



## UFOP-PRAXISINFORMATION

# Erfolgreicher Rapsanbau bei limitierter Stickstoffverfügbarkeit

### Autoren

Dr. Klaus Sieling | Dr. Josephine Bukowiecki | Prof. Dr. Henning Kage  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

# Inhalt

- 3 Kurz gelesen
  - 4 Rahmenbedingungen  
der Düngeverordnung
  - 6 N-Düngung im Herbst und im Frühjahr
  - 10 Bestandesetablierung
  - 11 Sortenunterschiede
  - 12 Einfluss der Vorfrucht
  - 14 Effekte auf die Nachfrucht
- Fazit

# Kurz gelesen

- Die Vorgaben der Düngeverordnung (DüV) limitieren die N-Düngermenge. Erfolgreicher Rapsanbau bleibt trotzdem möglich, auch in Roten Gebieten.
- Optimale Produktionstechnik ist Voraussetzung für hohe Erträge und N-Effizienz.
- Herbst-N-Düngung ist weniger ertragswirksam als Frühjahrs-N.
- Gute Bestandesetablierung durch einen an den Standort angepassten Aussattermin bildet die Grundlage für hohes Ertragspotenzial.
- Körnerleguminosen als Vorfrucht reduzieren N-Düngebedarf zu Raps und erhöhen die N-Effizienz (insbesondere relevant in Roten Gebieten).
- Ertragreiche Sorten verwerten Dünger-N effizienter als ertragsschwache.
- Raps als Vorfrucht zu Weizen erhöht den Ertrag bei gleichzeitig reduziertem N-Düngebedarf im Vergleich zu Getreidevorfrucht.

# Rahmenbedingungen der Düngeverordnung

Die Düngeverordnung (DüV, zuletzt geändert 2020; Stand: April 2022) regelt die gute fachliche Praxis bei der Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Düngung ist so zu bemessen, dass einerseits der Nährstoffbedarf der Pflanzen gedeckt ist, gleichzeitig aber Einträge in oberirdische Gewässer und das Grundwasser vermieden werden. Die Ermittlung des N-Düngebedarfs erfolgt seit der Novellierung der DüV im Jahr 2017 nach einem bundeseinheitlichen Schema. Basierend auf einem kulturartspezifischen Bedarfswert errechnet sich die konkrete Düngungshöhe durch Anpassungen, die auf dem 5-jährigen Durchschnittsertrag, dem  $N_{\min}$ -Vorrat zu Vegetationsbeginn, der Nachlieferung aus der organischen Düngung zur Vorfrucht sowie der Vorfrucht beruhen. Raps und Körnerleguminosen als Vorfrüchte reduzieren nach DüV den N-Düngebedarf um 10 kg N/ha gegenüber einer Getreidevorfrucht. Damit ist die Höhe der N-Gesamtdüngermenge (N-Düngebedarf) für die jeweilige Kultur festgelegt, die nur um max. 10 % infolge nachträglich eintretender Umstände überschritten werden darf. So kann beispielsweise ein Rapsbestand nach Getreide mit einer Ertragserwartung von 40 dt/ha ohne vorangegangene organische Düngung und einem  $N_{\min}$ -Wert zu Vegetationsbeginn von 30 kg N/ha mit max. 170 kg N/ha gedüngt werden. Auf Ackerland dürfen nach der Ernte der Hauptfrucht bis Ende Januar keine Düngemittel mit wesentlichem Gehalt an Stickstoff ausgebracht werden. Ausgenommen ist eine Düngung bis zum 1. Oktober von u.a. Winterraps (Aussaat bis 15. September) oder Wintergerste nach Getreidevorfrucht (Aussaat bis 1. Oktober) mit max. 30 kg/ha Ammonium-N bzw. 60 kg/ha Gesamt-N. Die Menge an pflanzenverfügbarem Stickstoff, die im Herbst ausgebracht wurde, ist aber bei der Ermittlung des N-Düngebedarfs im Frühjahr in vollem Umfang zu berücksichtigen und vermindert diesen entsprechend. In Gebieten mit Grundwasserkörpern in schlechtem chemischem Zustand (Nitratkonzentration >50 mg/l oder Nitratkonzentration mit >37,4 mg/l mit steigender Tendenz; „Roten Gebiete“) muss der Düngebedarf zusätzlich pauschal um 20 % reduziert wer-

den (nachfolgend „DüV-20 %“ benannt). Zudem ist dort eine Herbst-N-Düngung nicht erlaubt, es sei denn, der  $N_{\min}$ -Wert in 0–90 cm bei Winterraps liegt unter 45 kg N/ha.

Die Düngeverordnung begrenzt die dem Pflanzenbestand zur Verfügung stehenden Dünger-N-Menge. Durch eine optimierte Produktionstechnik muss die Effizienz des eingesetzten Düngerstickstoffs daher weiter verbessert werden. Nachfolgend werden am Beispiel des Rapsanbaus mögliche Optionen, aber auch Grenzen der Effizienzsteigerung aufgezeigt. Zur Bestimmung des ökonomischen Optimums wurden 70 EUR/dt Raps bzw. 30 EUR/dt Weizen und 2 EUR/kg N unterstellt. Der Düngebedarfswert nach DüV basiert auf einem Ertragsniveau von 40 dt/ha Raps (80 dt/ha für B-Weizen; N-Bedarf = 200 bzw. 230 kg N/ha) und auf einem  $N_{\min}$ -Wert von jeweils 30 kg N/ha im Frühjahr.

# N-Düngung im Herbst und im Frühjahr

Die DüV erlaubt zwar eine N-Gabe im Herbst zum Winterraps, doch ist die Datenlage zur Ertragswirkung einer Herbst-N-Applikation nicht einheitlich. Neben deutlichen Mehrerträgen (Tab. 1) zeigen viele Versuche keine oder nur geringe Ertrags- effekte. Zudem sind die Wirkungspfade nicht immer klar.

**Tabelle 1: Effekte der Düngungsszenarien Nopt (ökonomisch optimale N-Düngung), DüV (N Bedarf gemäß Düngeverordnung) und DüV-20 % (N-Bedarf nach DüV, um 20 % reduziert) auf die Parameter Ertrag [dt/ha], Ölkonzentration [%] und Stickstoffbilanz [kg N/ha] von Winterraps geschätzt mittels Quadratisch-Plateau-Funktion (Ergebnisse aus 132 bundesweit durchgeführten N-Steigerungsversuchen; 2006–2020)**

Parameter	Herbst-N-Düngung	Szenario		
		Nopt	DüV	DüV-20 %
Samenertrag [dt/ha]	mit	44,2 <sup>a</sup> <sub>A</sub>	40,5 <sup>b</sup> <sub>A</sub>	38,8 <sup>c</sup> <sub>A</sub>
	ohne	42,2 <sup>ab</sup> <sub>B</sub>	41,0 <sup>b</sup> <sub>A</sub>	39,1 <sup>c</sup> <sub>A</sub>
N-Bilanz [kg N/ha]	mit	118 <sup>a</sup> <sub>A</sub>	60 <sup>b</sup> <sub>A</sub>	43 <sup>c</sup> <sub>A</sub>
	ohne	84 <sup>a</sup> <sub>B</sub>	54 <sup>c</sup> <sub>A</sub>	27 <sup>d</sup> <sub>B</sub>
Ölkonzentration [%]	mit	41,4 <sup>b</sup> <sub>A</sub>	42,2 <sup>a</sup> <sub>A</sub>	42,5 <sup>a</sup> <sub>A</sub>
	ohne	41,5 <sup>c</sup> <sub>A</sub>	42,0 <sup>b</sup> <sub>B</sub>	42,4 <sup>a</sup> <sub>A</sub>

# – gleiche Buchstaben bedeuten keine signifikanten Unterschiede bei  $p = 0,05$   
 Kleinbuchstaben: Vergleich zwischen Düngungsszenario auf einer Stufe Herbst-  
 düngung, Großbuchstaben: Vergleich zwischen N-Herbstdüngung auf einer Stufe  
 Düngungsszenario

Bei allen Parametern gab es signifikante Interaktionen ( $p < 0,05$ ) zwischen dem Szenario und der Herbst-N-Düngung, daher wurden Mittelwertvergleiche getrennt auf den Stufen des jeweils anderen Faktors durchgeführt.

Im vorliegenden Versuch mit Winterraps nach Wintergerste am Standort Hohenschulen (Schleswig-Holstein) lag die Kurve, die den Zusammenhang zwischen Düngung und Ertrag beschreibt, mit 40 kg N/ha im Herbst auf einem höheren Niveau (+1,7 dt/ha) (Abb. 1). Demgegenüber reduziert nach der DüV die pflanzenverfügbare N-Menge, die im Herbst appliziert wurde, die Frühjahrs-N-Menge durch entsprechende Anrechnung aber in voller Höhe. Im vorliegenden Beispiel dürfen daher 170 kg N/ha ausgebracht werden, wenn keine Herbst-N-Düngung erfolgte, aber nur 130 kg N/ha, wenn im Herbst 40 kg N/ha gegeben wurden (in Roten Gebieten: 136 vs. 104 kg N/ha). Die Reduzierung der Frühjahrsdüngung um 40 kg N/ha führt

zu entsprechenden Konsequenzen für den Ertrag (-0,6 dt/ha bei Herbst-N-Düngung gegenüber Verzicht auf Herbstdüngung). Die N-Kosten freie Leistungen unter Berücksichtigung der Ölkonzentration (+0,3 %-Punkte bei Herbst-N-Gabe aufgrund der verringerten Frühjahrsdüngung) stiegen nach einer Herbst-N-Gabe um 6 EUR/ha geringfügig an, allerdings sind die Ausbringungskosten für die Extraüberfahrt im Herbst noch in Abzug zu bringen. Zudem verblieb nach einer Herbst-N-Gabe deutlich mehr Stickstoff im System (N Bilanz höher; Tab. 1) als ohne Herbst-N. Als Fazit lässt sich festhalten, dass eine N-Düngung zu Winterraps im Herbst, wenn überhaupt, nur in Ausnahmefällen erfolgen sollte, da der im Frühjahr applizierte Stickstoff deutlich effizienter in Ertrag umgesetzt wird.

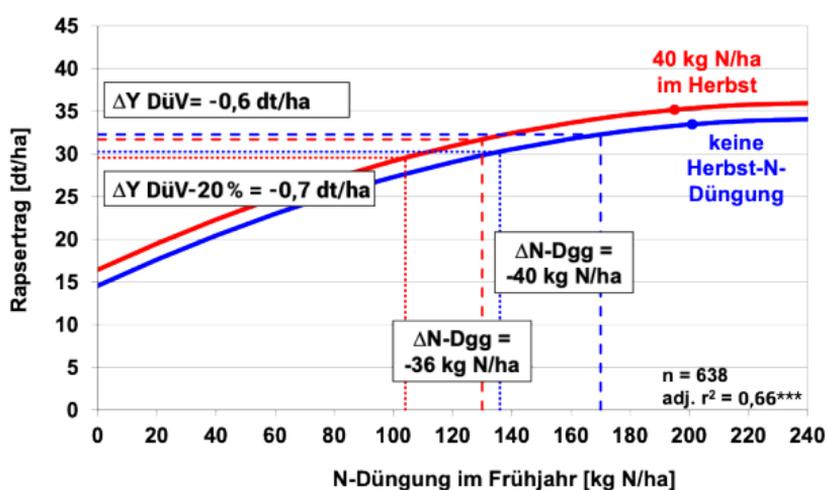


Abb. 1: Rapserttrag [dt/ha] ohne (blaue Linie) und mit einer Herbst-N-Gabe von 40 kg N/ha (rote Linie) bei variiertem Frühjahrs-N-Düngung (Hohenschulen; 2016–2020); Punkte repräsentieren das ökonomische Optimum; gestrichelte Linien: Situation nach Vorgaben der DüV; gepunktete Linien: Situation nach Vorgaben der DüV in Roten Gebieten; Annahmen: 70 EUR/dt Raps, 2 EUR/kg N

In der Regel wird die N-Düngung im Frühjahr in zwei Teilgaben appliziert; zu Vegetationsbeginn und während des Stängelstreckens. Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass Winterraps zum 1. Termin mit mindestens 60 kg N/ha gedüngt werden sollte, um den Raps in die Lage zu versetzen, spätere N-Gaben effizient in Ertrag umzusetzen. Ansonsten scheint die Aufteilung der N-Menge auf beide Teilgaben wenig relevant zu sein. Eine 3. N-Gabe kurz vor oder zur Blüte führte in mehrjährigen Versuchen zwar zu leichten Mehrerträgen, senkte aber gleichzeitig die Ölkonzentration, sodass eine Dreiteilung der N-Düngung im Frühjahr ökonomisch nicht sinnvoll ist.

Aufgrund seines zeitigen Wachstums müssen zu Winterraps im Vergleich zu Getreide erhebliche Nährstoffmengen in pflanzenverfügbarer Form früh in der Vegetationszeit vorliegen. Organisch gebundener Stickstoff z. B. aus Gülle oder Biogasgärrückständen, der erst noch mineralisiert werden muss, kann daher vom Raps meist nicht effizient genutzt werden. In einem mehrjährigen Feldversuch (1997–2009) der Universität Kiel wurden die Ertragseffekte von mineralischer N-Düngung in Form von KAS mit denen von Schweingülle verglichen, wobei beide Düngerformen stadienspezifisch zu drei Terminen ausgebracht wurden. Bezogen auf die Ammonium-N-Menge ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) in der Gülle waren beide Düngerformen wirkungsgleich (Abb. 2).

Das bedeutet, dass Winterraps sehr gut in der Lage ist, den  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil aus organischen Düngern in Ertrag umzusetzen, jedoch kaum von der organischen N-Fraktion profitiert. Trotz meist geringen  $\text{NH}_3$ -Verlusten bei Frühjahrsausbringung von Gülle oder Gärrückständen in Winterraps ist davon auszugehen, dass die Ausbringung z. B. in Mais (mit direkter Einarbeitung) aufgrund der längeren Vegetationszeit im Jahresverlauf insgesamt zu einer höheren N-Verwertung führt.

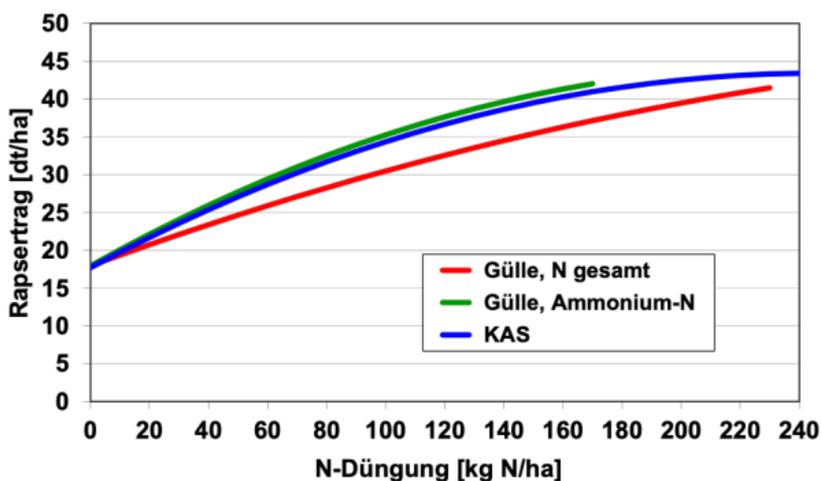


Abb. 2: Rapsertrag [dt/ha] bei variierter Frühjahrs-N-Düngung in Form von KAS (blaue Linie) oder als Schweinegülle (rote Linie: Ngesamt; grüne Linie: nur  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) (Hohenschulen; 1997–2009)

# Bestandesetablierung

Die begrenzte Stickstoffverfügbarkeit erfordert eine optimale Ausgestaltung aller acker- und pflanzenbaulichen Rahmenbedingungen. Die Basis hierfür wird durch eine dem Standort und der Witterung angepasste Bestandesetablierung gelegt. Eine Saatzeitverschiebung in den September führte am Standort Hohenschulen (Schleswig-Holstein) zu erheblichen Ertragseinbußen (Abb. 3), die zusätzlich noch mit deutlich verminderten Ölkonzentrationen einhergingen (hier nicht dargestellt). Vor diesem Hintergrund ist Weizen als Vorfrucht zum Raps aufgrund des Risikos einer verspäteten Aussaat meist weniger geeignet als früher räumende Früchte, z. B. Wintergerste. Je nach Standort kann der optimale Saattermin deutlich variieren.

Die heute verfügbare Drilltechnik ermöglicht problemlos eine pfluglose Bestellung von Raps. Wenn allerdings damit eine Herbst-N-Düngung erforderlich wird – der Raps konkurriert mit den Mikroorganismen, die das Stroh der Vorfrucht abbauen, um den im Boden verfügbaren mineralischen Stickstoff – kann dieses Aussaatverfahren N-Mangel im Herbst verstärken und durch eine mangelhafte Herbstentwicklung des Bestandes zu einer insgesamt schlechteren N-Effizienz führen. Inwiefern eine pfluglose Bestellung, die mit einer höheren Flächenleistung und geringeren Kosten für die Bodenbearbeitung verbunden ist, ökonomisch sinnvoll ist, lässt sich nur einzelbetrieblich entscheiden. Die ggf. zum Ausgleich der N-Sperre gegebene Herstdüngungsmenge fehlt dann oftmals zu einem ausreichenden Bestandesaufbau im Frühjahr.

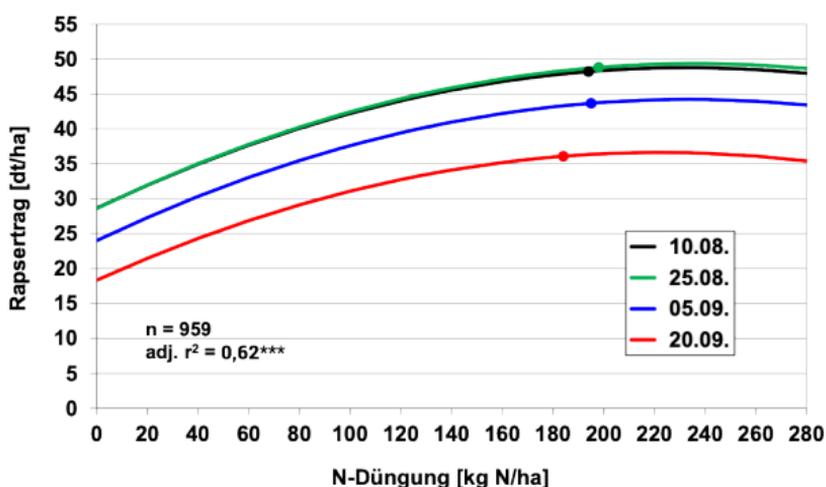


Abb. 3: Rapserttrag [dt/ha] bei unterschiedlichen Aus-saatterminen und variierter Frühjahrs-N-Düngung (Hohenschulen; 2010, 2011 & 2013); Punkte repräsentieren das ökonomische Optimum; Annahmen: 70 EUR/dt Raps, 2 EUR/kg N

## Sortenunterschiede

Sortenunterschiede bezüglich der N-Effizienz lassen sich größtenteils über die jeweilige Ertragsleistung erklären, wobei Sorten mit einem hohen Ertragspotenzial allerdings häufig geringere N- bzw. Proteinkonzentrationen im Samen aufweisen als solche mit niedrigeren Erträgen. Da Öl- und Proteinkonzentration hoch negativ korrelieren und die Ölkonzentration bei der Vermarktung (zurzeit) die relevante Größe ist, liegt das Hauptaugenmerk der Rapszüchtung eher auf einer Steigerung der Öl- als der Proteinkonzentrationen. Generell scheinen jedoch Sorten mit höherem Ertragspotential keinen höheren Düngebedarf aufzuweisen.

# Einfluss der Vorfrucht

Sofern er zum standortoptimalen Termin ausgedrillt wird, kann Winterraps im Vergleich zu Wintergetreide im Herbst erhebliche N-Mengen ( $>100$  kg N/ha vs. 20–30 kg N/ha) aufnehmen und somit vor einer Auswaschung über Winter bewahren. Zudem zeigen umfangreiche Versuchsergebnisse, dass bei üppigen Herbstbeständen (N-Aufnahme vor Winter  $>50$  kg N/ha) die N-Düngung im Frühjahr reduziert werden kann („Düngung nach Biomasse“). Die Differenz zu 50 kg N/ha wird mit einem Anteil von 70 % auf die N-Düngermenge im Frühjahr angerechnet (Details siehe die UFOP-Praxisinformation „Optimierung der N-Düngung von Raps nach der N-Menge des Bestandes im Herbst“, 2010). Dieser Ansatz bildete auch die Grundlage für ein von der UFOP gefördertes Projekt zur teilflächenspezifischen N-Düngung.

Beiden Aspekten kann durch die Nutzung von Körnerleguminosen als Vorfrucht Rechnung getragen werden. Nach mehrjährigen Ergebnissen der Universität Kiel realisierte Winterraps nach Ackerbohnen bei jeweils ökonomisch optimaler N-Versorgung einen um 4 dt/ha höheren Ertrag als nach Wintergerste (Abb. 4). Unter den Vorgaben der DüV betrug der Mehrertrag nach Ackerbohnen noch 3,8 dt/ha bei einer um 10 kg N/ha geringeren N-Düngung (gestrichelte Linien). Die N-Kosten freien Leistungen (NKfL) nach Ackerbohnen lagen bei den unterstellten Preis-Kosten-Verhältnissen und unter Berücksichtigung der Ölkonzentration um ca. 320 EUR/ha höher als nach Wintergerste, hauptsächlich bedingt durch die verbesserte Ertragsleistung. Auch bei einer weiteren Reduktion der Düngung um 20 %, wie in den Roten Gebieten vorgeschrieben, blieben die Differenzen im Ertrag (gepunktete Linien) und NKfL erhalten, allerdings auf einem niedrigeren Niveau. Die Vorfrucht beeinflusste die Ölkonzentration nur marginal. Voraussetzung für die Nutzung von Ackerbohnen als Vorfrucht ist allerdings eine termingerechte Ernte, die aber mit den modernen Sorten in den meisten Fällen gewährleistet werden kann.

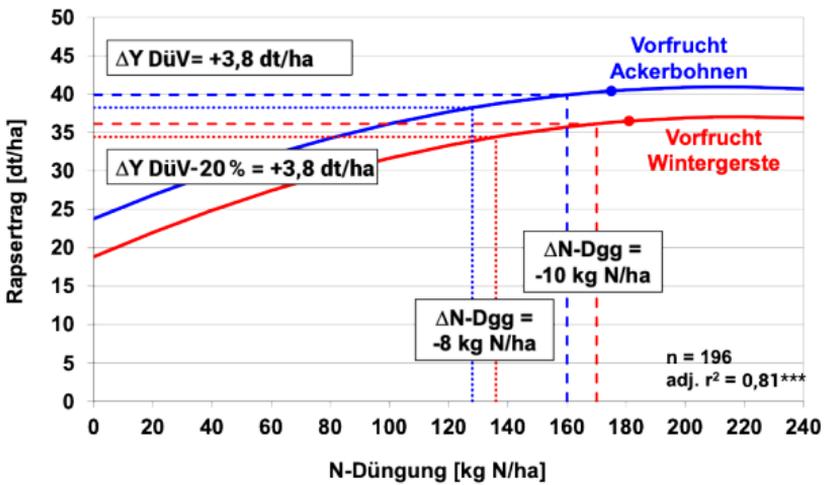


Abb. 4: Rapsertag [dt/ha] nach Ackerbohnen (blaue Linie) und Wintergerste (rote Linie) bei variiertem Frühjahrs-N-Düngung (Hohenschulen; 2017–2021); Punkte repräsentieren das ökonomische Optimum; gestrichelte Linien: Situation nach Vorgaben der DüV; gepunktete Linien: Situation nach Vorgaben der DüV in Roten Gebieten; Annahmen: 70 EUR/dt Raps, 2 EUR/kg N (Daten: M. Rose)

# Effekte auf die Nachfrucht

In der Fruchtfolge weisen Raps und Körnerleguminosen einen guten Vorfruchtwert für Winterweizen auf. Im Vergleich zu einem Stoppelweizen kann Weizen nach einer Blattfrucht bei ökonomisch optimaler N-Düngung höhere Erträge (+4 dt/ha) (Abb. 5) realisieren, häufig noch mit geringerem N-Aufwand. Die Vorgaben der DüV reduzierten den Ertrag marginal um 1 dt/ha, wobei zu berücksichtigen ist, dass der N-Düngebedarf nach Raps und Körnerleguminosen um 10 kg N/ha gegenüber einer Getreidevorfrucht zu verringern ist. Trotzdem blieb der Ertragsvorteil von Raps im Vergleich zu Weizen als Vorfrucht zu Weizen erhalten. Die Kornproteinkonzentrationen unterschieden sich bei Einhaltung des N Düngebedarfs mit 12,2 % nach Raps und 12,4 % nach Weizen nur marginal. Eine weitere Reduktion der N-Düngung, wie in den Roten Gebieten vorgeschrieben, verringerte sowohl die Proteinkonzentration als auch die Differenz zwischen beiden Vorfrüchten (0,1 %-Punkte).

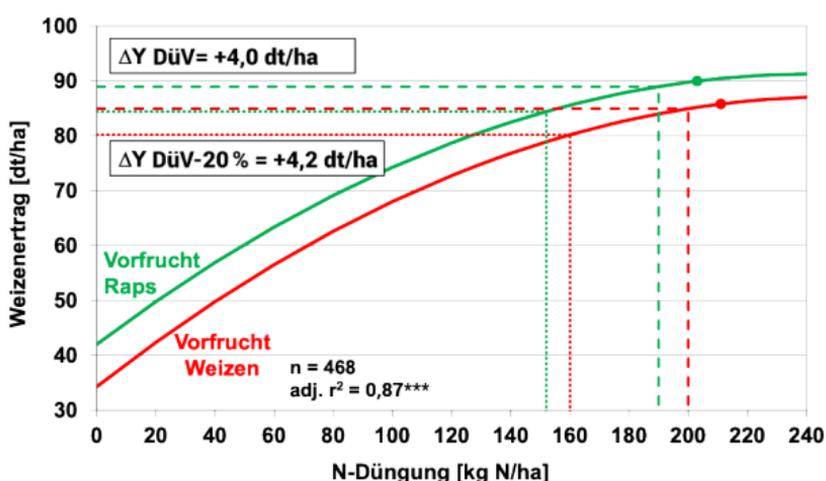


Abb. 5: Weizenertrag [dt/ha] nach Raps (grüne Linie) und nach Weizen (rote Linie) bei variiertem Frühjahrs-N-Düngung (Hohenschulen; 2017–2021); Punkte repräsentieren das ökonomische Optimum; gestrichelte Linien: Situation nach Vorgaben der DüV; gepunktete Linien: Situation nach Vorgaben der DüV in Roten Gebieten; Annahmen: 30 EUR/dt Weizen, 2 EUR/kg N (Daten: M. Rose)

Nach den Standards für den guten und ökologischen Zustand der Flächen (gemäß GAP-DirektzahlungsVO mit Stand Anfang Mai 2022) muss ab 1. Januar 2023 u.a. ein jährlicher Wechsel der Hauptkulturen erfolgen, sodass ein Weizen nach Weizen nicht mehr angebaut werden darf. Daher wurde bei der folgenden Analyse Weizen durch Silomais als Vorfrucht ersetzt. Im ökonomischen Optimum, das nach Mais um >20 kg N/ha höher lag, und auch bei Düngung nach den Vorgaben der DüV waren keine Unterschiede im Ertrag zu beobachten. Allerdings lagen die Proteinkonzentrationen nach Mais mit 11,9 % um 0,4 %-Punkte niedriger als nach Raps (12,3 %). Eine weitere Reduktion der N-Versorgung senkte die Erträge nach Mais stärker als nach Raps, während die Abstufung in der Proteinkonzentration nach beiden Vorfrüchten ähnlich war, aber auf einem deutlich niedrigeren Niveau (11,6 % vs. 11,2 %).

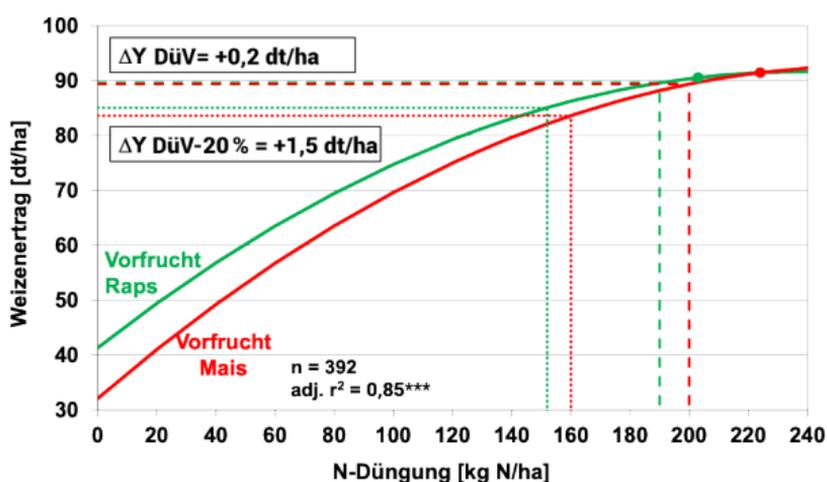


Abb. 6: Weizenertrag [dt/ha] nach Raps (grüne Linie) und nach Silomais (rote Linie) bei variiertem Frühjahrs-N-Düngung (Hohenschulen; 2017–2021); Punkte repräsentieren das ökonomische Optimum; gestrichelte Linien: Situation nach Vorgaben der DüV; gepunktete Linien: Situation nach Vorgaben der DüV in Roten Gebieten; Annahmen: 30 EUR/dt Weizen, 2 EUR/kg N (Daten: M. Rose)

# Fazit

Winterraps bleibt auch in Zukunft eine der tragenden Säulen in Ackerbaufruchtfolgen. Durch die Vorgaben der DüV liegt das Düngeniveau in der Regel zwar unter dem ökonomischen Optimum. Allerdings kann eine damit einhergehende Minderung der Erträge teilweise durch ansteigende Ölgehalte kompensiert werden, was im Zuge der Mehröl-Vergütung zu Zuschlägen beim Auszahlungspreis führt. Es ist weiterhin möglich, die Effekte der DüV durch ackerbauliche Maßnahmen anteilig zu kompensieren, indem die erlaubte limitierte N-Düngermenge möglichst effizient eingesetzt wird. Körnerleguminosen bieten sich als Vorfrucht an, da einerseits höhere Rapsrerträge bei geringerem N-Aufwand realisiert werden können. Andererseits kann der Raps im Herbst noch erhebliche N-Mengen, die nach Körnerleguminosen häufig vorliegen, aufnehmen und somit vor einer Auswaschung über Winter bewahren. Zu einer Steigerung der N-Effizienz gehören zudem die Auswahl ertragreicherer Sorten und eine bestmögliche Bestandesetablierung durch einen ortsoptimalen Aussaattermin. Obwohl zu Winterraps erlaubt, sollte eine N-Düngung im Herbst aufgrund einer geringeren Ertragswirksamkeit im Vergleich zur Frühjahrsapplikation nur in Ausnahmefällen erfolgen. Nach Raps realisiert Weizen höhere Erträge und bessere Qualitäten als nach einer Getreidevorfrucht, weist daher einen deutlich positiven Vorfruchtwert auf.



## Impressum

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.  
Claire-Waldoff-Straße 7 • 10117 Berlin  
info@ufop.de • www.ufop.de

2022

Titelbild: © Countrypixel/Fritz Rupenkamp