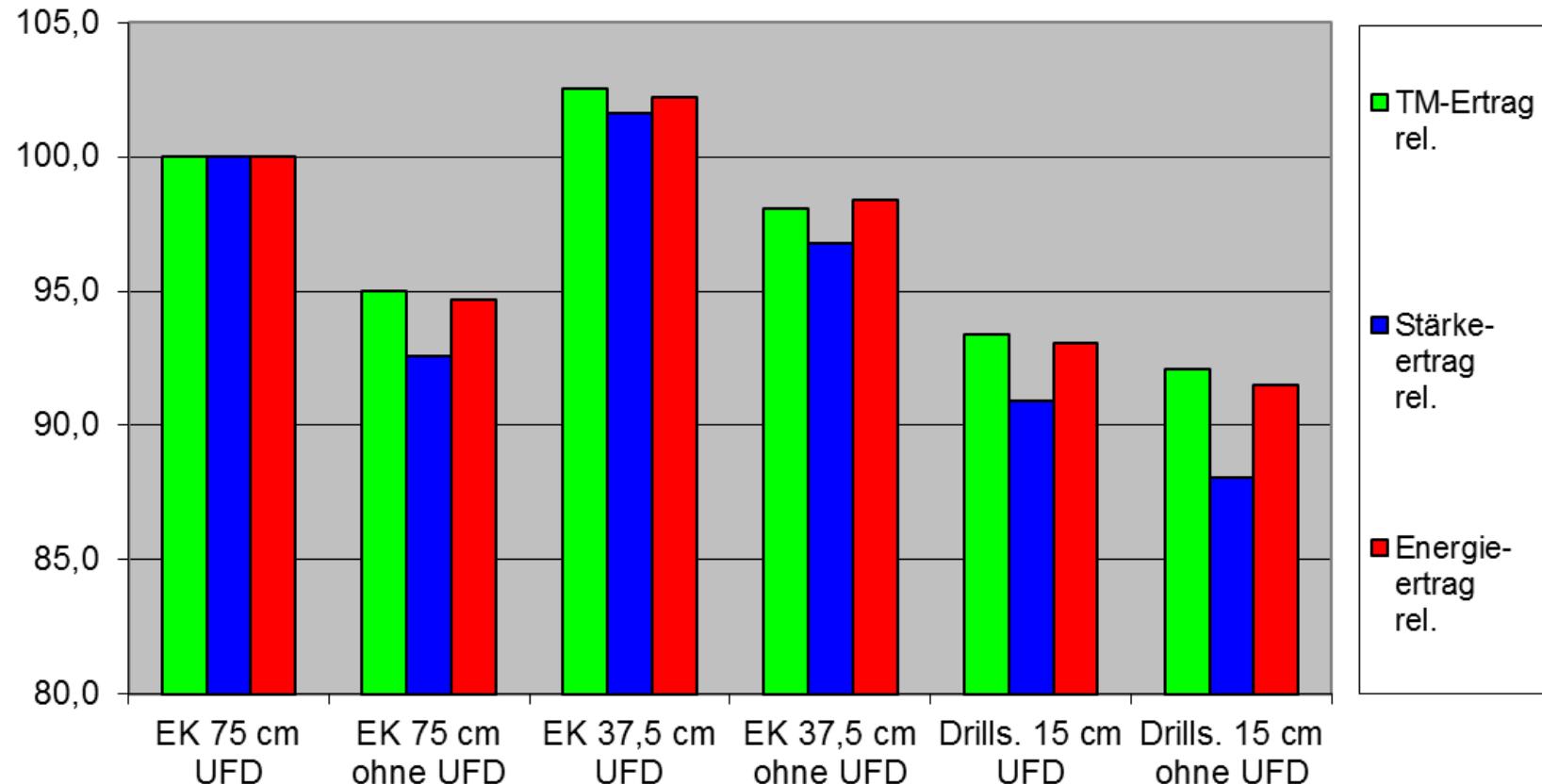
Energiedichte MJ NEL/kg abs.

| | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| 75 cm | 6,60 | 6,60 | 6,59 | 6,63 | 6,60 |
| 37,5 cm | 6,57 | 6,47 | 6,52 | 6,57 | 6,53 |
| Mittel | 6,59 | 6,54 | 6,55 | 6,60 | |

Energieertrag GJ NEL/ha abs.

| | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------|
| 75 cm | 68,3 | 89,6 | 95,7 | 101,9 | 88,8 |
| 37,5 cm | 66,3 | 88,4 | 94,4 | 104,3 | 88,4 |
| Mittel | 67,3 | 89,0 | 95,0 | 103,1 | |

Silomaiserträge in Abhängigkeit von Reihenweite/Saatverfahren und UFD, 2007 - 2010; n = 8



Vorteile verminderter Reihenabstände bei Mais

- Bessere Standraumaufteilung → früherer Bestandesschluss, durch gute Nährstoff- und Wasserversorgung → höhere Erträge
- Weniger Bodenerosion
- Geringere Wasserverdunstung
- Weniger Konkurrenz der Pflanzen untereinander
- Bessere Entwicklung/Ertragssicherheit der Maispflanzen
- Gleichmäßigeres Wachstum

Vorteile verminderter Reihenabstände bei Mais

- Höherer Kolbenanteil (möglich)
- Bessere Nährstoffausnutzung aus dem gesamten Bodenbereich
- Verminderte Spätverunkrautung
- Geringere Restnitratgehalte nach der Ernte
- Höhere Maschinenauslastung, Einsatz zu Raps und Rübe
- ggf. Finanzielle Förderung in Wasserschutzgebieten

Nachteile verminderter Reihenabstände bei Mais

- Leicht erhöhte Aussaatkosten
- Spezialmaschinen – insb. Pflege
- ggf. Anlage von Fahrgassen
- Reihenunabhängige Ernte erforderlich

Zusammenfassung Reihenweite

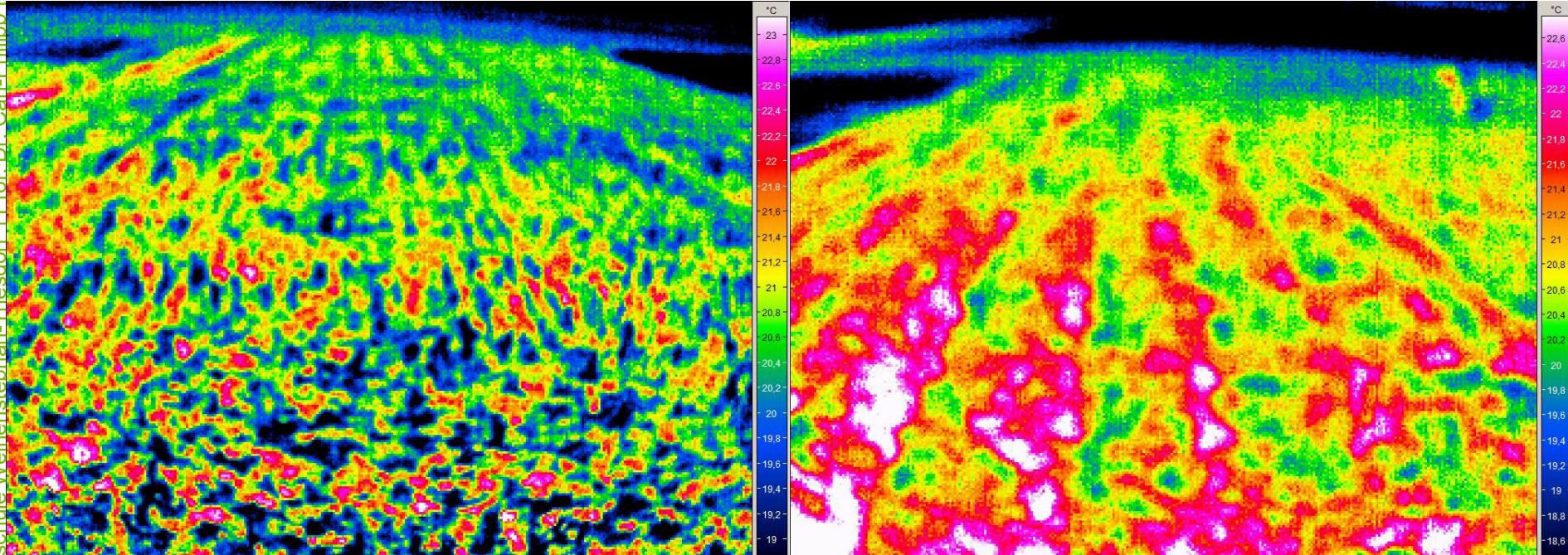
- Bei gleichbleibenden Pflanzenzahlen pro Flächeneinheit führte eine Reduzierung der Maisreihenweiten zu einem leichten Anstieg des Silomaisertrages,
 - ggf. kann durch Steigerung der Aussaatstärke (+ 0,5 – 1 Pfl./m²) weiterer Ertragszuwachs erzielt werden.
- Eine Reduzierung der Maisreihenweiten führte zu einem Anstieg der Ertragswirksamkeit der N-Düngung → N-Effizienz gesteigert
 - Ein engerer Reihenabstand führte entsprechend zu geringeren Rest-Nmin-Gehalten nach der Mäisernte.
- Maschinen können ggf. besser ausgelastet werden, z.B. durch Rüben- und Rapsaussaat.

Bodenbearbeitung

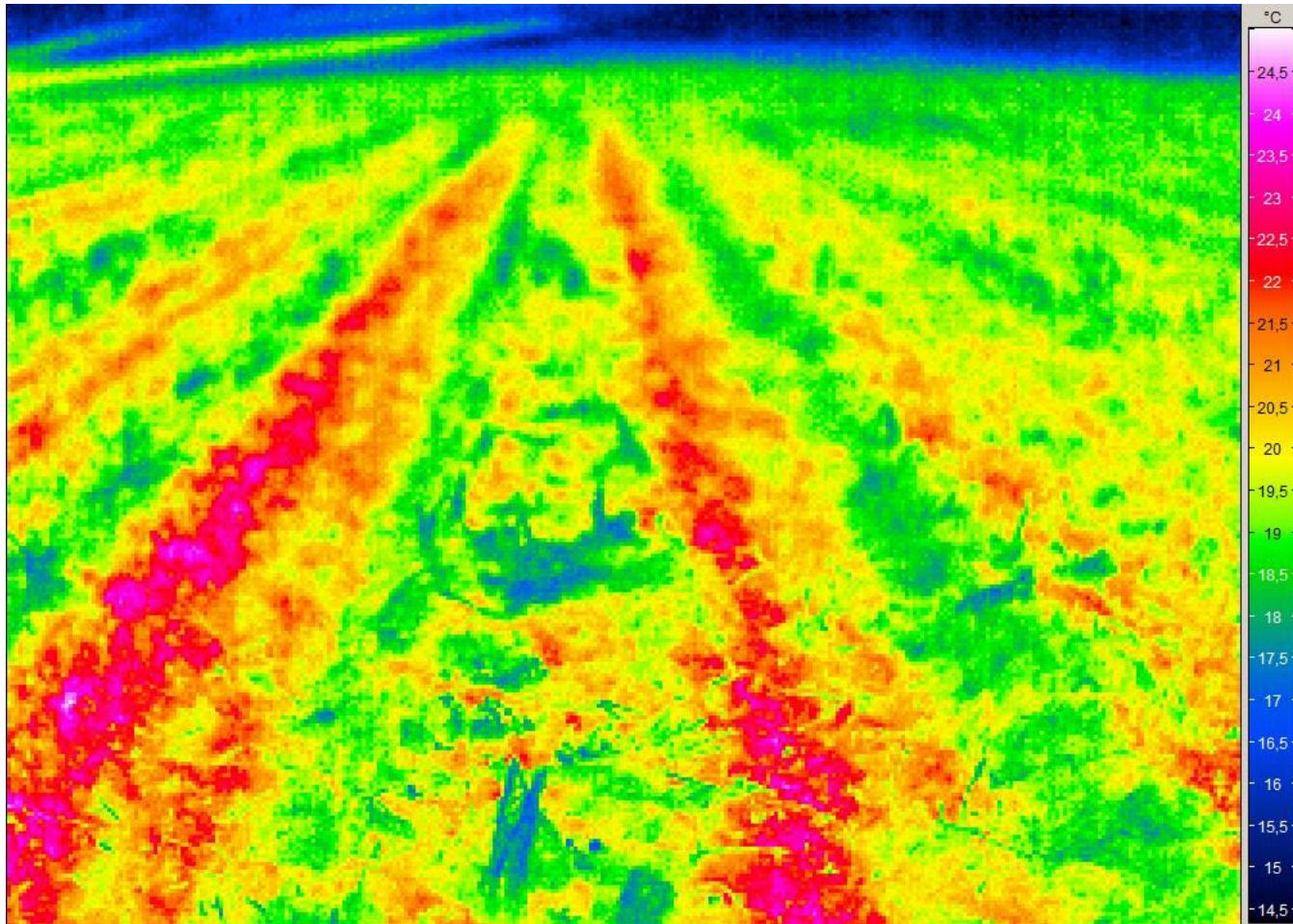
Ziele der Bodenbearbeitung

- Einarbeitung organischer Dünger
- Ggf. Aufbrechen von Strukturschäden (Dichtlagerungen etc.)
 - Sichert tiefe Durchwurzelung
 - Versorgung mit Wasser und Nährstoffen
- Brechung einer Feldfutternarbe (z.B. Welsches Weidelgras)
- Beikrautbekämpfung / ggf. Abtötung (restl.) Zwischenfrucht
- Förderung der Erwärmung des Bodens (min. 8°C)
- Gleichmäßigen Auflauf sicherstellen
 - Ungleichmäßiger Auflauf hat Ertragsverluste zur Folge
 - Späteres Blühen
 - Verzögertes Pollenangebot → Befruchtungsstörungen
 - Konkurrenz zw. unterschiedlich entwickelten Pflanzen

Bodenerwärmung Direktsaat versus Pflug



Bodenerwärmung Streifenbodenbearbeitung





Grundsatzregel(n)

- **So viel wie nötig, so wenig wie möglich!**
- Fahrspuren/Verdichtungen unter der späteren Reihe vermeiden (bereits bei der Düngung und Saatbettbereitung)

Bodenbearbeitungsverfahren: Pflug

- „Reiner Tisch“: Relativ geringer (Wurzel-) Unkrautdruck, gute und einfache Feldhygiene durch saubere Einarbeitung von org. Material
- Gute Bodenerwärmung → fördert die Jugendentwicklung sehr stark (C4-Pflanze!)
- Hohe Evaporation aus der Fläche (ungenutzte Verdunstung aus der Bodenoberfläche)
- V.a. bei starken strukturellen Schäden / Dichtlagerungen (z.B. auch Sand) oder spezifischen Bodenarten/typen (z.B. Herbstfurche auf schweren Tonböden)
- wichtige Folgemaßnahme (im Frühjahr): Gute und sofortige Rückverfestigung
- Wichtig zu differenzieren:
 - Frühjahrsfurche
 - Herbstfurche
 - Sommerfurche nach Vorkultur + Zwischenfrucht









Bodenbearbeitungsverfahren: Mulchsaat

- In unterschiedlicher Intensität möglich (flach / tief; grob / fein)
- Durch reduzierte Bodenbearbeitung + Mulch verringerte Evaporation
- Besserer kapillarer Aufstieg von Bodenwasser
- Nutzbare Feldkapazität steigt
- Je nach Intensität suboptimale Bodenerwärmung, verschlechterte Bedingungen für Jugendentwicklung des Maises
- Fachlich anspruchsvolleres Pflanzenschutzmanagement
 - im Mais i.d.R. kein Problem





Bodenbearbeitungsverfahren: Direktsaat

- Wichtig:
 - System muss über die gesamte Fruchtfolge (mindestens ab Ernte Vorkultur) gedacht werden...
- Häufig: Erschwerte Jugendentwicklung für den Mais (verzögerte Erwärmung)
- Ertragseinbußen bei genügend Bodenfeuchte über die gesamte Vegetation
- Deutliche Reduzierung der Anbaukosten
- Guter kapillarer Aufstieg, hohe nutzbare Feldkapazität → klare Vorteile bei Trockenheit
- Idealer Erosionsschutz, beste „Regenverdauung“ und Schonung des Bodenlebens

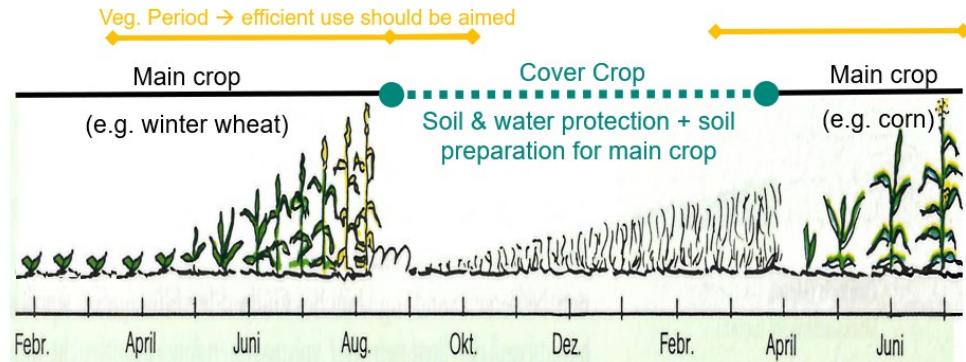




Voraussetzung für eine erfolgreiche Mulch-/Direktsaat...



... eine gute Zwischenfrucht



Mehrwert durch die Zwischenfrucht

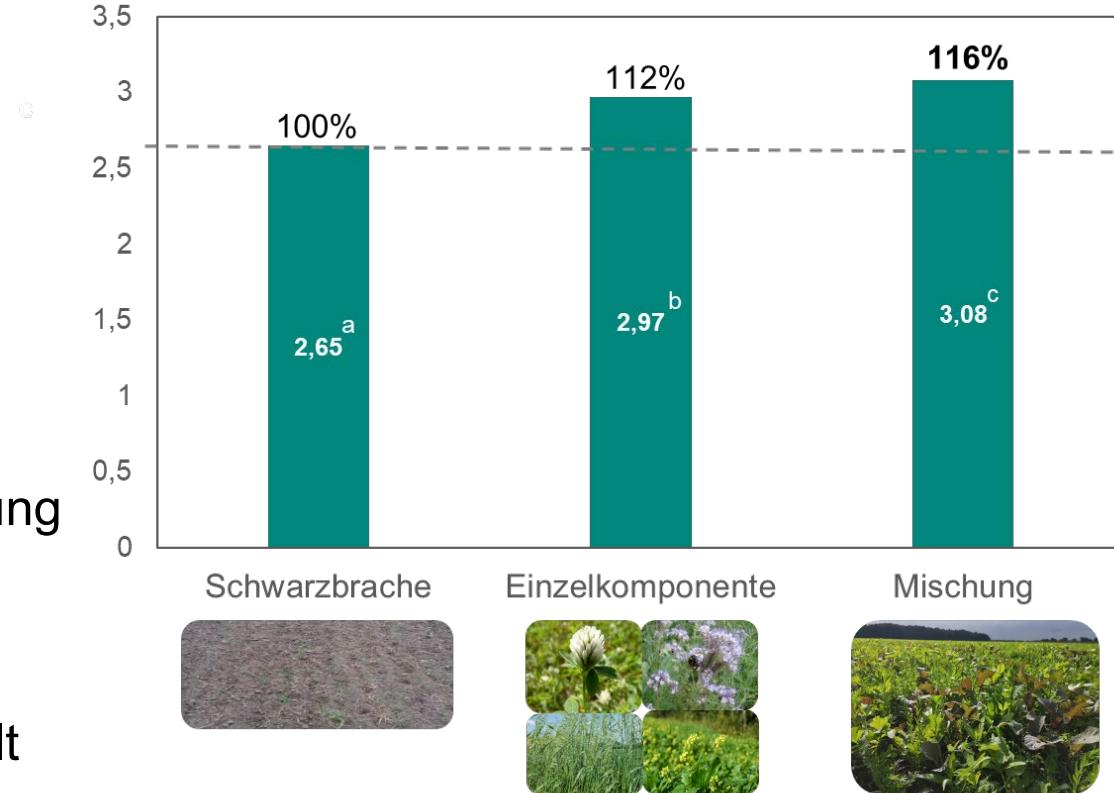
- Unkrautregulierung
- Nährstoffüberführung
 - Grundwasserschutz
 - Nährstoffversorgung des Maises
- Schutz vor Extremwitterung
 - Bodenerhitzung
 - Starkregen
- Verbesserung der Wasserhaltekapazität und -aufnahme
- Humusaufbau
- Förderung des Bodenleben / Mikrobiom
- Stabilisierung der Bodenstruktur
- Phytosanitäre Vorteile (bei der richtigen Zwischenfrucht)
- Mykorrhizierung
- ...

Zwischenfrucht:

Stabilisierung der Bodenstruktur Ø der stabilen Bodenaggregate (mm)

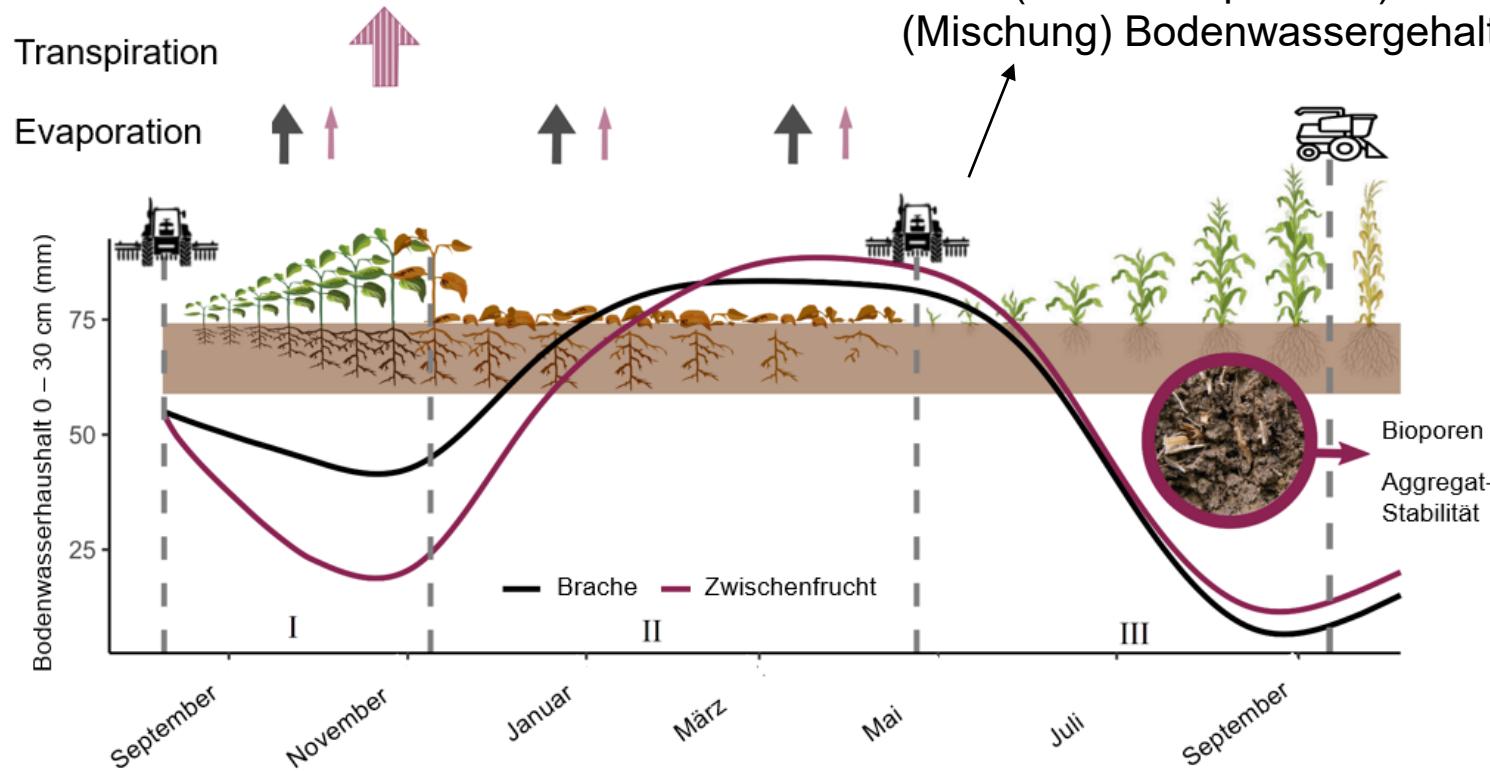
Mehrwert?

- Höhere Tragfähigkeit
- Weniger Bodenerosion
- Geringerer Bedarf an Bodenbearbeitung
- Rückstabilisierung nach notwendiger Bodenbearbeitung
- Mehr Lebensraum für Bodenleben
- Verbesserter Wasserhaushalt



Zwischenfrucht: Wasserhaushalt

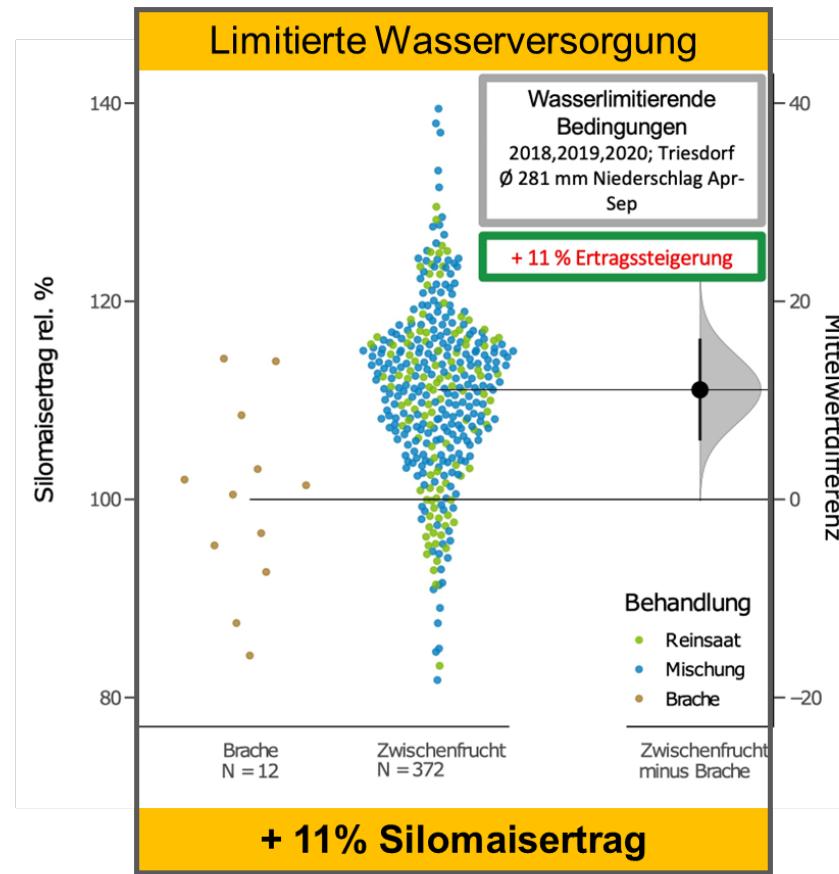
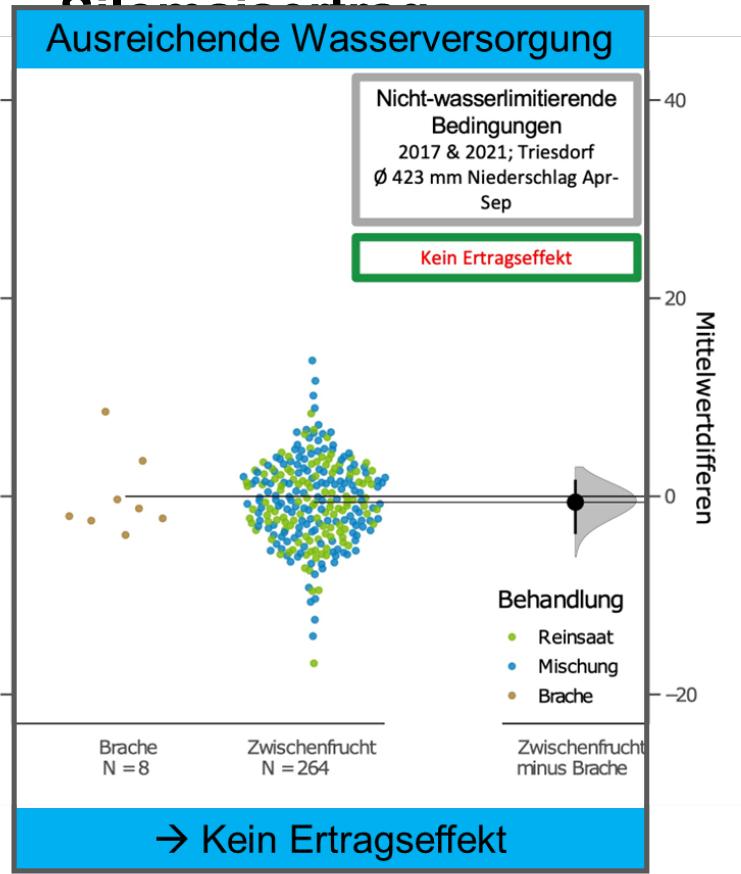
Bei abfrierender/abgetöteter ZWF:
+ 7% (Einzelkomponente) bis +11,5%
(Mischung) Bodenwassergehalt



Jahresverlauf des Bodenwassergehaltes: Abfrierende Zwischenfrucht vs. Brache (Gentsch et al., unveröff.)

60 → Bei guter Bodenstruktur: Bodenbearbeitung nur bis auf Tiefe der Saatgutablage

Zwischenfrucht: Wasserhaltefähigkeit sichert den Ertrag



Streifenbodenbearbeitung

FÜNF GUTE GRÜNDE FÜR DIE STREIFENBEARBEITUNG



- ① Schnellere Erwärmung des bearbeiteten Streifens für einen raschen Feldaufgang.
- ② Speicherung der Feuchtigkeit und Erhaltung der Kapillarität im Boden zur besseren Aufnahme des Regenwassers zwischen den Reihen.
- ③ Bodenlockerung in der Tiefe ohne Sohlenbildung.
- ④ Verbleib von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche, dadurch Verringerung der Unkrautbelastung in den Zwischenreihen.
- ⑤ Zeit- und Kraftstoffersparnis.





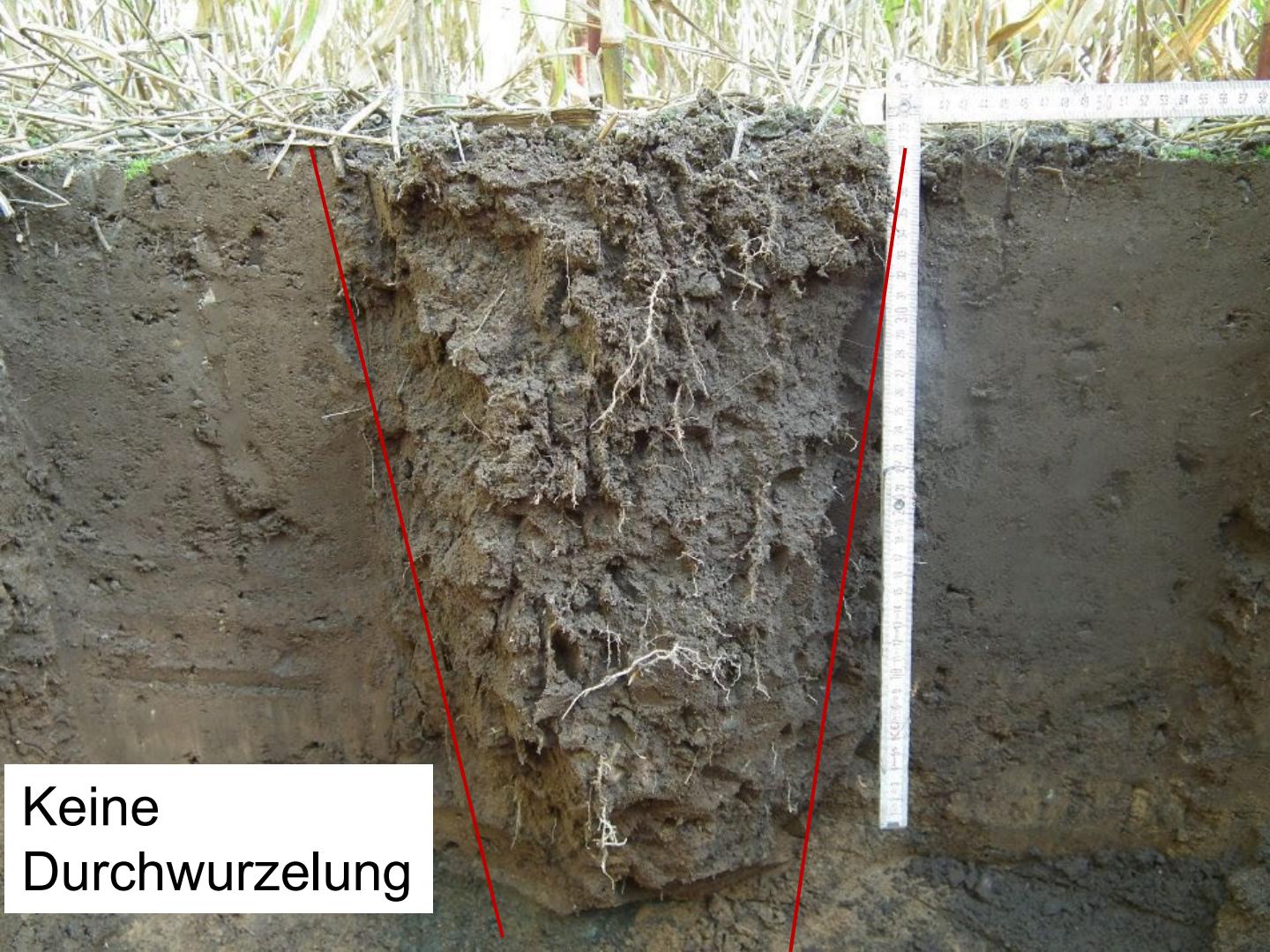












Bodenbearbeitung - Zusammenfassung

- Notwendige/ertragsoptimierte Intensität der Bodenbearbeitung ist stark standort- und jahresabhängig; Grundsätzlich bildet eine gute Bodenstruktur die Basis für insg. möglichst geringeren BB-Bedarf.
- Je intensiver die Bodenbearbeitung, desto größer der Feuchtigkeitsverlust.
- Wassersparen bedeutet im Pflanzenbau weniger intensive Bodenbearbeitung.
- Bei immer ausreichender Bodenfeuchte führt reduzierte Bodenbearbeitung zu leicht verringerten Kosten und Erträgen.
- Unter trockenen Bedingungen führt reduzierte Bodenbearbeitung zu deutlichen Ertragsvorteilen.
- Die Direktsaat von Mais führt zu größten Wassereinsparungen, die nur bei extremer Trockenheit entscheidend sein können.

→ Was ist langfristig das richtige System?

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit