

# GRUNDDÜNGUNG

*Grunddüngung bei pflugloser Bodenbearbeitung*

## Gibt es Anpassungsbedarf?

Dr. Annette Deubel, Prof. Dr. Dieter Orzessek, Hochschule Anhalt, Bernburg



Dauerversuch in Bernburg Strenzfeld mit 5 Fruchtfolgegliedern: Vergleich konservierende Bodenbearbeitung mit Pflug seit 1992.

*Da Phosphat an der Bodenoberfläche bei Trockenheit nur schlecht verfügbar ist, kann eine tiefere Einbringung des Düngers sinnvoll sein.*

**D**urch zunehmenden Kostendruck ist der Einsatz mineralischer Phosphor- und Kalidüngemittel in Deutschland drastisch zurückgegangen. Gleichzeitig stehen durch den Rückgang der Tierproduktion in vielen Gebieten weniger Wirtschaftsdünger zur Verfügung. Gerade in den neuen Bundesländern sind P- und K-Bilanzen seit über 20 Jahren negativ.

Vor allem in reinen Marktfruchtbetrieben hat der Anteil unzureichend mit P und K versorgter Flächen zugenommen – zu Lasten optimal versorgter Bereiche. Dagegen ist der Anteil übertersorgter Flächen, meist in der Nähe größerer Tierproduktionsanlagen gelegen, nahe-

zu konstant. Stagnierende Ertragsfortschritte bei wichtigen Kulturpflanzen werden durchaus auch in Zusammenhang mit reduziertem Grunddüngereinsatz gesehen.

Je geringer der Puffer im Boden ist, desto präziser muss eine Düngebedarfsermittlung sein, um eine ausreichende Versorgung der Pflanzen zu gewährleisten. Die VDLUFA-Düngungsempfehlungen wurden wesentlich auf Grundlage lokaler Dauerdüngungsversuche entwickelt, welche in der Vergangenheit in der Regel gepflügt wurden. So stellt sich die Frage, ob beim Wechsel auf dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitung eine Anpassung erforderlich ist.

## Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Tiefenverteilung von P und K

Wird dauerhaft auf wendende Bodenbearbeitung verzichtet, reichern sich die im Boden wenig beweglichen Nährstoffe nahe der Bodenoberfläche an. Das betrifft insbesondere die Grundnährstoffe Phosphor und Kalium. Je größer die Sorptionskapazität des Bodens für diese Nährstoffe ist und je weniger Niederschläge in der Region fallen, umso stärker muss mit einer Ausprägung von Nährstoffgradienten gerechnet werden.

An der Hochschule Anhalt in Bernburg/Strenzfeld wurde 1992 ein großflächiger Dauerversuch zu konservierender Bodenbearbeitung angelegt (Kratzsch u. a. 2008). Fünf Fruchtfolgefelder (Körnermais – Winterweizen – Wintergerste – Winterraps – Winterweizen) werden auf je 1,2 ha großen Parzellen nacheinander angebaut. Eine Hälfte jeder Großparzelle (**im Foto rechts**) wird gepflügt (18–30 cm), die andere konservierend bearbeitet (Grubber, 12–15 cm). Alle Koppelprodukte verbleiben auf dem Feld. Wegen hoher Ausgangsgehalte lag die Grunddüngung in der Vergangenheit deutlich unter dem Entzug der Pflanzen (2002 und 2006 jeweils 45 kg/ha P und 100 kg/ha K). Im Herbst 2010 wurden 58 kg/ha P und 75 kg/ha K appliziert. Der Boden ist eine Löss-Schwarzerde, unter der in ca. 1 m Tiefe Kalkstein ansteht, und weist in der Krume einen pH-Wert von 7,5 auf. Im langjährigen Mittel fallen jährlich 488 mm Niederschlag bei 9,3 °C Jahresdurchschnittstemperatur.

Im Frühjahr 2009 wurden auf dem gesamten Versuch Bodenproben aus 0–15, 15–30, 30–60 und 60–90 cm Tiefe mit der CAL-Methode auf ihren Gehalt an pflanzenverfügbarem P und K untersucht.

In 0–15 cm Tiefe zeigte sich bei konservierender Bodenbearbeitung eine leichte Erhöhung des P-Gehaltes (**Abb. 1**). Ursachen für eine insgesamt etwas bessere P-Verfügbarkeit können höhere Humusgehalte in der obersten Bodenschicht, aber

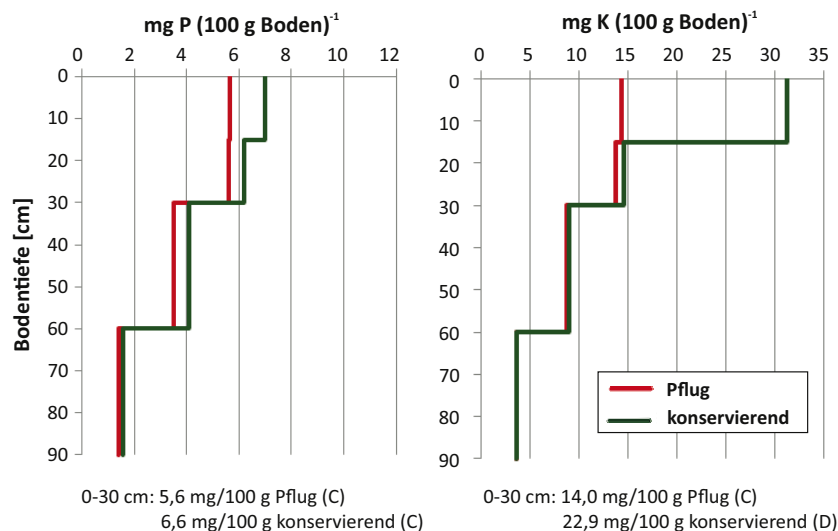


Abb. 1: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Tiefenverteilung von P und K.

	Bodentiefe cm	CAL-P %	CAL-K %
5 Jahre konservierende Bearbeitung	0-12	104,6	132,9
	15-30	95,4	67,1
16 Jahre konservierende Bearbeitung	0-15	107,8	139,1
	15-30	92,2	60,9
18 Jahre konservierende Bodenbearbeitung, 6 Monate nach Düngung*	0-15	119,2	137,2
	15-30	80,8	62,8

\* 58 kg P (130 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) + 75 kg K (90 kg K<sub>2</sub>O) im Herbst 2010 vor der Grundbodenbearbeitung

Tab. 1: Gradientenbildung unter konservierender Bodenbearbeitung (Relativwerte 0–15 cm und 15–30 cm im Verhältnis zum Mittel beider Schichten).

auch Veränderungen bodenphysikalischer Eigenschaften sein. Dazu zählen bessere Diffusionsbedingungen, aber auch die Mobilisierung Eisen-gebundener Phosphate durch stärker reduzierende Bedingungen bei höherer Lagerungsdichte. Die Differenzen waren aber gering und führen nicht zu geänderten Düngungsempfehlungen.

Kalium reicherte sich dagegen in erheblichen Mengen nahe der Bodenoberfläche an. Im Vergleich zur Unterkrume (15–30 cm) oder auch zur Pflugvariante waren die Gehalte mehr als verdoppelt. Da in tieferen Schichten keine Reduktion der Werte festgestellt wurde, ergeben sich bei konservierender Bearbeitung deutlich reduzierte K-Düngungsempfehlungen.

Im Jahr 2004 wurde der Versuch aus technischen Gründen teilweise umgestellt, so dass die Hälfte jeder Parzelle seit 1992 konstant bearbeitet wurde, auf der anderen erfolgte ein Wechsel von Pflug zu konservierend und umgekehrt. Durch einen Vergleich dieser Versuchsteile lässt sich feststellen, wie schnell die Ausprä-

gung von Nährstoffgradienten erfolgt (**Tab. 1**). Die Ergebnisse vom Frühjahr 2011 zeigen den Effekt einer frischen Mineraldüngung.

Bei niedrigem P-Düngeniveau (negativen P-Bilanzen) bildeten sich Gradienten im P-Gehalt innerhalb der Krume nur sehr langsam aus. Phosphat wird hauptsächlich mit dem Korn abgefahren, die Koppelprodukte enthalten lediglich 7–14 kg P je ha und Jahr. Nach frischer Düngung stieg der Gradient dagegen sprunghaft an. Die gesamte applizierte P-Menge ließ sich – trotz hoher Boden-pH-Werte – 6 Monate nach Düngung im CAL-Extrakt der obersten Bodenschicht wiederfinden.

Die Kaliumgradienten waren dagegen bereits nach fünf Jahren konservierender Bodenbearbeitung gewaltig. K wird in erster Linie im Stroh akkumuliert. Mit den Koppelprodukten gelangen dadurch jährlich 70–175 kg/ha K aus tieferen Bodenschichten an die Bodenoberfläche. Der Anstieg mit der Zeit war vergleichsweise gering. Es bildet sich offenbar relativ





Mais nach Pflugfurche, ohne Unterfußdüngung.



Mais nach Pflugfurche, mit DAP als Unterfußdüngung.



Mais konservierend, ohne Unterfußdüngung.



Mais konservierend, mit DAP als Unterfußdüngung.

schnell ein Gleichgewicht zwischen Aufwärts- und Abwärtsverlagerung heraus, wenn das K-Bindungsvermögen des Bodens in der obersten Schicht weitgehend abgesättigt ist. Auch eine frische Düngung verstärkte die Gradienten nicht. Die überdurchschnittlich hohen Winterniederschläge 2010/2011 führten sogar dazu, dass der K-Gehalt vor allem in tieferen Bodenschichten stieg.

Bei Magnesium, das im Boden wesentlich beweglicher ist und auch nur in geringen Mengen mit den Koppelprodukten umgelagert wird (5–15 kg/ha jährlich),

wurden im Versuch keine Gradienten innerhalb der Krume festgestellt.

### Wie beeinflussen Gradienten die Nährstoffaufnahme der Pflanzen?

Hohe Grundnährstoffgehalte nahe der Bodenoberfläche können in der Jugendphase von Vorteil sein, stehen aber in Trockenperioden schlecht zur Verfügung. Im Frühjahr zeigt Mais im Versuch bei konservierender Bodenbearbeitung regelmäßig einen Entwicklungsvorsprung gegenüber der Pflugvariante, bedingt durch

bessere P-Aufnahme, welche in erster Linie in Zusammenhang mit der höheren Lagerungsdichte des Bodens steht. Die P-Gehalte im Erntegut waren aber bei allen Fruchtarten unabhängig von der Bodenbearbeitung.

Beim Kalium wiesen die Bodenuntersuchungen eine deutliche Erhöhung der verfügbaren Gehalte bei konservierender Bodenbearbeitung aus. In der K-Aufnahme der Pflanzen waren diese Effekte jedoch nicht wiederzufinden. Teilweise wurden sogar tendenziell niedrigere K-Gehalte gemessen. Offensichtlich werden



die nahe der Bodenoberfläche akkumulierten Kaliummengen am Standort unzureichend genutzt. Das traf selbst in dem nassen Jahr 2010 zu. Die Erträge waren im langjährigen Mittel bei beiden Bearbeitungsvarianten gleich.

### Welche Probenahmetiefe ist sinnvoll?

Ursprünglich betrug die empfohlene Probenahmetiefe auf Ackerland 20 cm, wobei aber davon ausgegangen wurde, dass die Nährstoffgehalte im gesamten Pflughorizont (meist ca. 30 cm) relativ homogen sind. In der Pflugsohle ist eine scharfe Grenze zum niedriger versorgten Unterboden zu erwarten. Eine relativ flache Probenahme hatte nicht den Hintergrund, dass tiefere Schichten keine Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen hätten, sondern sollte verhindern, dass teilweise die Grenzschicht mit erfasst wird, was zu einer schlechteren Reproduzierbarkeit der Ergebnisse führen würde.

Welche Probenahmetiefe bei dauerhaft pflugloser Bearbeitung zu empfehlen ist, wird kontrovers diskutiert. Teilweise wird eine Verringerung empfohlen, weil der „verlassenen“ Krume weniger Wert beigemessen wird. Die vorgestellten Ergebnisse zeigen jedoch deutlich, dass der Gesamtversorgungszustand des Bodens

bei flacher Probenahme massiv überschätzt werden kann. Bei P und K sind die schärfsten Gradienten in den obersten Zentimetern zu erwarten. Der Übergang zum Unterboden ist dagegen fließend. Eine Erhöhung der Probenahmetiefe führt somit zu einer realistischeren Einschätzung der Nährstoffversorgung. Besser wäre noch eine Unterteilung in 0–15 und 15–30 cm, um die Gradientenbildung auf dem jeweiligen Standort beurteilen zu können.

### Optimaler Zeitpunkt der Düngung

Die Hauptmenge an Phosphat wird während der Schossphase aufgenommen. Die höchsten Ansprüche an die P-Versorgung des Bodens ergeben sich aber bereits während der Bestockung, wo ein bereits hoher P-Bedarf über ein noch gering entwickeltes Wurzelsystem gedeckt werden muss. Von Bestockung bis Beginn des Schossens werden Anzahl ährentragender Halme, aber auch die Kornzahl je Ähre und somit das Ertragspotential des Bestandes festgelegt. Ein Mangel in dieser Phase kann später nicht mehr kompensiert werden.

Phosphate müssen also rechtzeitig im Einzugsbereich der Wurzeln sein. Sommerungen werden optimal zur Saat mit wasserlöslichen P-Düngern versorgt. Bei

Winterungen empfiehlt sich eine differenzierte Betrachtung. In Gebieten mit ausreichend Frühjahrsniederschlägen hat eine Frühjahrsdüngung oft die höchste Effizienz. Treten in diesem Zeitpunkt Trockenperioden auf, kommt die Wirkung dagegen zu spät. Da P extrem schlecht von oben nach unten verlagert wird, erhöht eine oberflächennahe Einarbeitung die räumliche Verfügbarkeit beträchtlich. Eine Düngung zur Saat ist somit oft sicherer (vgl. auch Zorn u.a. 2011). Insbesondere bei Gerste und Raps wird zudem ein beträchtlicher Teil des Ertragspotentials bereits vor Winter festgelegt.

Da Kalium im Boden nicht altert, ist eine ausreichende Gesamtzufuhr weit wichtiger als der Zeitpunkt der Düngung. Auch eine Vorratsdüngung ist auf den meisten Standorten möglich, die zu den Fruchtarten mit dem höchsten Bedarf gegeben werden sollte. Vor allem Rüben und Kartoffeln, aber auch Mais und Raps reagieren positiv auf die frische K-Zufuhr. Eine Ausnahme bilden sehr leichte, auswaschungsgefährdete Böden, die bevorzugt jährlich im Frühjahr gedüngt werden sollten.

### Was bringt Unterfußdüngung?

Eine einseitige Phosphatakkumulation nahe der Bodenoberfläche hat überwiegend negative Auswirkungen. In Trocken-



## INNOVATIONEN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT VON MORGEN!

Die Zukunft der Landwirtschaft liegt in neuen Produktionsmethoden. Diese Methoden basieren auf den Lebensfunktionen der Böden und Pflanzen und verbinden Produktivität mit Umweltschutz. PRP Technologies bietet der Landwirtschaft fortschrittliche Lösungen und motivierende Dynamik! Rufen Sie uns an: 0800 6646486.

**PRP**  
TECHNOLOGIES

perioden steht diese Schicht nicht für die Nährstoffaufnahme zur Verfügung und eine Verlagerung in tiefere Schichten ist selbst bei hoher Düngung auf den meisten Standorten gering. Zudem werden die zweifellos vorhandenen positiven Effekte konservierender Bodenbearbeitung zur Minderung von Nährstoffeinträgen in Gewässer vermindert. Auch wenn Gesamt-P-Einträge durch Erosionsminderung niedriger sind, kann mehr wasserlösliches und damit sofort pflanzenverfügbares Phosphat abgeschwemmt werden.

Da die Tiefengradienten beim Phosphat überwiegend durch Düngung verursacht werden, ist bei dauerhaftem Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung eine zumindest teilweise Applikation von P-Düngemitteln in tiefere Bodenschichten zu empfehlen. Unterfußdüngung zu Mais ist ein etabliertes Verfahren und in vielen Regionen Standard. Aber auch andere Starkzehrer wie Hackfrüchte oder Raps bieten sich an.

Eine interessante Option sind Strip-Till-Verfahren, bei denen Dünger in Kombination mit einer Streifenbearbeitung in tiefere Bodenschichten abgelegt wird, was ein zügiges Wachstum der Wurzeln in die Tiefe fördert (siehe auch Betriebsreportage S. 6-13). Wird die Grundnährstoffversorgung überwiegend mit Wirtschaftsdüngern abgedeckt, kann auch eine Unterfußdüngung mit Gülle sinnvoll sein.

Ob Unterfußdüngung gegenüber einer breitwürfigen Düngung direkte ökonomische Vorteile bringt, hängt wesentlich von den Standortbedingungen und der Jahreswitterung ab. Je schlechter die tatsächliche P-Verfügbarkeit im Boden ist und je ungünstiger die Witterungsbedingungen zur Hauptbedarfszeit, um so eher sind Mehrerträge zu erwarten.

### — Unterfußdüngung zu Mais

In unserem Bodenbearbeitungsversuch wird seit 2009 eine Unterfußdüngungsvariante zu Körnermais mitgeführt (100 kg/ha DAP). Bedingt durch hohe pH-Werte (7,5) hat der Mais trotz guter Bodenversorgung im Frühjahr Probleme, seinen P-Bedarf

zu decken. Die Förderung der Jugendentwicklung durch Unterfußdüngung ist teilweise beeindruckend, insbesondere in der Pflugvariante, in der die P-Aufnahme schlechter ist als bei konservierender Bearbeitung.

Zum Probenahmezeitpunkt (24.06.2009) hatten die gedüngten Pflanzen ca. zehnmal so viel P aufgenommen wie die ungedüngten (5 kg im Vergleich zu 500 g je ha). In der konservierenden Variante waren die Effekte geringer. Im Gegensatz zu Getreide, bei dem ein wesentlicher Teil des Ertragspotentials durch Bestockung festgelegt wird, kann Mais im Vegetationsverlauf aber viel ausgleichen, so dass nicht immer signifikante Effekte im Kornertrag erzielt wurden. Vorteilhaft ist in jedem Fall jedoch eine zügigere und gleichmäßigere Jugendentwicklung, bessere Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern und letztlich auch eine wesentlich gleichmäßigere Abreife, was insbesondere im Körnermaisbau wichtig ist. Messungen des Bodenfeuchtegehaltes zeigten zudem einen geringeren Wasserverbrauch besser entwickelter Maispflanzen in Hitzeperioden, was auf ein besseres Bestandesklima zurückzuführen ist.

### — Platzierte Düngung zu Raps und Getreide

Auch bei Getreide und Raps kann eine platzierte Düngung die P-Düngeeffizienz deutlich erhöhen, insbesondere wenn der Boden durch schlechte Versorgung oder ungünstige pH-Werte Phosphat stark festlegt. Versuche der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft zeigten beispielsweise, dass auf einem P-armen Lehmlandort bei Unterfußapplikation eine Entzugsdüngung für optimale Wintergerstenerträge ausreichte, während bei breitwürfiger Düngung zur Saat ein 50-%iger Aufschlag nötig war. Kopfdüngung im Frühjahr wirkte deutlich schlechter (vgl. Zorn et al. 2011).

Verbleiben die Koppelprodukte auf dem Feld wie im vorliegenden Versuch und in Marktfruchtbetrieben üblich, hat mineralische K-Düngung nur einen

untergeordneten Einfluss auf die Ausprägung von Kaliumgradienten. Eine Unterfußdüngung mit K ist zwar kein Fehler (wenn z. B. Mehrnährstoffdünger eingesetzt werden). Die zu applizierenden Mengen sind in der Regel aber weit niedriger als die, die jährlich mit den Koppelprodukten von unten nach oben „geschaufelt“ werden. Internationale Publikationen zur Unterfußdüngung mit K zeigen kaum ökonomische Vorteile.

Da hohe Kaliumgehalte an der Bodenoberfläche kein Umweltproblem darstellen und bei Absättigung des standortspezifischen Festhaltevermögens des Bodens durchaus ein Transport von oben nach unten erfolgt, kann und muss man bei dauerhaft pflugloser Bearbeitung auf sorptionsstarken Standorten mit Kaliumgradienten leben. Auf leichten Sandstandorten kann der Effekt unter Umständen sogar die Auswaschungsverluste verringern. Kritischer ist eine mögliche Überschätzung der Bodenversorgung, selbst bei 30 cm Probenahmetiefe.

### — Einbeziehung organischer Düngemittel

Wirtschafts- und Sekundärnährstoffdünger können einen wesentlichen Beitrag leisten, den Grundnährstoffbedarf langfristig möglichst kostengünstig abzudecken. Die K-Düngewirkung ist weitgehend mit Mineraldüngern vergleichbar. Organische P-Verbindungen müssen erst mineralisiert werden, sie wirken dadurch langsamer. Langfristig zeigen aber zahlreiche Dauerversuche, dass organische Düngung bei gleicher P-Zufuhr die pflanzenverfügbaren P-Gehalte im Boden stärker erhöht als reine Mineraldüngung. Auch die vertikale Beweglichkeit organisch gebundenen Phosphates ist etwas höher, was insbesondere in pfluglos arbeitenden Systemen von Vorteil ist. ■

### — Literatur

- Kratzsch, G., Hofmann, B., Christen, O., 2008: Langzeitversuch im Trockengebiet. *Landwirtschaft ohne Pflug* 4/2008: 22–26.  
Zorn, W., Schröter, H., Wagner, S., 2011: Ohne Pflug anders düngen? *DLG-Mitteilungen* 2/2011: 70–72.