

UFOP-SCHRIFTEN | BIODIESEL & CO.

ABSCHLUSSBERICHT

Vergleich der Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen und Winterraps auf die Entwicklung und Ertragsleistung von Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der N-Nachlieferung der Ackerbohnen

Autoren

Dr. Klaus Sieling, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Acker- und Pflanzenbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dr. Wolfgang Sauermann, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Pflanzenbau, Pflanzenschutz und Umwelt

Prof. Dr. Henning Kage, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Acker- und Pflanzenbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Vergleich der Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen und
Winterraps auf die Entwicklung und Ertragsleistung von
Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der
N-Nachlieferung der Ackerbohnen**

Abschlussbericht

für die

Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V.

Dr. Klaus Sieling
Dr. Wolfgang Sauermann*
Prof. Dr. Henning Kage

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Acker- und Pflanzenbau
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel
E-Mail: sieling@pflanzenbau.uni-kiel.de
Tel.: 0431/880-3444

* Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Abteilung Pflanzenbau, Pflanzenschutz und Umwelt
Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg
Tel.: 04331/9453-334
E-Mail: wsauermann@lksh.de

Kiel im Januar 2015

Zusammenfassung

Unterschiede in der Menge und Qualität der Ernterückstände von Ackerbohnen und Winterraps lassen eine differenzierte Vorfruchtwirkung auf die Folgefrucht Winterweizen erwarten. In einem zweijährigen Feldversuch (2012/13 und 2013/14) wurde auf dem Universitätsversuchsgut Hohenschulen geprüft, ob eine veränderte N-Nachlieferung nach Ackerbohnen oder Winterraps die Entwicklung und die Ertragsleistung von Winterweizen beeinflusst. Nach beiden Vorfrüchten wurden im Weizen 16 N-Varianten (Steigerung von 1. und 2. N-Gabe) hinsichtlich ihrer Ertragswirkung geprüft. Zudem erfolgte in der ungedüngten Variante ein Monitoring des GAI-Verlaufs (Green Area Index) und der geschätzten N-Aufnahme während der Frühjahrsentwicklung.

Im Mittel beider Versuchsjahre konnten keine signifikanten Effekte der Vorfrüchte auf die Entwicklung des Winterweizens vor Winter (Trockenmasse, N-Aufnahme, Nmin-Werte) oder auf die im Frühjahr (GAI, N-Aufnahme) in der ungedüngten Variante beobachtet werden. Die Vorfrüchte führten zu ähnlichen N-Response-Funktionen (aus den Ertragsdaten abgeleitet). Auch die Korn-Proteinkonzentrationen wurden durch die Vorfrüchte nicht signifikant verändert. Es wird vermutet, dass die fehlende Vorfruchtwirkung auf einem unzureichenden N-Transfer in den nachfolgenden Weizen beruht oder dass auch nach der Vorfrucht Winterraps vergleichbar hohe N-Mengen wie nach der Vorfrucht Ackerbohnen für den Winterweizen zur Verfügung stehen.

1. Einleitung

Die Wahl einer geeigneten Vorfrucht ist Voraussetzung zur Realisierung von hohen Erträgen im Winterweizenanbau. In der Vergangenheit verglichen eine Vielzahl von Publikationen die Vorfruchtwirkung von Weizen (als schlechte Vorfrucht) mit der von Blattfrüchten wie Raps oder Erbsen (als gute Vorfrüchte) (z.B. Christen 1997; Kirkegaard et al. 2008; Sieling et al. 2006). Dagegen existieren kaum Versuchsergebnisse über mögliche Unterschiede in der Vorfruchtwirkung von verschiedenen Blattfrüchten. In einem Anbausystemversuch am Standort Futterkamp in Schleswig-Holstein von 1994-2001 brachte der Winterweizen nach Winterraps wie nach Ackerbohnen gleiche Ertragsleistungen (Sauermann 2005). Es kann davon ausgegangen werden, dass Nicht-Getreide-Vorfrüchte keine getreidespezifischen Fruchtfolgepathogene übertragen. Daher richtete sich der Fokus im Projekt auf die N-Dynamik. Aufgrund des engeren C:N-Verhältnisses von Leguminosenerntereste (Raps: 70:1; Erbse: 29:1; Ackerbohne: 37:1) (Kaul 2004) wird allgemein davon ausgegangen, dass nach Leguminosen kurzfristig ein erhöhtes Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff vorliegt, das im Vergleich zur Vorfrucht Raps wiederum zu höheren Erträgen in der Nachfrucht Weizen, insb. bei suboptimaler N-Versorgung, führen sollte. In Untersuchungen von Maidl et al. (1996) lagen nach Erbsen und, in abgeschwächter Form, auch nach Ackerbohnen deutlich erhöhte Mengen an Residual-N (Erntereste + NO₃-N in 0 - 90 cm Bodentiefe) im Vergleich zur Situation nach Hafer vor, die sich auch in einer entsprechenden Ertragswirkung

im nachfolgenden Winterweizen widerspiegeln. Eine Literaturübersicht mit älteren Versuchsergebnissen aus den Jahren 1967-1994, die Christen (1997) durchführte, erbrachte aber wider Erwarten keine eindeutigen Vorteile der Leguminosenvorfrucht gegenüber der Rapsvorfrucht.

Im Rahmen dieses Abschlussberichtes werden die Ergebnisse aus den Versuchsjahren 2012/13 und 2013/14 präsentiert.

2. Material und Methoden

2.1 Standort und Witterung

Der Feldversuch wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in 2012/13 und 2013/14 durchgeführt. Hohenschulen liegt im Naturraum Östliches Hügelland Schleswig-Holsteins ca. 15 km westlich von Kiel. Das humide Klima am Standort kann durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,2 °C sowie eine mittlere Niederschlagsmenge von ca. 750 mm pro Jahr bei einer relativ gleichmäßigen Verteilung charakterisiert werden (Tab. 1). In beiden Winterhalbjahren fielen ca. 300 mm Niederschlag, was zu einer entsprechenden Sickerwasserrate und Nitratverlagerung (Auswaschung) geführt hat.

Tab. 1: Monatsmitteltemperaturen, Niederschlag und Globalstrahlung am Standort Hohenschulen

	Temperatur (°C)			Niederschlag (mm)			Globalstrahlung (W/m ²)		
	2012/ 13	2013/ 14	Langj. Mittel	2012/ 13	2013/ 14	Langj. Mittel	2012/ 13	2013/ 14	Langj. Mittel
August	16,7	17,1	17,9	56	42	59	185	180	154
September	12,7	12,6	14,2	59	62	61	109	108	104
Oktober	8,6	10,4	9,8	71	85	75	64	62	61
November	5,1	5,0	4,9	39	61	58	24	31	27
Dezember	0,0	4,0	1,6	72	64	62	14	11	16
Januar	0,5	0,7	1,2	68	52	48	18	18	21
Februar	-0,7	4,2	2,0	24	22	50	39	54	44
März	-1,1	5,9	3,4	22	4	44	109	11	87
April	6,0	8,7	8,0	18	79	44	158	165	140
Mai	11,4	11,5	11,9	141	67	62	181	202	189
Juni	13,9	14,6	14,8	100	91	69	220	238	192
Juli	17,6	19,2	16,9	40	30	100	252	238	175

Die Böden (sL – tL) sind überwiegend als lessivierte Braunerden anzusprechen, die stellenweise pseudovergleyt und z.T. erodiert sind. Die Ackerzahlen schwanken zwischen 45 und 60. Die räumliche Nähe zur Nord- und Ostsee hat u.a. zur Folge, dass sich im Frühjahr die Luft und damit auch der Boden nur recht zögerlich erwärmen, ein Umstand, der entsprechenden Konsequenzen für die N-Dynamik im Boden hat.

2.2 Versuchsanlage und Varianten

Ausgangspunkt für den Feldversuch war der Umstand, dass im August 2011 zwar ein Versuch mit Winterraps (WR) etabliert werden konnte, auf dem restlichen Schlag die Rapsaussaat aufgrund hoher Niederschläge aber nicht mehr möglich war. Daher wurde die Fläche im nächsten Frühjahr 2012 mit Ackerbohnen bestellt. Im Folgejahr wurden innerhalb eines Rapsschlages auf einer entsprechenden Teilfläche Ackerbohnen (AB) angebaut. Der nachfolgende Winterweizen stand in beiden Jahren nach Ackerbohnen bzw. Winterraps.

Da hauptsächlich Unterschiede im N-Haushalt (Zeitpunkt und Höhe der N-Freisetzung aus den Ernterückständen, mögliche N-Einsparung) interessierten, wurde im Weizen zusätzlich die N-Düngung variiert (Tab. 2). Die Steigerung der 1. und 2. N-Gabe erlaubt zur Abschätzung der Ertragswirkung (N-Freisetzung im Frühjahr); die Proteinkonzentration im Korn ermöglicht Aussagen über die N-Dynamik während der Kornfüllungsphase.

Somit ergaben sich folgende Versuchsfaktoren und Faktorabstufungen:

1. Jahr (2): 2012/13, 2013/14
2. Vorfrucht (2): Ackerbohnen (AB) vs. Winterraps (WR)
3. N-Varianten (16): siehe Tab. 2
4. Wiederholungen (4)

Die Aussaat der Sorte Julius (B) erfolgte am 18.09.2012 mit 250 K/m² und am 30.09.2013 mit 280 K/m² als Mulchsaat. Alle weiteren produktionstechnischen Maßnahmen (Grunddüngung, Einsatz von Pflanzenschutzmittel etc.) wurden einheitlich für alle Parzellen ortsoptimal durchgeführt.

2.3 Probenahmen

Zur Ernte 2013 wurden die Menge und die Qualität (C/N-Verhältnis) der Ernterückstände von Ackerbohnen und Winterraps bestimmt.

In den N-Varianten 1, 2 und 5 wurden detailliertere Untersuchungen durchgeführt, da davon ausgegangen werden kann, dass sich Unterschiede in der N-Nachlieferung am deutlichsten auf den ungedüngten oder nur schwach mit Stickstoff versorgten Parzellen manifestieren.

Nmin-Proben (0 - 90 cm) und Pflanzenproben (0,25 m²; umgerechnet auf m²) wurden zu den Terminen ‚Vegetationsende im Herbst‘ und ‚Vegetationsbeginn im Frühjahr‘ sowie ‚Ernte‘ zur Bestimmung der oberirdischen Trockenmasse, Ertragsstruktur und N-Aufnahme genommen. Die Bestimmung der N-Konzentration erfolgte mit Hilfe der NIR (Near-Infra-Red)-Spektroskopie. Während der Vegetationszeit im Frühjahr erfolgte in den N-Varianten 1, 2

und 5 ein wöchentliches Monitoring der Blattfläche (mit dem LAI2000®, 5 Messwiederholungen je Parzelle) sowie der N-Aufnahme (aus reflexionsoptischen Messungen (REIP = Red Edge Inflection Point) geschätzt) (Termine und Entwicklungsstadium siehe Tab. 3).

Tab. 2: Düngevarianten im Versuch (kg N/ha)

Variante	1. N-Gabe	2. N-Gabe	3. N-Gabe	Summe
	06.03.2013 06.03.2014	16.04.2013 01.04.2014	07.06.2013 26.05.2014	
1	0	0	40	40
2	0	40	40	80
3	0	80	40	120
4	0	120	40	160
5	40	0	40	80
6	40	40	40	120
7	40	80	40	160
8	40	120	40	200
9	80	0	40	120
10	80	40	40	160
11	80	80	40	200
12	80	120	40	240
13	120	0	40	160
14	120	40	40	200
15	120	80	40	240
16	120	120	40	280

Tab. 3: Termine der nicht-destruktiven Bestimmung von Blattflächenindex und N-Aufnahme

Termin	2013	2014	EC-Stadium
1	30.04.2013	16.04.2014	30
2	06.05.2013	22.04.2014	31
3	15.05.2013	05.05.2014	33
4	22.05.2013	14.05.2014	37
5	27.05.2013	19.05.2014	39
6	03.06.2013	26.05.2014	45
7	10.06.2013	02.06.2014	50
8	24.06.2013	12.06.2014	69
9	01.07.2013	16.06.2014	71
10	08.07.2013	30.06.2014	75

Alle Parzellen wurden abschließend mit einem Parzellenmähdrescher beerntet und der Ertrag und die Proteinkonzentration im Korn ermittelt. Alle Werte wurden auf g/m² bzw. dt/ha (Parzellenertrag auf 86% TS) standardisiert.

2.4 Statistische Analyse

Der Versuch war als Splitplot-Anlage konzipiert mit den beiden Vorfrüchten als ‚Mainplots‘, während die N-Varianten innerhalb der Vorfrüchte und den Wiederholungen randomisiert verteilt waren. Die Mainplots mit den Vorfrüchten lagen ‚en bloc‘ vor und waren damit nicht (!) wiederholt; eine statistische Auswertung der Vorfruchteffekte ist daher nur im Mittel der Jahre unter Verwendung der Jahr x Vorfrucht-Interaktion als Restfehler möglich.

Die Ertragsfunktionen wurden zunächst als quadratischen Funktionen (Kovarianz-, Regressionsanalyse), in einem weiteren Ansatz auch als Linear-Plateau-Funktion ermittelt. Bei der Berechnung der optimalen N-Menge wurden 0,75 €/kg N und 15 €/dt Weizen unterstellt.

3. Ergebnisse

3.1 Menge und Qualität der Ernterückstände

Der Ackerbohnenenertrag 2012 lag mit durchschnittlich 72 dt/ha auf einem hohen Niveau, während der Raps 49 dt/ha realisieren konnte. Die Menge und Qualität der oberirdischen Ernterückstände der beiden Vorfrüchte wurden nur nach der Ernte 2013 bestimmt. Winterraps hinterließ mit 704 g/m² Erntereste mehr Biomasse als Ackerbohnen mit 630 g/m², so dass 59 nach Ackerbohnen (C:N = 48:1) bzw. 41 kg N/ha nach Raps (C:N = 73:1) auf dem Feld zurückblieben. Dabei sind die N-Mengen in den Rapsblättern, die bis zur Ernte bereits abgefallen waren (ca. 30 kg N/ha; Malagoli et al. 2005), nicht enthalten. Im 1. Versuchsjahr kann von höheren N-Restmengen nach Ackerbohnen ausgegangen werden, während im Folgejahr nach Raps mehr N zur Verfügung stand, allerdings bei einem weiteren C:N-Verhältnis.

3.2 N_{min} und oberirdische Trockenmasse zu Vegetationsende, Vegetationsbeginn und zur Ernte

Vorfruchtbedingte Unterschiede in der Höhe der N_{min}-Werte in 0-90 cm zu Vegetationsende, -beginn und nach der Ernte konnten im Mittel der beiden Versuchsjahre statistisch nicht abgesichert werden (P > 0.05) (Abb. 1). Die deutliche Reduktion über Winter (-42 bzw. -30 kg N/ha) kann als Hinweis auf eine entsprechende Nitratauswaschung gewertet werden.

Auch in der Anzahl Pflanzen/m², der oberirdischen Trockenmasse und N-Aufnahme von Winterweizen zu Vegetationsbeginn konnten keine signifikanten Unterschiede (P > 0.05) zwischen Ackerbohnen und Winterraps als Vorfrüchte beobachtet werden (Abb. 2).

3.3 Verlauf von Blattflächenindex und N-Aufnahme während der Vegetationszeit

Erwartungsgemäß bewegte sich der Blattflächenindex des Winterweizens in der ungedüngten Variante mit 1,5 - 1,8 auf niedrigem Niveau (Abb. 3). Signifikante Unterschiede zwischen den Vorfrüchten traten nicht auf.

Bei der Betrachtung der N-Aufnahme durch die oberirdische Biomasse (Abb. 4) hatte der nicht mit N versorgte Weizen nach Ackerbohnen mit 31,5 kg N/ha zu einem Termin (EC 33) 6 kg N/ha mehr N ($P < 0.05$) aufgenommen als nach Winterraps (25,3 kg N/ha). Zu zwei weiteren Terminen (EC 39 und EC 50) lag die N-Aufnahme von Weizen nach Ackerbohnen in der Tendenz ($P < 0.1$) über der nach Winterraps. Werden die schwach gedüngten Varianten 2 und 5 (0/40 bzw. 40/0) zusätzlich mit in die Analyse einbezogen, lassen sich keine vorfruchtbedingten Unterschiede statistisch absichern (nicht dargestellt).

3.4 Korn-, Strohtrockenmasse, N-Entzüge und Ertragsstruktur

Die Analyse der Handbeerntung ergab in der ungedüngten Variante höhere Werte für die Korn- und Strohtrockenmassen sowie den damit verbundenen N-Entzügen für Weizen nach Raps im Vergleich zu Weizen nach der Körnerleguminose, allerdings war dieser Unterschied statistisch nicht signifikant (Abb. 5 und 6). Der Harvest-Index (HI) variierte mit 0,51 nach Ackerbohnen und 0,50 nach Raps nur marginal. In der 80/80-Variante blieben die (nicht absicherbaren) Unterschiede bestehen; die Werte bewegten aber auf einem höheren Niveau (Korn-TM: 1.041 g/m² nach AB, 1.206 g/m² nach WR; Stroh-TM: 904 g/m² nach AB, 1.069 g/m² nach WR; HI: 0,54 nach AB, 0,53 nach WR).

Auch bei den Ertragskomponenten Ähren/m², Kornzahl/Ähre und Tausendkornmasse konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vorfrüchten in der ungedüngten Variante beobachtet werden (Abb. 7).

3.5 Parzellenertrag, Proteinkonzentration und N-Entzug mit dem Korn

Aus den Parzellenerträgen wurden quadratische Ertragsfunktionen für beide Vorfrüchte geschätzt und die optimale N-Düngung (Nopt) sowie den korrespondierenden Ertrag (0,75 €/kg N; 15 €/dt Weizen) abgeleitet (Abb. 8). Nach Raps erreichte der Weizen mit 209 kg N/ha 113,1 dt/ha, während Weizen nach Ackerbohnen mit 215 kg N/ha 114,3 dt/ha im Mittel der beiden Versuchsjahre realisieren konnte. Um das Ertragsniveau des Weizens nach Raps von 113,1 dt/ha zu erreichen, hätte der Weizen nach Ackerbohnen 200 kg N/ha benötigt. Das Ertragsmaximum von 114,8 dt/ha hätte Weizen nach der Körnerleguminose mit 233 kg N/ha erreicht, während nach Raps eine N-Menge von 227 kg N/ha für 113,5 dt/ha erforderlich wäre. Eine weitergehende Kovarianzanalyse unter gleichzeitiger Einbeziehung von Vorfrucht und N-Düngung zeigte, dass sowohl die Hauptwirkung der Vorfrüchte als auch die Wechselwirkung zwischen Vorfrucht und N-Düngung nicht signifikant ($P > 0.05$) waren. Daher sind auch die o.g. Unterschiede im N-Bedarf und der Ertragsleistung ebenfalls nicht signifikant; d.h., dass sich Ackerbohnen und Winterraps in ihrer Vorfruchtwirkung auf Weizen nicht unterscheiden. Obwohl die Vorfrüchte unterschiedliche N-Mengen in den beiden Versuchsjahren hinterließen, konnten auch bei separater Betrachtung der Einzeljahre keine signifikanten Vorfruchteffekte beobachtet werden.

Zudem wurde ein weiterer Funktionstyp der Ertragsfunktion, der Linear-Plateau-Ansatz, geprüft (Abb. 9). Hier benötigte Weizen nach Ackerbohnen mit 152 kg N/ha eine signifikant höhere N-Menge als Weizen nach Raps (141 kg N/ha), obwohl sich die maximal erreichbaren Erträge von 109,8 dt/ha nach Raps bzw. 110,4 dt/ha nach Ackerbohnen sich nicht signifikant unterschieden.

Eine Steigerung der 2. N-Gabe erhöhte die Korn-Proteinkonzentration signifikant, während die Vorfrüchte keinen signifikanten Einfluss ausübten (Abb. 10). Daher überrascht es wenig, dass der N-Entzug über das Korn nach beiden Vorfrüchten ähnlich war (Abb. 11).

4. Diskussion

Entgegen der Erwartung zeigen die vorliegenden Ergebnisse eine ähnliche Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen und Winterraps auf Winterweizen.

Bei der Konzeption des Projektes wurde davon ausgegangen, dass die unterschiedlichen Ernterückstände (Menge und Qualität) zu einer Differenzierung im nachfolgenden Weizen führen würden. Insbesondere das enge C:N-Verhältnis der Hülsenwände (< 20:1) ließ eine schnelle N-Freisetzung erwarten. Demgegenüber wurde bei der Zersetzung des Ackerbohnenstrohs mit einem C:N-Verhältnis von 62:1 auch schon Stickstoff immobilisiert. Zudem müssen die Rapsblätter, die bereits vor der Ernte abgefallen sind, mit berücksichtigt werden, so dass sich die dem Weizen bereits im Herbst zur Verfügung stehenden mineralischen N-Vorräte im Boden nicht so gravierend unterschieden wie erwartet. Das zeigt auch die vergleichsweise geringe Differenz der N_{min}-Werte von 12 kg N/ha vor Winter (Abb. 1). Die N-Aufnahme des noch jungen Weizens lag bei 12-13 kg N/ha. Aufgrund der Niederschläge über Winter von ca. 300 mm kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil des im Herbst im Boden vorliegenden N_{min}-Pools bis zum Frühjahr in tiefere Schichten (> 1 m) verlagert wurden, so dass nach beiden Vorfrüchten identische N_{min}-Vorräte zu Vegetationsbeginn im Frühjahr vorlagen (Abb. 1).

Im weiteren Vegetationsverlauf konnten keine Unterschiede in der N-Nachlieferung weder in der GAI-Entwicklung (grüne Blätter und Stängel) noch in der aus dem REIP geschätzten N-Aufnahme in der ungedüngten Variante beobachtet werden. Auch die N-Responsefunktionen von Ertrag, Proteinkonzentration im Korn und N-Entzug mit dem Korn wurden nicht durch die Vorfrüchte beeinflusst. Auch in früheren Vorfruchtversuchen mit Erbsen konnten am Standort Hohenschulen keine Unterschiede zur Vorfrucht Winterraps beobachtet werden (Christen 1997).

Die Ergebnisse belegen einen unzureichenden N-Transfer aus beiden Vorfrüchten in die Folgekultur. Der im Herbst im Boden vorliegende mineralische Stickstoff konnte von der Folgefrucht Weizen nur zu einem ungenügenden Anteil aufgenommen und damit vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten bewahrt werden. Unter anderen Standortbedingungen (z.B. bei geringerer Sickerwasserrate aufgrund geringerer Winterniederschläge oder höhere

nutzbare Feldkapazität) kann daher durchaus eine stärkere Differenzierung der Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen und Winterraps erwartet werden (Maidl et al. 1996).

Um die gute Vorfruchtwirkung optimal ausnutzen zu können, muss der N-Transfer in die nachfolgende Frucht verbessert werden. Dazu muss auch eine veränderte Fruchtfolge unter Einbeziehung von Zwischenfrüchten als ‚Catch crops‘ und der nachfolgende Anbau von Sommerungen in Erwägung gezogen werden, was aber unter den gegebenen Rahmenbedingungen ökonomisch nur in Ausnahmesituationen darstellbar ist.

Vor dem Hintergrund der vorliegenden Ergebnisse ist eine unterschiedliche Bewertung der N-Nachlieferung nach Winterraps und Ackerbohnen (nach Raps: 10 kg N/ha, nach Körnerleguminosen: 30 kg N/ha), wie in der aktuellen Dünge-VO vorgesehen, kritisch zu diskutieren. Der vorliegende Entwurf zur Novellierung der Dünge-VO (Stand: Dezember 2014) setzt hier für beide Vorfrüchte einen gleichen Wert von 10 kg N/ha Nachlieferung an. Dieser würde den hier vorgestellten Ergebnissen gerechter werden.

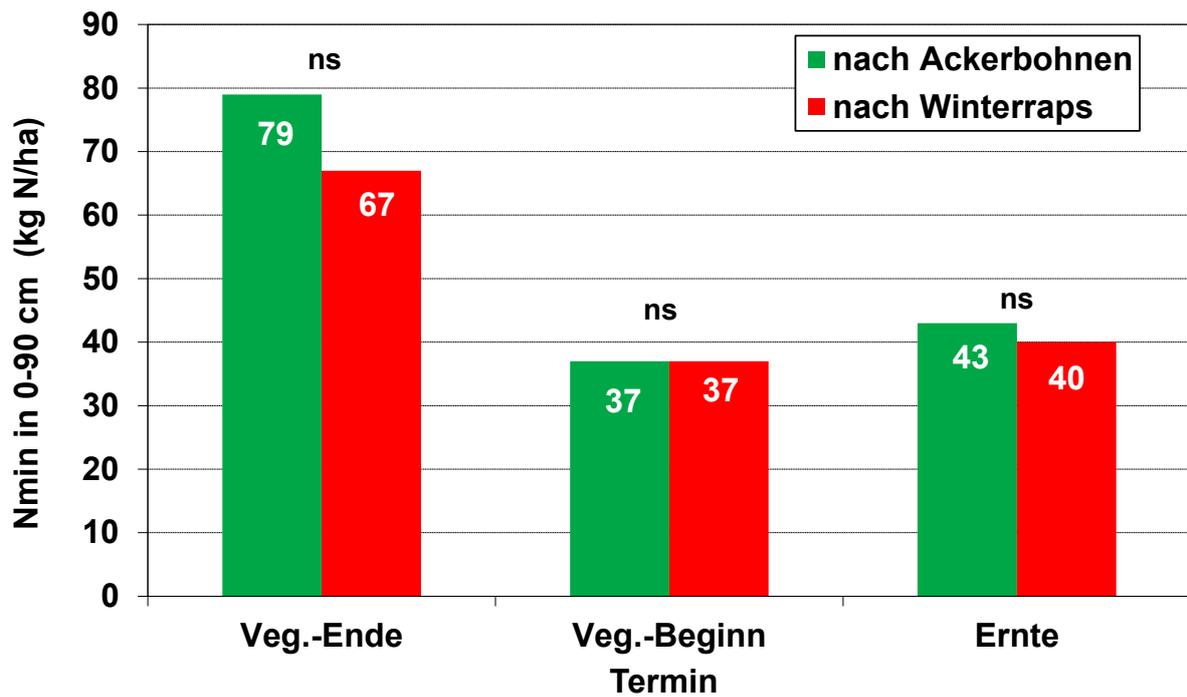


Abb. 1: Einfluss der Vorfrucht auf die Nmin-Gehalte in 0-90 cm zu verschiedenen Terminen in der ungedüngten Variante (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

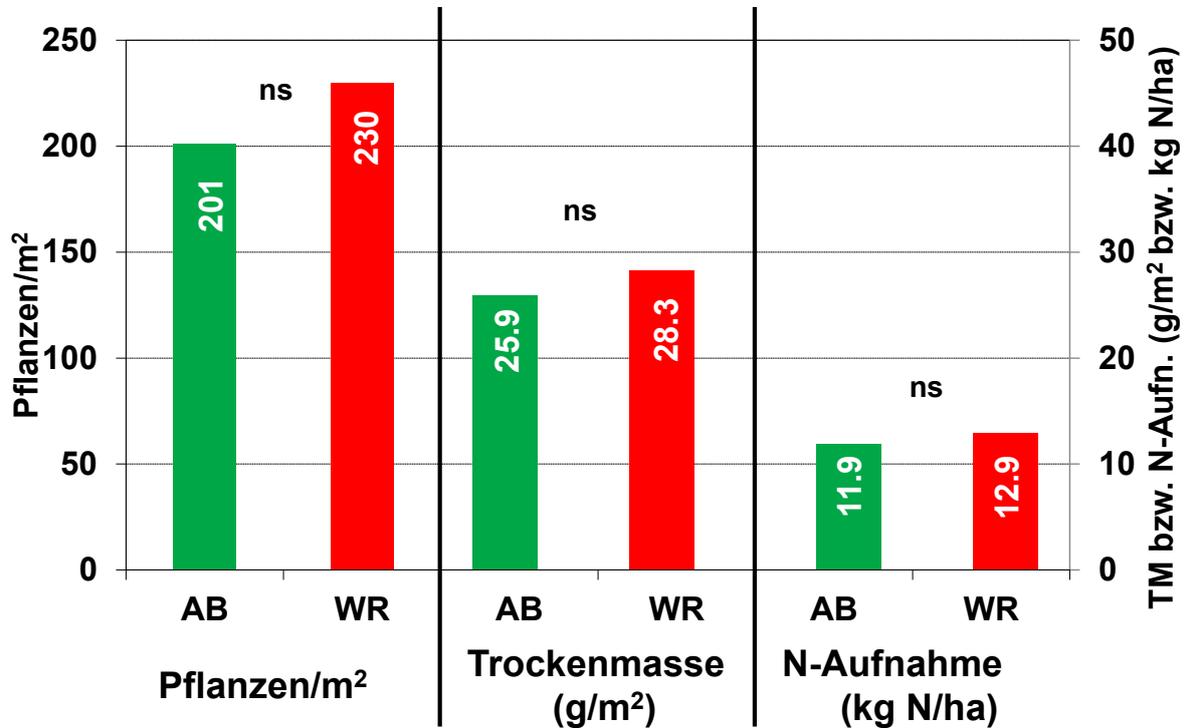


Abb. 2: Einfluss der Vorfrucht auf die Anzahl Pflanzen/m², oberirdische Trockenmasse und N-Aufnahme von Winterweizen zu Vegetationsbeginn (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

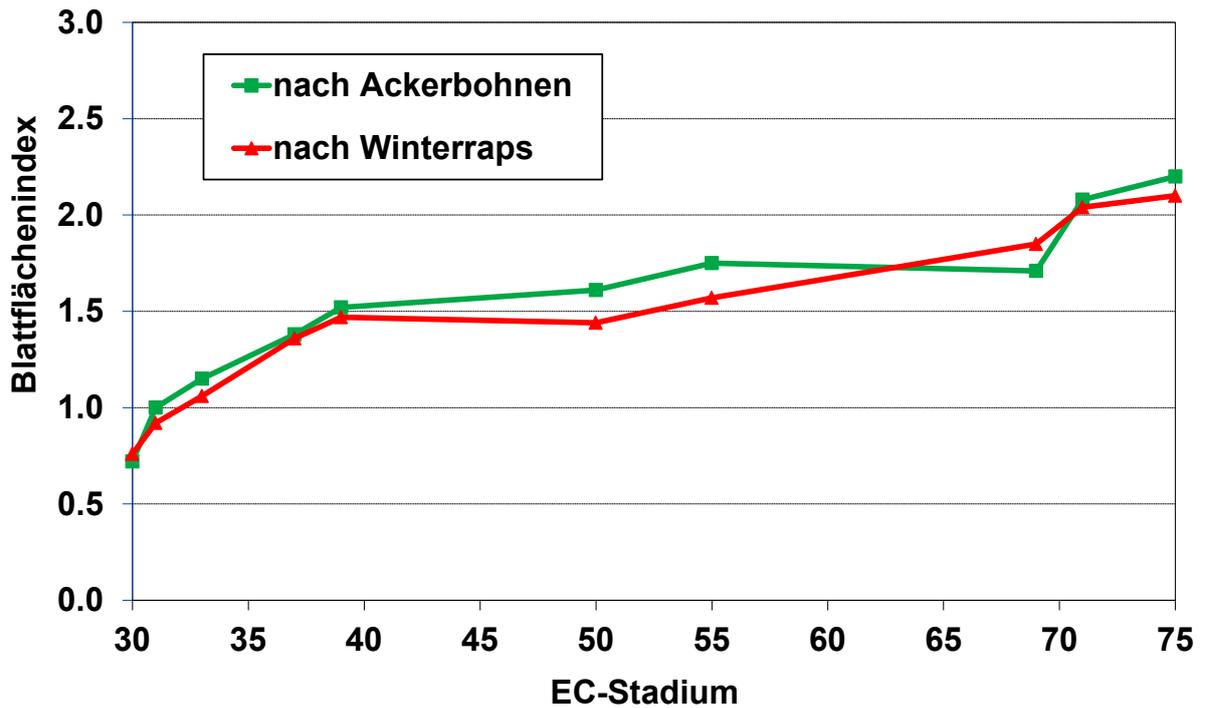


Abb. 3: Verlauf des Blattflächenindex von Winterweizen in der ungedüngten Variante während der Vegetation im Frühjahr (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

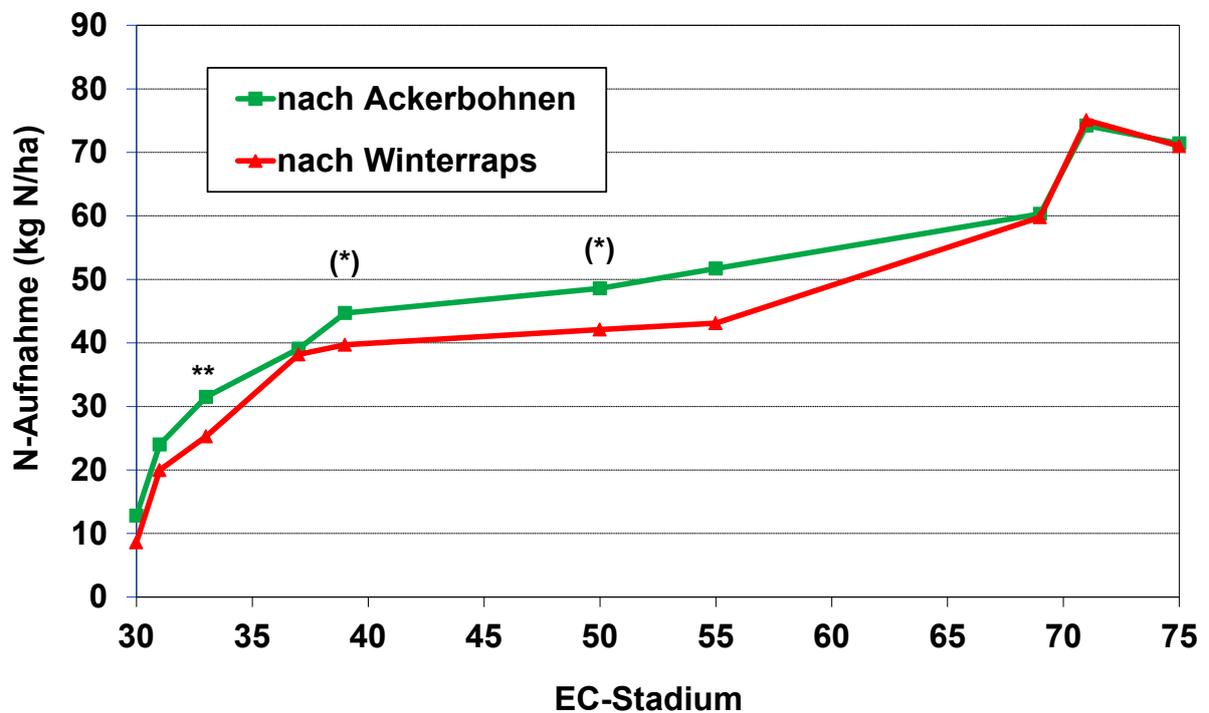


Abb. 4: Verlauf der aus reflexionsoptischen Messungen (REIP=Red edge inflection point) geschätzten oberirdischen N-Aufnahme von Winterweizen in der ungedüngten Variante während der Vegetation im Frühjahr (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

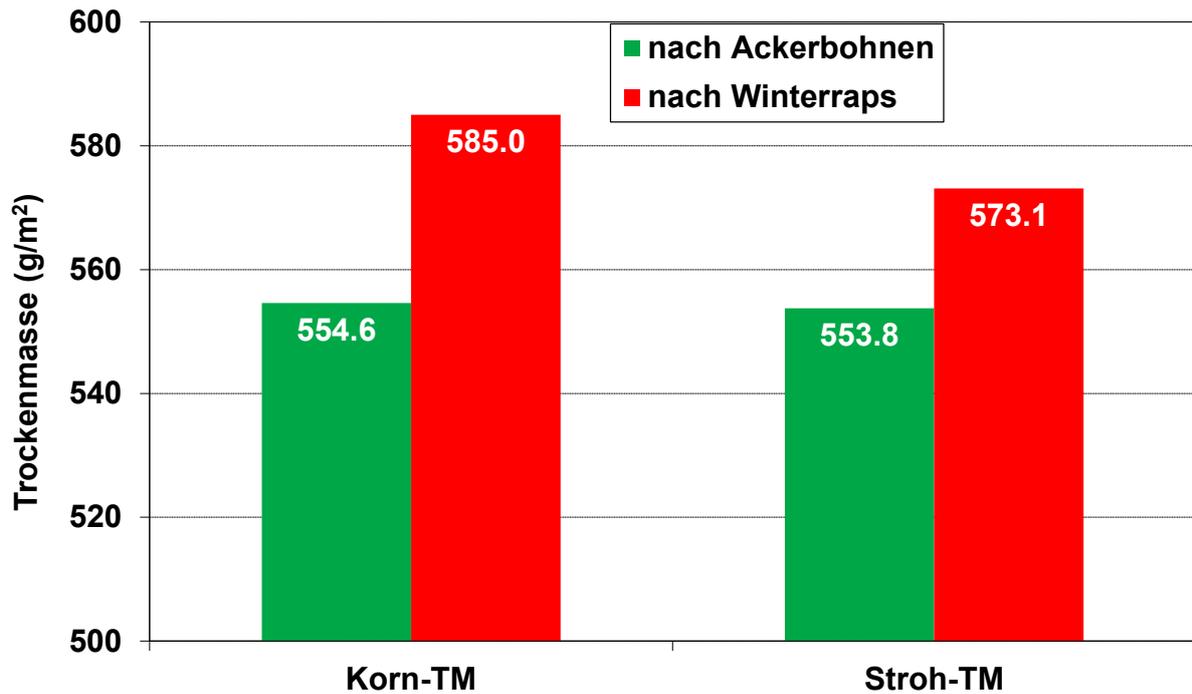


Abb. 5: Korn- und Strohtrockenmasse von Winterweizen nach Ackerbohnen und Winterraps in der ungedüngten Variante (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

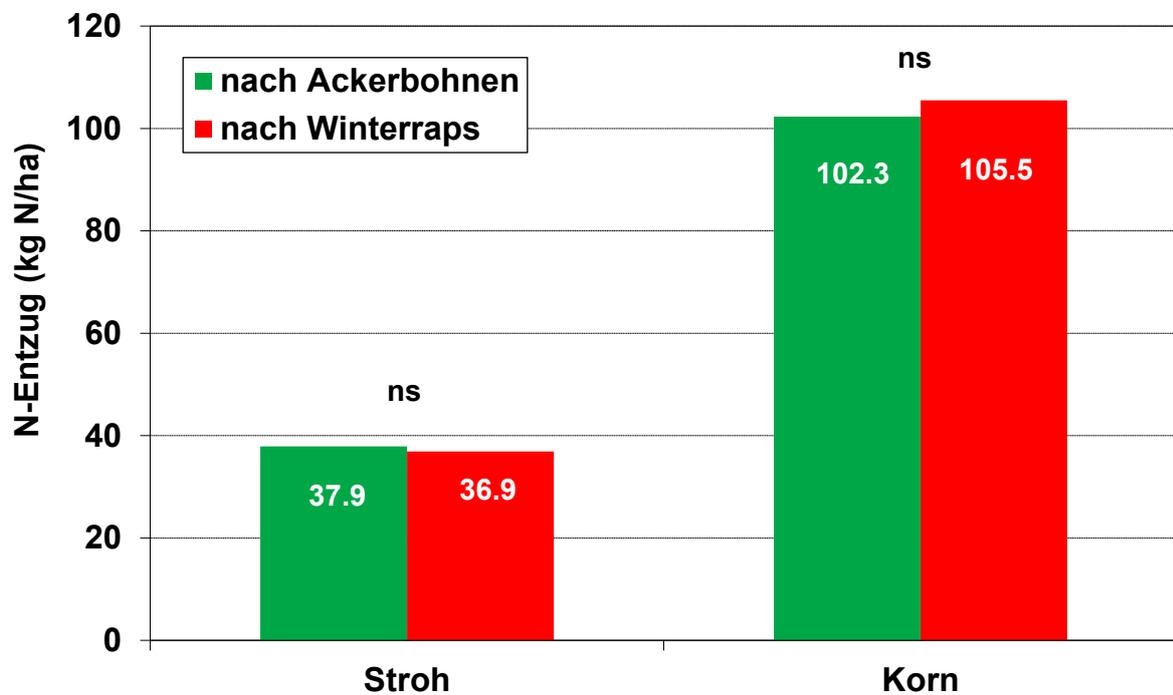


Abb. 6: N-Entzug durch Stroh und Korn von Winterweizen nach Ackerbohnen und Winterraps in der ungedüngten Variante (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

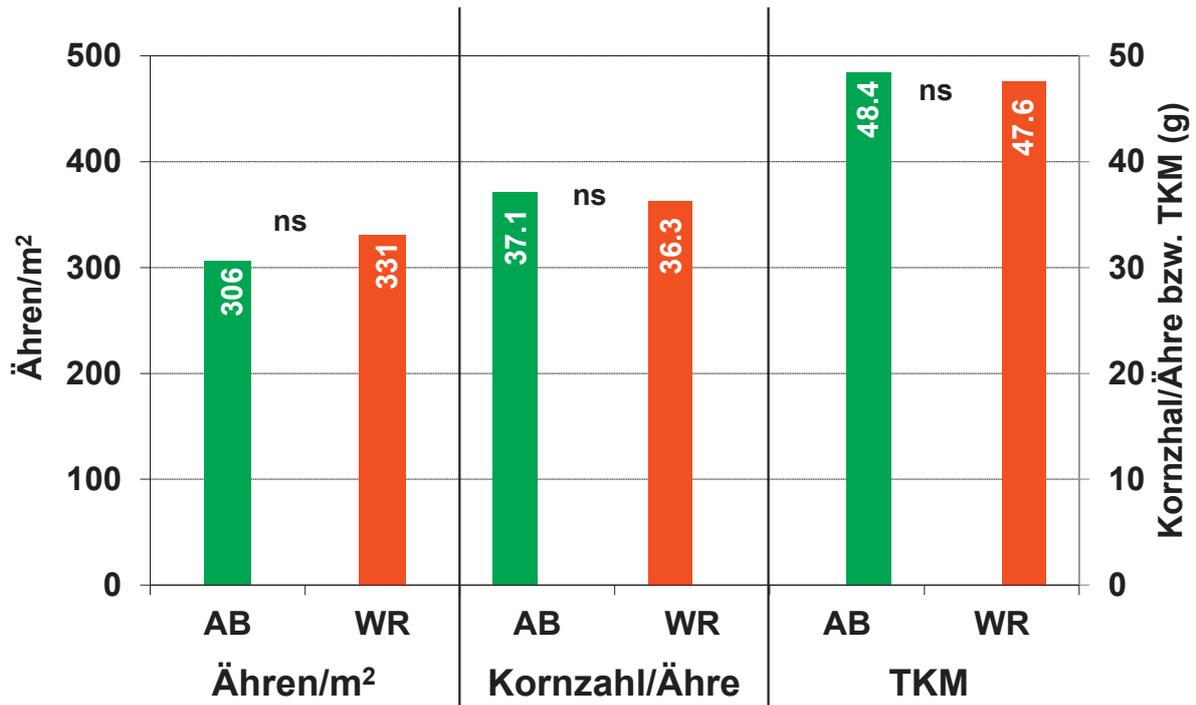


Abb. 7: Ertragsstruktur von Winterweizen nach Ackerbohnen und Winterraps in der ungedüngten Variante (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

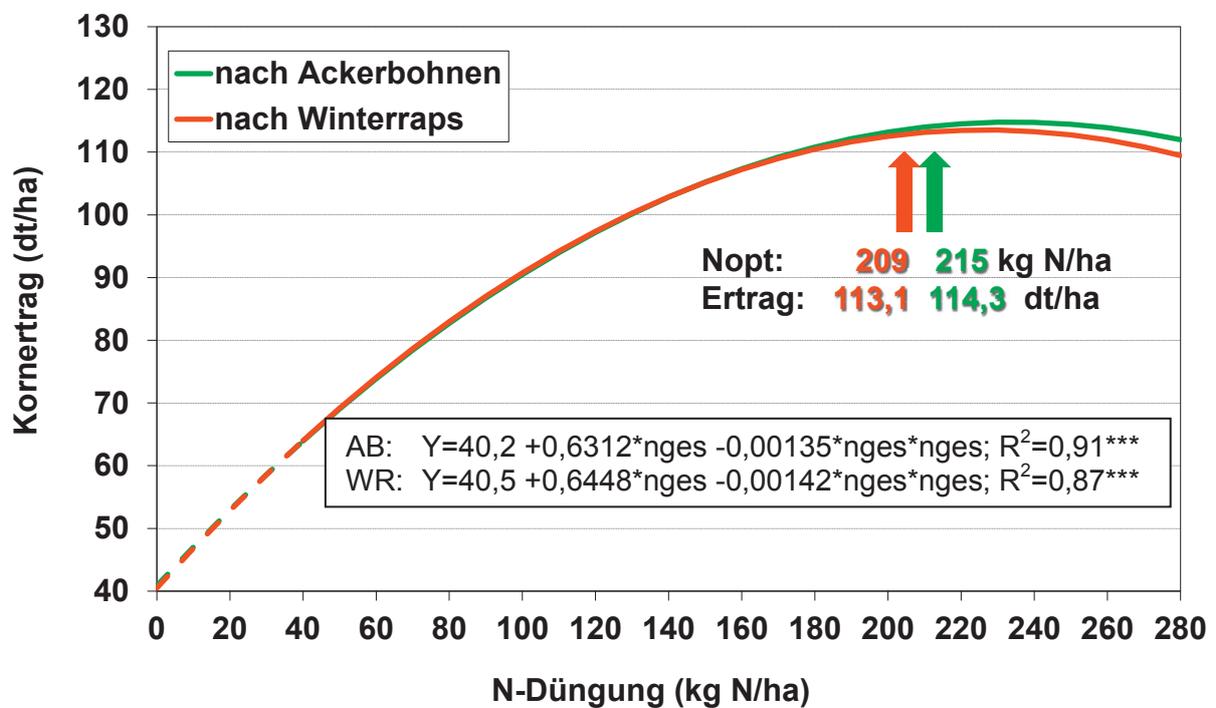


Abb. 8: Ertragsfunktion (quadratischer Ansatz) von Winterweizen nach Ackerbohnen und Winterraps (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

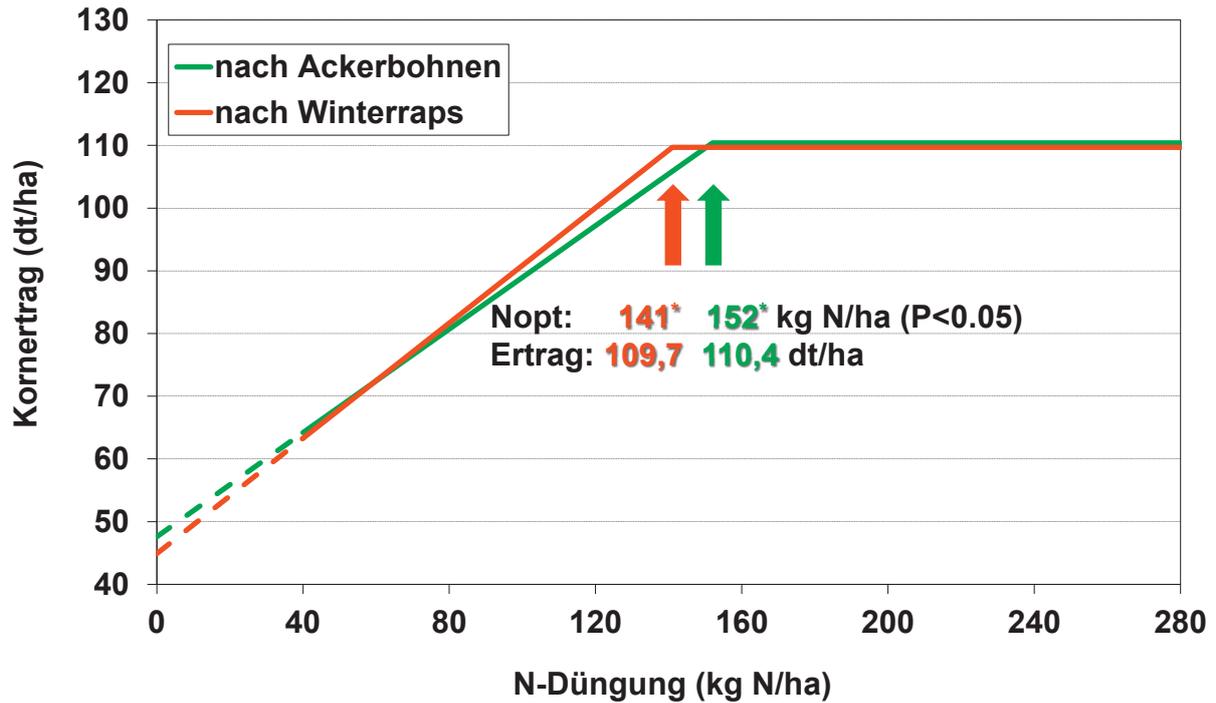


Abb. 9: Ertragsfunktion (Linear-Plateau-Ansatz) von Winterweizen nach Ackerbohnen und Winterraps (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

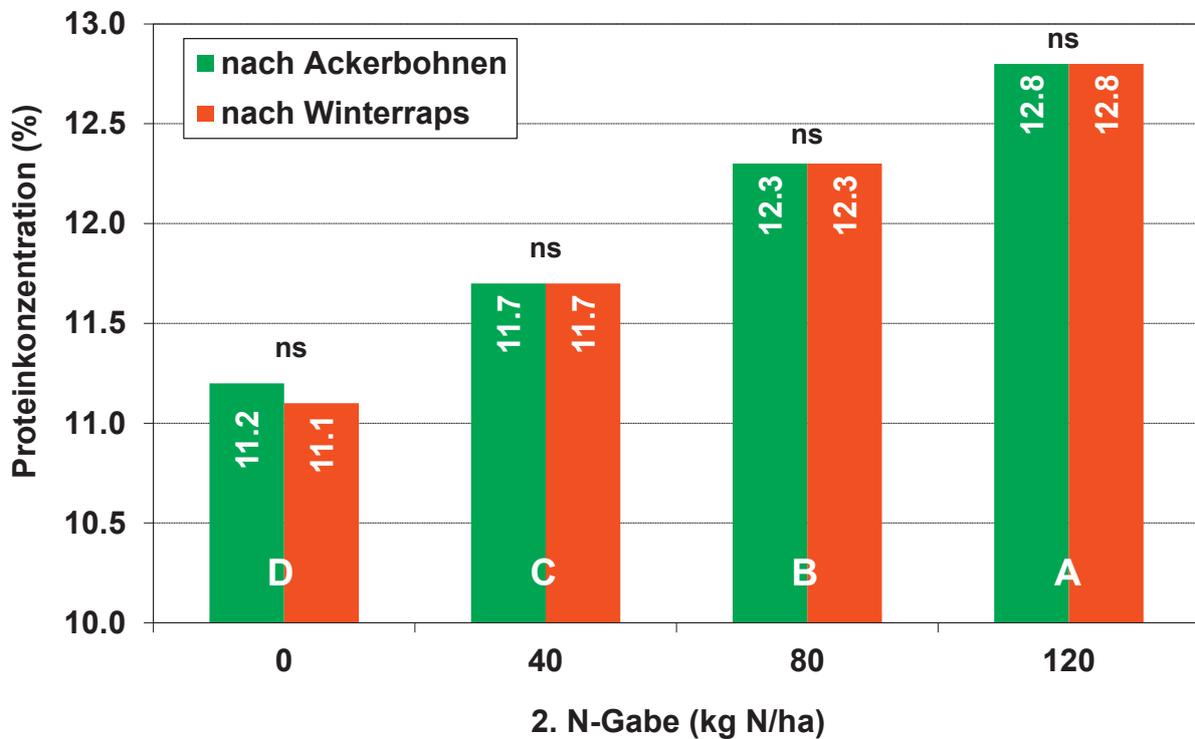


Abb. 10: Korn-Proteinkonzentration von Winterweizen nach Ackerbohnen und Winterraps (2012/13 und 2013/14, im Mittel von N1, 3. N-Gabe = 40 kg N/ha). Unterschiedliche Großbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den N-Stufen.

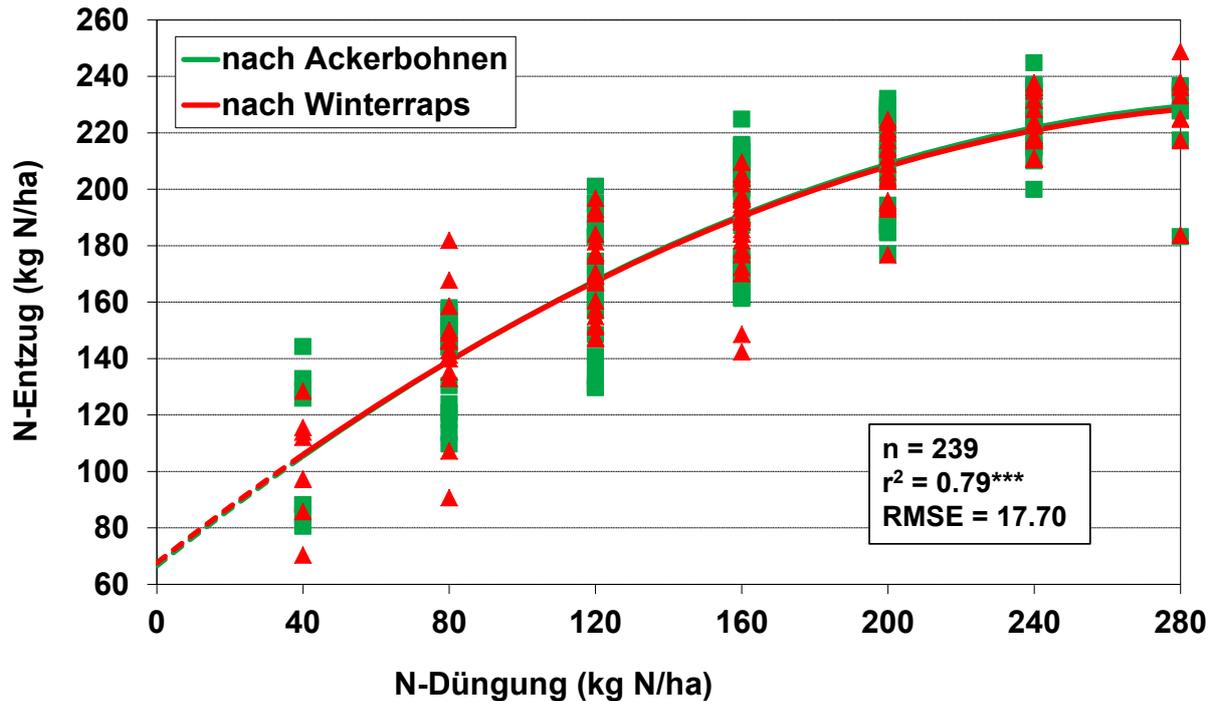


Abb. 11: N-Entzug mit dem Korn von Winterweizen nach Ackerbohnen und Winterraps (Mittel über 2012/13 und 2013/14).

Literatur:

- Christen, O., 1997: Untersuchungen zur Anbautechnik von Winterweizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der CAU, Bd. 7.
- Kaul, P., 2004: Menge und Qualität der Ernterückstände öl- und eiweißreicher Körnerfrüchte. Pflanzenbauwissenschaften 8, 64-72.
- Kirkegaard, J., Christen, O., Krupinsky, J., Layzell, D., 2008: Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research* 107, 185–195.
- Maidl, F.X., Haunz, F.X., Panse, A., Fischbeck, G., 1996: Transfer of grain legume nitrogen within a crop rotation containing winter wheat and winter barley. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176, 47-57.
- Malagoli, P., Laine, P., Rossato, L., Ourry, A., 2005: Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus*) from stem extension to harvest: I. Global N flows between vegetative and reproductive tissues in relation to leaf fall and their residual N. *Annals of Botany* 95, 853–861.
- Sauermann, W., 2005: Ergebnisse von Ackerbohnen aus dem Anbausystemversuch Futterkamp. *Raps* 23, 181-183.
- Sieling, K., Stahl, C., Winkelmann, C., Christen, O., 2005: Growth and yield of winter wheat in the first three years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. *European Journal of Agronomy* 22, 71-84.



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de