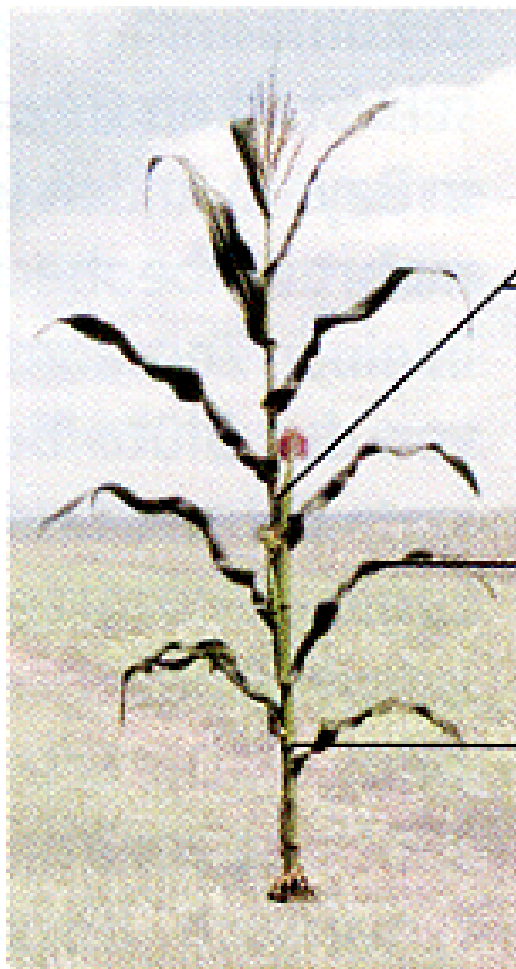


Landwirtschaftliche Nutzpflanzenkunde

LT3 - Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

01.12.2025



40 – 50 %

Korn
~90%

45 – 60 %

Kolben
~85%

8 – 12 %

Spindel
~65%

100 %

Ganzpflanze
70 – 75 %

22 – 30%

Blätter
~65%

40 – 55%

Restpflanze
~62%

18 – 25%

Stängel
~60%

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 $< -3\text{ °C}$ 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

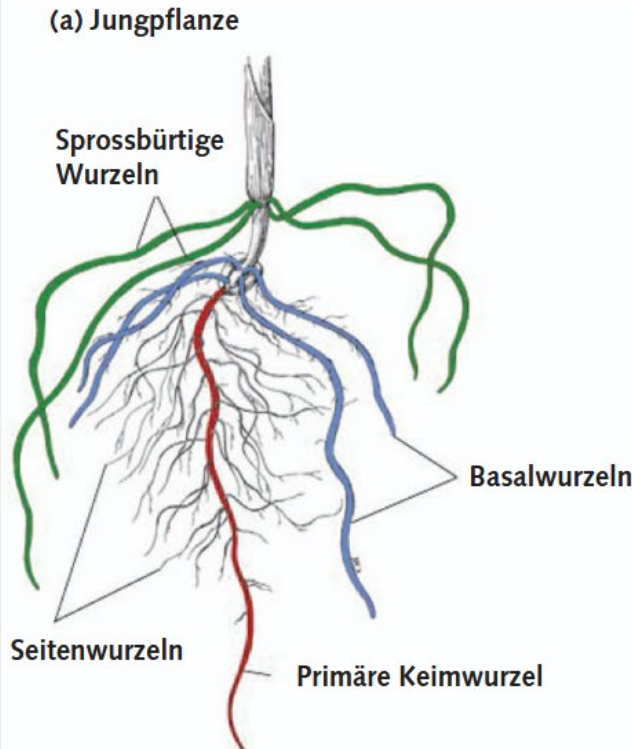
L: 30 dt CaO

Durchwurzelbarkeit / Störschichten / Wasserführung

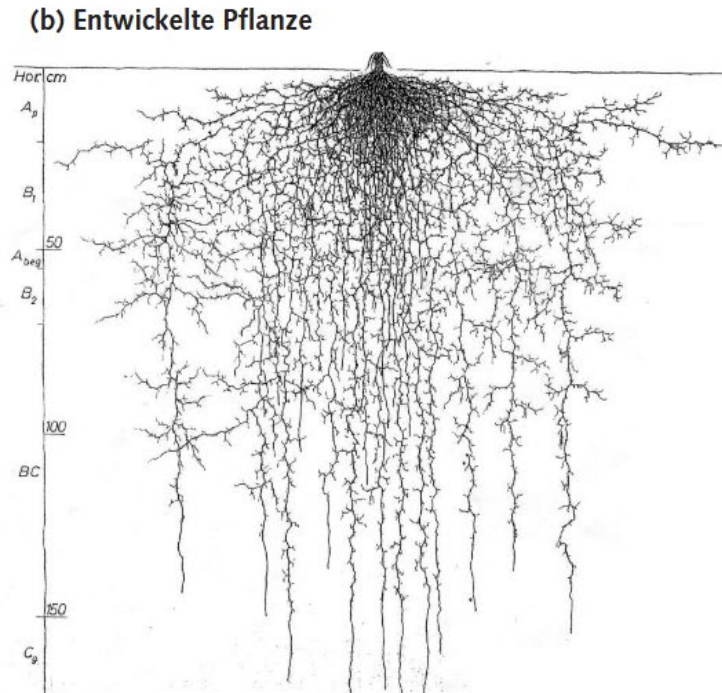


Abb. 3: Wurzelsystem einer jungen und entwickelten Maispflanze

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



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

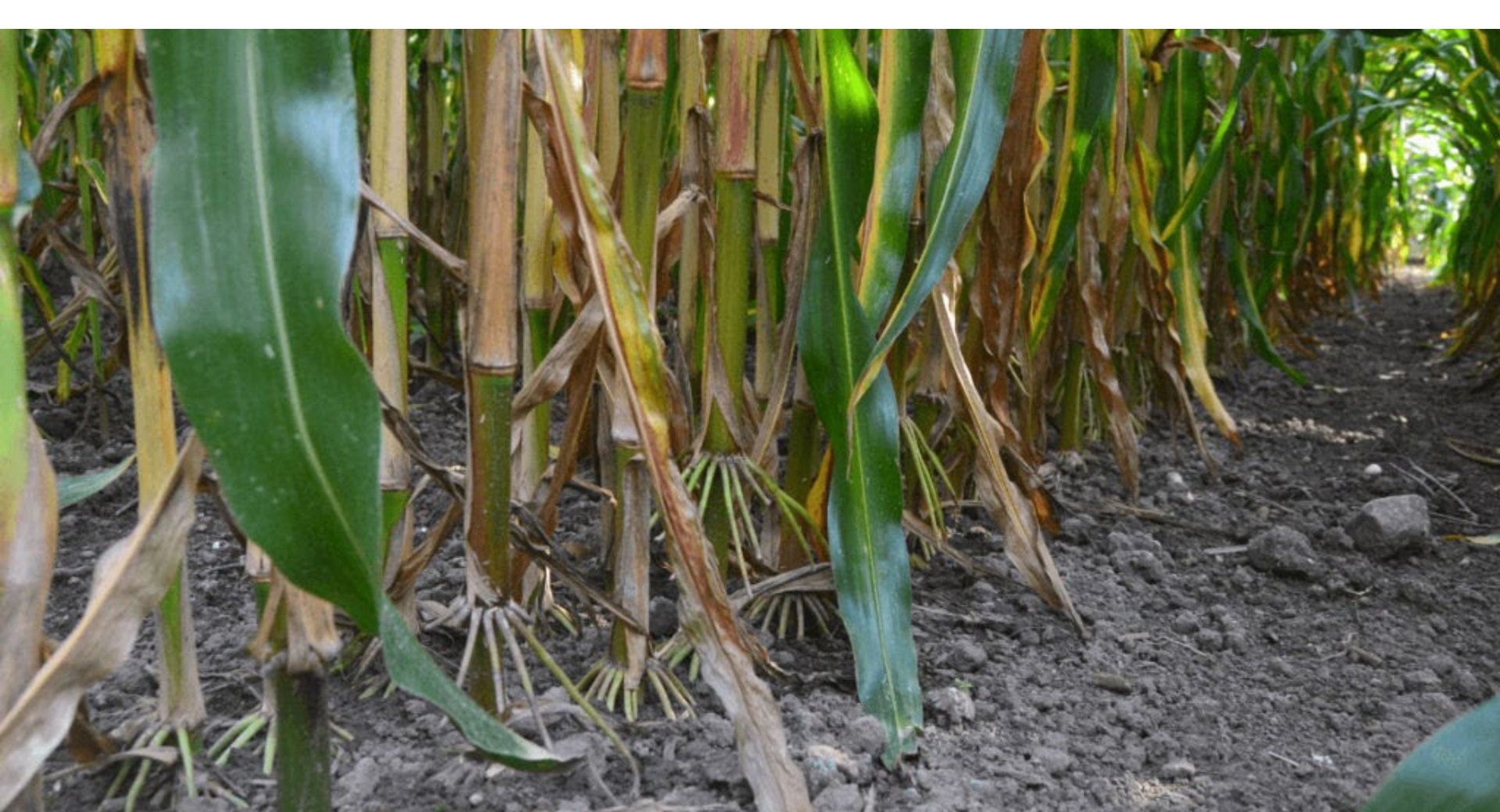
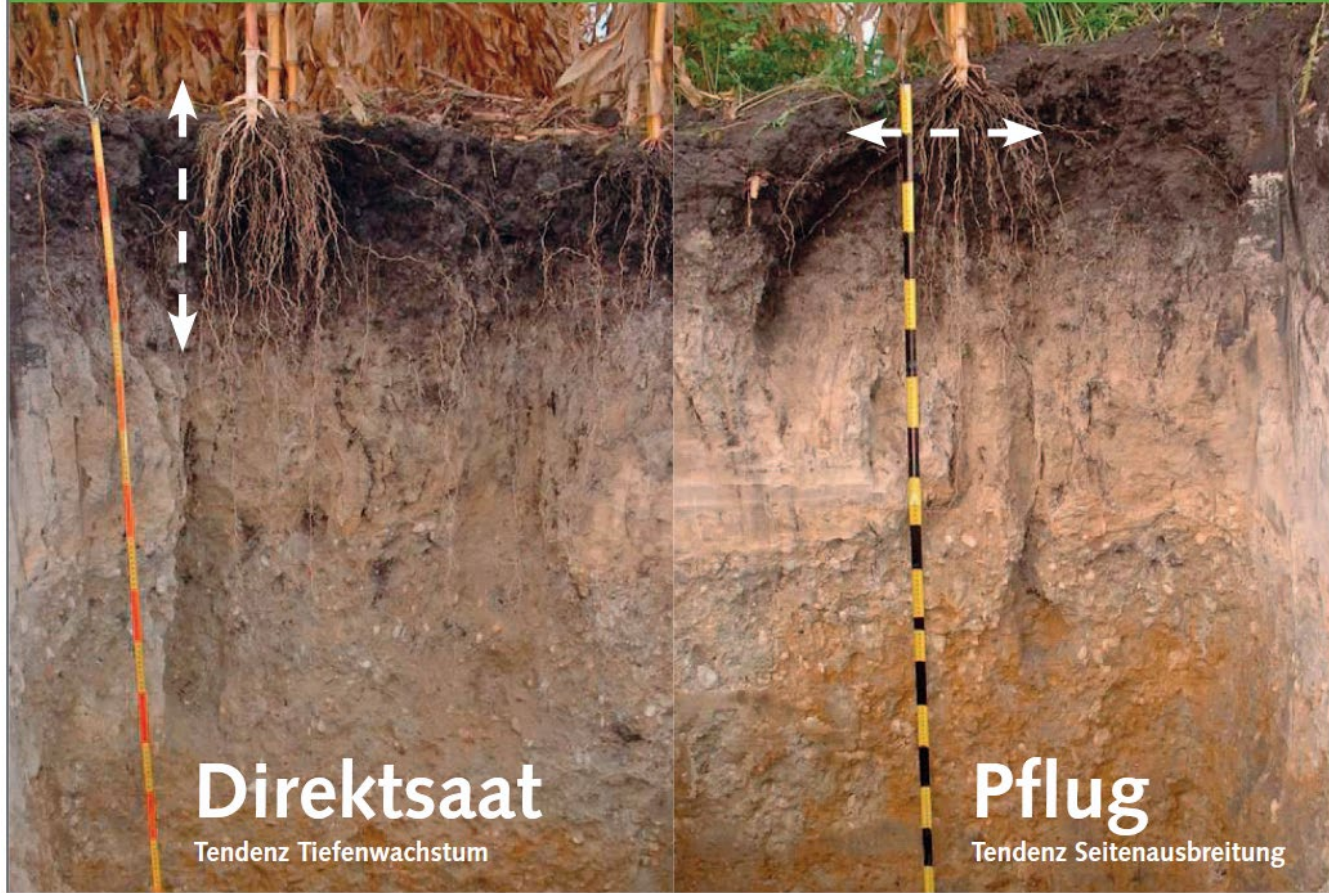


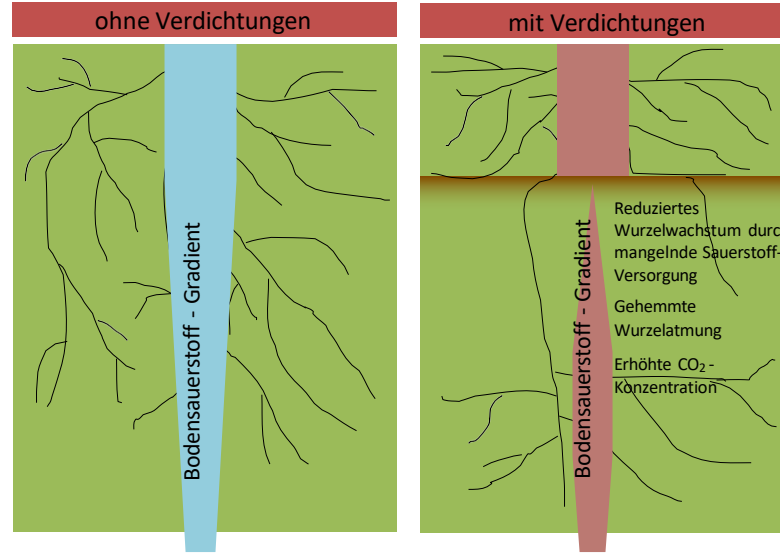


Abb. 4: Freilegung von Maiswurzelsystemen bei zwei Bodenbearbeitungssystemen

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

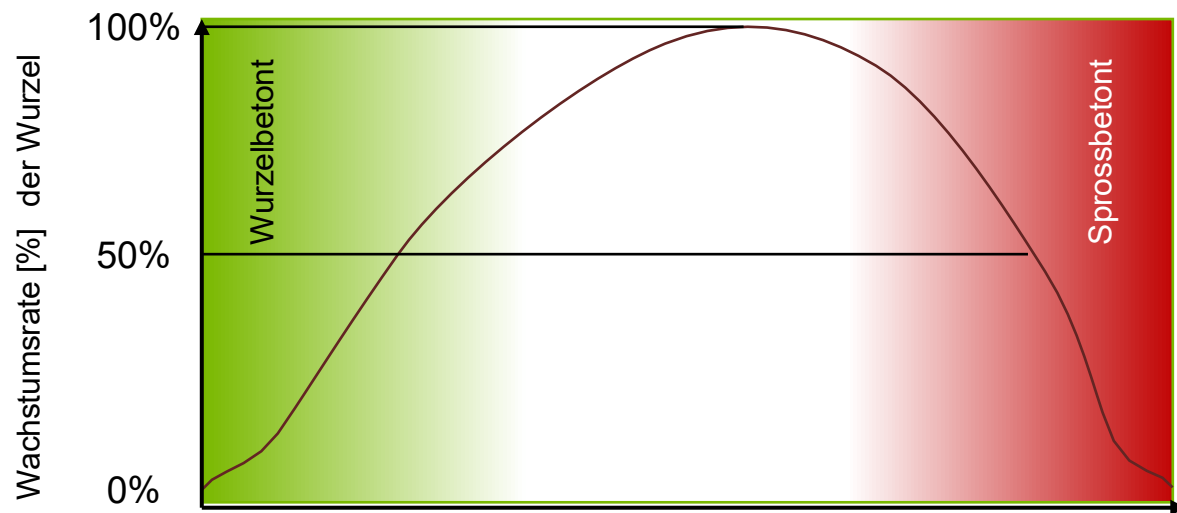


Gehemmter Gasaustausch unter Sohlen und Scherflächen



Was beeinflusst Wurzelwachstum?

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



Kultur	Bodentemperatur [°C]	
Erbse	9	33
Ackerbohne	12	32
Raps	16	32
Hafer	9	32
Weizen	8	31
Mais	17	37

nach Keppler (1987)

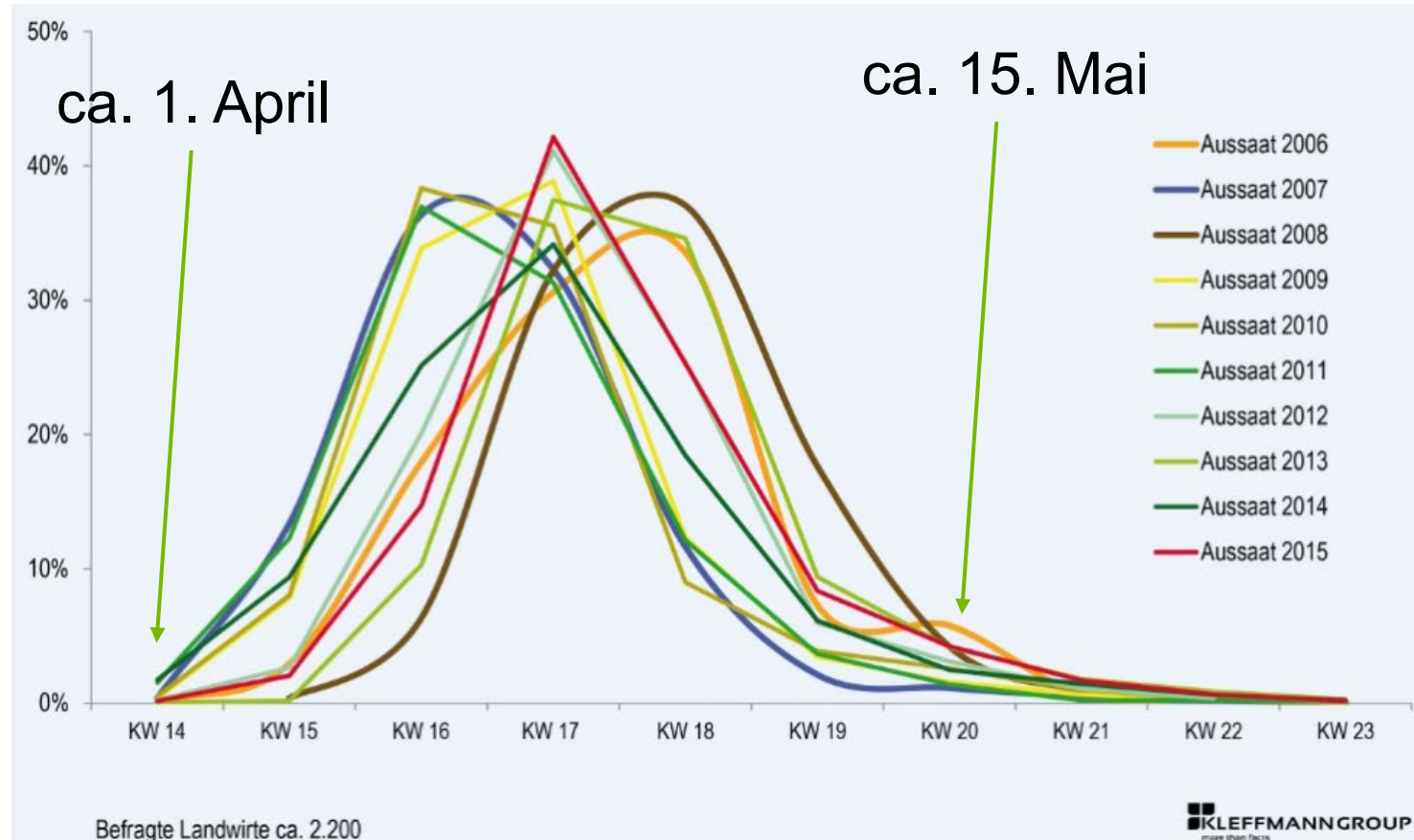


Anbau

Aussaat und Bestandesdichten

- Bodentemperatur $> 8^{\circ}\text{C}$, 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 Düngiband 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 Maisausaat 2006-2015



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

100% = 209 dt/ha TM

100% = 70 dt/ha

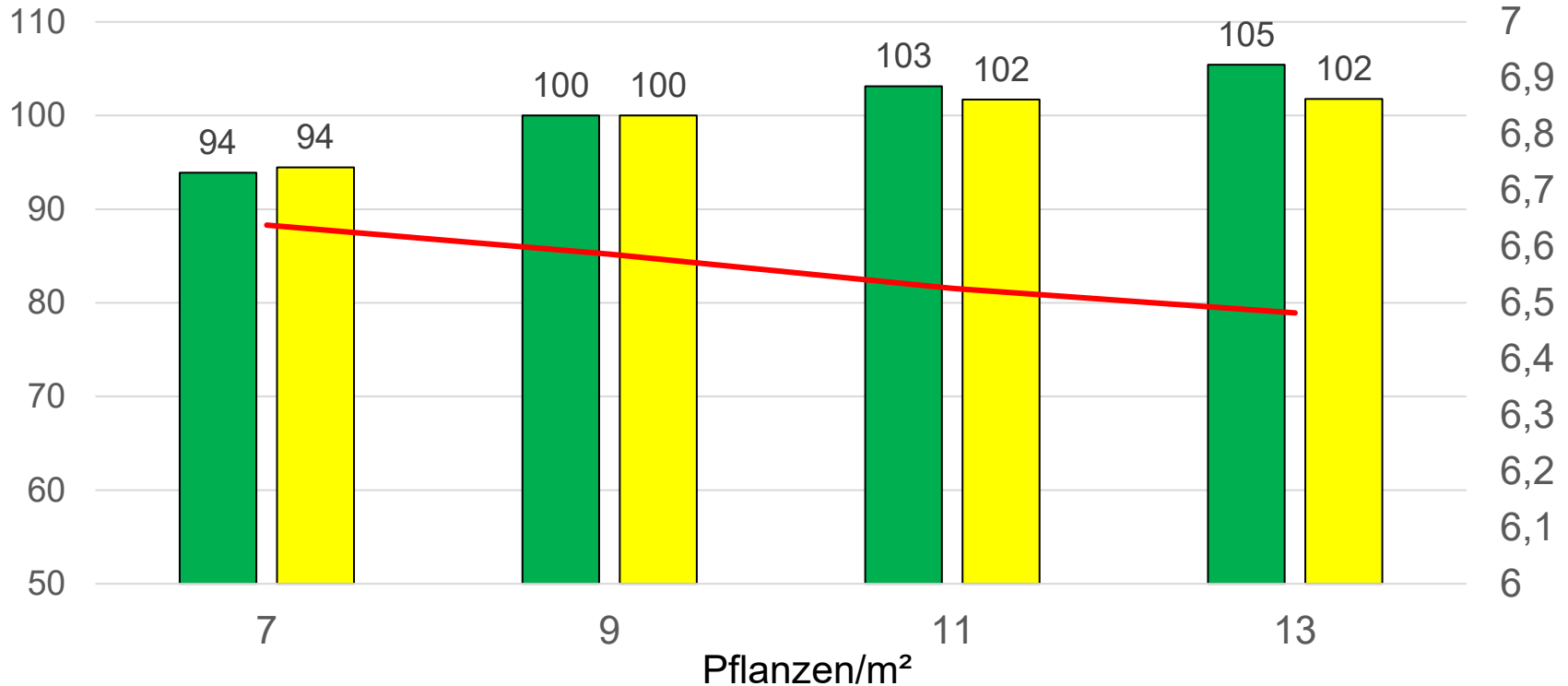
Stärke
(%)

■ TM dt/ha rel

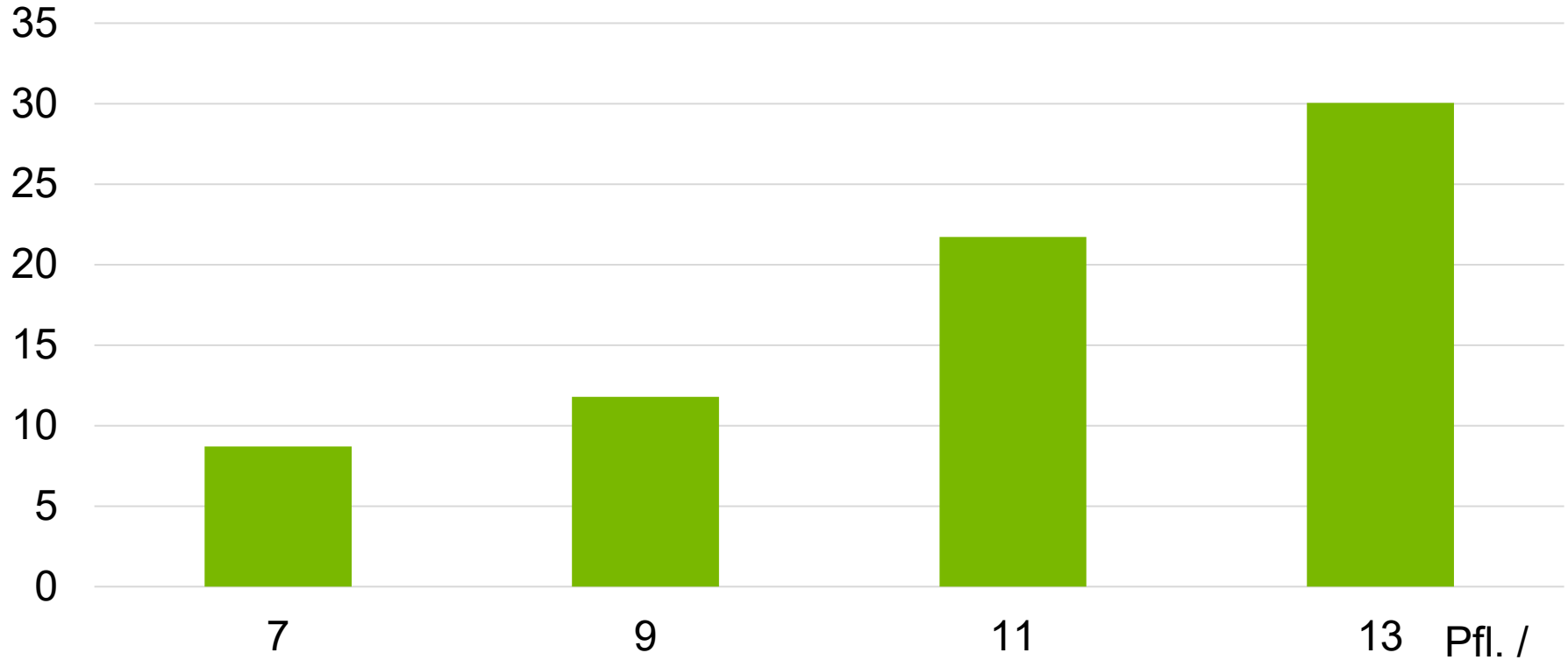
■ Stärke dt/ha rel.

— MJ NEL/kg

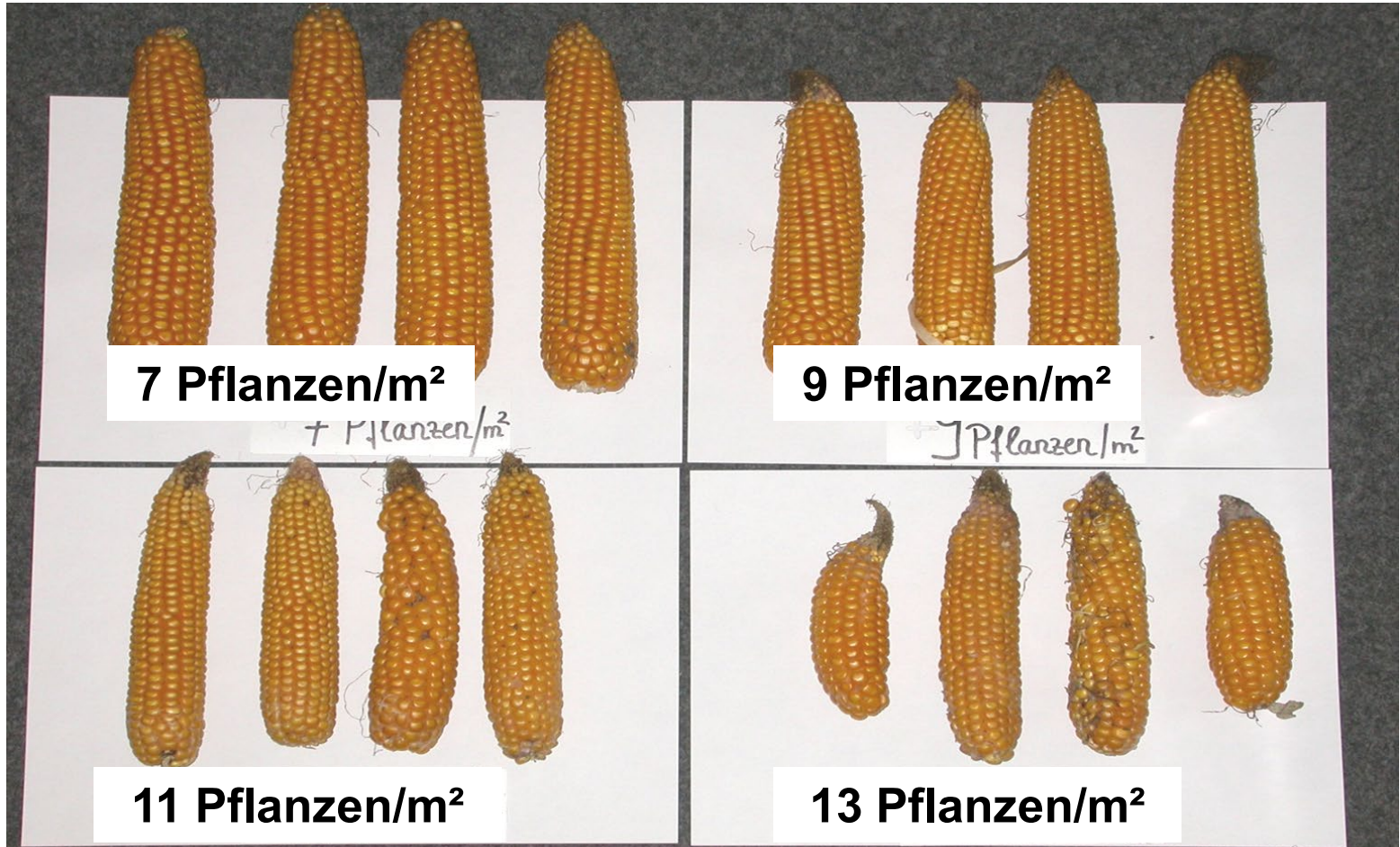
NEL / kg



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



Bestandesdichte - Wassermangel



(LWK Nds, BezSt Os, 2008)

Empfehlungen zur Bestandesdichte Silomais

(Ausnahme: Ultrafrüher Mais → >10)

Mögliche Aufschläge:

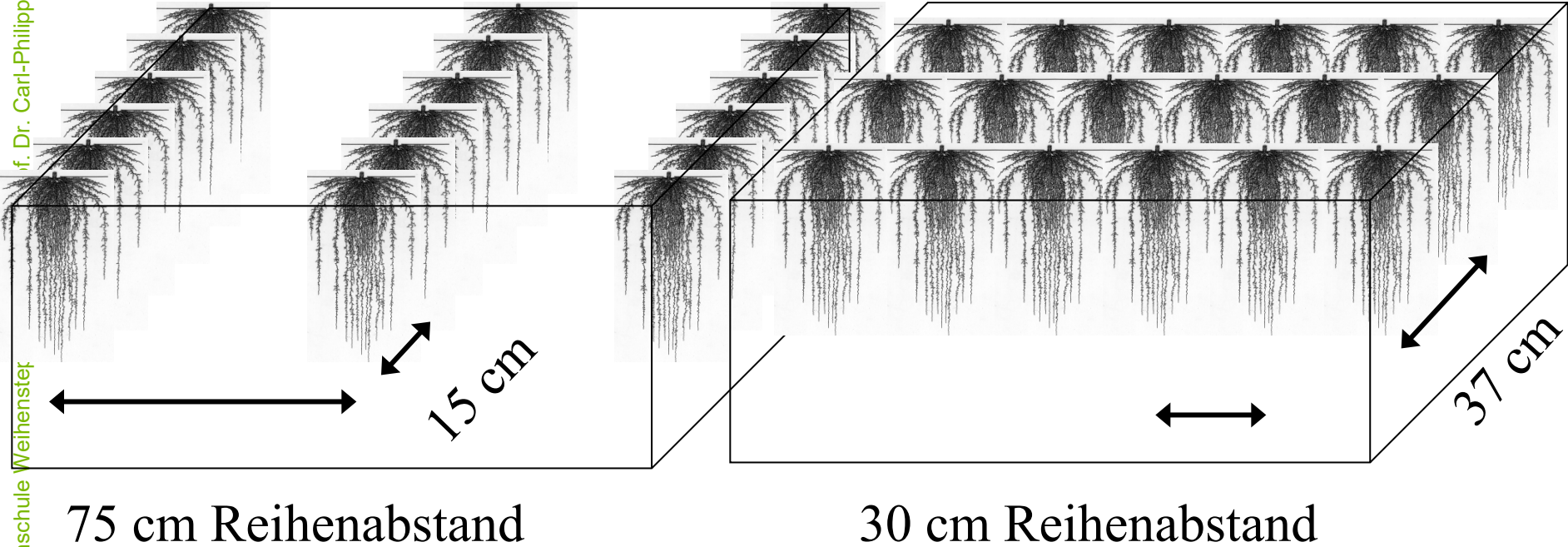
- Red. Keimfähigkeiten
- Schlechte Saatbettbedingungen

Sortengruppen	Wasserversorgung der Böden		
	schlecht	mittel	gut
	häufige Trocken-schäden		sichere Wasser-versorgung
	anzustrebende Pflanzenzahl je m ²		
massenwüchsige Sorten	von ←		→ bis
I: Ileo, 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 Gustavus, 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			

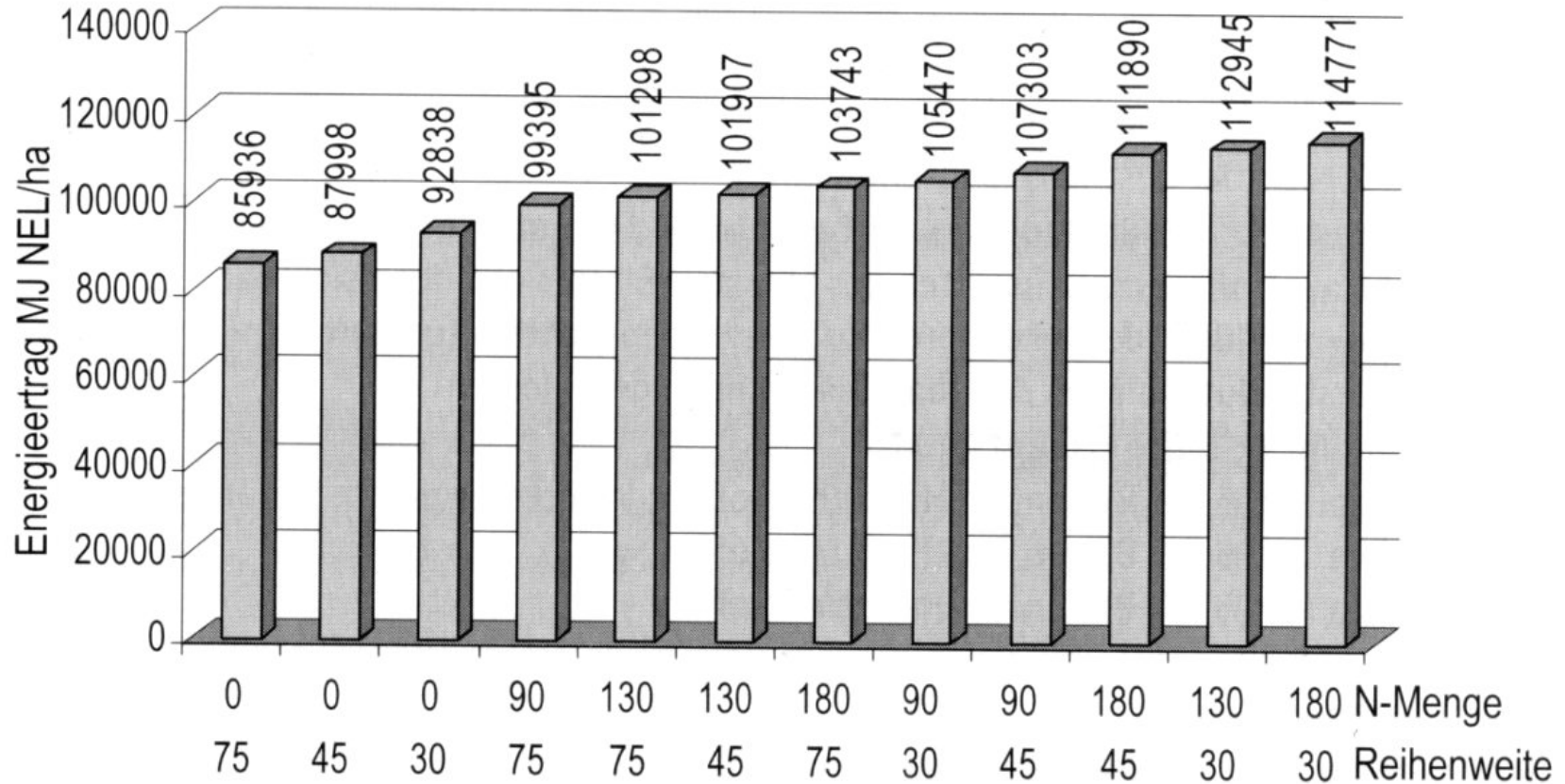
Nachteile zu hoher Bestandesdichten

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

Standraumverteilung bei unterschiedlichen Reihenweiten



Energieerträge in Abhängigkeit von N-Düngung & Reihenweite



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

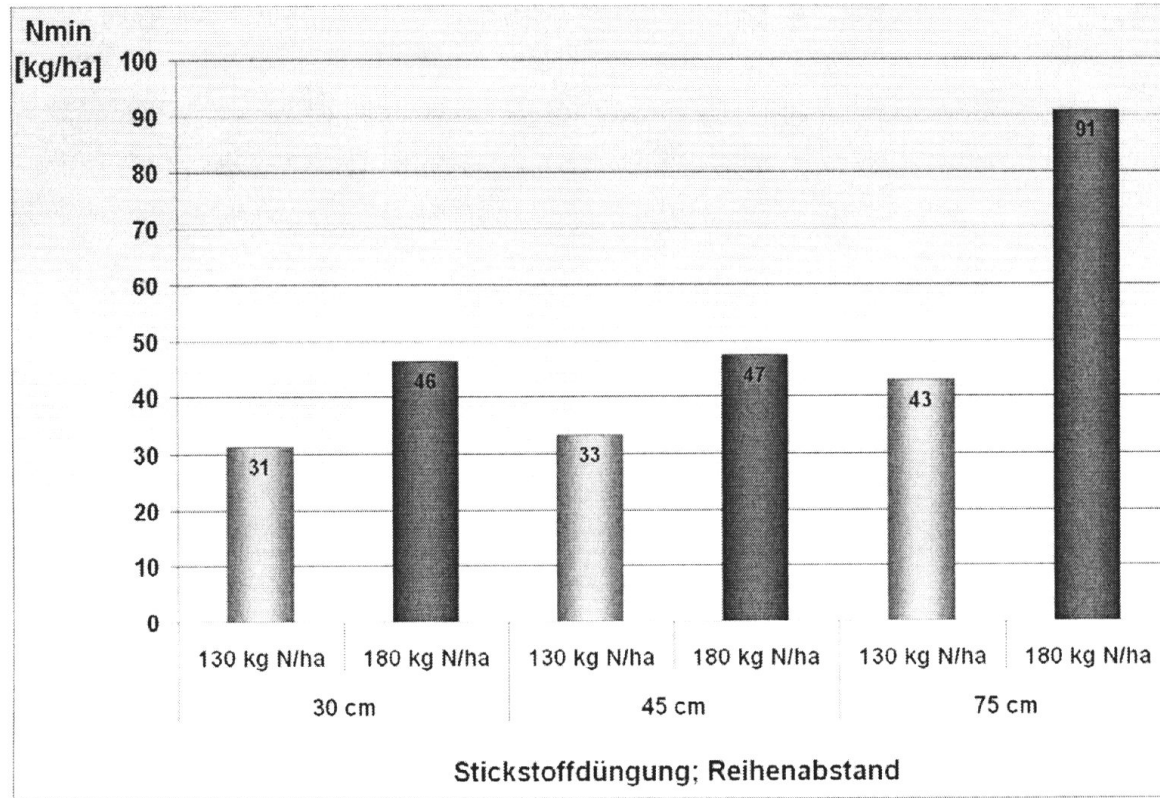







Abbildung 3 Einfluss der N-Düngung und der Reihenweite auf den Rest-Nmin-Gehalt nach der Silomais-
ernte, Standort Thülsfelde 1998 - 2000

N-Dynamik bei 75 cm Reihenabstand

2015

5

																														
P. a. (1 DAA)					VE (22 DAA)					V6 (56 DAA)					V10 (77 DAA)					VT (105 DAA)					P. h. (169 DAA)					
14	16	88	16	14	25	27	110	27	25	30	29	94	29	30	31	38	84	23	38	31	13	6.7	10	6.7	13	15	14	13	14	15
		6.1					54					58					23						3.2					7.5		
		3.4					6.5					12.8					19						2.5					5.1		
1.8	2.6	2.2	2.6	1.8	2.7	2.8	3.0	2.8	2.7	2.8	2.9	3.4	2.9	2.8	3.2	4.1	3.5	4.1	3.2		6.2	1.8	0.8	1.8	6.2	2.4	2.2	1.7	2.2	2.4
2.6	2.1	2.8	2.1	2.6	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.1	2.2	2.1	2.4	2.1	2.4	2.1	2.4	2.1		2.7	1.0	0.7	1.0	2.7	1.6	1.6	1.4	1.6	1.6

2014

No soil sampling	<div><div>19</div><div>19</div><div>35</div><div>19</div><div>19</div></div>					<div><div>4.6</div><div>7.4</div><div>4.8</div><div>7.4</div><div>4.6</div></div>					<div><div>3.0</div><div>3.1</div><div>7.2</div><div>3.1</div><div>3.0</div></div>					<div><div>2.2</div><div>2.3</div><div>4.9</div><div>2.3</div><div>2.2</div></div>					<div><div>5.9</div><div>6.2</div><div>2.8</div><div>6.2</div><div>5.9</div></div>				
	<div><div>45</div><div>9.4</div></div>					<div><div>2.8</div><div>5.8</div></div>					<div><div>1.8</div><div>1.5</div></div>					<div><div>1.9</div><div>1.5</div></div>					<div><div>2.9</div><div>2.3</div></div>				
	<div><div>3.1</div><div>3.1</div><div>4.1</div><div>3.1</div><div>3.1</div></div>					<div><div>11</div><div>15</div><div>15</div><div>15</div><div>11</div></div>					<div><div>7.0</div><div>9.6</div><div>5.7</div><div>9.6</div><div>7.0</div></div>					<div><div>2.5</div><div>0.9</div><div>0.5</div><div>0.9</div><div>2.5</div></div>					<div><div>1.6</div><div>1.6</div><div>1.3</div><div>1.6</div><div>1.6</div></div>				
	<div><div>1.7</div><div>1.5</div><div>1.6</div><div>1.5</div><div>1.7</div></div>					<div><div>11</div><div>12</div><div>15</div><div>12</div><div>11</div></div>					<div><div>8.9</div><div>11</div><div>10</div><div>11</div><div>8.9</div></div>					<div><div>7.9</div><div>6.5</div><div>3.8</div><div>6.5</div><div>7.9</div></div>					<div><div>1.6</div><div>1.0</div><div>1.0</div><div>1.0</div><div>1.6</div></div>				

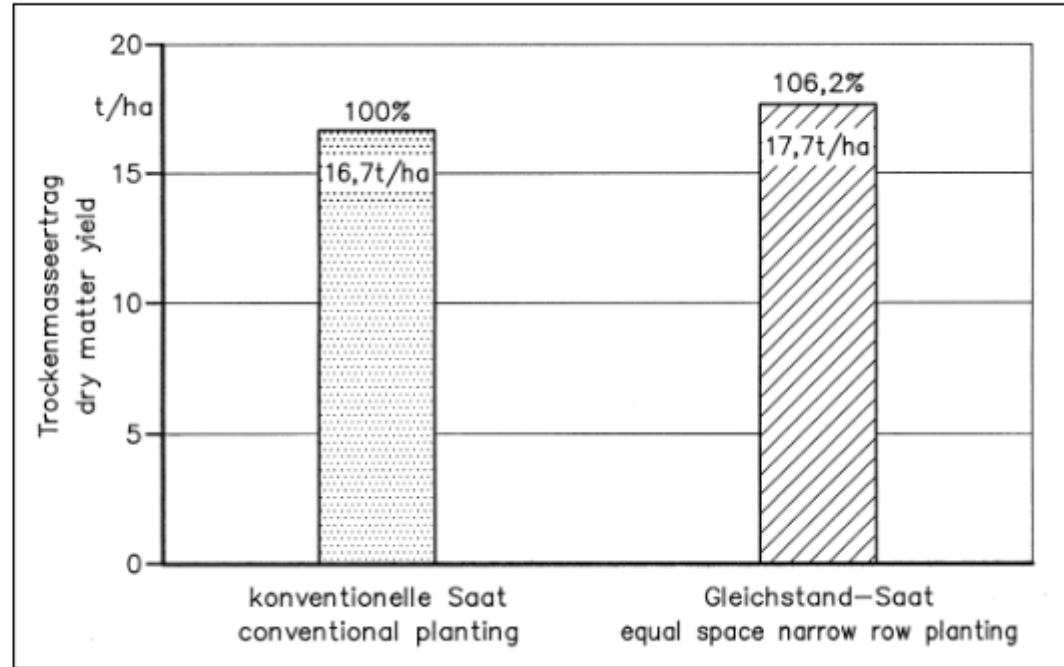
(Gülledüngung breit per Schleppschlauch + min. UFD)

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 Gleichstandsart

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



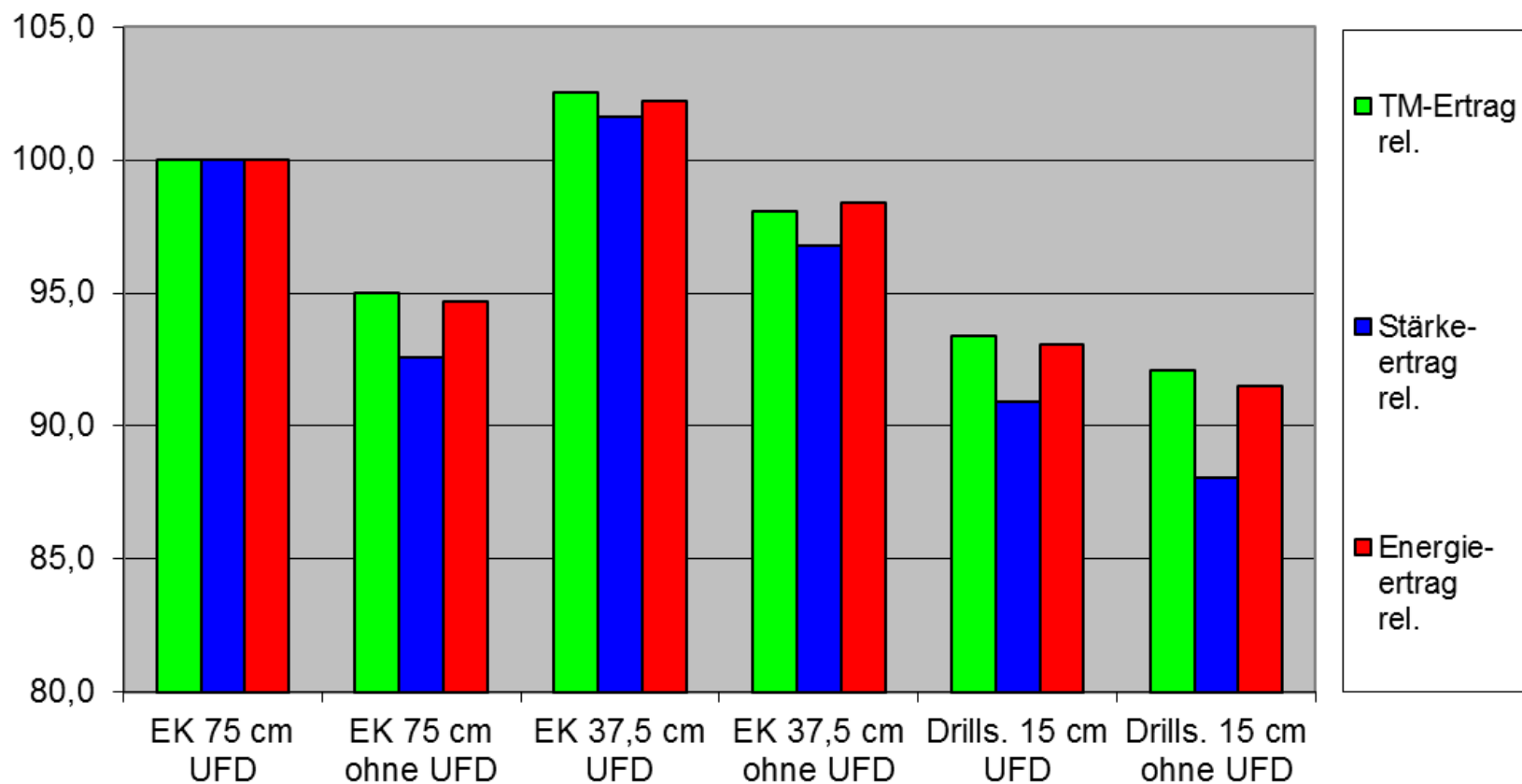
früherer Bestandesschluss, etwas geringere Energiedichte

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	

LWK Nds

Silomaisererträge 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
- ggfls. Finanzielle Förderung in Wasserschutzgebieten

Nachteile verminderter Reihenabstände bei Mais

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

Zusammenfassung Reihenweite

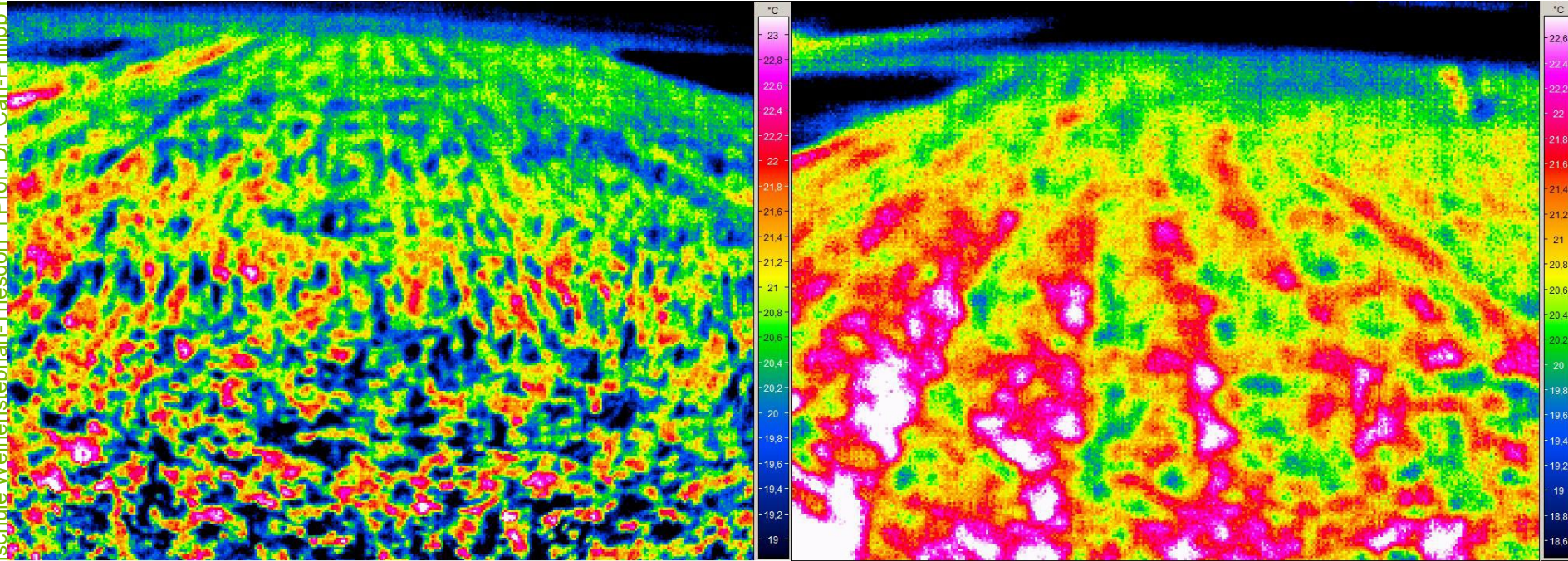
- Bei gleichbleibenden Pflanzenzahlen pro Flächeneinheit führte eine Reduzierung der Maisreihenweiten zu einem leichten Anstieg des Silomaisertrages,
 - ggf. kann durch Steigerung der Aussaatstärke (+ 0,5 – 1 Pfl./m²) weiterer Ertragszuwachs erzielt werden.
- Eine Reduzierung der Maisreihenweiten führte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

Bodenbearbeitung

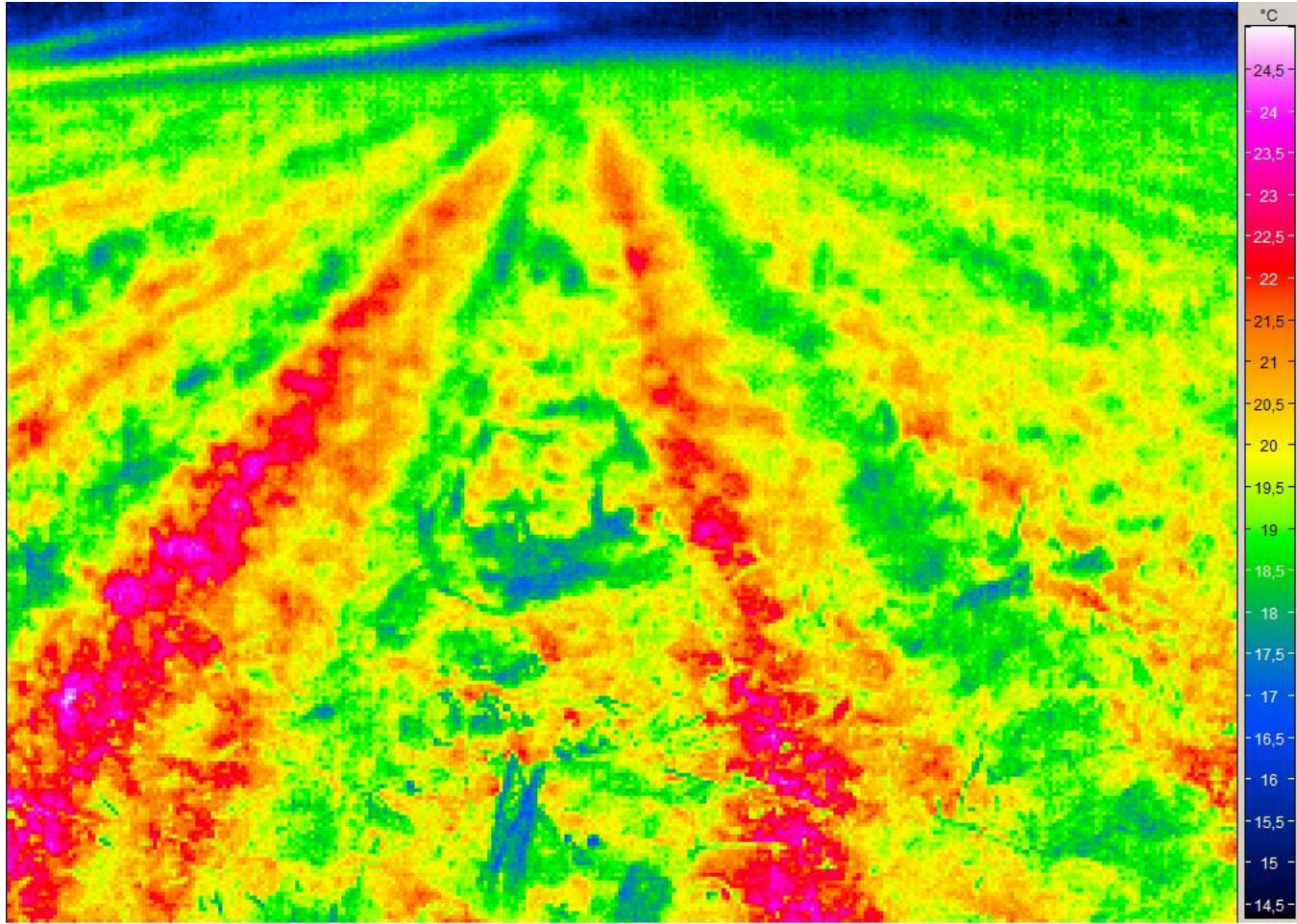
Ziele der Bodenbearbeitung

- 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/types (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 Mais
- 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

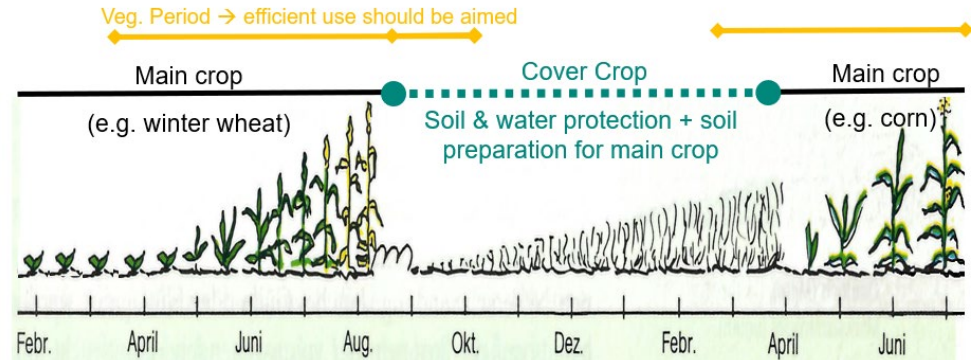




Voraussetzung für eine erfolgreiche Mulch-/Direktsaat...



... eine gute Zwischenfrucht



Mehrwert durch die Zwischenfrucht

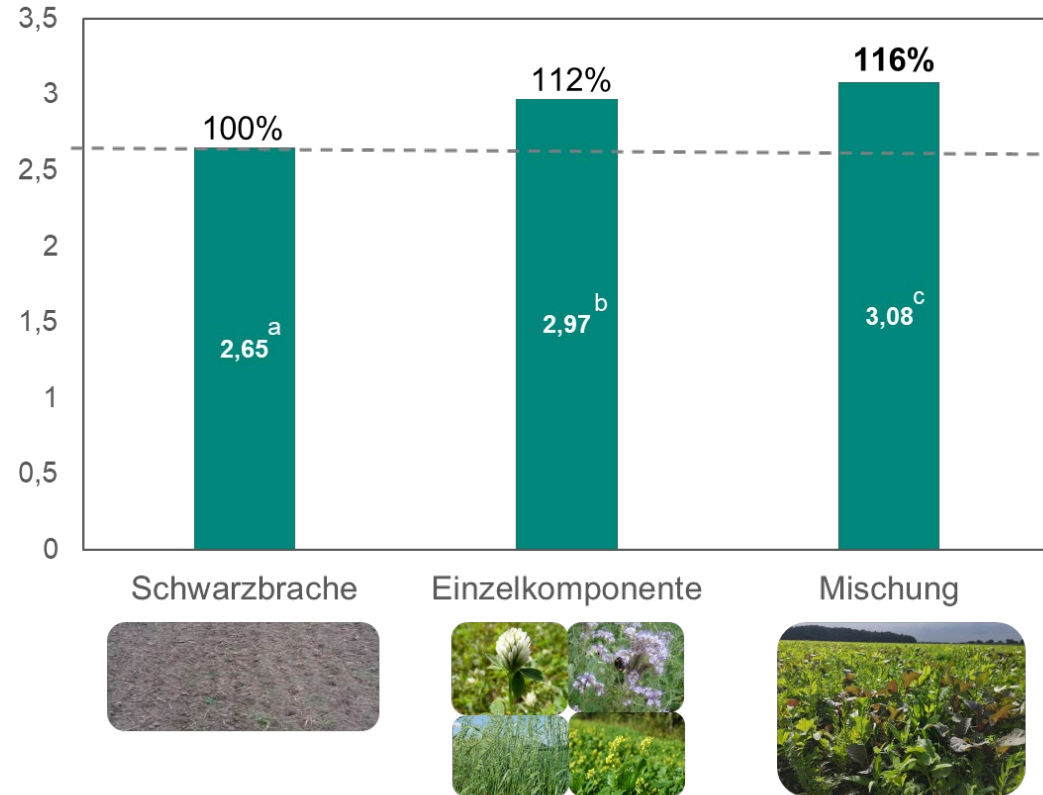
- Unkrautregulierung
- Nährstoffüberführung
 - Grundwasserschutz
 - Nährstoffversorgung des Maises
- Schutz vor Extremwitterung
 - Bodenerhitzung
 - Starkregen
- Verbesserung der Wasserhaltekapazität und -aufnahme
- Humusaufbau
- Förderung des Bodenleben / Mikrobiom
- Stabilisierung der Bodenstruktur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

Zwischenfrucht:

Stabilisierung der Bodenstruktur \varnothing der stabilen Bodenaggregate (mm)

Mehrwert?

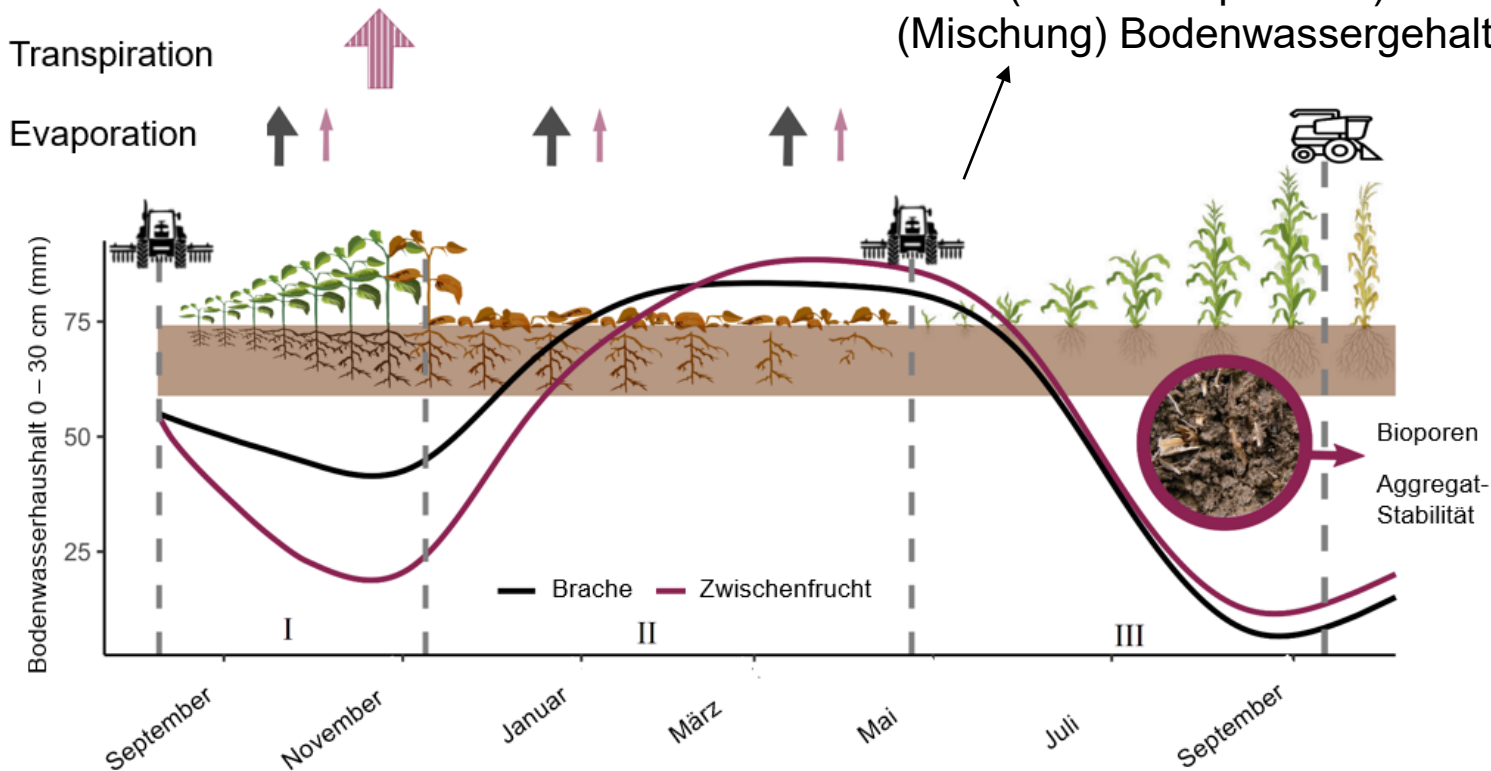
- Höhere Tragfähigkeit
- Weniger Bodenerosion
- Geringerer Bedarf an Bodenbearbeitung
- Rückstabilisierung nach notwendiger Bodenbearbeitung
- Mehr Lebensraum für Bodenleben
- Verbesserter Wasserhaushalt



(nach Gentsch et al. 2024)

Zwischenfrucht: Wasserhaushalt

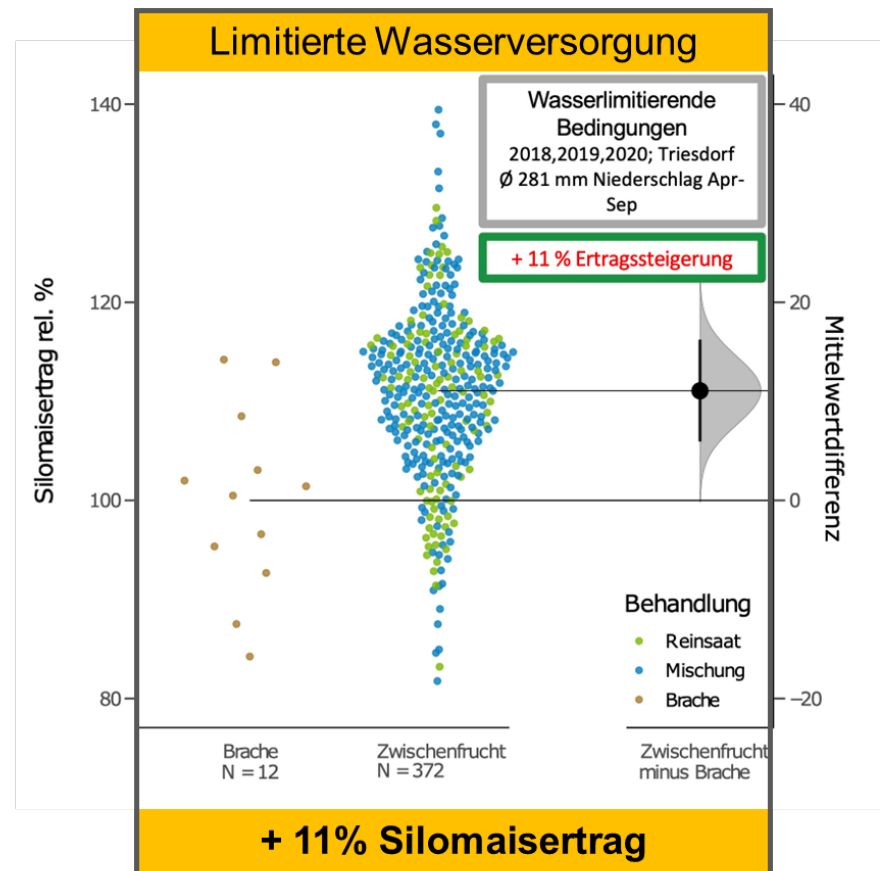
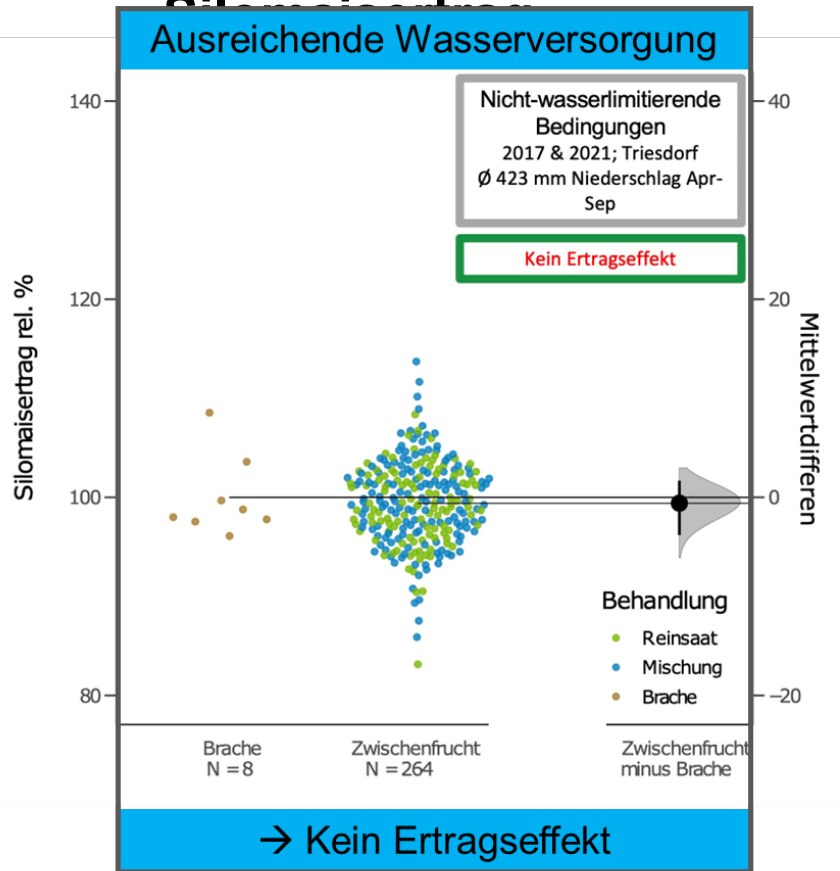
Bei abfrierender/abgetöteter ZWF:
+ 7% (Einzelkomponente) bis +11,5%
(Mischung) Bodenwassergehalt



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



(Kümmerer et al., 2024)

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.

SEEDLINER

















Keine
Durchwurzelung

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