

Wie viel Phosphor braucht der Raps?

Raps ist eine der wichtigsten gegenwärtigen Kulturpflanzen. In Deutschland werden ca. 1,3 Mio. ha, d. h. elf Prozent der Ackerfläche, in Niedersachsen ca. 130.000 ha (97 % Winterraps) angebaut. Neben hohen Erträgen sind hohe Fettgehalte erwünscht. Eine wichtige Voraussetzung für diese Ziele ist die optimale Versorgung der Pflanzen mit allen Nährstoffen. Dem Phosphor (P) kommt dabei aber besondere Aufmerksamkeit zu. Wie hoch muss die P-Versorgung der Ackerflächen bzw. die P-Düngung sein, wenn eine so bedeutsame Kulturpflanze erfolgreich angebaut werden soll?

W. Römer, N. Claassen, R. Hilmer, B. Steingrobe, C. Möllers, K. Dittert, Georg-August-Universität Göttingen

Einerseits erfordert die Anlage und Ausbildung der generativen Organe an der Pflanze eine gute Phosphorversorgung, andererseits aber führten die hohen Phosphatdüngerpreise in den letzten Jahren zur Zurückhaltung der Landwirte beim Kauf von Düngern. Oft hat aber auch in der Vergangenheit eine überhöhte P-Düngung zu hohen P-Gehalten im Boden geführt, die eine Ursache für die Eutrophierung der Oberflächengewässer darstellen.

P-Gehalt im Boden berücksichtigen

Um der Frage der P-Versorgung von Pflanzen nachzugehen, muss das Verhalten des P im Boden berücksichtigt werden. Die Böden, vor allem die Ackerböden, haben meist einen hohen P-Vorrat, der nur, wenn er unzureichend für optimales Pflanzenwachstum ist, durch eine P-Düngung ergänzt werden sollte. Bodeneigener wie auch Dünger-Phosphor wird im Boden stark an die Bodenteilchen gebunden und ist daher nur wenig beweglich. Dies hat den Vorteil, dass die P-Auswaschung ins Grundwasser vernachlässigbar klein ist. Andererseits führt es aber dazu, dass der pflanzenverfügbare Boden-P wie auch der Dünger-P in einem Anbaujahr nur zu ca. 10 % oder weniger von den Pflanzen genutzt wird. Der nicht genutzte P-Dünger verbleibt im Boden, kann aber in den nachfolgenden Jahren von neu gebildeten Wurzeln aufgenommen werden. Dadurch kann Dünger-P langfristig zu 100 % von den Pflanzen genutzt werden. Die Pflanzen ernähren sich also zum größten Teil aus dem P-Vorrat des Bodens und die P-



Ackerböden haben meist einen hohen Phosphorvorrat. Schon bei Gehaltsklassen von A und B zeigt Raps maximale Erträge.

Foto: agrarpress

Düngung stellt nur eine Ergänzung dar. Den pflanzenverfügbaren P-Bodenvorrat kann man mit der Bodenanalyse charakterisieren, in der Bundesrepublik mit der CAL-(Calcium-Acetat-Lactat-) oder der DL-(Doppellactat-)Methode. Die gemessenen CAL- bzw. DL-Werte sind nicht gleichzusetzen mit dem verfügbaren P-Bodenvorrat, sind aber ein gutes Maß dafür.

Wir werden der Frage nachgehen, wie das langfristige Verhalten von P im Boden und wie der Zusammenhang zwischen dem P-CAL-Wert des Bodens und dem Ertrag sowie der Qualität von Raps ist. Weiterhin stellt sich die Frage nach der Höhe des jeweiligen P-Düngebedarfs.

Antworten auf diese Frage können am besten Feldversuche erbringen. Die Uni Göttingen (Department für Nutzpflanzenwissenschaften) besitzt zzt. noch einen längerfristigen P-Versuch auf einem schweren Ackerboden in der Leineue, der 1983 angelegt wurde. Durch eine stark gestaffelte Düngerezufuhr haben sich in diesem Zeitraum sehr differenzierte, niedrige bis hohe P-Gehalte im Boden eingestellt. Damit konnten wir prüfen, welchen P-Gehalt Raps im Boden benötigt, um optimalen Ertrag und optimale Qualität zu erzielen. Hierfür wurde Raps in den Jahren 2009, 2012 und 2015 angebaut.

Standort und Versuchsanlage

Tab. 1 zeigt wichtige Kenngrößen des Bodens. Es handelt sich um einen Auenboden aus verwittertem Schwemmlöss.

Die Jahresdurchschnittstemperatur (1971–2000) lag bei 9 °C, die mittlere jährliche Niederschlagssumme betrug 628 mm. Mit 1.422 Sonnenstunden pro Jahr weist Göttingen eine vergleichsweise geringe Sonnenscheinbilanz auf.

Bei dem statischen P-Düngungsversuch handelt es sich um eine Blockanlage (vier Blöcke), auf der die insgesamt 14 Versuchsglieder randomisiert verteilt sind (je vier Wiederholungen, Parzellengröße 12 m mal 12 m). Die Höhe der P-Düngung der einzelnen Versuchsglieder orientiert sich an dem mittleren jährlichen P-Entzug von 25 kg P/ha einer Fruchtfolge von zweimal Getreide (Weizen, Gerste) und einmal Zuckerrübe. Die für diese Arbeit ausgewählten Varianten sind in Tab. 2 angegeben. Bei diesen Varianten verblieben die Ernterückstände (Stroh und Rübenblatt) auf dem Feld. Sie reichen von der seit 1983 unge-

Tab. 1: Kenngrößen des Bodens (0–30 cm)

zu Versuchsbeginn 1983 (auf dem Reinshof bei Göttingen)

Ton	Schluff	Sand	Humus	pH (CaCl ₂)	CAL-P	Gesamt-P	CAL-K
%	%	%	%			----- mg/100 g Boden -----	
22	65	13	2,0	7,2	5,7	60,8	9,1

Tab. 2: Ausgewählte Versuchsvarianten

Varianten	----- Jährliche P-Düngung ----- kg P/ha	
	1983–1994	ab 1995
P 0	0	0
P 0,5	12,5	12,5
P 1	25	25
P 1,5	37,5	37,5
P 3	75	0
P 9	225	0

Die Düngungsvarianten P 0 bis P 9 bezeichnen die P-Düngung als das Vielfache der P-Abfuhr vom Feld (25 kg P/ha/Jahr). Die hohen Düngungsstufen P 3 und P 9 führten innerhalb der ersten zehn Jahre zu sehr hohen P-Gehalten im Boden, woraufhin die P-Düngung eingestellt wurde.

düngten Variante (P 0) über den halben (P 0,5) und den einfachen P-Entzug (P 1) bis hin zum neunfachen P-Entzug. Phosphat wurde stets im Herbst als Triplesuperphosphat gedüngt. Da infolge der hohen P-Gaben in P 3 und P 9 die Boden-

gehalte 1994 bis in Gehaltsklasse E angestiegen waren, wurde ab 1995 die P-Zufuhr in diesen Varianten P 3 und P 9 völlig eingestellt.

Neben der P-Düngung erfolgte über alle Versuchsglieder eine K- sowie N-Dün-

FÜR EINEN HOHEN ÖLGEHALT

Die EPSO-Familie ist der schnelle Helfer unter den Düngemitteln.

EPSO[®]Top

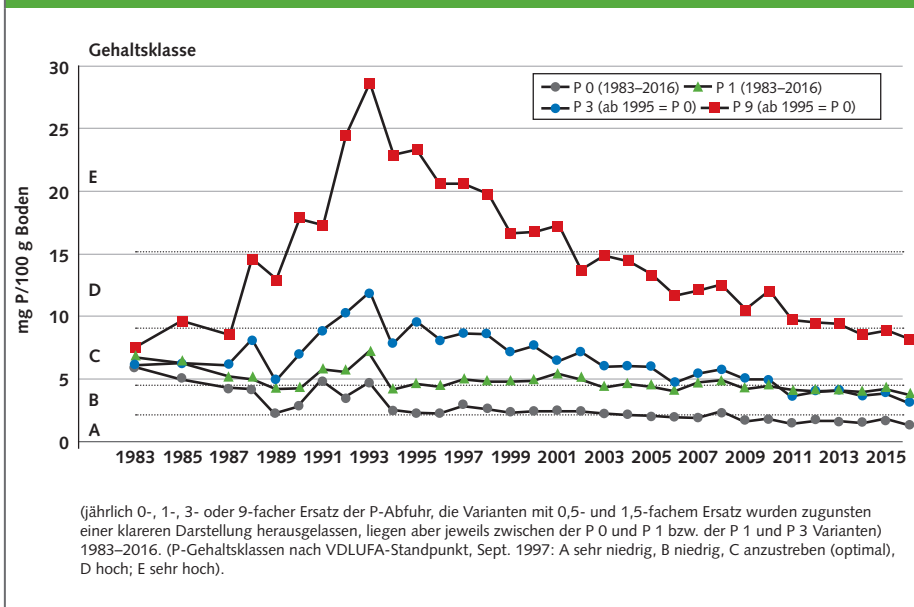
EPSO[®]Microtop

EPSO[®]Combitop

Mehr unter www.kali-gmbh.com
K+S KALI GmbH · Pflanzennährstoffe
Ein Unternehmen der K+S Gruppe



Abb. 1: Verlauf der P-CAL-Werte im Boden bei unterschiedlicher P-Düngung



Junger Raps im April. Hier zu sehen sind die Markierungen der Versuchspartellen.

gung entsprechend des Bedarfs der Kulturen. Die angebauten Rapsorten waren Express in 2009, Lorenz in 2012 und Visby in 2015; die Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln erfolgte nach Bedarf. Die Ernte erfolgte mit dem Mähdrescher.

P-Bodenvorrat, Rapsertträge, Qualität und P-Aufnahme

Durch die 30-jährige unterschiedliche P-Düngung haben sich die P-Gehalte im Boden stark differenziert (Abb. 1). Der Ausgangsgehalt des CAL-P lag 1983 bei 6 mg P/100 g (Gehaltsklasse C, „optimal“)

und sank kontinuierlich beim Unterlassen der P-Düngung (P 0) auf 1,5–2,0 mg P/100 g (Gehaltsklasse A/B, „sehr niedrig“/„niedrig“) ab. Dagegen blieb bei einer P-Düngung in Höhe der P-Abfuhr vom Feld nach anfänglichen Schwankungen und Gleichgewichtseinstellung der P-Gehalt im Boden nahezu konstant. Durch eine P-Düngung über der Abfuhr vom Feld (3- bzw. 9-fache Abfuhr) stiegen die P-Gehalte des Bodens stark und kontinuierlich an, fielen nach Unterlassen der Düngung dann aber wieder ab. Interessant ist dabei, dass der Anstieg durch zehn Jahre dreifacher P-Düngung nach weiteren 20 Jahren ohne P-Düngung auf den gleichen P-Gehalt im Bo-

den abfiel wie 30 Jahre bei einfacher P-Düngung (P 1) (Abb. 1).

Die stark unterschiedlichen P-Gehalte im Boden (von 1,5–14 mg P/100 g) wirken sich bereits auf den P-Gehalt im Blatt der Jungpflanzen (Blühbeginn) deutlich aus (Abb. 2). Im Bereich zwischen 4 und 14 mg P/100 g Boden sind die P-Gehalte im Blatt bei ca. 0,45 % relativ konstant, fallen dann aber im Bereich der Gehaltsklasse A und B deutlich ab, liegen aber immer noch im Bereich ausreichender Gehalte. Dagegen wird der Kornertrag von dem P-Gehalt des Bodens nicht beeinflusst (Abb. 3 und 4). Abb. 3 zeigt die absoluten Erträge jeder einzelnen Wiederholung aus dem Erntejahr 2015 mit dem dazugehöri-

Abb. 2: Phosphor-(P-)Gehalte in den Blättern von Winterraps zum Stadium Blühbeginn (2015) in Abhängigkeit vom P-CAL-Gehalt des Bodens (2014)

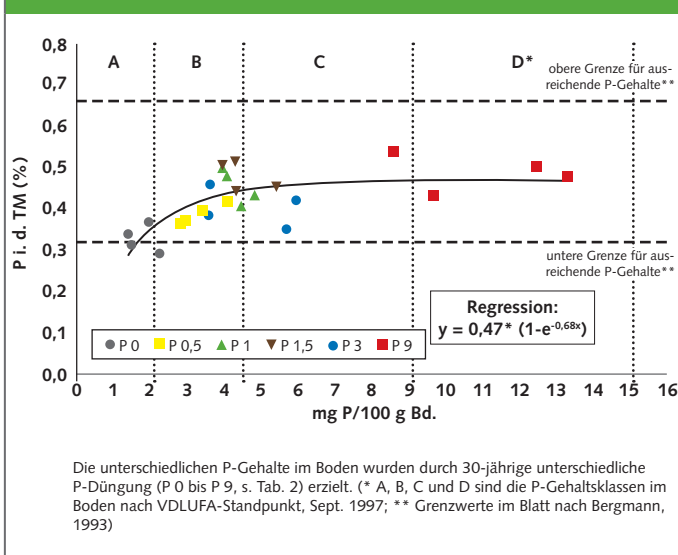


Abb. 3: Kornertrag von Winterraps (2015) in Abhängigkeit vom P-CAL-Gehalt des Bodens (2014)

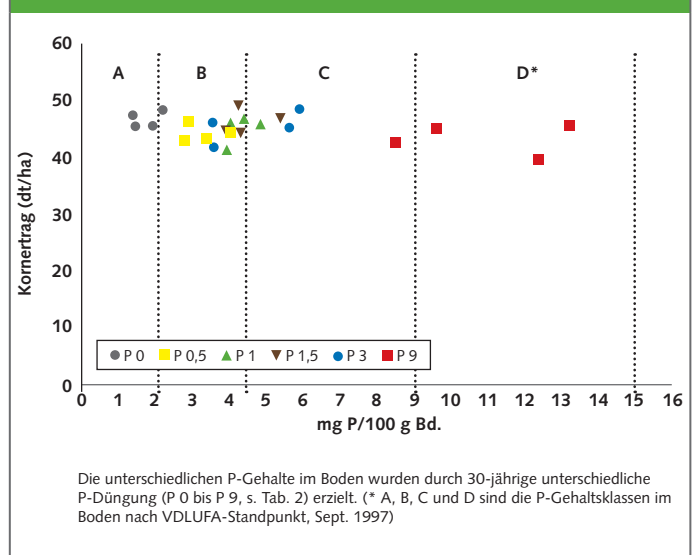
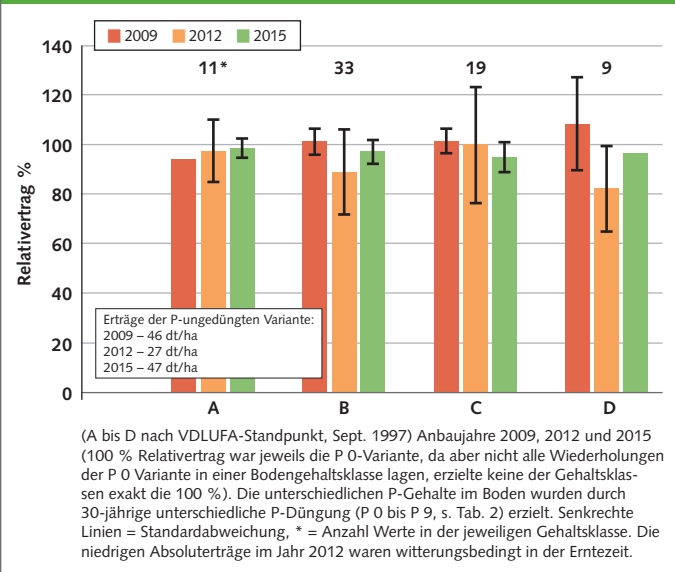


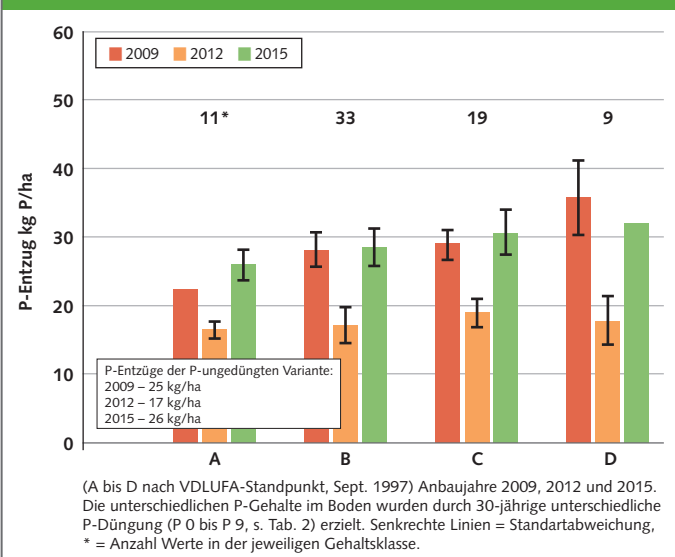
Abb. 4: Relativertrag von Winterraps in Abhängigkeit von den P-CAL-Gehaltsklassen des Bodens



gen P-Gehalt des Bodens und Abb. 4 zeigt die Relativerträge der einzelnen Anbaujahre mit den dazugehörigen P-Gehaltsklassen des Bodens. Aus beiden Abbildungen geht hervor, dass der P-Gehalt des Bodens im untersuchten Bereich (CAL-P von 1,5–14 mg P/100 g) auf diesem Standort, im Gegensatz zum P-Gehalt im Blatt, keinen Einfluss auf den Ertrag hatte.

Mit zunehmendem P-Gehalt des Bodens stieg der P-Gehalt und damit auch der P-Entzug der Pflanzen an (Abb. 5), nicht aber der Kornertrag. In diesem Fall spricht man von P-Luxuskonsum. Er betrug zwischen 7 und 13 kg P/ha (16–30 kg P₂O₅/ha) (siehe Abb. 5). Um diesen Betrag müsste auf höher versorgten Böden die normale Erhaltungsdüngung von 25 kg P/ha im Vergleich zu Böden mit knapper, aber ausreichender P-Versorgung erhöht werden, wenn der hohe P-Gehalt im Boden angestrebt wird, obwohl dort kein höherer Ertrag erwartet werden kann. D. h., bei diesem Vorgehen würden nur hohe Düngerkosten, aber kein Mehrertrag entstehen.

Abb. 5: Phosphor-(P-)Entzüge von Winterraps (Korn) in Abhängigkeit von den P-CAL-Gehaltsklassen des Bodens



Wir stecken so viel in PKplus, damit Sie mehr vom Düngen haben.



PKplus

Der Premium PK-Dünger für die Grunddüngung.

Giulinistraße 2
 67065 Ludwigshafen am Rhein
 Tel.: 06215793-752 Fax: 06215793-750
www.polysulphate.com
www.icl-group.com

Poly ^S ^K ^(Mg) ^{Ca}
 sulphate

ICL
 Where needs take us



Mit dem Parzellendrescher wurden die einzelnen Parzellen geerntet. Je Parzelle gelangt das Erntegut in ein separates Gefäß.



Die Ernteproben dienen anschließend zur Analyse. Fotos: Römer

Erstaunlich ist, dass auf der P-0-Parzelle der Ertrag nicht absinkt, obwohl in den vergangenen 30 Jahren ca. 700 kg P/ha (1610 kg P₂O₅/ha) durch das Erntegut vom Feld abgefahren wurden. Der P-CAL-Gehalt sinkt in dieser Zeit um 4 mg P/100 g (von 6 mg P/100 g auf 2 mg P/100 g) ab. Diese Absenkung entspricht ca. 160 kg P/ha bei der Annahme, dass ein ha Ackerkrume einer Masse von ca. 4 Mio. kg Boden entspricht. Daraus ergibt sich, dass 700 kg P-160 kg CAL-P = 540 kg P/ha nicht aus dem CAL-löslichen P-Pool gekommen sind. Sie müssen aus einem anderen P-Pool nachgeliefert worden sein. Diese Ergebnisse zeigen, dass der Boden und im Allgemeinen alle Böden hohe P-Reserven haben, die über viele Jahre P in ausreichenden Mengen nachliefern können, auch wenn die P-CAL-Gehalte „nur“ im Optimalbereich (Gehaltsklasse C) liegen. Dies zeigt weiterhin, dass der P-CAL-Gehalt nur die Zugänglichkeit des Boden-P für die Pflanze anzeigt, aber nicht mit der Menge an pflanzenverfügbarem Boden-P-Vorrat gleichzusetzen ist.

Hinsichtlich der Qualitätsparameter zeigt sich, dass weder der Öl- noch der Proteingehalt der Rapskörner vom P-Gehalt des Bodens (hier 1,5–14 mg P/100 g) beeinflusst wurde. Es deutet sich aber an, dass sehr hohe Boden-P-Gehalte zu einer leichten Erhöhung des unerwünschten Glucosinolatgehaltes führen können (Tab. 3).

Fazit

Raps zeigt auf dem geprüften Standort bereits bei P-Gehalten im Boden von Gehaltsklasse A (weniger 2 mg P bzw. 5 mg P₂O₅/100 g Boden), aber auf jeden Fall in P-Gehaltsklasse B (2,1–4,4 mg P bzw. 6–9 mg P₂O₅/100 g Boden) gesicherte Maximalerträge. Bei höheren P-Gehalten kann die P-Düngung ausgesetzt werden, um den Boden zu verarmen, bis die Gehaltsklasse B erreicht ist.

Eine P-Düngung in Höhe der P-Abfuhr vom Feld ist ausreichend, um den Bodenvorrat an verfügbarem P aufrechtzuerhalten. Das bedeutet, dass auf diesem Standort die P-Erhaltungsdüngung

gleich der P-Abfuhr vom Feld ist. Dieses Resultat gilt nicht nur für den Raps, sondern für die ganze Fruchtfolge in über 30 Jahren.

Höhere P-Gehalte im Boden als für optimalen Rapsenertrag notwendig, führen zu P-Luxuskonsum der Pflanzen (erhöhte P-Aufnahme in Korn und Stroh). Daraus errechnet sich aber eine höhere Erhaltungsdüngung, die gar nicht notwendig ist.

Öl- und Proteingehalte der Rapskörner werden vom P-Gehalt des Bodens nicht beeinflusst. Bei sehr hohen P-Gehalten im Boden deutet sich eine geringfügige Erhöhung der Glucosinolatgehalte an.

Danksagung

Unser Dank für die technische Mitarbeit gilt Frau B. Eichenberg, S. Koch, M. Niebuhr, Herrn J. Kobbe sowie den Technikern des Laboratoriums Dr. Möllers (DNPW, Abt. Pflanzenzüchtung) für Qualitätsuntersuchungen. <<

Tab. 3: Öl-, Protein und Glucosinolatgehalte

P-Gehaltsklasse	Ölgehalt %	Proteingehalt %	Glucosinolatgehalt µmol/g
A	43,1	17,7	16
B	43,4	17,6	17
C	44,1	17,4	17
D	43,1	18,0	22

(Korn bei 91 % TM) bei unterschiedlichem P-CAL-Gehalt des Bodens angezeigt durch die P-Gehaltsklasse (P-Gehaltsklassen nach VDLUFA-Standpunkt, Sept. 1997: A sehr niedrig, B niedrig, C anzustreben (optimal), D hoch). Mittelwerte aus den drei Versuchsjahren 2009, 2012 und 2015.

■ KONTAKT ■ ■ ■

Wilhelm Römer
 Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutzpflanzenwissenschaften
 awroemer@web.de