



Modell- und Demonstrationsvorhaben

Optimierung der N-Düngung im Freilandgemüsebau

Teilprojekt Bayern, Knoblauchsland

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1. Hintergrund (Nitrat-Problematik)
2. Probenahme, N-Bedarfsermittlung und N_{\min} -Gehalte
3. Phosphat und organische Wirtschaftsdünger
4. Ergebnisse von Düngefenstern
5. Optimierung der Bewässerung
6. Fazit: Herausforderungen und Grenzen
7. Fazit: Möglichkeiten der N-Einsparung

1. Hintergrund

Wann kommt es zur Auswaschung von Nitrat?



1. Nitratgehalt im Boden > Pflanzenaufnahme

+

2. Wassergehalt im Boden > Wasserspeicherkapazität des Bodens



1. + 2. = Sickerwasserbildung und Nitratauswaschung

➔ **Belastung des Grund-/Trinkwassers**

➔ **sinkende N-Versorgung der Pflanzen im Oberboden**

1. Hintergrund

Wann kommt es zur Auswaschung von Nitrat?



Nitratgehalt im Boden

- N-Düngung
- N-Mineralisation
(Humus, Ernterückstände, Wirtschaftsdünger)

Pflanzenaufnahme

- Art der Kultur
- Gründüngung
- Keine Kultur

Welche Faktoren steuert der Anbauer am wirkungsvollsten?

Sickerwasserbildung und Nitratauswaschung

Wassergehalt des Boden

- Niederschlag
- Bewässerung

Wasserspeicherkapazität des Bodens

- Bodenart
- Humusgehalt



2. Probenahme, N-DBE und N_{\min} -Gehalte

vor 1. Kultur (Feb./März)

Frühling

- Referenzwerte i.d.R. ausreichend
- N_{\min} -Gehalte i.d.R. gering
- Düngung nach N-DBE i.d.R. problemlos

vor Düngung der 2./3. Kultur (2- bzw. 3-fach Belegung)

Sommer

- Probenahme verpflichtend
- und wichtig zur Vermeidung hoher N-Überschüsse!
- großes Optimierungspotential durch N-DBE

Herbst

- N_{\min} -Gehalte uninteressant und Nitrat u. U. schon ausgewaschen
- Probenahme direkt nach Ernte der letzten Kultur zur Kontrolle der Düngung („Feinjustierung“)



2. Probenahme, N-DBE und N_{\min} -Gehalte

Anzahl an N-DBE`s und N_{\min} -Probenahmen

	Ackerfläche ha	Anzahl Kulturen	Anzahl N_{\min} - Probenahmen	Anzahl DBE`s	
				Projekt	min. nach DüV
(Bio-)Betrieb 1	12	30	7	25 - 33	19
Betrieb 2	28	30	8	22 - 30	22
Betrieb 3	32	35	3	24 - 29	20
Betrieb 4	43	11	7	27	27

- bei geringer Doppelbelegung nur wenige N_{\min} -Probenahmen
- greift die Kleinflächenregelung (Schläge < 0,5 ha), dann weniger N-DBE`s
- Zusammenfassung von Schlägen ist aufwendig, im Frühjahr noch machbar, ab Doppelbelegung im satzweisen Anbau kompliziert und nicht nachvollziehbar

➔ zusätzlicher umfangreicher Dokumentationsaufwand, aber machbar
(Erzeugerringe, Programme)



2. Probenahme, N-DBE und N_{min}-Gehalte

Trockenjahr 2018: zum Teil hohe N_{min}-Gehalte vor Düngung der 1. Kultur

ohne Kultur, ohne Düngung	N _{min} -N kg/ha	
	0 - 30 cm	30 - 60 cm
26.06.2018	105	57
09.07.2018	155	85
09.07.2018	135	86
09.07.2018	114	46
Mittelwert	127	69

hohe N-Mineralisierung
&
keine Auswaschung
durch Niederschläge



hohe N_{min}-Gehalte:
ca. 200 kg N/ha in
0 – 60 cm

- z. T. erfolgten keine/reduzierte Grunddüngungen
- ohne Probenahmen im Mai/Juni/Juli Aufbau von hohen N-Überschüssen durch Verwendung von Referenzwerten



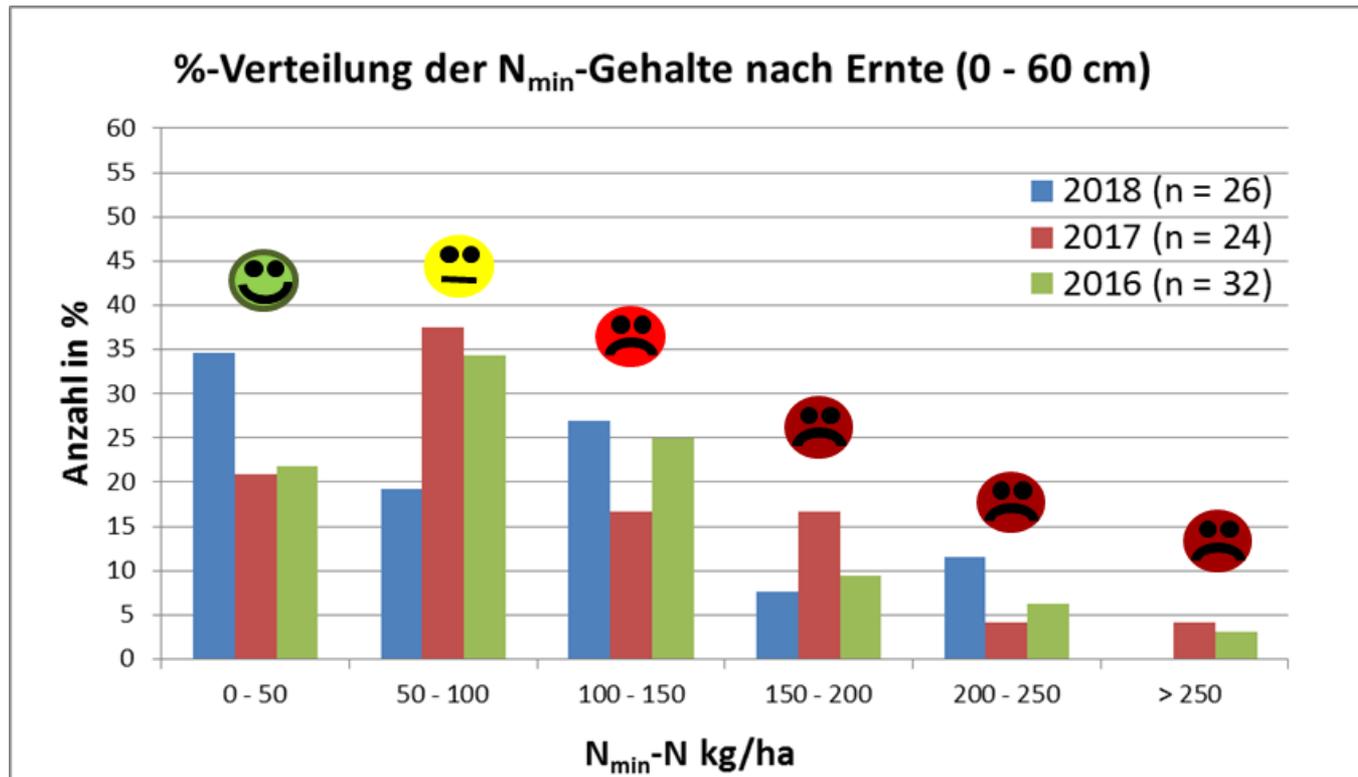
2. Probenahme, N-DBE und N_{\min} -Gehalte

Einsparung der Düngermenge bei der 2. Kultur Gemüse und Reduktion der N-Verluste sind mittels N-Bedarfsermittlung möglich:

- z. B. Salate
30 kg N/ha weniger, bei ca. 150 ha Anbaufläche = 5 – 6 Tonnen N/Jahr
- N-Verlust von 30 kg/ha und Sickerwassermenge von 250 l/m²  **Nitrat-Konzentration von 53 mg/l**

2. Probenahme, N-DBE und N_{\min} -Gehalte

N-Überschüsse nach Ernte (Anzahl an Äckern in % je N_{\min} -Gehaltsklasse)



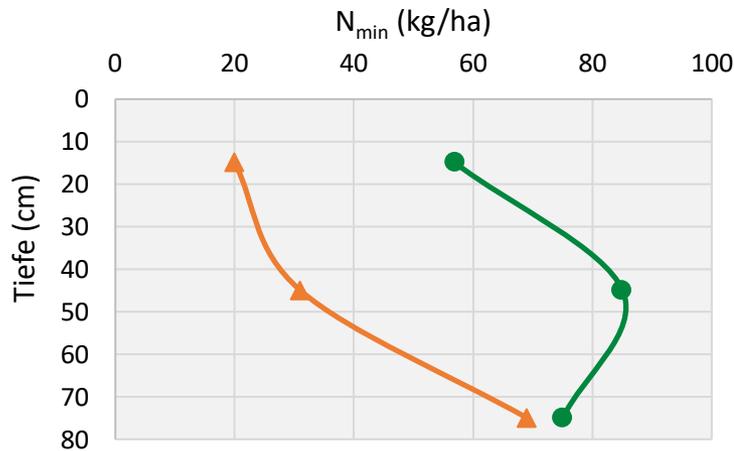
- Spannweite 0 – 100 kg N/ha: keine Unterschiede zwischen Projektjahren (54 – 59 %)
- bei den N-Überschüssen besteht noch „Luft nach unten“

2. Probenahme, N-DBE und N_{min}-Gehalte

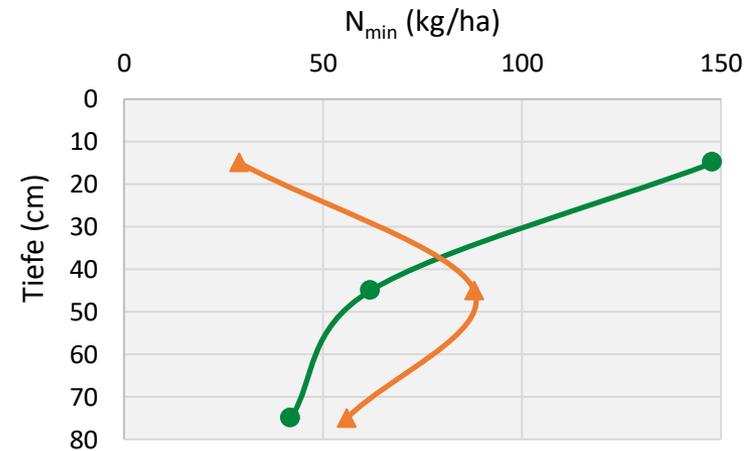
—●— N_{min} nach Ernte der letzten Kultur

—▲— N_{min} im Herbst

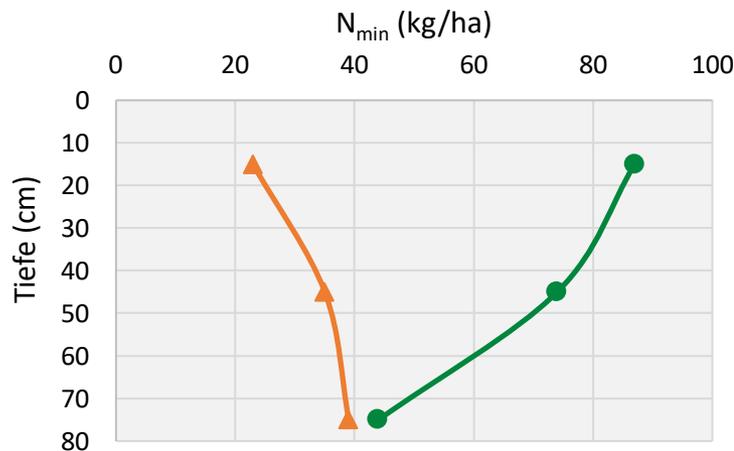
eine Kultur: Rucola



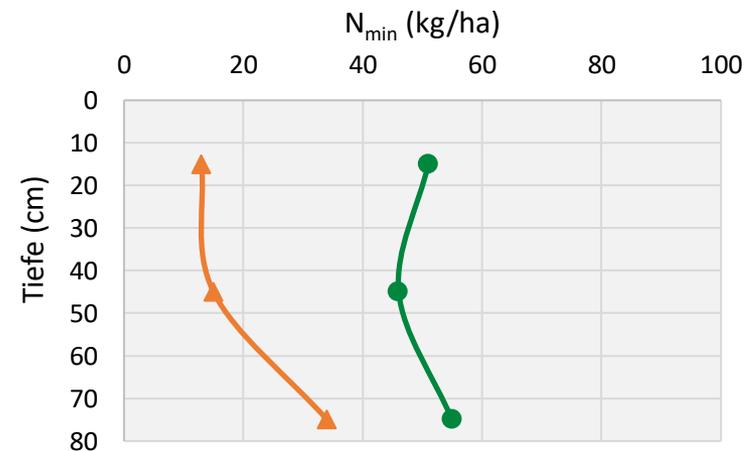
1. Kultur: Salate, 2. Kultur: Salate



1. Kultur: Blumenkohl, 2. Kultur: Salate



eine Kultur: Zwiebeln

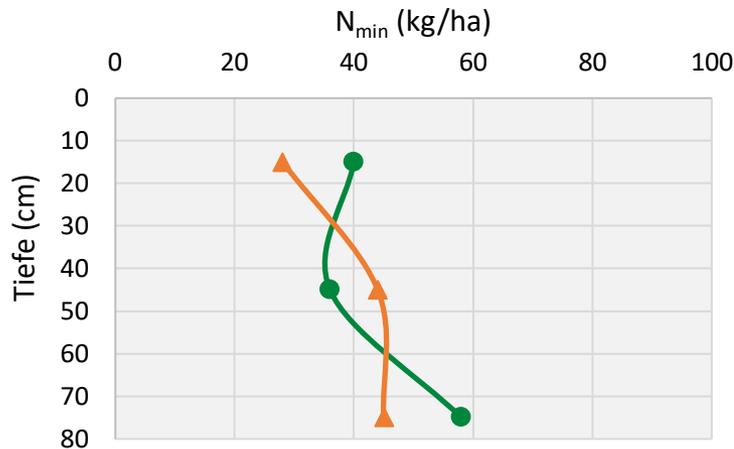


2. Probenahme, N-DBE und N_{min}-Gehalte

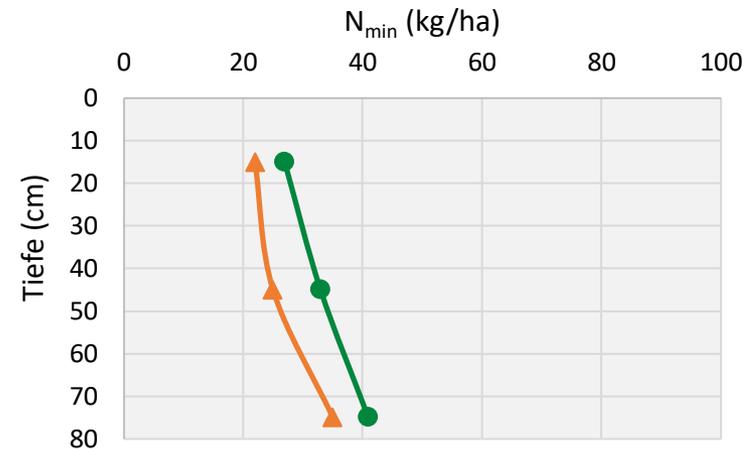
—●— N_{min} nach Ernte der letzten Kultur

—▲— N_{min} im Herbst

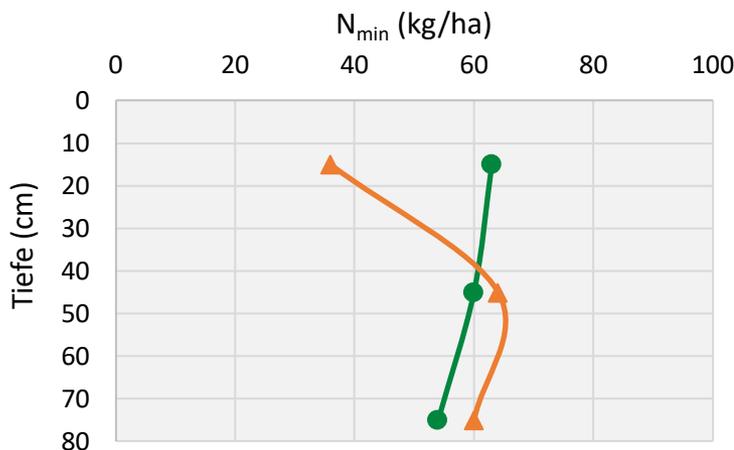
1. Kultur: Frühkartoffel, 2. Kultur: Eissalat



eine Kultur: Knollensellerie



eine Kultur: Brokkoli



- im Herbst / Winter findet sich weniger N_{min} in den gesamten 0-90 cm Tiefe
- **Verlagerung von Nitrat in die Tiefe bis zum Herbst / Winter** – je nach Boden und Wetter



2. Probenahme, N-DBE und N_{min}-Gehalte

Bewuchs und Nitratauswaschung



Nitrat

Nitrat

Nitrat

geringe N-Überschüsse nach letzter Kultur und wenn möglich keine „schwarzen“ Äcker (Zeitpunkt, Witterung, Fruchtfolge)

3. Phosphat und organische Wirtschaftsdünger

Gemüsebaulich genutzte Böden haben häufig hohe Phosphat-Gehalte

Mögliche Auswirkungen

- hohe P-Gehalte begrenzen u. U. die Ausbringung organischer Wirtschaftsdünger
- problematisch u. U. für die N-Versorgung der Kulturen bei Biobetrieben

Beispiel einer N-Düngung:

- 40 kg N/ha (z. B. Hornmehl-Pellets) plus
- 12 Tonnen Rindermist pro ha und Jahr:
 - P-Zufuhr: 42 kg/ha
 - P-Abfuhr mit Ernte (Fenchel): 22 kg/ha
 - N-Zufuhr: **66** kg/ha
- bei hohen Phosphatgehalten im Boden wird die Ausbringung von Rindermist auf ca. 6 Tonnen/J. und ha begrenzt, und somit auch die
 - P-Zufuhr = P-Abfuhr mit 22 kg/ha
 - N-Zufuhr: **33** kg/ha



4. Ergebnisse von Düngefenstern

Überblick über die Ergebnisse von Düngefenstern hinsichtlich der Auswirkung reduzierter N-Düngung

Versuch	Kultur	1./2. Kultur	Starkregen während Kultur	N-Einsparung unter gegebenen Bedingungen im Versuch möglich gewesen	generelle Tendenz bzgl. des N-Einsparpotentials als entsprechend 1. oder 2. Kultur
4.1	Eissalat	2.	nein	gut	hoch
4.2	Eissalat	2.	nein	gut	hoch
4.3	Salate	2.	nein	gut	hoch
4.4	Eissalat	2.	ja	mittel	hoch
4.5	Brokkoli	1.	ja	schlecht	gering
4.6	Brokkoli	2.	nein	gut	mittel
4.7	Blumenkohl	2.	nein	gut	gering - mittel
4.8	Zucchini	1.	ja	gut	mittel - hoch
4.9	Knollensellerie	1.	nein	gut	hoch
4.10	Knollensellerie	1.	ja	mittel	hoch
4.11	Knollensellerie	1.	ja	schwer zu beurteilen	hoch
4.12	Fenchel	1.	ja	gut	hoch
4.13	Porree	1.	ja	mittel	mittel
4.14	Bundzwiebel	1.	ja	schlecht	gering - mittel
4.15	Schnittlauch	1.	ja	gut	hoch



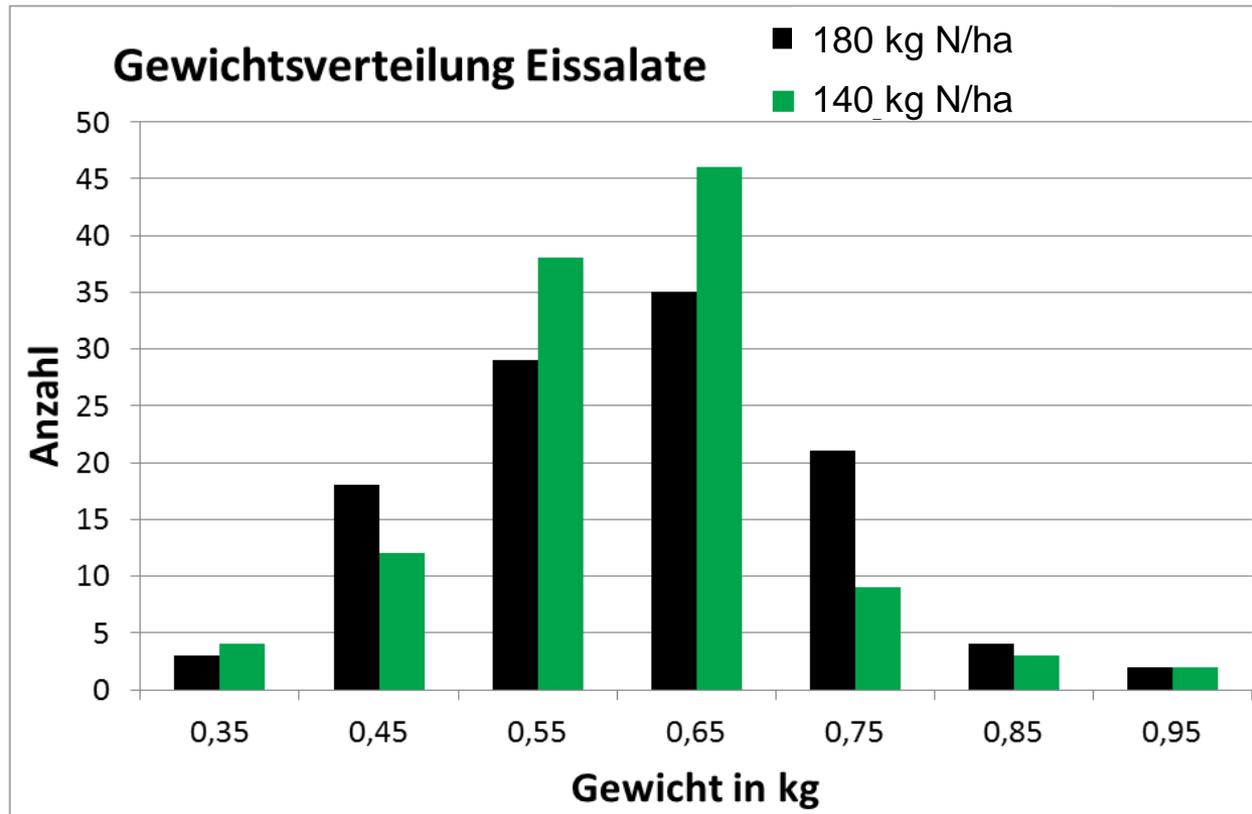
4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.1 Eissalat nach Eissalat



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.1 Eissalat nach Eissalat



- Beete 180 kg N/ha: \bar{x} 0,67 kg
- Beete 140 kg N/ha: \bar{x} 0,64 kg
- **keine Qualitätsunterschiede** erkennbar



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.2 Eissalat nach Radicchio



N-Bedarfswert: 175 kg N/ha
Grunddüngung: 100 kg N/ha

N_{\min} vor Kopfdüngung, 0 - 30 cm:
119 kg N/ha (30 - 60 cm: 67 kg N/ha)

N-Düngebedarf nach DBE:
26 kg N/ha (-20 %: 21 kg N/ha)

Düngefenster:

- a) keine Kopfdüngung: ges. N-Düngemenge: 100 kg N/ha
- b) mit Kopfdüngung: ges. N-Düngemenge: 170 kg N/ha

- beide Düngevarianten mit **hohen Erntequoten (ca. 93 - 94 %)**
- **keine Unterschiede in Gewicht und Qualität** zwischen den Düngevarianten

4. Ergebnisse von Düngefenstern

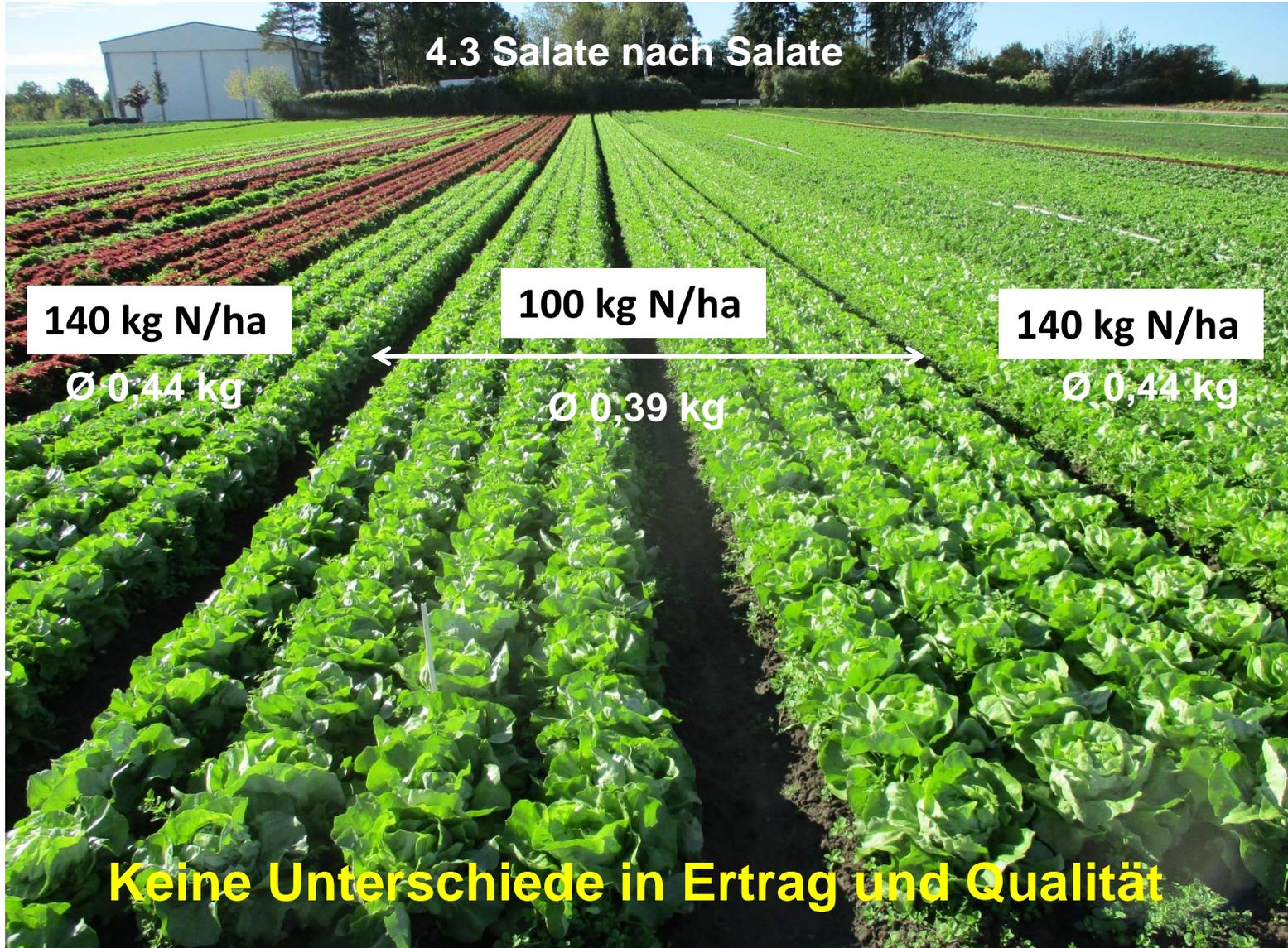
4.2 Eissalat nach Radicchio

Bodentiefe	N _{min} -Gehalte in kg/ha nach Ernte	
	100 kg N/ha gedüngt	170 kg N/ha gedüngt
0-30 cm	13	65
30-60 cm	10	41
60-90 cm	56	60
gesamt 0 - 60 cm	23	106
gesamt 0 - 90 cm	79	166

- **geringerer N-Einsatz von 70 kg N/ha** zeigt sich im N_{min}-Gehalt
- **Kostensparnis**, da keine Kopfdüngung nötig!
- **ohne N_{min}-Probenahme** und Verwendung der Werte von der LfL (40 kg N/ha) wären **deutlich höhere und unnötige Düngegaben** ausgebracht worden

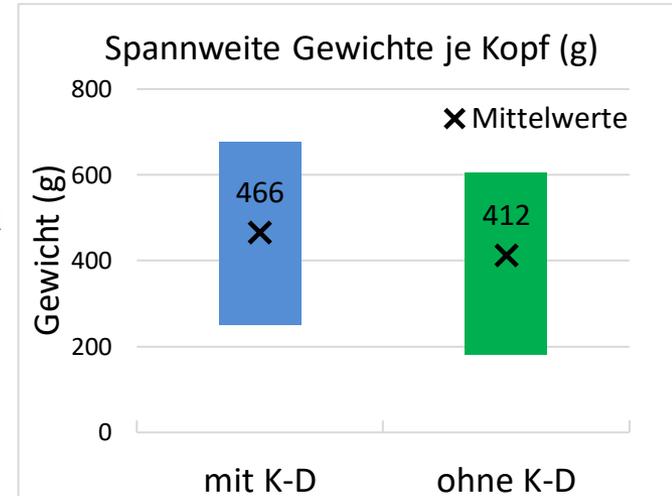
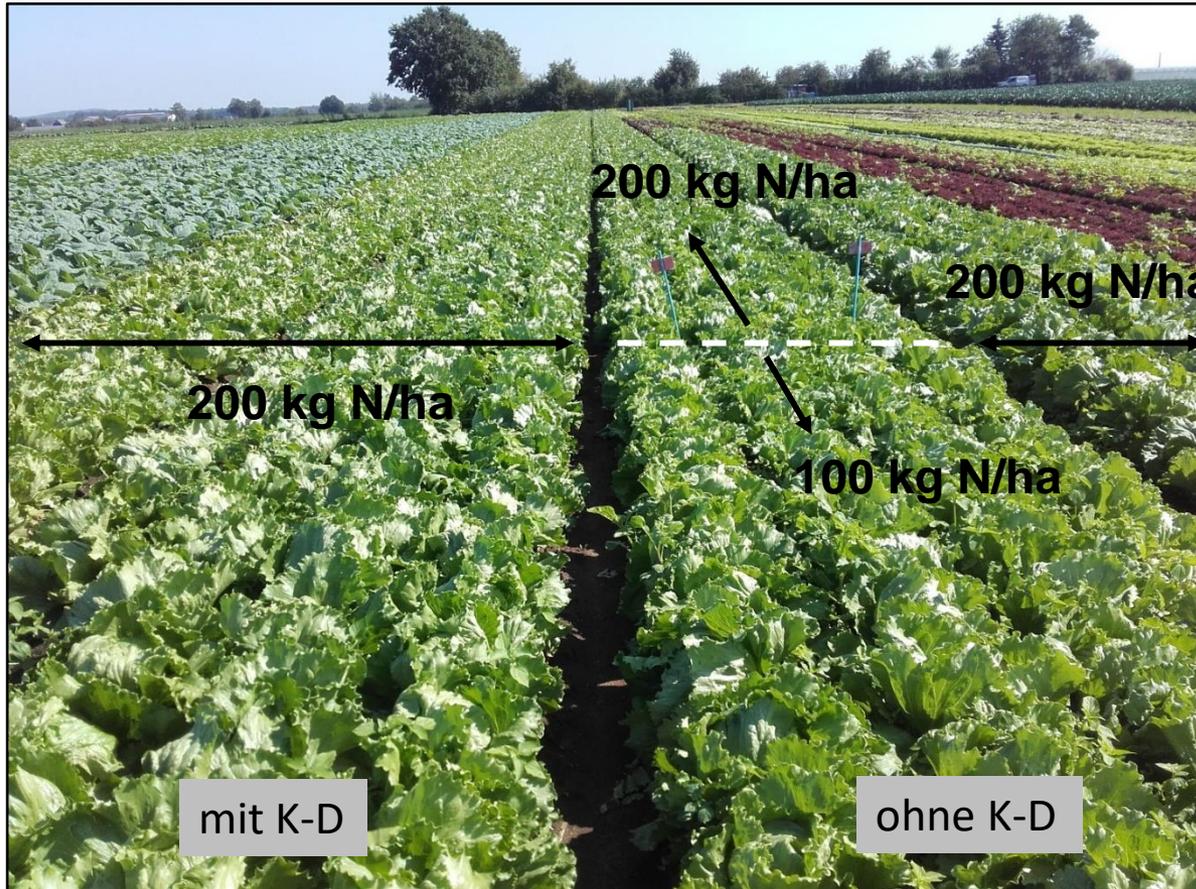


4. Ergebnisse von Düngefenstern



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.4 Eissalat nach Frühkartoffel



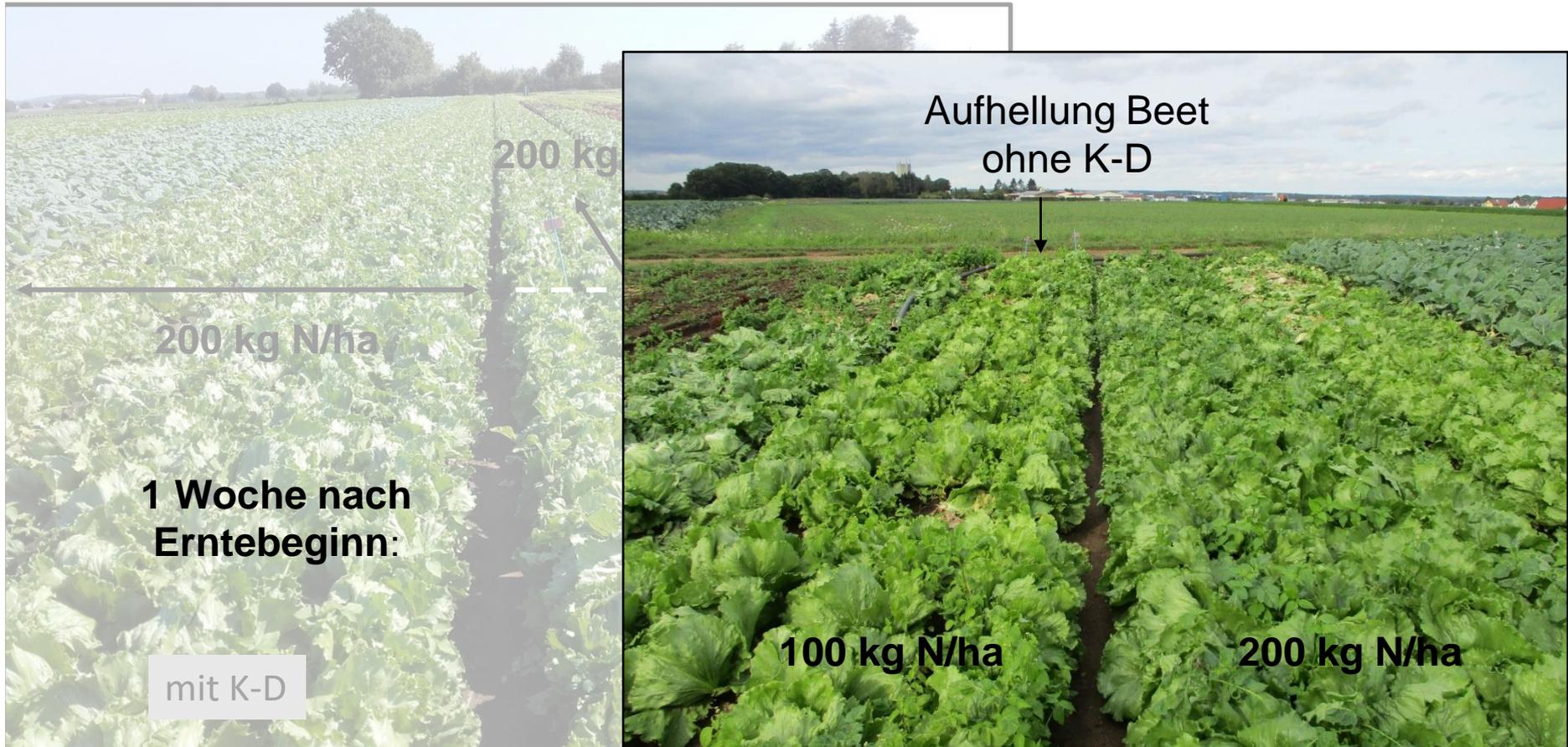
Nitratgehalt in der Pflanze	
mit K-D	ohne K-D
1020 mg/kg	320 mg/kg

K-D = Kopfdüngung



4. Ergebnisse von Düngefenstern

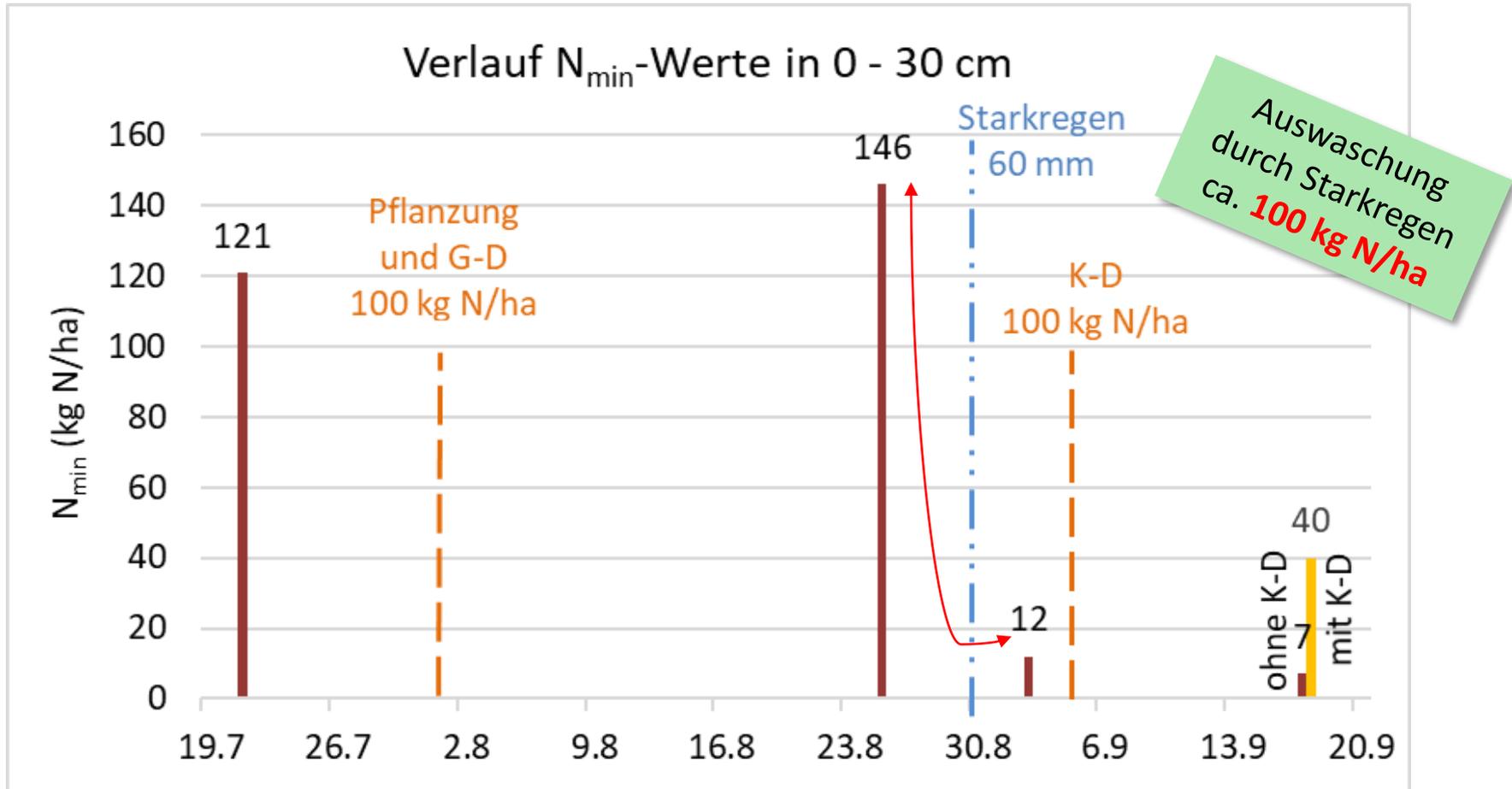
4.4 Eissalat nach Frühkartoffel



- Qualitätsverluste bei längerem Erntefenster

4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.4 Eissalat nach Frühkartoffel



- hoher **Verlust an N_{\min}** durch **Starkregenereignis** führt zu Qualitätseinbußen



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.4 Eissalat nach Frühkartoffel

N _{min} - Gehalte (kg/ha) nach Ernte		
	100 kg N/ha gedüngt	200 kg N/ha gedüngt
0 - 30 cm	7	40
30 - 60 cm	35	36
60 - 90 cm	58	keine Probe vorhanden

- **Verlagerung des Stickstoffs** in tiefere Schichten



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.5 Brokkoli 1. Kultur

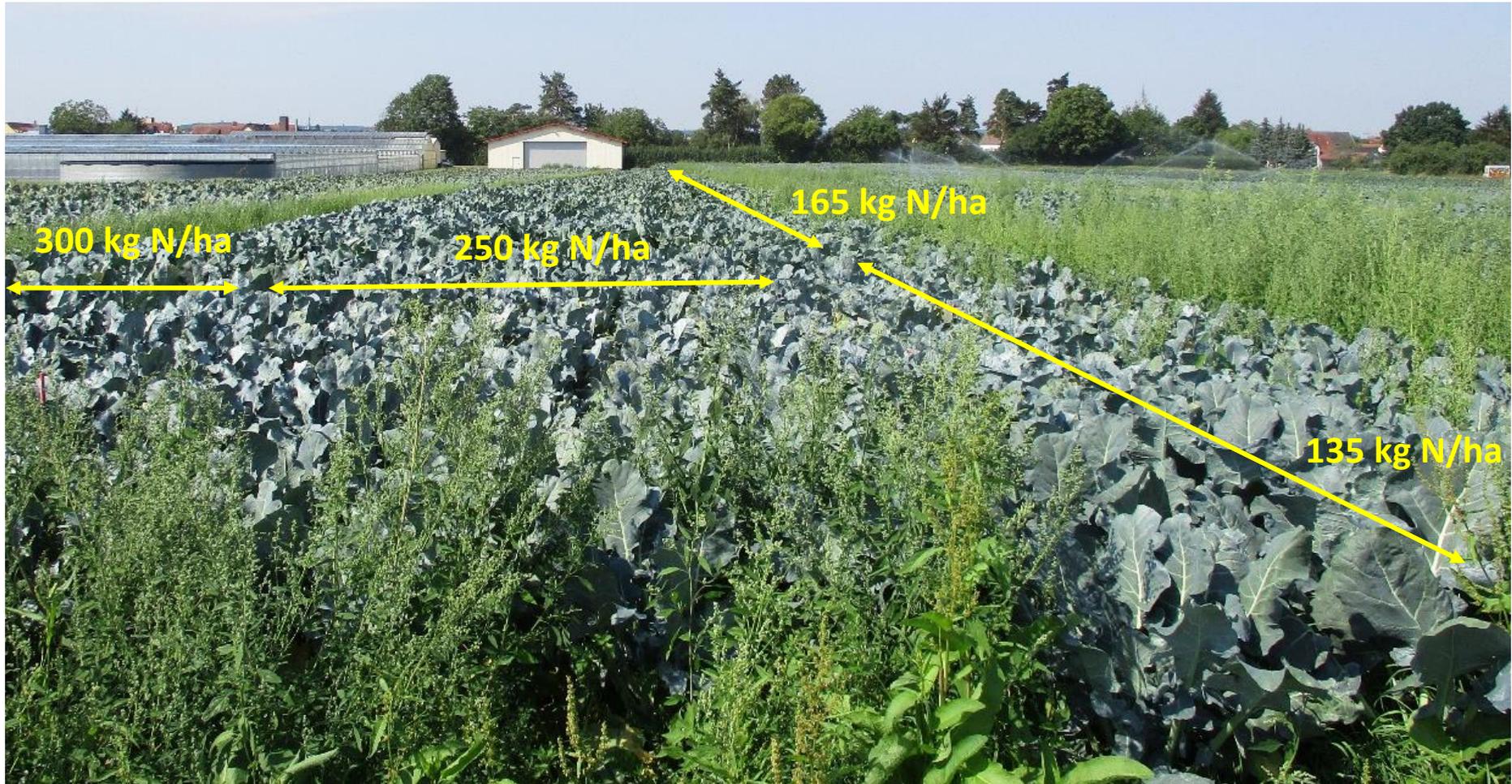
- **N-Bedarfswert:** 310 kg N/ha
 - **N_{min}-Gehalt Boden** vor Pflanzung / Grunddüngung:
 - 0 – 30 cm : 70 kg N/ha
 - 30 – 60 cm : 53 kg N/ha → insg. **123 kg N/ha** am 02.06.
 - Kultur Vorjahr: Porree
 - **Kompost** im Herbst 2019: Gesamtstickstoff 13,95 kg/t
(Mindestwirksamkeit 4%)
- **Düngebedarf:**
- | | |
|---|--------------------|
| - nach DBE mit N _{min} der LfL (46 kg N/ha): | 250 kg N/ha |
| (Standardertrag) | |
| - nach DBE mit N _{min} -Probe (123 kg N/ha): | 165 kg N/ha |
| - davon 20 % - Reduzierung: | 135 kg N/ha |

Starkregen Mitte Juni: ca. 70 mm



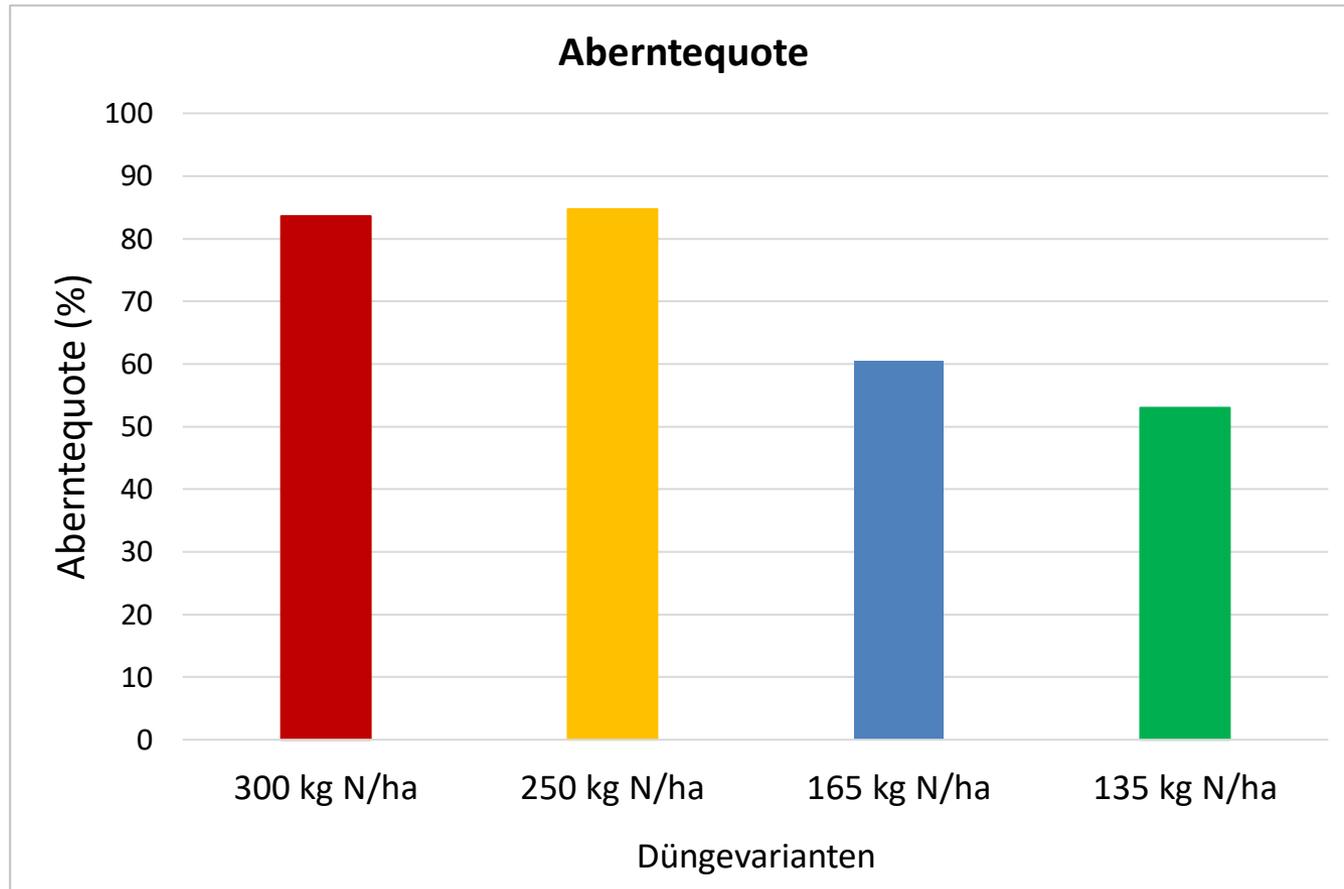
4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.5 Brokkoli 1. Kultur



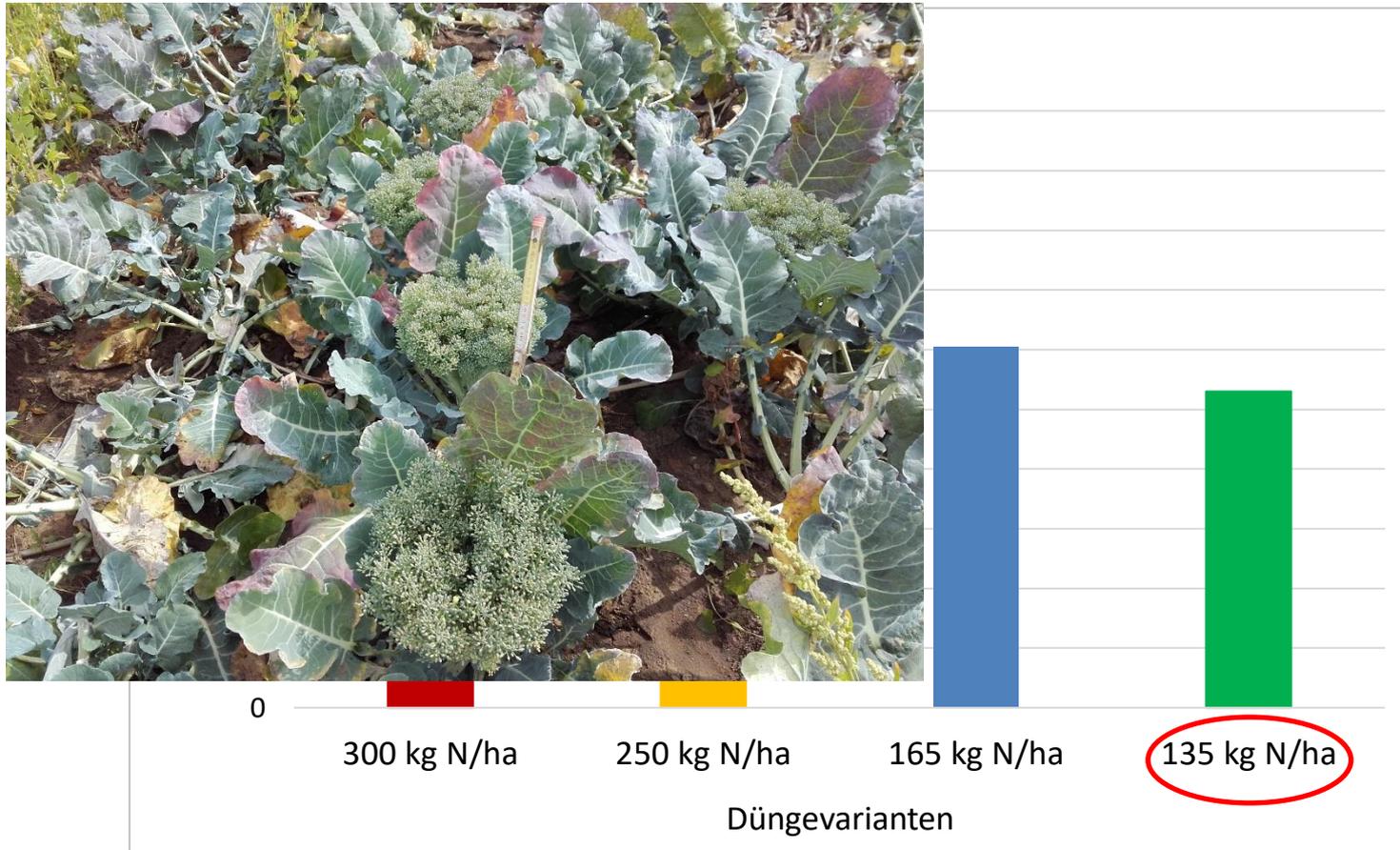
4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.5 Brokkoli 1. Kultur



4. Ergebnisse von Düngefenstern

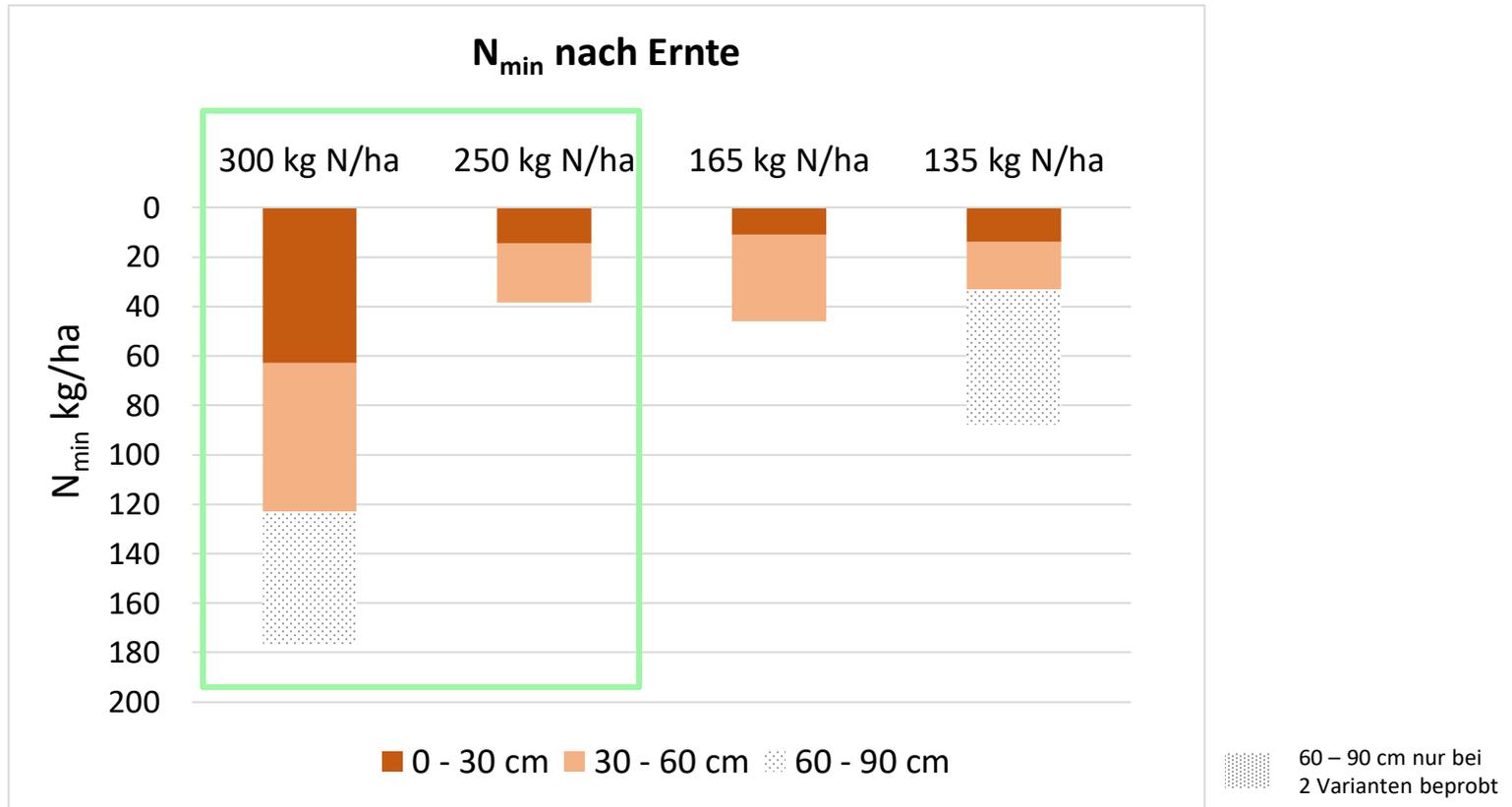
4.5 Brokkoli 1. Kultur



- Aberntequote < 60 % bei um 20% reduzierter Düngung & Starkregenereignis

4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.5 Brokkoli 1. Kultur



- **aber: Halbierung der Grunddüngung** (G-D 50 kg N/ha statt 100 kg N/ha plus K-D 200 kg N/ha) aufgrund hoher N_{min} - Werte zu Beginn führt hier zu **weniger N_{min} Überschuss bei gleichem Ertrag**

4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.6 Brokkoli nach Brokkoli



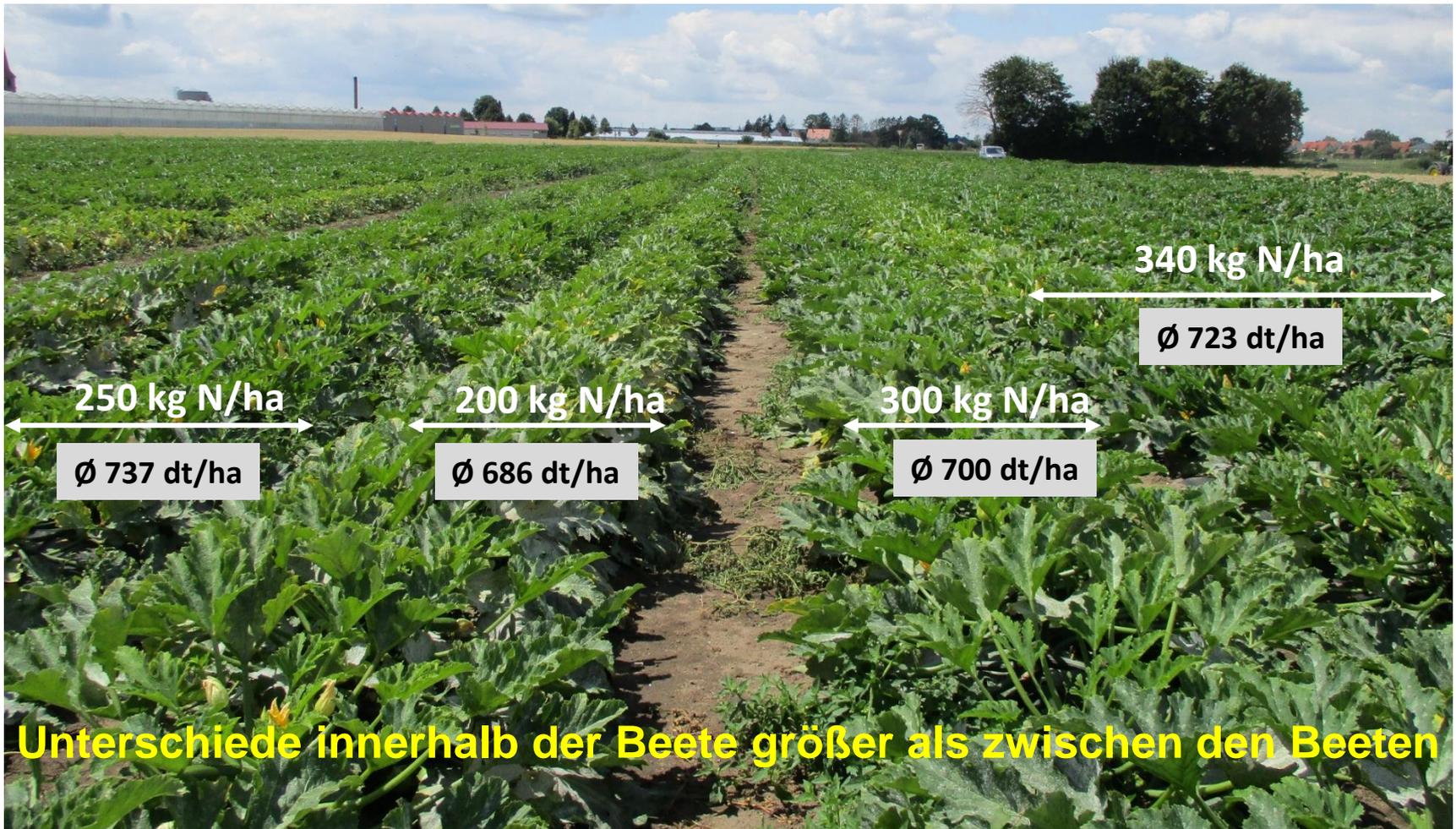
4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.7 Blumenkohl nach Blumenkohl



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.8 Zucchini 1. Kultur

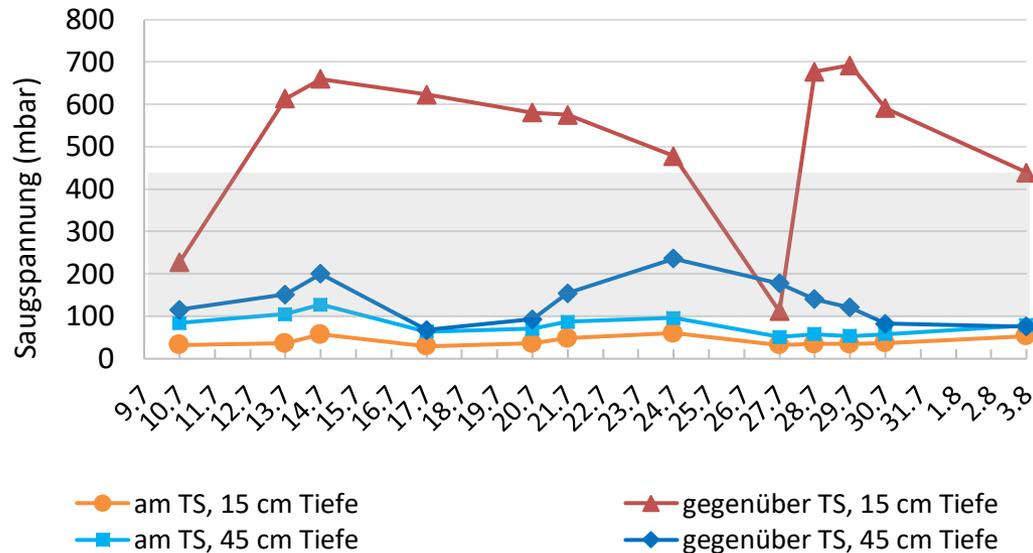


4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.8 Zucchini 1. Kultur

Bewässerung über Tropfbewässerung

Verlauf Bodenfeuchte 10.07. - 03.08.



	Saugspannung (mbar)	
	Ø am TS	Ø gegenüber
15 cm	41	515
45 cm	77	145

- **kleinräumig große Unterschiede** bzgl. der Bodenfeuchte
- **aber:** mittig liegt Bodenfeuchte im **Optimalbereich**, kein Hinweis auf Auswaschung oder Nichtauflösen des Düngers im Bereich der Hauptdurchwurzelungszone



4. Ergebnisse von Düngefenstern

Tatsache:

„Die Luft für die Stickstoff-Düngung wird zunehmend dünner!“

Möglichkeit:

Erhöhung der N-Effizienz (N-Aufnahme aus dem Boden und N-Prozessierung in der Pflanze) durch eine ausgewogene Versorgung mit allen Nährstoffen

Grundsätzliches zur Pflanzenernährung

- Überschuss eines oder mehrerer Nährstoffe = Mangel an anderen Nährstoffen
- Nährstoffgehalte im Boden \neq Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen
- Voraussetzung für N-Effizienz = „zu keiner Zeit kein Mangel an keinem Nährstoff“

Minimumgesetz von Liebig (1855):

„die knappste Ressource
beschränkt das Wachstum“

→ Düngefenster basierend auf Düngeempfehlung nach Bodenanalysen der potentiellen Kationenaustauschkapazität

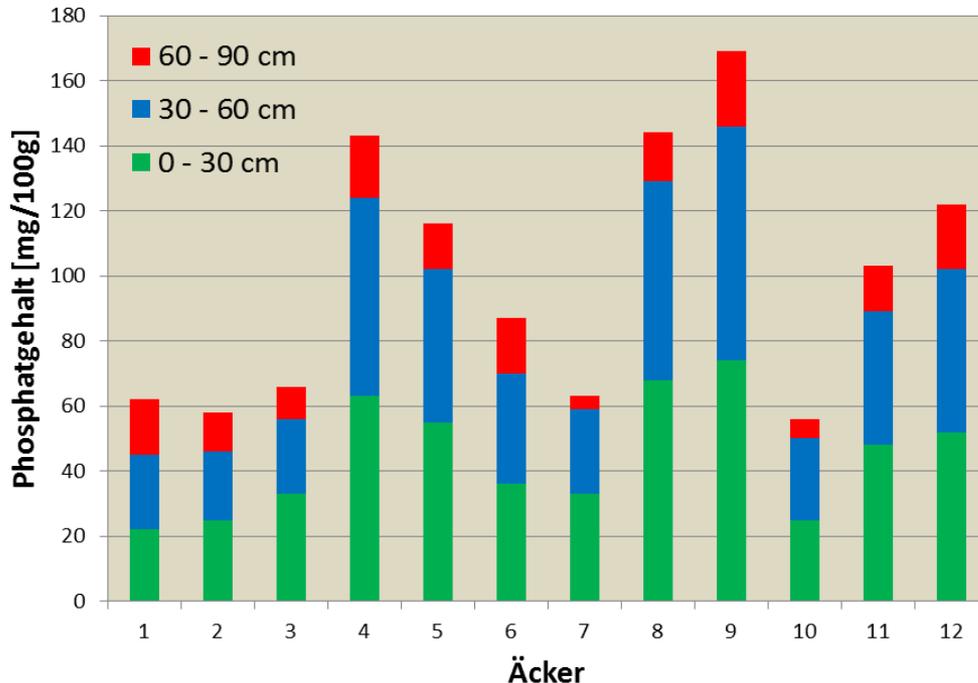


4. Ergebnisse von Düngefenstern

Beispiel: sehr hohe Phosphat-Gehalte in gemüsebaulich genutzten Böden bewirken eine

- geringe Verfügbarkeit an Ca, S, Mn, Zn, Fe

Deshalb keine P-Düngung (auch keine Mehrfachdünger mit Phosphat), sondern Mobilisierung von Phosphat durch S-Düngung!



hohe Phosphatgehalte begrenzen auch die Ausbringung von organischen Wirtschaftsdüngern, problematisch v. a. für die N-Versorgung der Kulturen bei Biobetrieben

**Gehaltsklasse E
(> 30 mg/100g)**



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.9 Knollensellerie 1. Kultur



Düngefenster Knollensellerie
(basierend auf Bodenanalysen der
potentiellen Kationenaustauschkapazität)

Grunddüngung in kg/ha:

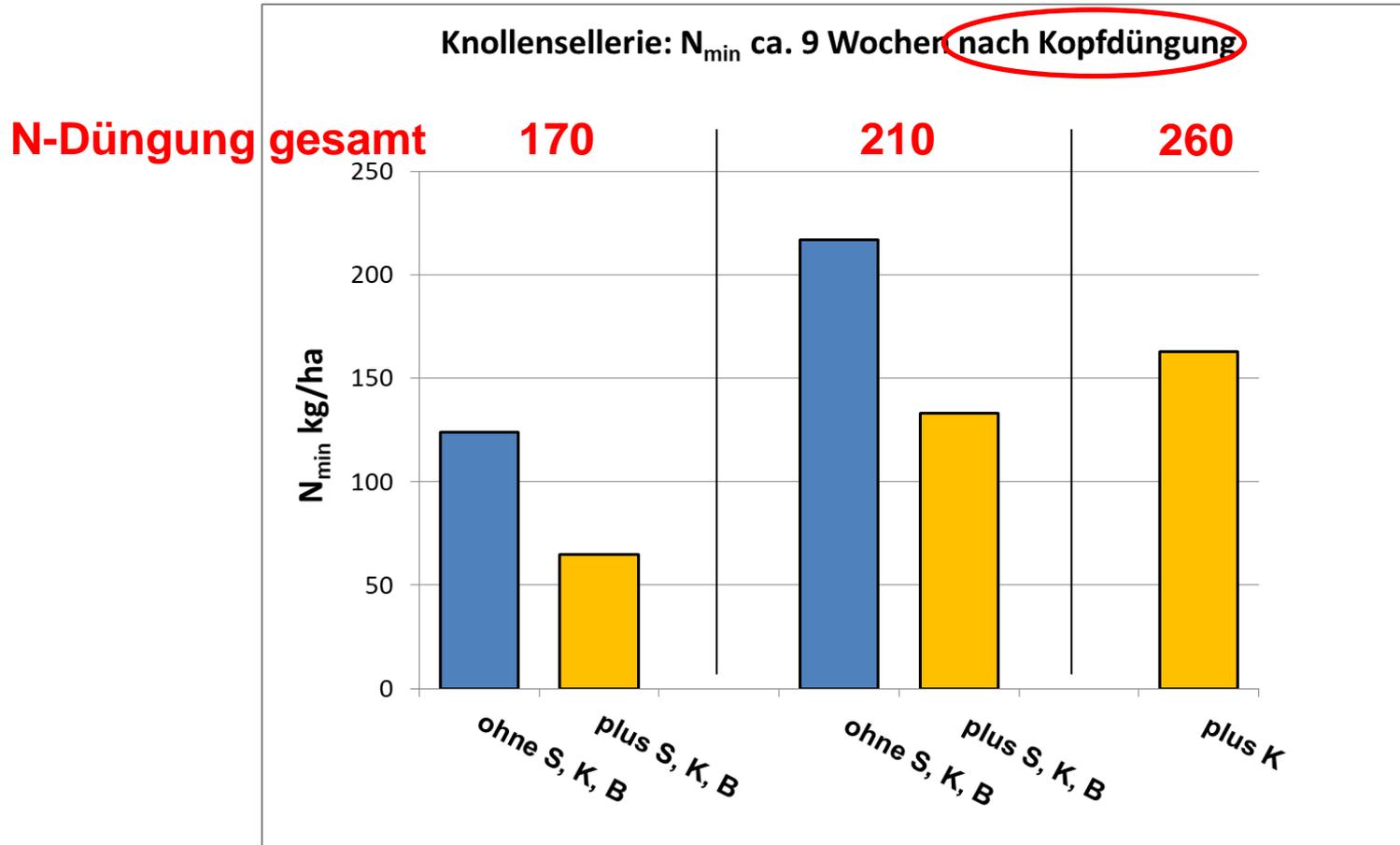
N: 100
K₂O: 133
Bor: 0,1
MgO: 20
P₂O₅: 20
Fe: 0,4

Varianten bei
Kopfdüngung in kg/ha:

N: 70 / 110 / 160
SO₃: 30 / 50 / 80
Bor: 0 / 2
elementarer S: 0 / 80
K₂O: 0 / 200

4. Ergebnisse von Düngefenstern

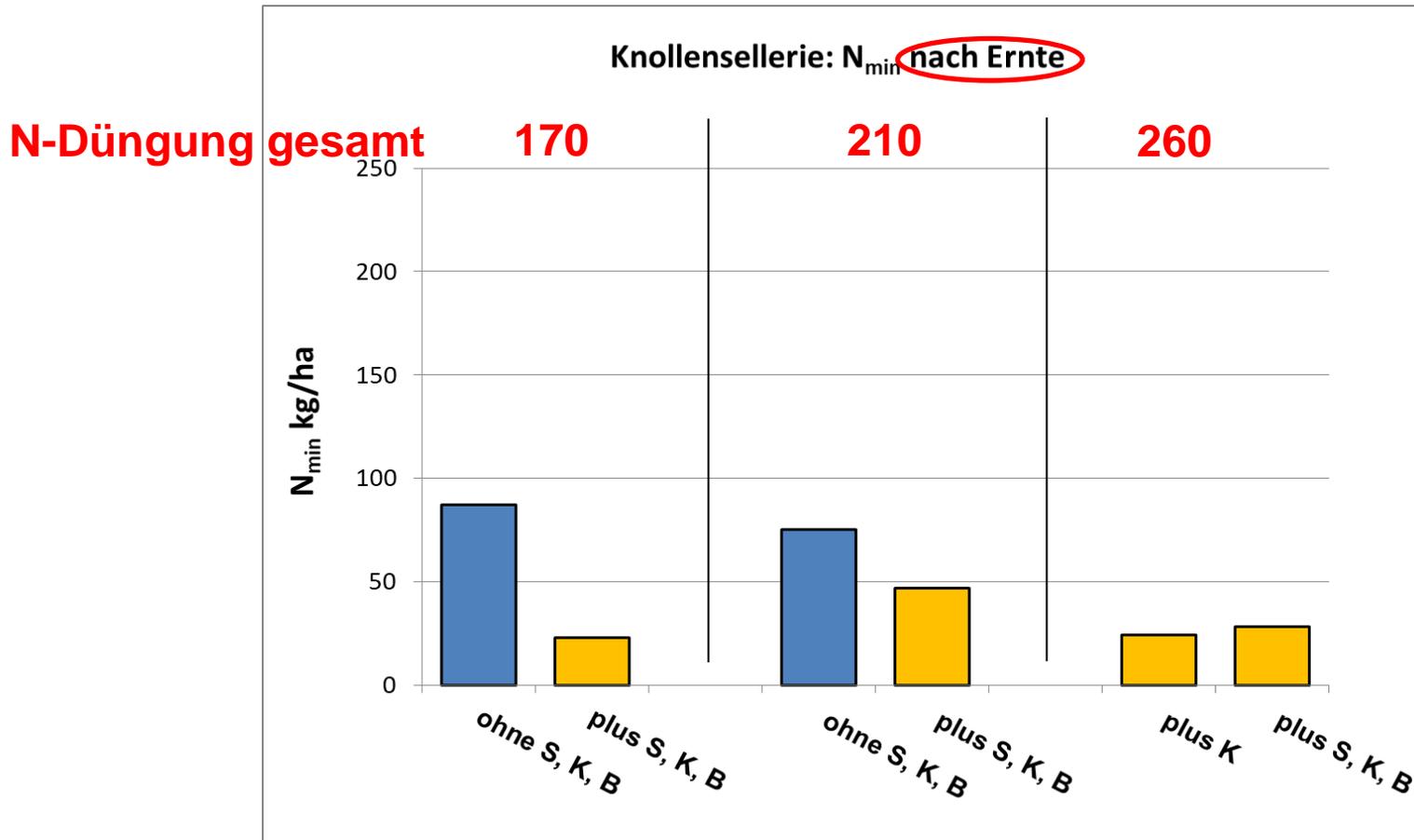
4.9 Knollensellerie 1. Kultur



- Varianten mit extra Düngung von S, K und Bor weisen niedrigere N_{\min} -Gehalte auf



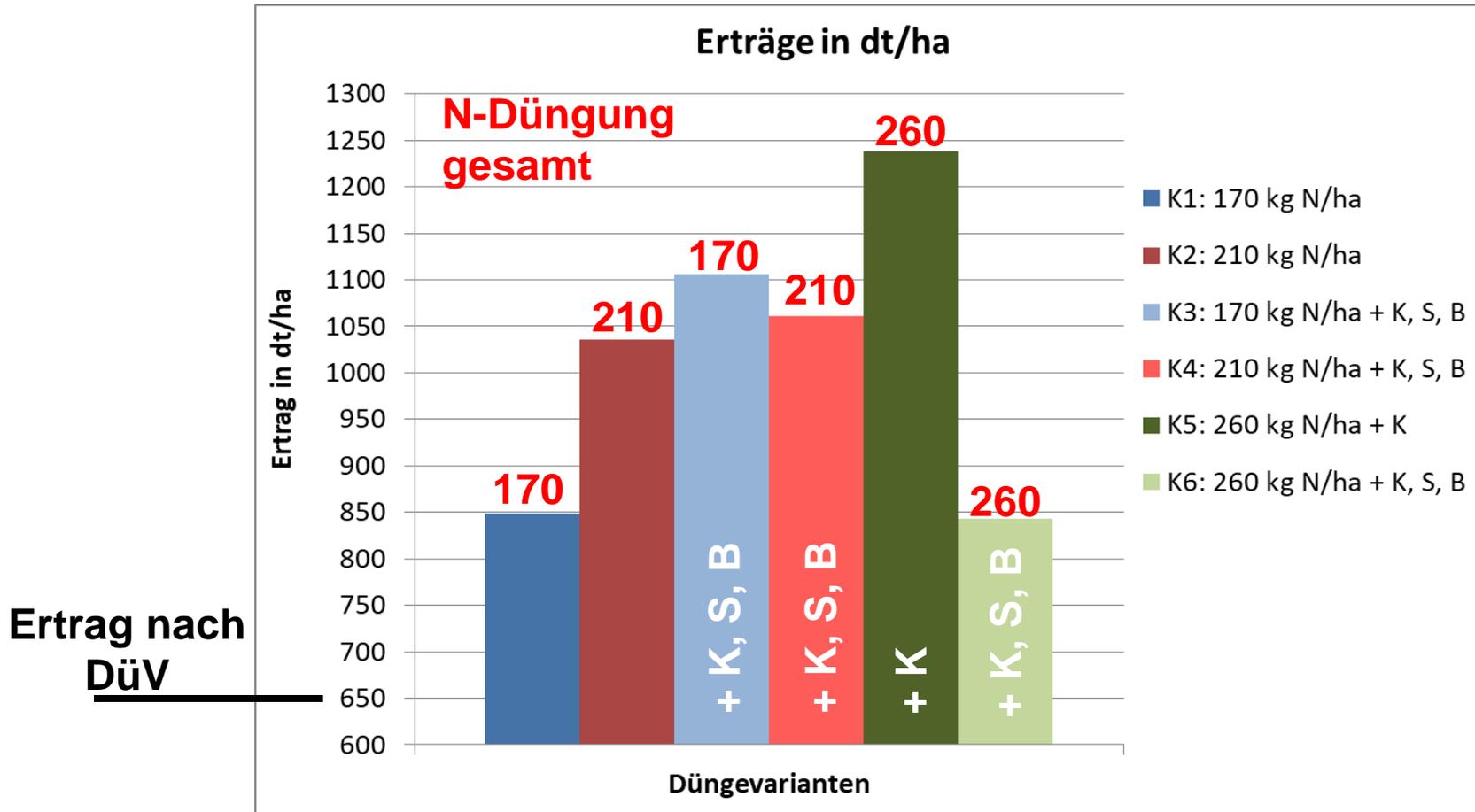
4. Ergebnisse von Düngefenstern



- Varianten mit extra Düngung von S, K und Bor weisen **niedrigere N_{\min} -Gehalte** auf sowie auch **niedrigere Nitratgehalte in Knolle, Stengel und Blatt**



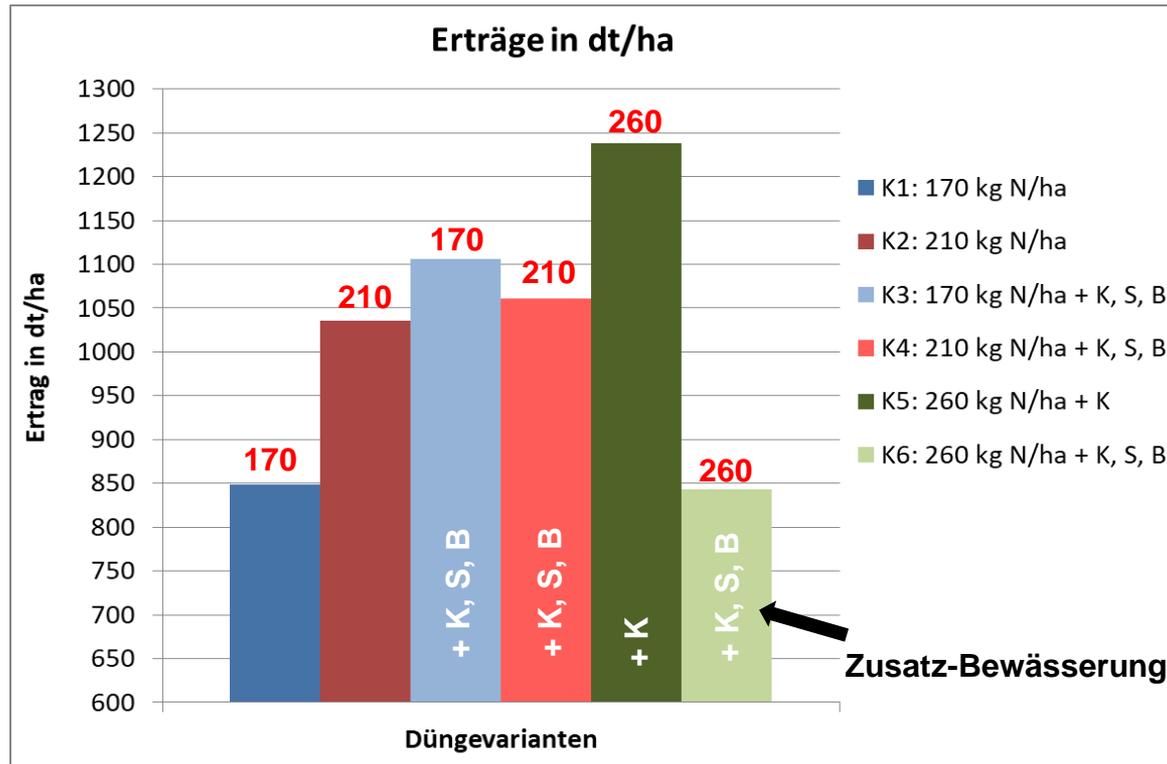
4. Ergebnisse von Düngefenstern



- Erträge beruhen auf 60.000 Pfl./ha minus 10 %
- (sehr) hohe Erträge bei allen Varianten, Ertrag nach DüVO ist anzuzweifeln, N-Düngung nach Bedarfsermittlung, **N-Angebot nicht im Minimum**



4. Ergebnisse von Düngefenstern



- Randeffekte bzw. Zusatz-Bewässerung vom angrenzenden Acker mit Lauch beeinflussen Ergebnisse bei Variante K6 (z. B. N- und S-Auswaschungsverluste)
- Variante mit 170 kg N/ha ohne zusätzl. K-, S-, B-Düngung: niedrige Erträge u. U. auch durch geringere Beregnungsmenge mitverursacht



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.10 Knollensellerie 1. Kultur („Wiederholung“ von 4.9)

V6: 145 N	V5: 215 N	V4: 170 N	V3: 170 N	V2: 215 N	V1: 145 N	V7: 340 N
2*	3*	2*	2*	3*	2*	3*
+ S & B	+ S & B	+ S & B				

K₂O wurde dieses mal bereits ausreichend auf der gesamten Fläche gedüngt

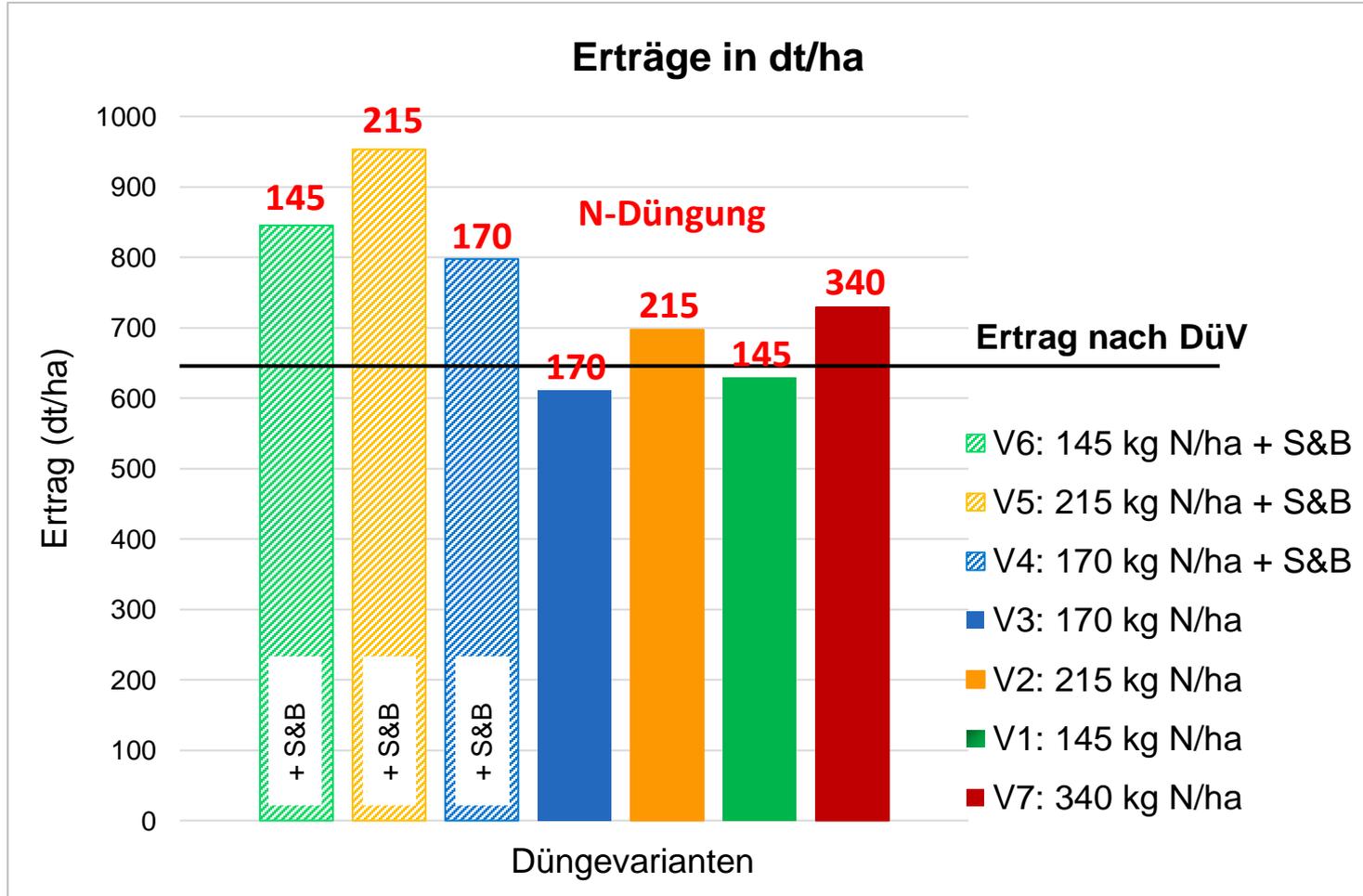
Starkregenereignis nach 2. Düngegabe (Mitte Juni)

* Anzahl Düngegaben



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.10 Knollensellerie 1. Kultur

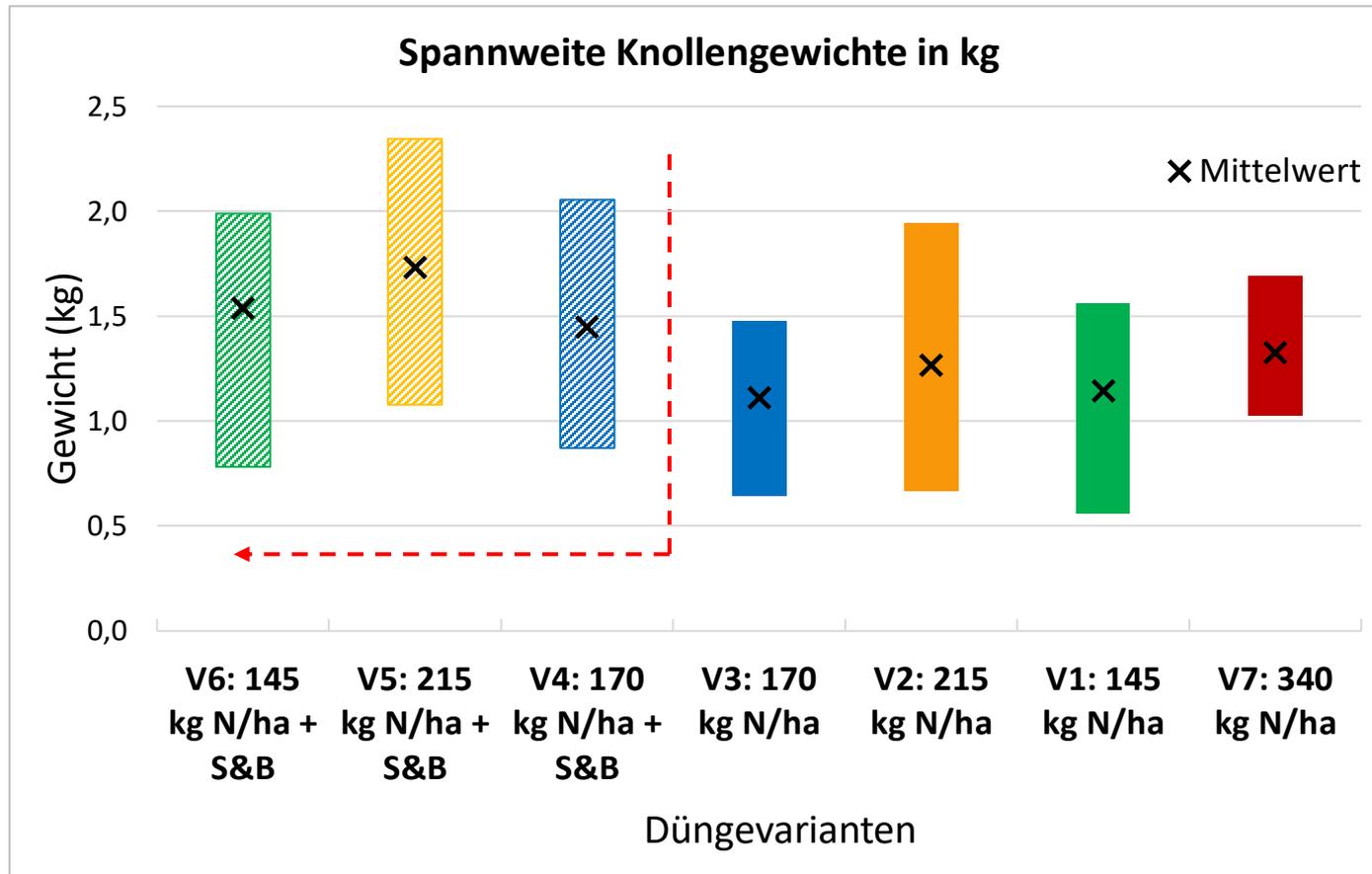


- Varianten mit **zusätzlichem S und B** haben **mehr Ertrag** als Vergleichsvarianten



4. Ergebnisse von Düngefenstern

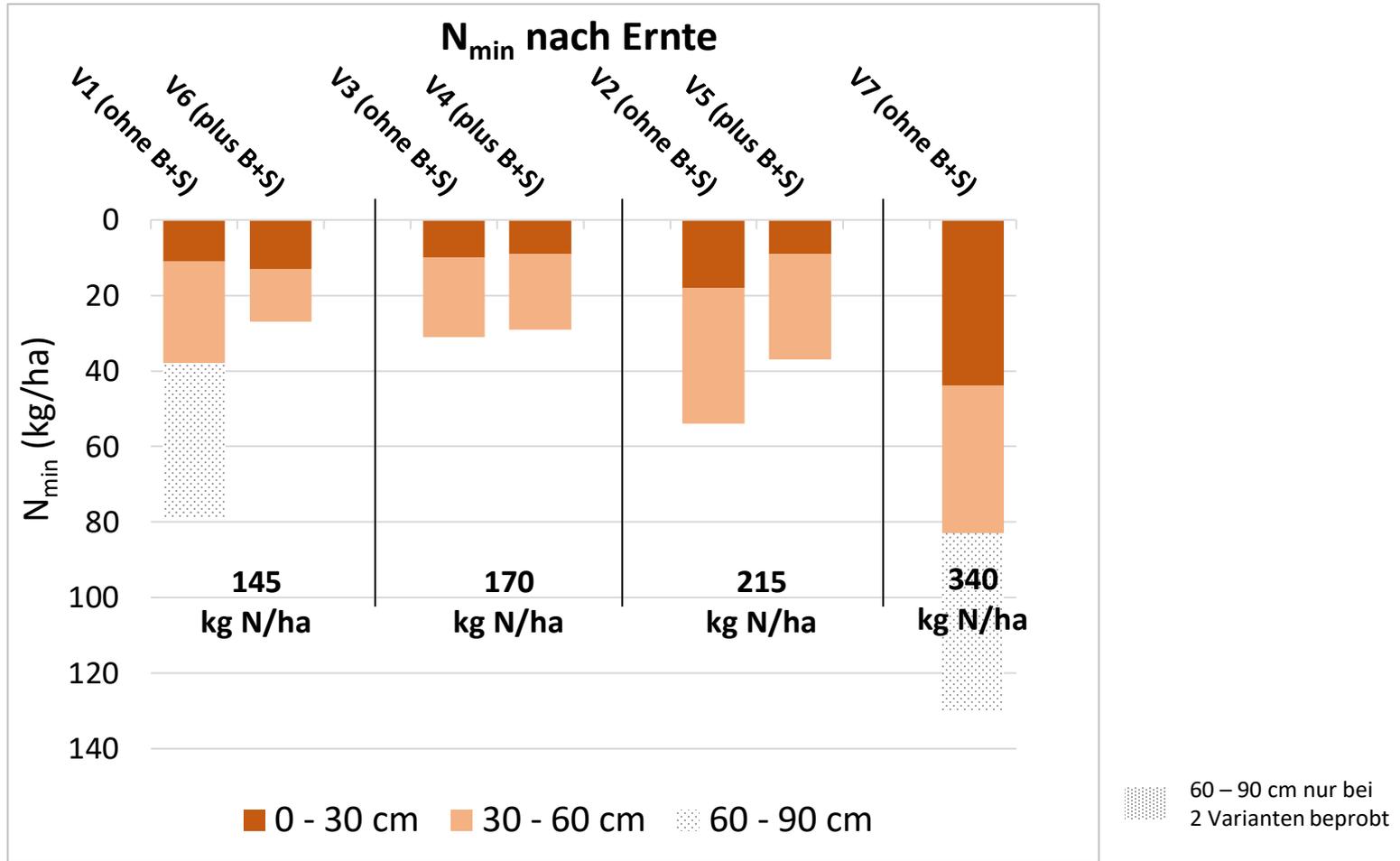
4.10 Knollensellerie 1. Kultur



- Varianten mit zusätzlicher S- & B-Düngung: geringere Bodenverdichtung dort könnte u.U. auch einen zusätzlichen Beitrag zu höheren Erträgen leisten



4. Ergebnisse von Düngefenstern



- Menge der N-Gabe spiegelt sich in **N_{min} Werten nach Ernte** wieder
- tendenziell **niedrigere N_{min}-Gehalte** bei Varianten mit **extra B und S** Düngung weisen hier erneut auf höhere N-Effizienz hin



4. Ergebnisse von Düngefenstern

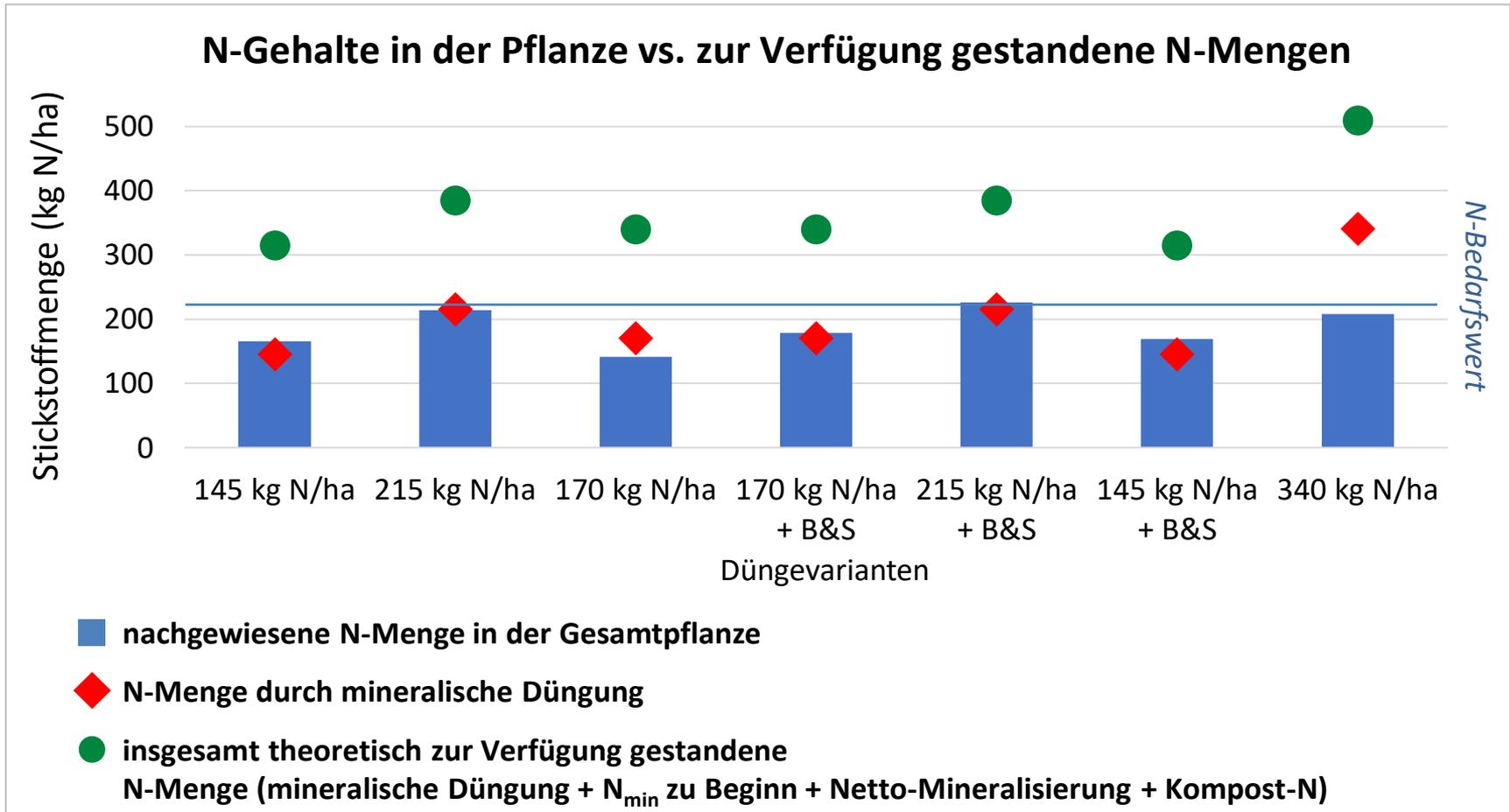


Allerdings: Aufhellung des Grüns bei weniger gedüngten Varianten nach Starkregen

4. Ergebnisse von Düngefenstern



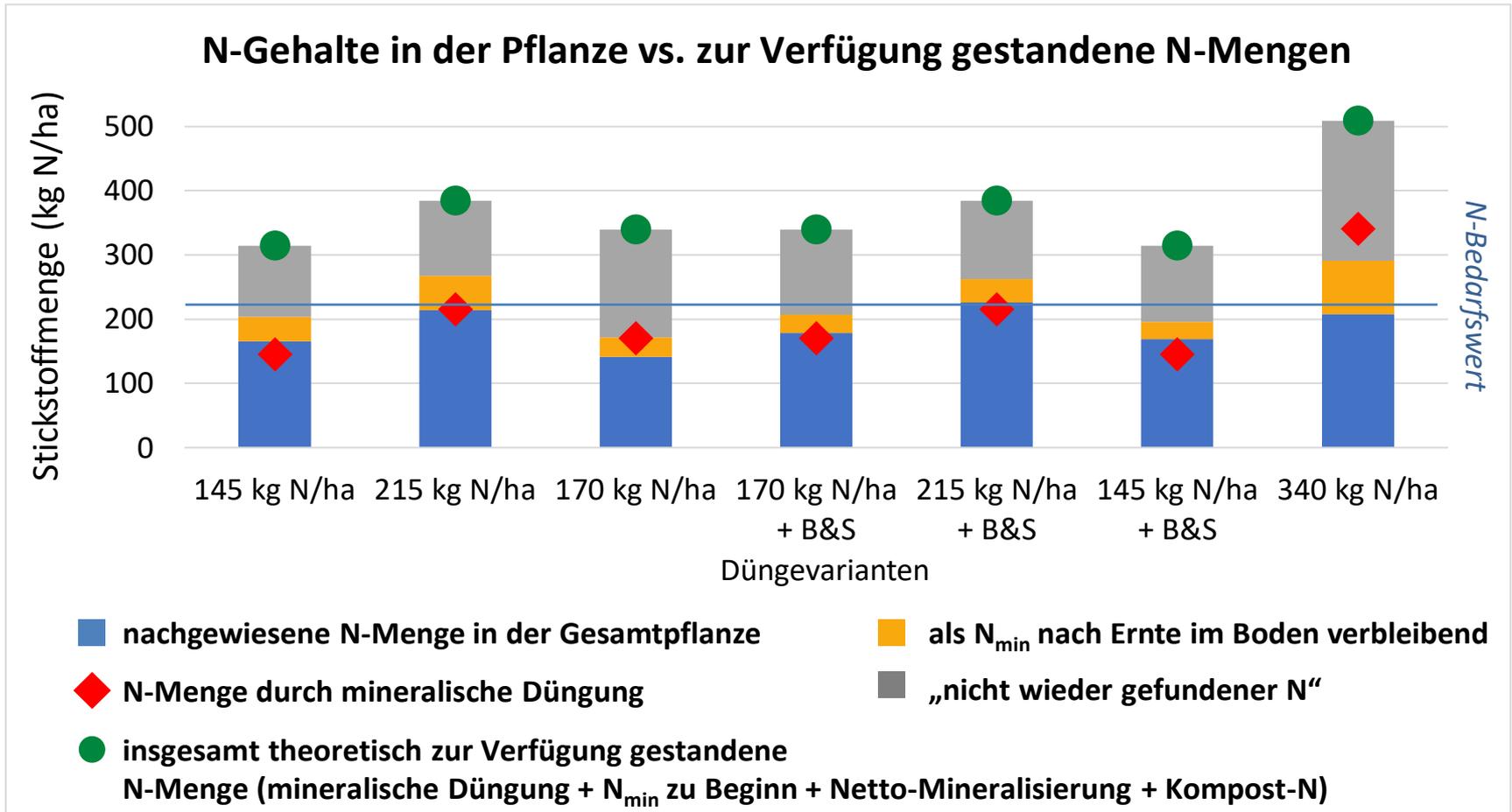
4. Ergebnisse von Düngefenstern



- Varianten mit **geringerer mineralischer N-Düngung** haben im Durchschnitt **weniger N** aufgenommen
- nur **ein Teil des theoretisch verfügbaren N** findet sich in der Pflanze wieder



4. Ergebnisse von Düngefenstern



- Menge des „nicht wieder gefundenen N“ deutet auf **hohen Verlust / eingeschränkte Verfügbarkeit an Stickstoff über alle Varianten** hin (Auswaschung, Entgasung, erhöhte Festlegung des Stickstoffs in Humus etc.)



4. Ergebnisse von Düngefenstern

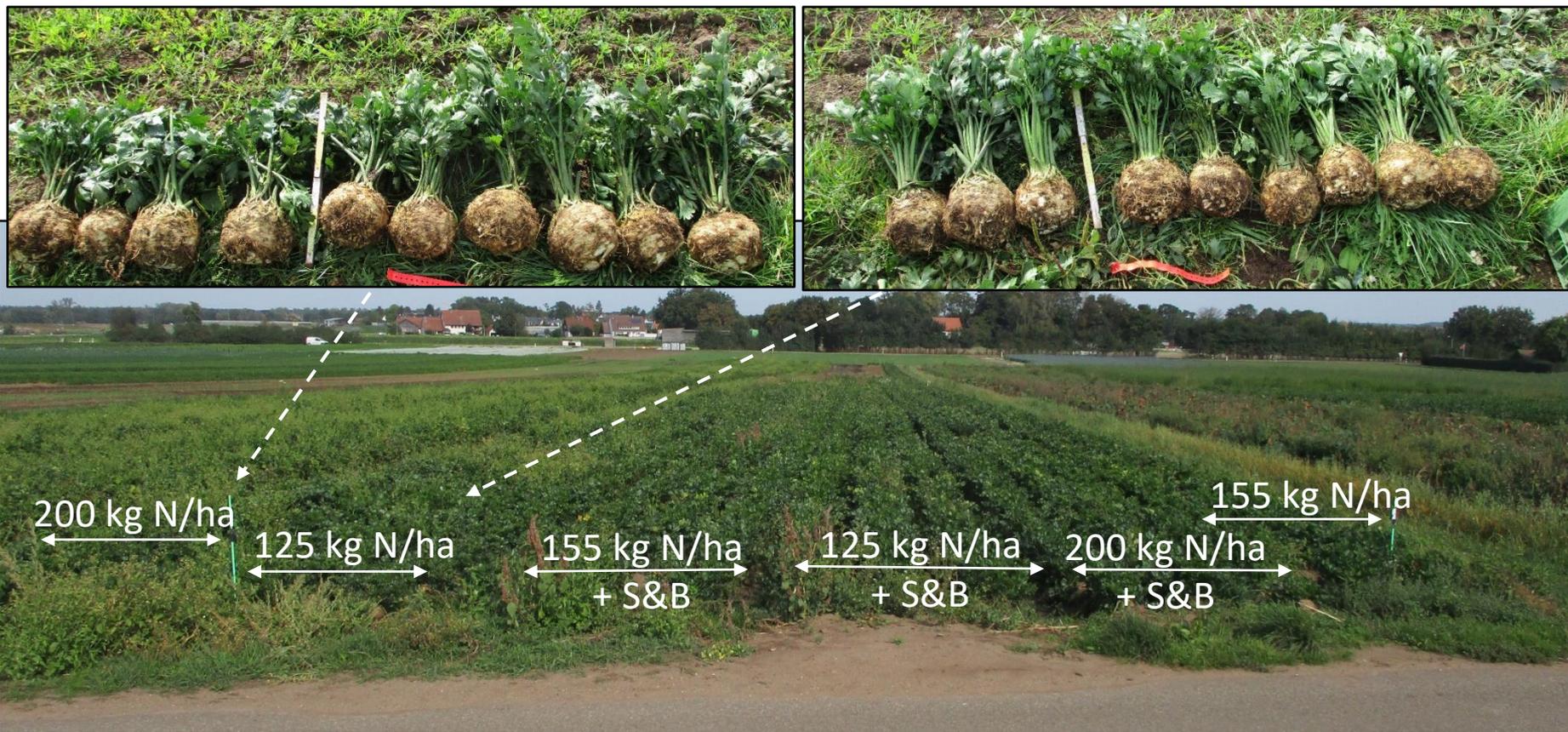


- Keine Einbußen in Knollenqualität bei reduzierter Düngung, jedoch aufgrund deutlicher Aufhellung der Blätter **keine Vermarktung mit Grün möglich**
- „Wiederholung“ des Knollensellerie-Versuchs aus 2019:
Reduzierung der N-Düngung im letzten Jahr unproblematisch ↔
Knollensellerie am Limit durch **Starkregenereignis** in 2020



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.11 Knollensellerie 1. Kultur

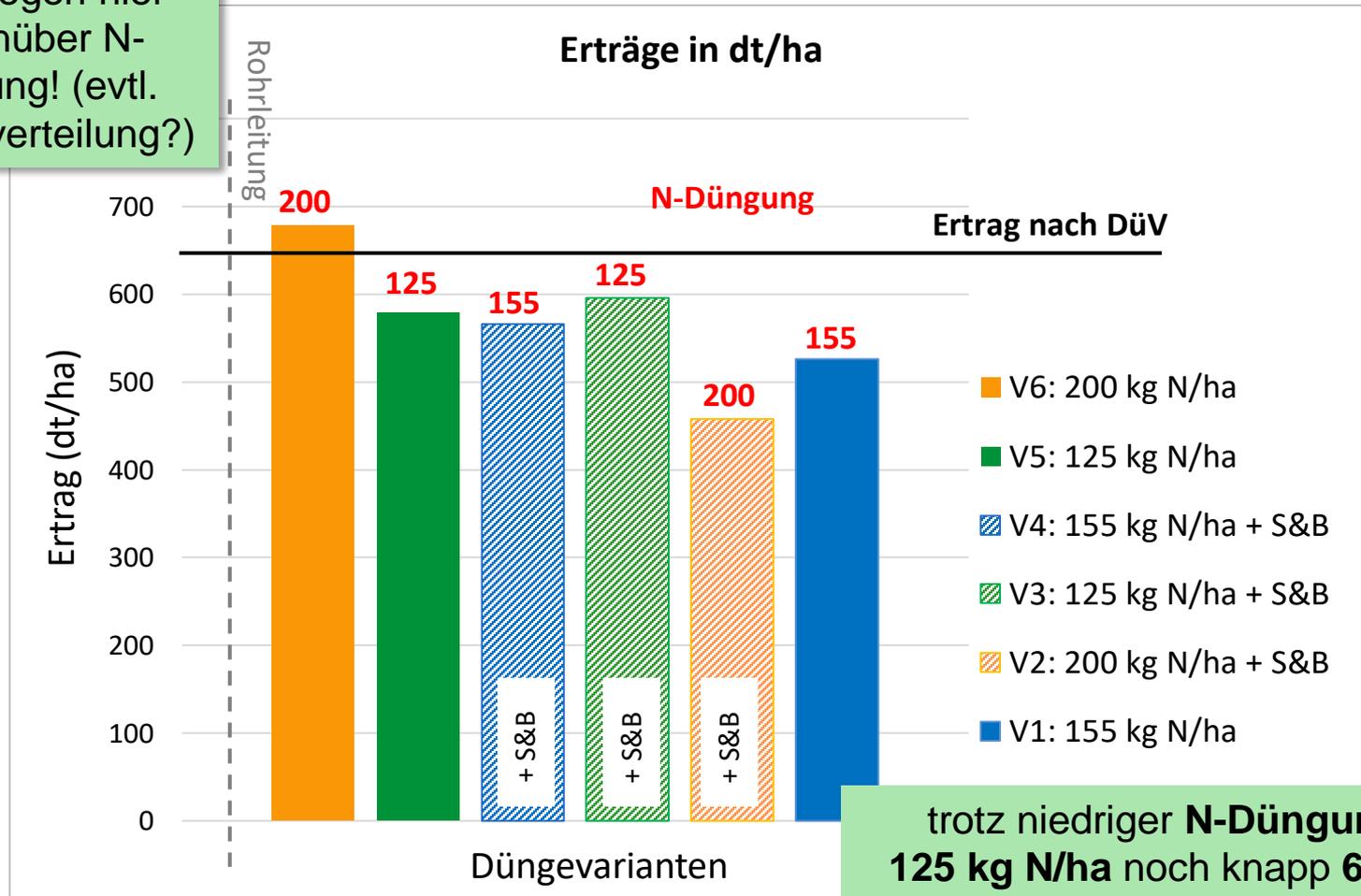


- **keine Aufhellung** des Grüns hier trotz Starkregenereignis im Juni
- kein Effekt der extra Düngung mit B und S (schlechte Auflösung des Düngers)

4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.11 Knollensellerie 1. Kultur

andere Einflüsse überwiegen hier gegenüber N-Düngung! (evtl. Wasserverteilung?)



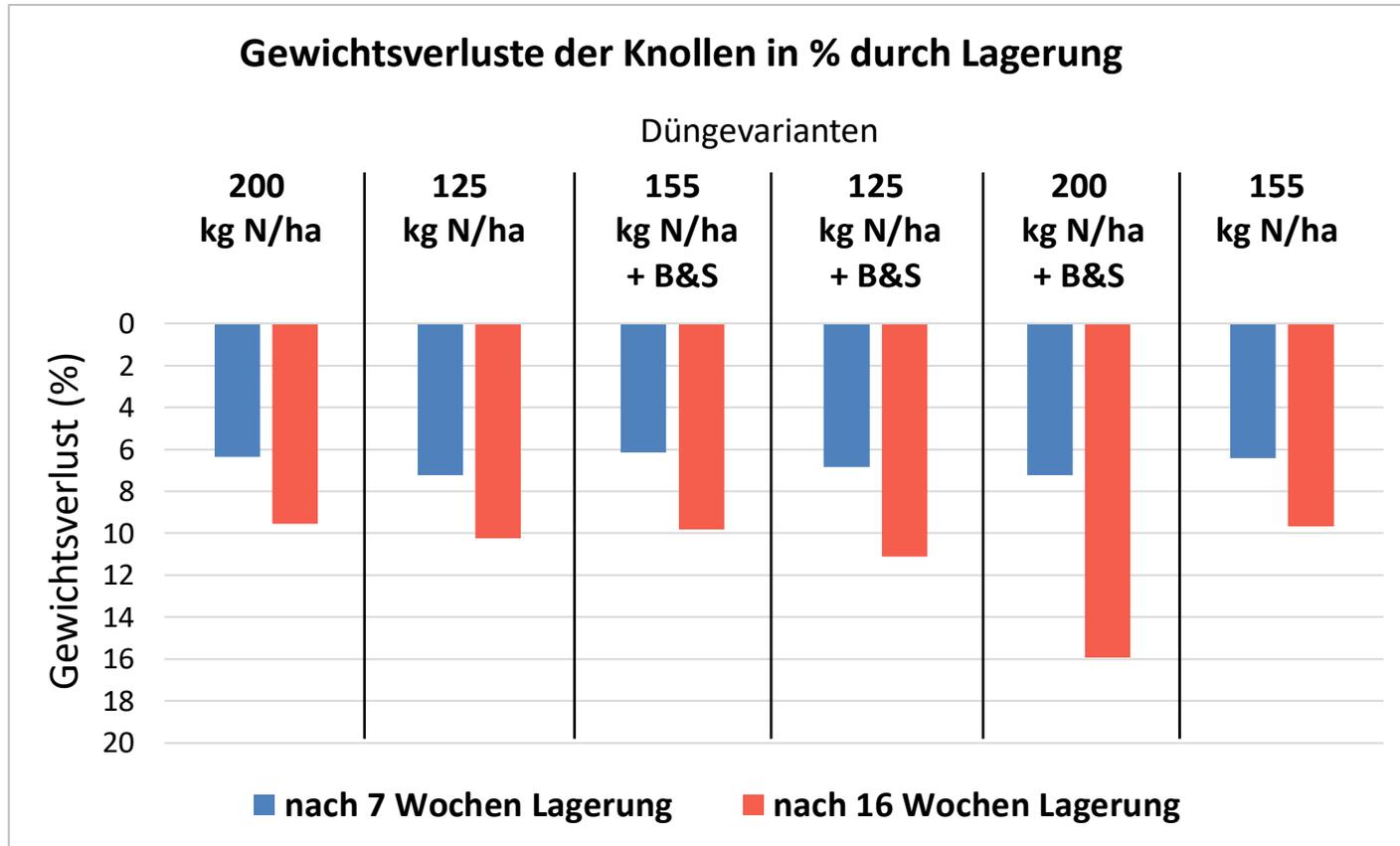
trotz niedriger N-Düngung von 125 kg N/ha noch knapp 600 dt/ha Ertrag aufgrund längerer Standzeit



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.11 Knollensellerie 1. Kultur

Auswirkung der Düngung auf die Lagerfähigkeit der Sellerieknollen

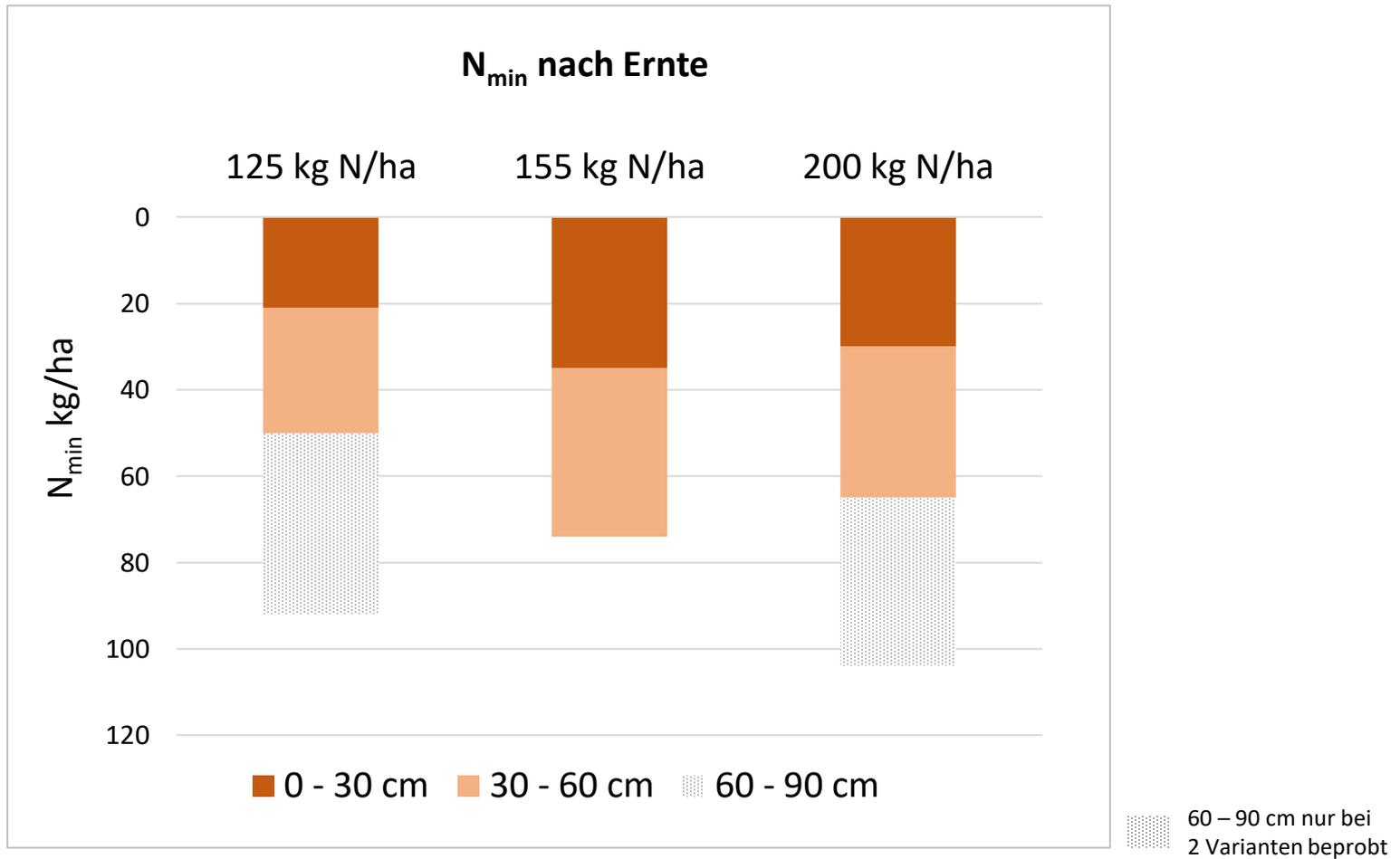


- keine Tendenz hinsichtlich geringerer Gewichtsverluste bei verminderter N-Düngung



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.11 Knollensellerie 1. Kultur

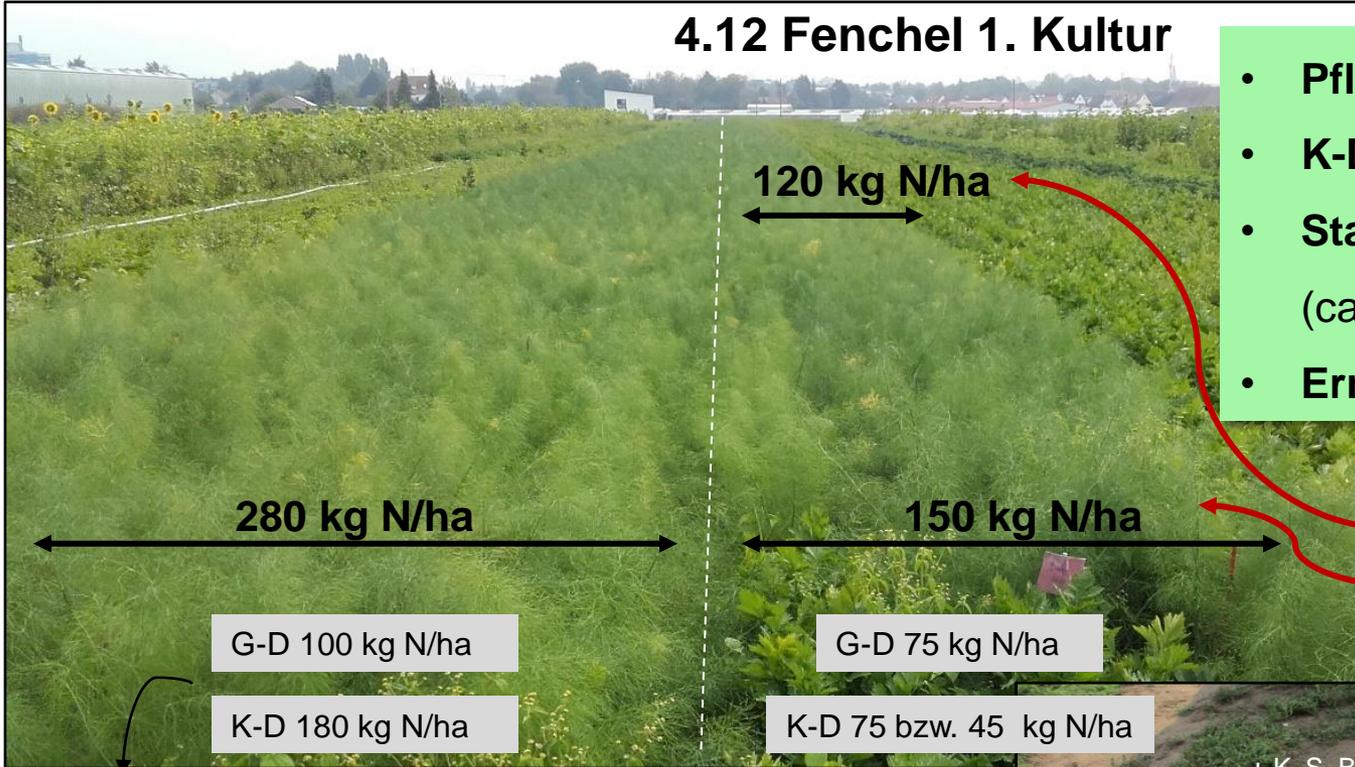


- N-Vorrat nicht vollständig ausgeschöpft



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.12 Fenchel 1. Kultur



- Pflanzung und G-D: 14.07.
- K-D: 03.08.
- Starkregen: 28. - 30.08.
(ca. 60 mm)
- Ernte: 17.09. - 23.09.

je die Hälfte davon nach
KAK – Bodenanalysen
(extra K, S, B)

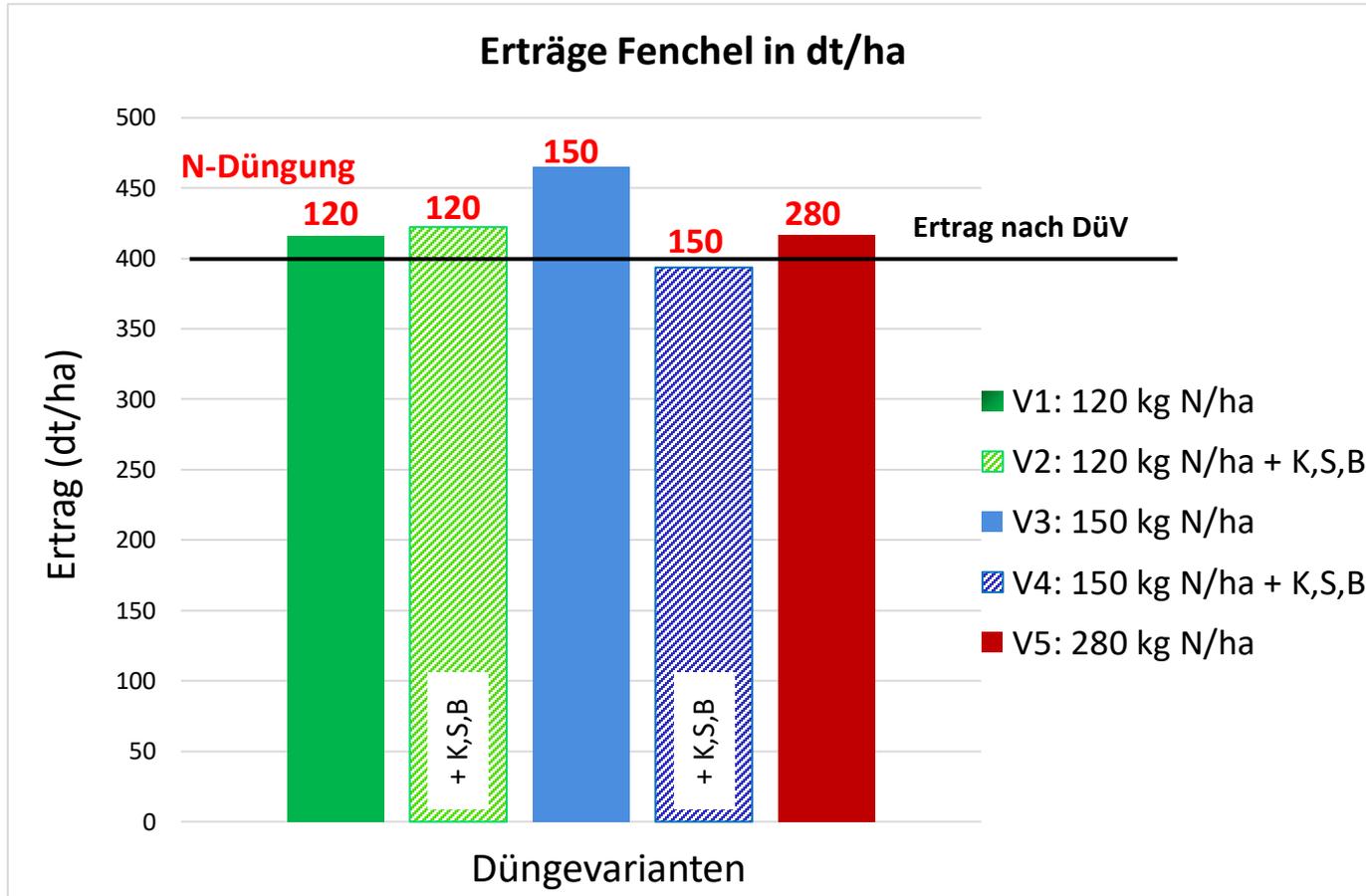
Anmerkung: z.T. Haarmehlpellets (Mindestwirksamkeit 70% im Ausbringungsjahr)

- keine Effekte der Düngung nach Empfehlung aufgrund Bodenanalysen der **potentiellen Kationenaustauschkapazität**
→ Kulturdauer zu kurz um Wirkung des zugegebenen Borschwefels zu beurteilen oder keine Wirkung hier vorhanden?



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.12 Fenchel 1. Kultur

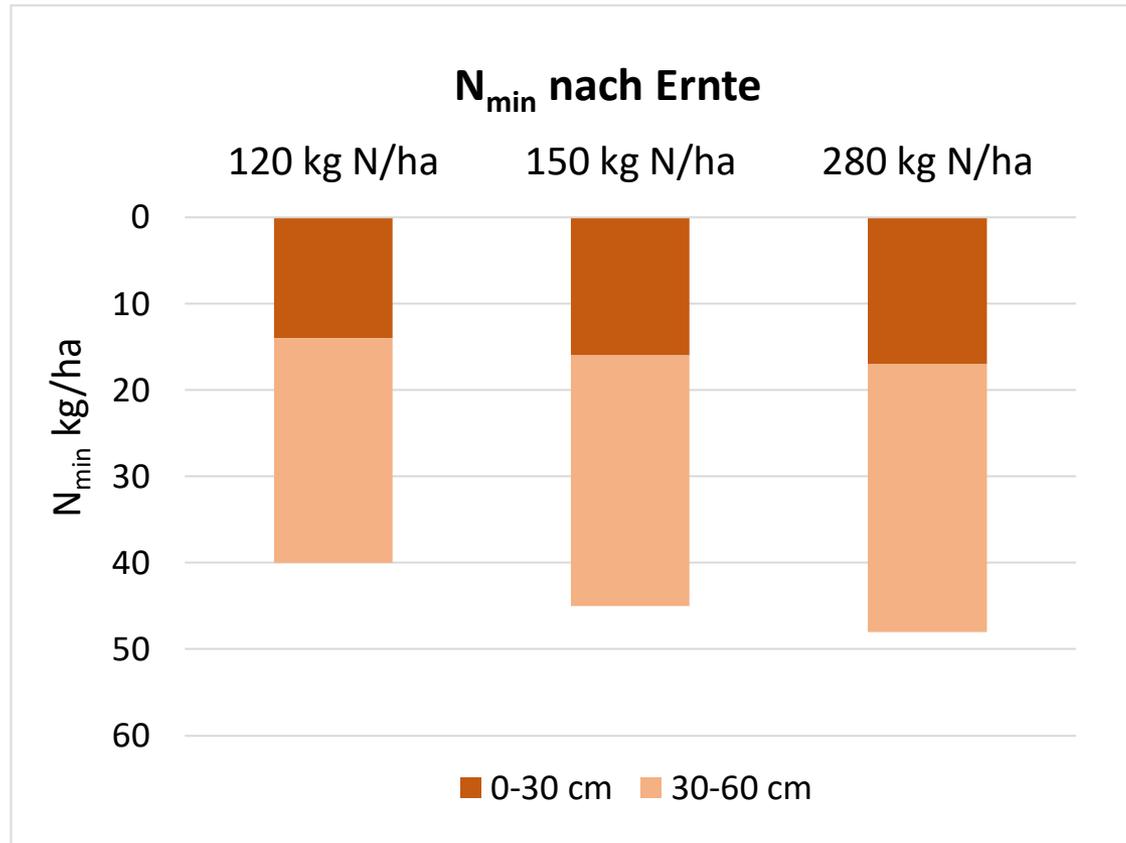


- **keine Ertrags- und Qualitätseinbußen** bei verminderter N-Düngung trotz Starkregen
- **Organik** als Puffer (Humus, Mist, Pellets aus dem Vorjahr etc.)



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.12 Fenchel 1. Kultur

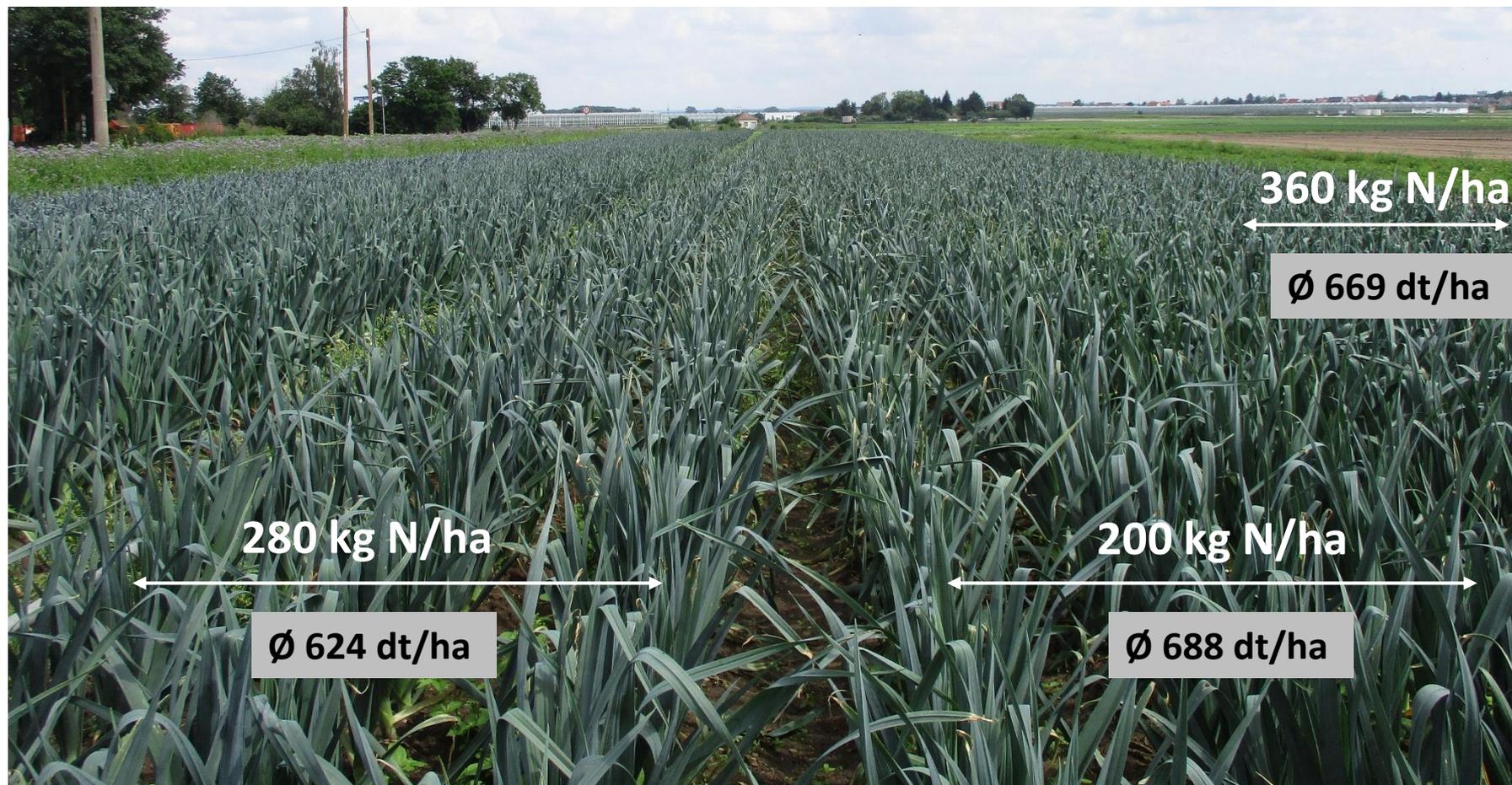


Wohin sind die **160 kg N/ha** Differenz zwischen höchster & niedrigster Stickstoffgabe?
→ in **Humus** festgelegt oder noch nicht vollständig wirksam geworden??
→ bereits in **tieferen Schichten** verlagert???



4. Ergebnisse von Düngefenstern

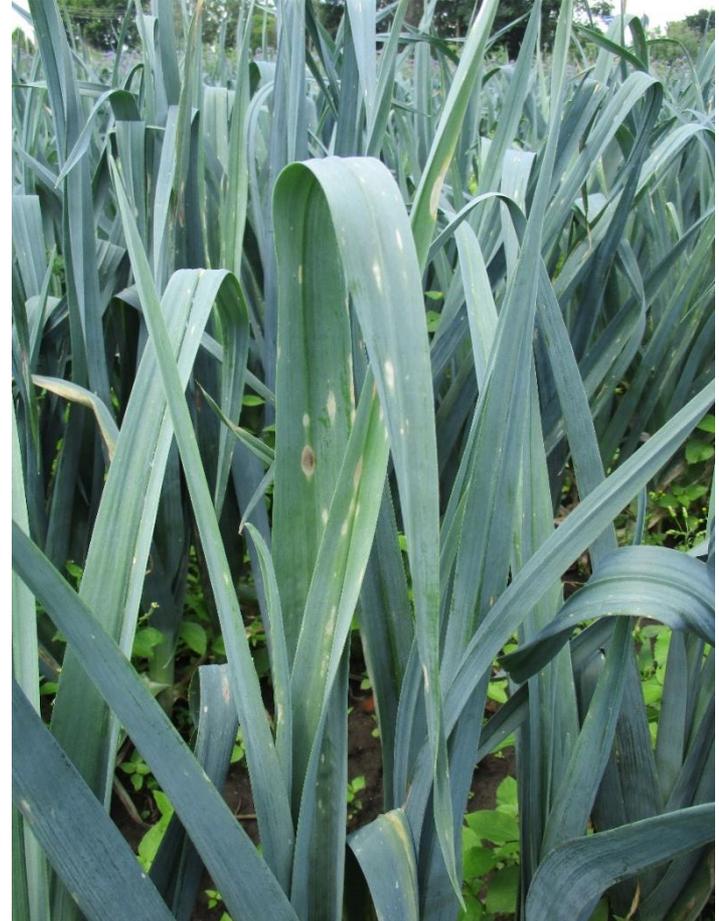
4.13 Porree 1. Kultur



- Zunächst **kein Unterschied** in Ertrag und Qualität, keine deutlichen Effekte der extra Düngung mit K,S,B...

4. Ergebnisse von Düngefenstern

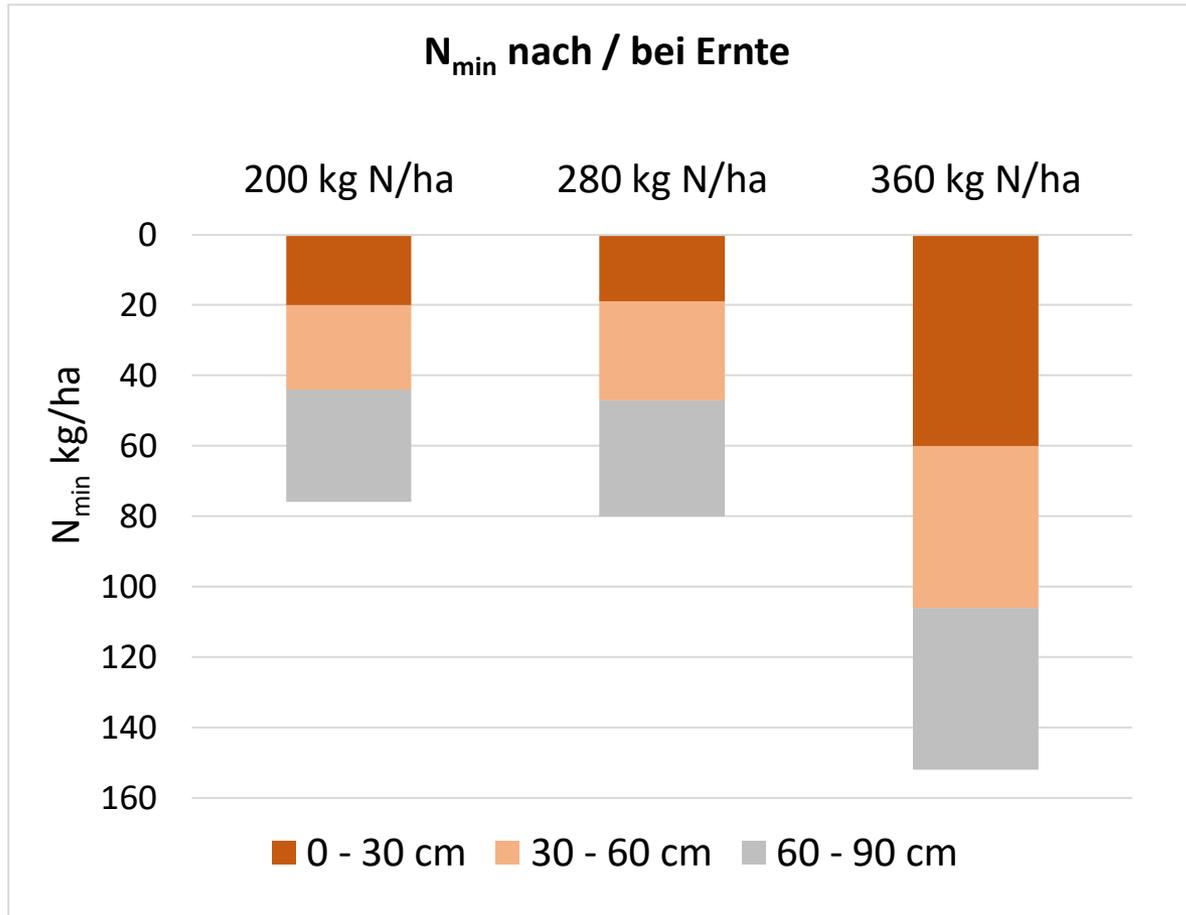
4.13 Porree 1. Kultur



... aber mit zunehmender **Länge des Erntefensters** erhöhte Ausprägung von **Thripse** und **Purpurfleckenkrankheit** bei **geringerer N-Düngung**

4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.13 Porree 1. Kultur

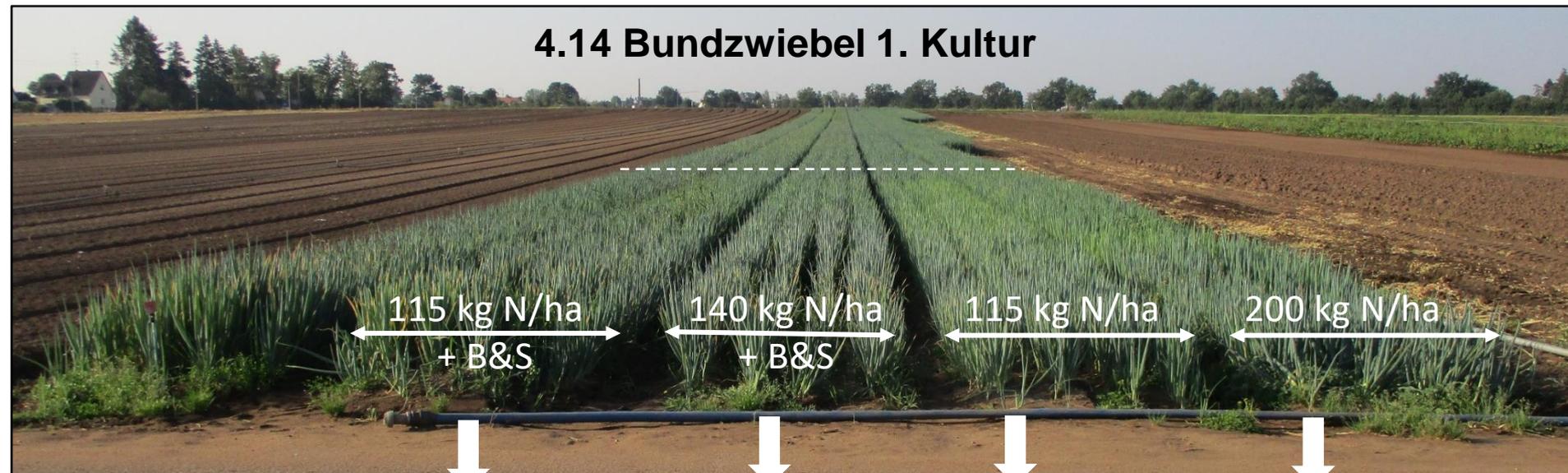


- höhere N-Gabe spiegelt sich deutlich in **N_{min} - Werten nach / bei Ernte** wider



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.14 Bundzwiebel 1. Kultur



Einzelgewicht
pro Stück
(gesamter
Aufwuchs)

Ø 37 g

Ø 51 g

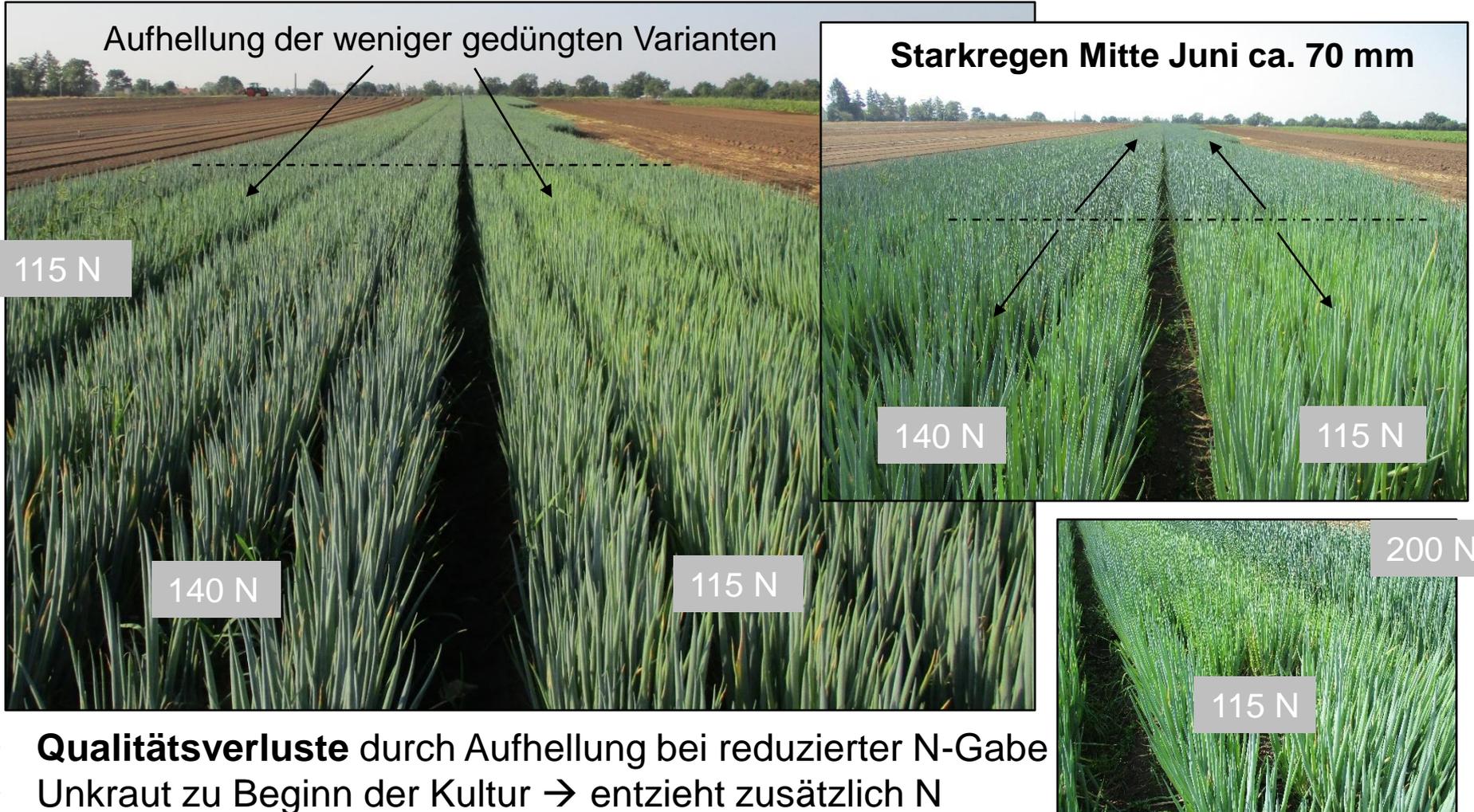
Ø 42 g

Ø 61 g



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.14 Bundzwiebel 1. Kultur



- **Qualitätsverluste** durch Aufhellung bei reduzierter N-Gabe
- Unkraut zu Beginn der Kultur → entzieht zusätzlich N

4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.14 Bundzwiebel 1. Kultur



Düngung mit Borschwefel nach Aussaat problematisch:

- Gelbfärbung der Spitzen (im Laufe der Zeit rausgewachsen)
 - **Pflanzenanalyse zeigt: Borgehalte deutlich höher bei Variante mit extra Borschwefel, Schwefelgehalte dagegen gleich niedrig → stark verzögerte Umsetzung des Borschwefels (v.a. Umwandlung Schwefel zu Sulfat)**
- Extra S und B Düngung am besten bereits im Herbst / Frühjahr

4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.15 Schnittlauch mehrschnittig



- Wirkung der extra B+S-Gabe bzgl. N-Effizienz somit schwer zu beurteilen

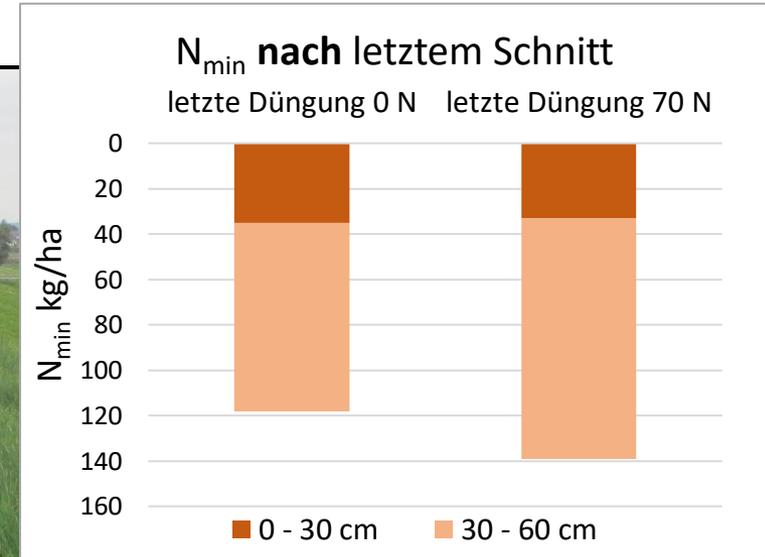
	N _{min} - Gehalte (kg/ha)	
	nach Häckseln vor 2. Düngung (23.04.)	nach Häckseln vor 3. Düngung (03.06.)
0 - 30 cm	95	91
30 - 60 cm	57	49
gesamt	152	140

unabhängig davon: Einsparen der Kopfdüngung möglich



4. Ergebnisse von Düngefenstern

4.15 Schnittlauch mehrschnittig



- **N-Angebot nicht im Minimum:** kein Hinweis auf Ertrags- oder Qualitätseinbußen bei ausgelassenen Düngungen
- **Mineralisierung und Humusaufbau** durch **regelmäßiges Häckseln** gewährleisten Stickstoffnachlieferung

4. Ergebnisse von Düngefenstern

Projektergebnisse zeigen, dass eine bedarfsgerechte N-Düngung i. d. R. funktioniert:

- ohne Einbußen an Ertrag und Qualität
- bei fachgerechter **Probenahme** und **Bewässerung** sowie „normaler“ Witterung
- generell problematisch nur bei sehr humusreichen Böden

- bei „**Gemüse nach Gemüse**“ mit N_{\min} Probe sind **deutliche N-Einsparungen** möglich
- aber auch **kleine N-Mengen summieren** sich: bei Salatanbau von 150 ha: ca. 5 Tonnen/Jahr



4. Ergebnisse von Düngefenstern

ABER: Wann kann es zu Problemen kommen?

➤ In „Trockenjahren“ wie 2018

- stark verzögerte Auflösung der Mineraldünger
- hohe N_{\min} -Gehalte durch hohe N-Mineralisierung aus Humus (bereits im Frühjahr)

Juni: 130 kg/ha in 0 – 30 cm (4 Schläge ohne vorherige Kultur und ohne Düngung)

70 kg/ha in 30 – 60 cm



ohne N_{\min} -Probe sind hohe N-Überschüsse zu erwarten



4. Ergebnisse von Düngefenstern

ABER: Wann kann es zu Problemen kommen?

➤ bei Starkregen und Nitratauswaschung nach Düngung

(generelles Problem mit oder ohne Bedarfsermittlung)

- Regelung Düngeverordnung 2020:
schlechte Bestandsentwicklung, Witterungsereignisse: Nachdüngung max.
+ 10% des ermittelten Düngebedarfs zulässig (nicht aber in den roten Gebieten!)

➤ Mögliche Vorsorgemaßnahmen

- Verwendung von stabilisierten N-Düngern
- Aufteilung der N-Gaben
- Humusaufbau



5. Optimierung der Bewässerung



Genauigkeit der Wasserverteilung bei Überkopfberegnung

Eine ungleichmäßige Wasserverteilung bewirkt

- feucht-nasse Standorte mit Sickerwasserbildung und Nitratauswaschung
- stets trockenere Standorte

➔ bewässerungsbedingte Heterogenität der N-Gehalte im Oberboden

➔ Teilflächen mit geringerer N-Versorgung und andere mit geringerer Wasserversorgung mit Auswirkung auf Ertrag und Qualität

➔ Optimierungspotential für eine gleichmäßige Wasserverteilung um N und Wasser einsparen zu können bei gleichzeitiger Gewährung der Kultursicherheit

5. Optimierung der Bewässerung



5. Optimierung der Bewässerung



5. Optimierung der Bewässerung



Leckagen und undichte Kupplungen vermeiden



Rollomat-Standort

- Verwendung von gleichen Regnern mit gleicher Düse im Aufstellverband!
- Sorgfalt bei Aufbau des Verbandes (z. B. Regner senkrecht ausrichten)

5. Optimierung der Bewässerung



25 Erfassungen der Verteilgenauigkeit

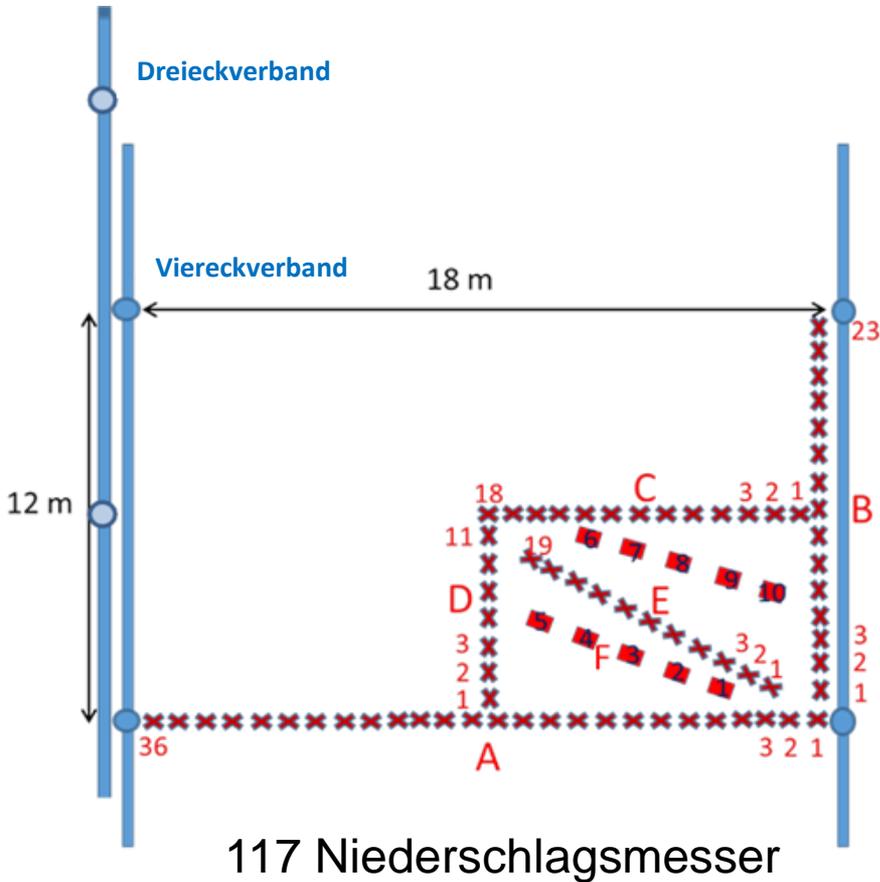
1. Versuchsaufbau		Naan (Kunststoff) vs. Perrot VYR (Messing)	
Viereckverband	18 m x 24 m	5 bar	5 bar
		4 bar	4 bar
		3 bar	3 bar
		2 bar	

2. Versuchsaufbau		Bei jedem Verband erfolgte der Vergleich von Naan (Kunststoff) vs. Mischung aus RC Farm 140 und Rainbird 14070	
2.1 Viereckverband	12 m x 18 m		
2.2 Dreieckverband	12 m x 18 m	7 - 7,5 bar	7 - 7,5 bar
		6 bar	6 bar
2.3 Viereckverband	18 m x 18 m	4 bar	4 bar



5. Optimierung der Bewässerung

Beispiel eines Versuchsaufbaus



5. Optimierung der Bewässerung

Naan-Regner vs. Messing-Regner (RC Farm & Rainbird)

Ergebnisse in mm nach 1 Stunde Bewässerungszeit, Viereckverband 12 m x 18 m

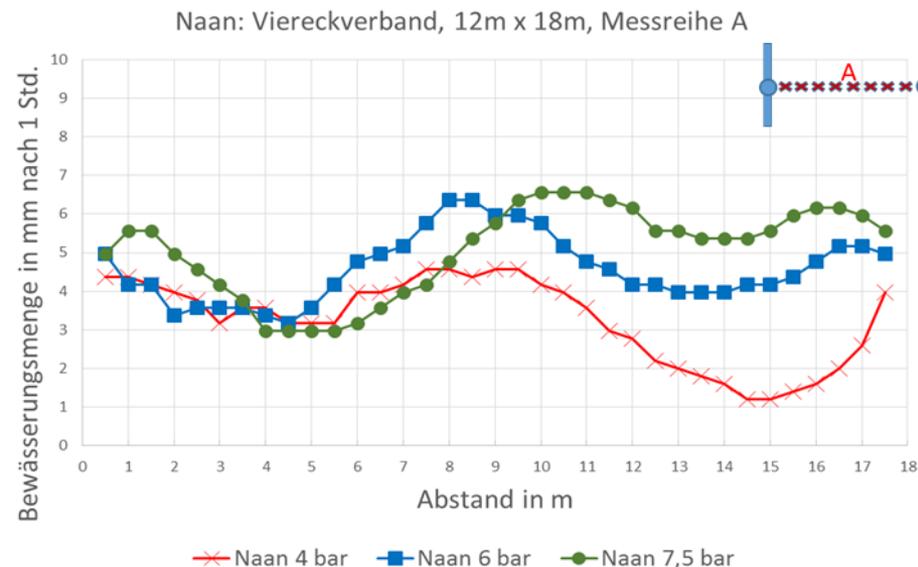
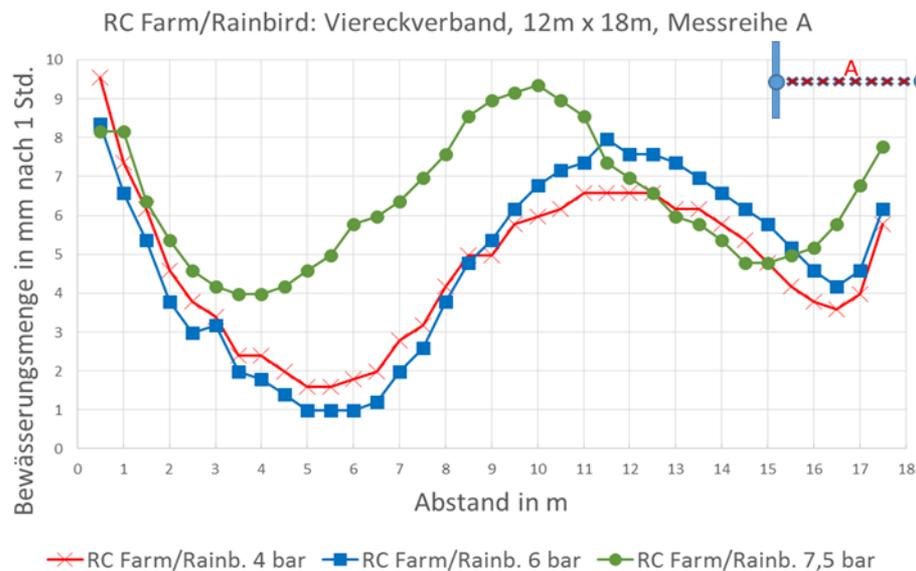
Wassermengen in mm	Naan-Regner			RC Farm/Rainbird		
	4 bar	6 bar	7 - 7,5 bar	4 bar	6 bar	7 - 7,5 bar
Minimum	1	3	3	2	1	4
Maximum	7	9	9	13	14	13
Mittelwert	4	6	6	6	6	8
STD-Abweichung	1,2	1,5	1,4	2,0	2,2	2,3
Summe*	520	702	685	644	653	944
Spannweite	6	6	6	12	13	9

* Summe der Wassermengen von allen Niederschlagsmessern (n = 116)

- **Naan-Regner mit höherer Verteilgenauigkeit bei tendenziell geringerem Wasserverbrauch**



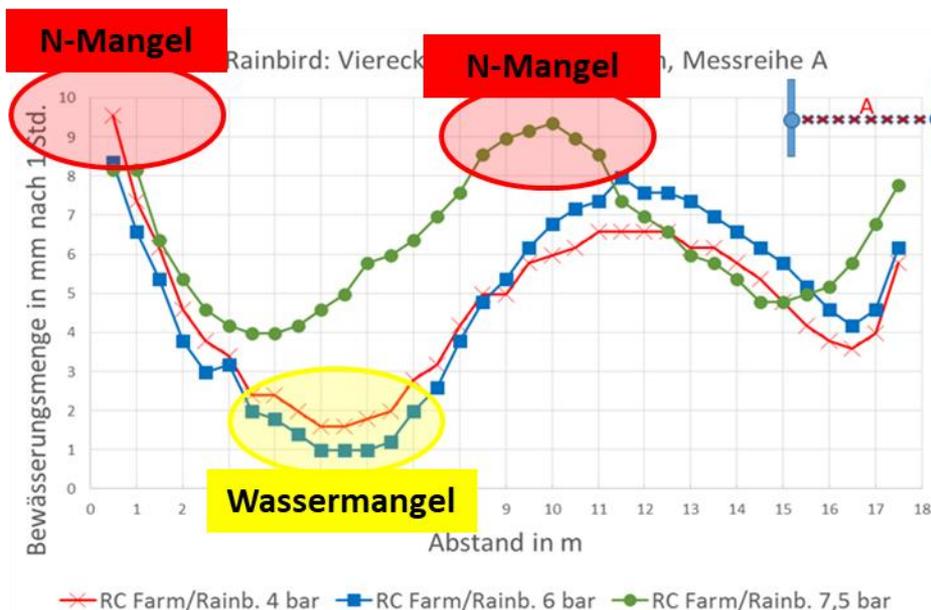
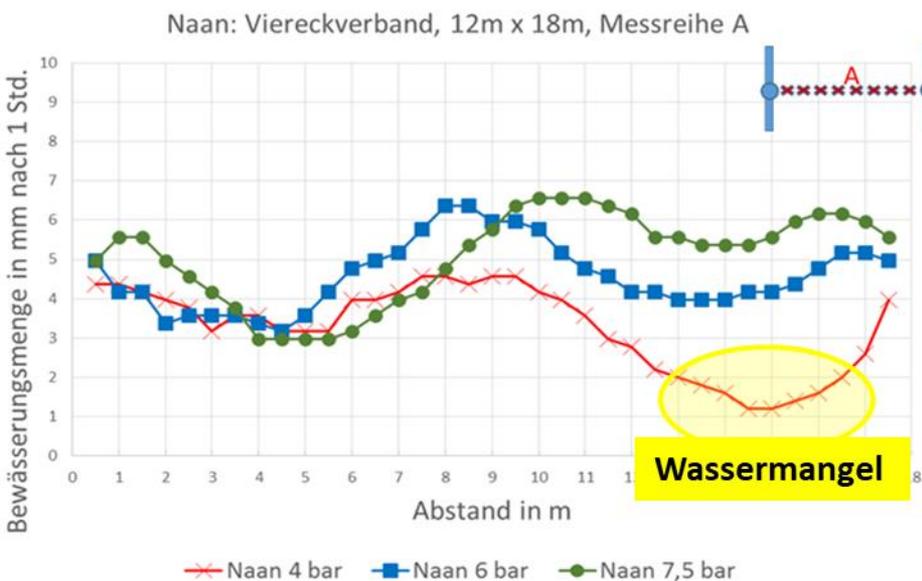
5. Optimierung der Bewässerung



- geringere Schwankungen bei Naan-Regnern (hier: von Rohrleitung zu Rohrleitung)
- hohe Spritzwassermenge im Abstand von 0,5 m bei RC Farm/Rainbird
- bei Naan-Regnern reicht bei 4 bar Wasserdruck und 18 m Rohrleitungsabstand die Wurfweite nicht aus (geringe Beregnungsdichte)



5. Optimierung der Bewässerung



- bei hohen Bewässerungsgaben und v. a. bei langen Bewässerungszeiten (trockene Sommer, lange Kulturdauer) sind auf Teilflächen Ertragseinbußen und Nitratverluste zu erwarten
- Nitratverlagerung bei ca. 20 mm:
 Sand: ca. 20 cm
 lehmiger Sand: ca. 10 cm
 Lehm: ca. 5 cm



5. Optimierung der Bewässerung

Koeffizienten der Verteilgenauigkeit

CU-Wert (Christiansen-Uniformity bzw. Gleichmäßigkeitskoeffizient)

- vergleicht \emptyset -Abweichung vom Mittelwert mit dem Mittelwert
- Minimum- und Maximalwerte werden gleich gewichtet
- Unter- bzw. Überbewässerung wird gleich dargestellt
- 100 % = gesamte Fläche wird gleichmäßig bewässert \neq zu erreichen in der Praxis

DU-Wert (Verteilungsgleichmäßigkeit)

- Bereiche mit zu wenig Niederschlag gehen verstärkt in Messwert ein
- Minimumstellen werden stärker gewichtet, pflanzenbaulich aussagekräftiger
- höhere Ansprüche an Verteilgenauigkeit als CU-Wert (oft DU-Wert < CU-Wert)
- Aber: Überbewässerung wird nicht betrachtet

SC-Wert (Schedule Coefficient bzw. Zeitplankoeffizient)

- Dauer der Bewässerung, um die trockenste Stelle ausreichend zu bewässern
- beschreibt auch, wie stark eine Fläche dadurch im Durchschnitt überbewässert wird
- Bsp: SC-Wert von 2 = die am besten versorgte Stelle erhält doppelt so viel Wasser wie die am schlechtesten bewässerte Stelle



5. Optimierung der Bewässerung

2. Versuchsaufbau		DU-Wert		CU-Wert		SC-Wert 5 %		SC-Wert 10 %	
Aufstellhöhe: 31 - 36 cm		Naan	RC Farm/Rainb.	Naan	RC Farm/Rainb.	Naan	RC Farm/Rainb.	Naan	RC Farm/Rainb.
Viereckverband									
12 x 18	4 bar	65	61	81	73	3,1	2,9	2,3	2,3
	6 bar	69	50	80	71	1,7	4,6	1,6	3,2
	7 - 7,5 bar	71	66	81	77	1,9	1,9	1,7	1,8
18 x 18	4 bar	52	60	69	73	4,0	2,6	2,9	2,2
	6 bar	61	63	75	77	2,0	2,4	1,9	1,9
	7 - 7,5 bar	60	54	74	71	2,4	3,1	2,2	2,5
Dreieckverband									
12 x 18	4 bar	58		72		2,9		2,3	
	6 bar	60		66		2,0		1,9	
	7 - 7,5 bar	66		75		1,9		1,7	

(grün = gut, gelb = befriedigend, orange = ausreichend, rot = schlecht)

1. Versuchsaufbau		DU-Wert		CU-Wert		SC-Wert 5 %		SC-Wert 10 %	
Aufstellhöhe: 56 - 64 cm		Naan	Perrot VYR 35	Naan	Perrot VYR 35	Naan	Perrot VYR 35	Naan	Perrot VYR 35
Viereckverband									
18 x 24	2 bar	65		70		1,7		1,7	
	3 bar	57	54	62	64	1,9	2,3	1,8	2,2
	4 bar	61	64	74	75	2,0	1,9	1,9	1,8
	5 bar	51	58	68	73	3,0	2,2	2,6	2,0

(grün = gut, gelb = befriedigend, orange = ausreichend, rot = schlecht)

- Koeffizienten der Verteilgenauigkeit zeigen überwiegend schlechte bis ausreichende Werte bei Messingregnern, Naan-Regner mit besseren Ergebnissen



5. Optimierung der Bewässerung



Naan-Kunststoffregner, 4 bar

**„je größer der Druck,
desto kleiner die Tropfen,
desto größer die Abdrift“**



RC Farm-Messingregner, 6 bar

5. Optimierung der Bewässerung

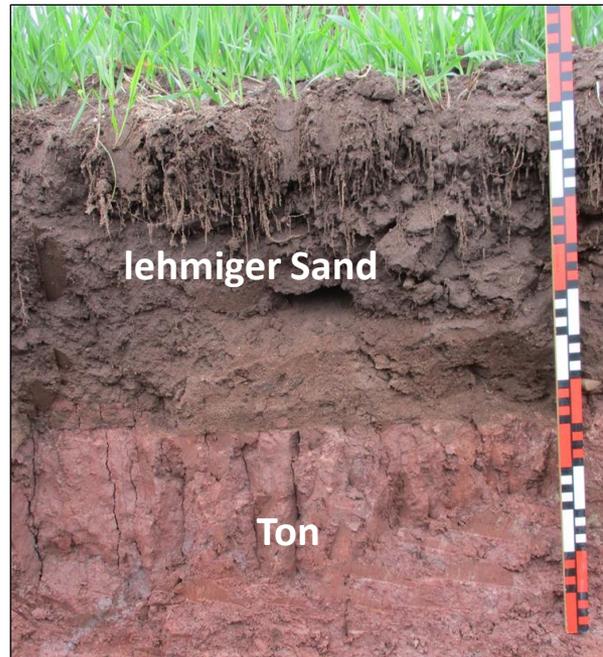
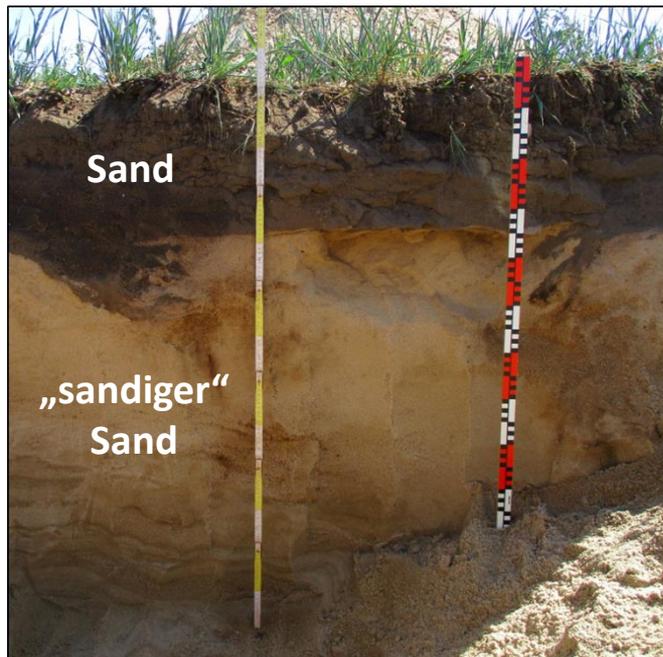
- Auch Berücksichtigung der Böden für eine ausreichende Wasserversorgung der Kulturen und minimaler Nitratauswaschung
- Je nach Boden mehr oder weniger „Spielraum“ für Bewässerungsmenge und -intervalle

Gefahr der Nitratauswaschung Wasserversorgung

hoch
problematisch (Sickerwasser)

gering
problematisch (Stauwasser)

mittel
günstig



5. Optimierung der Bewässerung

Fazit zur Genauigkeit der Wasserverteilung bei Überkopfberegnung:

- Verteilgenauigkeit:
 - im Viereckverband: 12 m x 18 m \gt 18 m x 18 m oder 18 m x 24 m
 - im Viereckverband 12 m x 18 m: Naan-Kunststoffregner \gt Messing-Regner
- Dreiecksverband hat nicht zwingend eine bessere Verteilgenauigkeit
- Wasserdruck beeinflusst v. a. bei größeren Aufstellverbänden (z. B. 18 m x 24 m) die Verteilgenauigkeit und hat größeren Einfluss auf Messing-Regner als Naan-Kunststoffregner
- Messungen unter Praxisbedingungen (auch bei nahezu Windstille) können die Verteilgenauigkeiten von Herstellern (Hallenbedingungen) nicht erreichen
- Wasserdruck dem jeweiligen Kreisregner-Typ anpassen (Druckminderung)
- Naan-Regner zeigen unabhängig vom Wasserdruck bessere Werte als die Messing-Regner
- generelle Aussage „je niedriger der Wasserdruck, desto besser die Verteilgenauigkeit“ kann nicht bestätigt werden



6. Fazit: Herausforderungen und Grenzen

1. **Witterungsereignisse** (z.B. zwei **Starkregenereignisse** in 2020): Kompensation des ausgewaschenen Stickstoffs nicht ohne Weiteres möglich
2. **Hohe N_{\min} -Gehalte** bereits vor 1. Kultur: bei Verwendung des N_{\min} -Wertes aus Bodenprobe nur geringe Düngegabe nach DBE möglich, dadurch höhere Anfälligkeit gegenüber Starkregen / Auswaschung (vorhandener N_{\min} -Stickstoff ↔ stabilisierte Dünger) (v.a. **sandige Böden!**)
3. **Bodenverdichtung**: verminderte Durchwurzelungstiefe bedeutet Stickstoff in tieferen Schichten, der für die Pflanze verloren ist



6. Fazit: Herausforderungen und Grenzen

- 4. Lange Erntefenster:** Optimierung der Stickstoffdüngung kann in manchen Fällen zu einer „Punktladung“ im N_{\min} -Vorrat führen \leftrightarrow **aber:** besonders die letzte Düngung spiegelt sich in hohen N_{\min} – Überschüssen nach Ernte wider (im Bedarfswert der Kulturen enthaltener Mindestvorrat stellt bereits einen gewissen „Sicherheitszuschlag“ dar!)
- 5. Mineralisierung aus Ernterückständen und Kompost / Mist:** Menge und Zeitpunkt schwer vorhersehbar und witterungsabhängig: genaue Verfügbarkeit der Erntereste z.B. für (Folge)kultur unklar / schlecht kalkulierbar; zudem kann Probenahme zwischen 1./2. Kultur z.B. in „Stickstoffpeak“ fallen (Stickstoff später nicht mehr verfügbar für Pflanzen)



7. Fazit: Möglichkeiten der N-Einsparung

Maßnahmenbündel zur Reduktion von N-Überschüssen und Minimierung des Risikos der Nitratauswaschung

a) Bezüglich Düngestrategie

1. **Düngebedarfsermittlung inkl. N_{\min} -Probenahme v.a. bei der 2./3. Kultur Gemüse, ggf. N_{\min} - Probe vor Kopfdüngung → kulturbegleitende Düngung, Vorräte ausschöpfen („besser zu viele als zu wenige Probenahmen“)**
2. **Verwendung von stabilisierten N-Düngern (ammoniumbetonte Düngung) („und nur die“)**
3. **Keine betriebsübliche Standarddüngung über „alle“ Kulturen, sondern kulturspezifischer Düngen zur Erhöhung der N-Effizienz**
4. **Bei hohen N_{\min} -Werten zu Beginn der Kultur: Reduzierung der Grunddüngung möglich („Anpassung an N-Verbrauch“)**
5. **Reduzierte Düngung bei Anbau in Sommermonaten → höhere Mineralisierung**



7. Fazit: Möglichkeiten der N-Einsparung

Maßnahmenbündel zur Reduktion von N-Überschüssen und Minimierung des Risikos der Nitratauswaschung

6. Splitten von Düngegaben wo machbar → „Puffer“ schaffen / zurückhalten, um auf Kulturentwicklung und Witterungsereignisse reagieren zu können ohne Düngbedarf zu überschreiten
(„Düngegaben gezielt einsetzen“)
7. „Starkzehrer“ wie gehabt düngen, „Schwachzehrer“ weniger düngen oder auf einzelne Düngegaben ganz verzichten
(„auf roten Flächen im Betriebsdurchschnitt -20% erreichen“)

b) Bezüglich Bewässerung

8. Optimierung der Bewässerung – Verbesserung der Wasserverteilgenauigkeit
(„N und Wasser sparen“)
 - keine Überbewässerung durch geeignete Steuerung (Magnetventile, Zeitschaltuhren etc.)
 - keine „betriebsübliche Standardbewässerung“
 - Feststellen, wieviel mm überhaupt verregnet werden pro Zeiteinheit



7. Fazit: Möglichkeiten der N-Einsparung

Maßnahmenbündel zur Reduktion von N-Überschüssen und Minimierung des Risikos der Nitratauswaschung

c) Bezüglich Bodenmanagement

9. Gründüngung (N-Konservierung über Herbst/Winter, Humusanreicherung)
(„wenn möglich und so viel wie möglich“)
10. Erhöhung der Humusgehalte zur Erhöhung der Stickstoffnachlieferung, Verbesserung der Bodenstruktur und Wasserspeicherkapazität sowie Reduktion von Sickerwasserbildung
(„Humus = Bodenfruchtbarkeit“)
11. Einsatz von bodenangepassten Mehrstoffdüngern
(z. B. ohne P, ausreichend S und Mikronährstoffen, optimale Nährstoffverfügbarkeit)
(„ausgeglichener Nährstoffhaushalt im Boden ist langfristige Sache“)



7. Fazit: Möglichkeiten der N-Einsparung

Maßnahmenbündel zur Reduktion von N-Überschüssen und Minimierung des Risikos der Nitratauswaschung

d) Weiteres

12. Verlängerung der Standzeit längerer Kulturen (im Anbauplan berücksichtigen)
(„Nachlieferung aus dem Boden nicht außer Acht lassen“)
13. Erhöhtes Unkrautmanagement von Bedeutung
(„Stickstoff gezielt für die Kultur zur Verfügung stellen“)
14. Vermarktung ohne Grün fokussieren
(„optimieren = aufs Wesentliche konzentrieren“)





**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Partner

**Erzeugerring Knoblauchsland e.V., LWG Veitshöchheim, IGZ Großbeeren/Erfurt, DLR Pfalz,
LWK Nordrhein-Westfalen, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft.**

**Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages.**

Gefördert über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2816MD400.

Vorgesehene Laufzeit des Projekts: 01.04.2016 bis 30.06.2021.