

20.01.2023

## Nicht nur Stickstoff im Blick

Stickstoff hat von allen Pflanzennährstoffen den größten Ertrags- und Qualitätseinfluss. Bei der Düngung von Acker- und Grünland spielen jedoch weitere Stellschrauben der Düngung und Bewirtschaftung eine große Rolle. Gerade unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen ist es wichtig, im eigenen Betrieb Optimierungsmöglichkeiten zu erkennen und umzusetzen.

Autoren:

Dr. Michael Diepolder, Robert Knöferl, Maria Brandl

Institut für Agrarökologie – Düngung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Beitrag im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt, Ausgabe 6/2023, S. 37-39

Ziel moderner Düngungsstrategien ist es, die dem Boden oder den Pflanzen zugeführten Nährstoffe möglichst weitgehend direkt in Ertrag und Qualität umzusetzen. Dabei gilt es, unnötige Anreicherungen im Boden sowie negative Beeinträchtigungen des Wassers und der Luft zu vermeiden.

Mit der Düngeverordnung (DüV) von 2020 und deren strengen Vorgaben zum Einsatz der besonders umweltrelevanten Nährstoffe Stickstoff (N) und Phosphat ( $P_2O_5$ ) wurde eine möglichst hohe Nährstoffeffizienz für eine ausgewogene Pflanzenernährung unerlässlich.

**Tabelle 1: Beispiele zur Verbesserung der N-Effizienz**

allgemein:	organische Düngung:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Wasserversorgung</li> <li>- optimale Bodenstruktur</li> <li>- aktives Bodenleben</li> <li>- optimaler pH-Wert</li> <li>- optimale Nährstoffverfügbarkeit von Phosphor, Kalium, Magnesium, ...</li> <li>- langjährige organische Düngung</li> <li>- Zwischenfruchtanbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- optimale Ausbringzeitpunkte und Witterung</li> <li>- auf den Bedarf der Kulturen angepasste Ausbringmengen und -zeiten</li> <li>- bodennahe Ausbringung mit Schleppschuh- oder Injektionstechnik</li> <li>- sofortige Einarbeitung auf unbestelltem Ackerland</li> <li>- TS-Gehalte möglichst unter 5 %, wenn keine Einarbeitung erfolgt</li> </ul>

Die aktuell gültige DüV von 2020 brachte vor allem für die sogenannten „roten Gebiete“ deutliche zusätzliche Einschränkungen bei der Stickstoffdüngung mit sich. Dies erfordert bei vielen landwirtschaftlichen Betrieben umfassende Änderungen beim Düngemanagement und weiteren pflanzenbaulichen Maßnahmen.

Meist steht bei solchen Überlegungen der optimale Einsatz von organischem und mineralischem Stickstoff im Vordergrund. Hierzu nennt Tabelle 1 einige Beispiele, wie sich die N-Effizienz allgemein verbessern lässt. Deutlich wird schon an dieser Stelle: Die Hebel lassen sich an vielen Stellen ansetzen.

## **Alle Nährstoffe im Blick**

Sicher hat Stickstoff (N) von allen Nährstoffen den größten Einflüssen auf die Ertragsbildung. Nicht umsonst gilt N als der „Motor des Pflanzenwachstums“. Ohne Stickstoff geht praktisch gar nichts. Auch viele Qualitätsparameter sind eng mit einer bedarfsgerechten N-Verfügbarkeit bzw. N-Düngung verknüpft.

Für das Pflanzenwachstum sind jedoch eine Reihe weiterer Nährstoffe lebenswichtig. Ausführliche Hinweise zu der Bedeutung der einzelnen Nährstoffe generell, sowie für bestimmte Kulturen und die Ableitung ihres Düngebedarfs findet man im „Gelben Heft 2022“ der LfL.

Festgehalten werden soll an dieser Stelle: Ist ein einzelner Nährstoff im Mangel, so kann dieser den Ertrag maßgeblich begrenzen. Automatisch fällt einem hier das bekannte Bild der „Minimumtonne“ ein, bei der die niedrigste Daube die Füllhöhe des Fasses begrenzt.

Nährstoffmangelversuche zeigen unter anderem die Bedeutung von Phosphat und Kali für die Ertragsbildung. Abbildung 1 nennt hierzu ein Beispiel aus dem Grünland. Zu berücksichtigen ist, dass mit dem damals eingesetzten Thomasphosphat auch indirekt Kalk gedüngt wurde. Damit war der pH-Wert bei den Versuchsgliedern mit P-Düngung wesentlich optimaler eingestellt als bei den anderen Varianten.

## **Kalk**

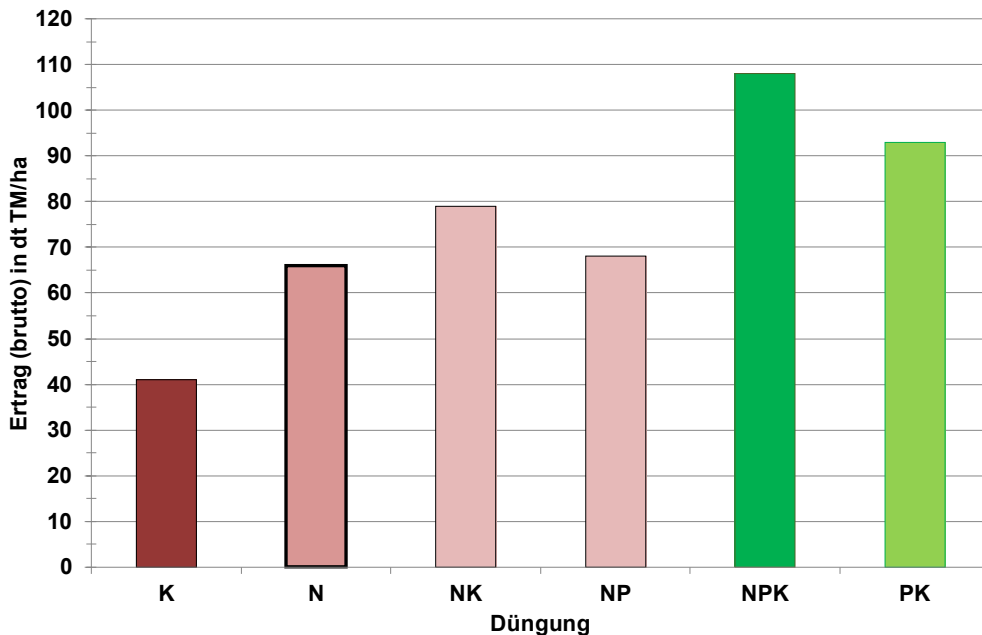
Kalk ist für Boden und Pflanze gleichermaßen notwendig. Dabei steht seine Wirkung auf den Boden im Vordergrund. Kalk hebt den pH-Wert des Bodens an. Dadurch werden die Humusbildung, die Bodengare und das Bodenleben gefördert. Eine intakte Bodenstruktur und ein möglichst aktives Bodenleben, insbesondere die Tätigkeit der Bodenmikroflora (Pilze, Algen, Bakterien) haben wiederum eine Schlüsselfunktion für die Bodenfruchtbarkeit und eine effiziente Düngung, da sie für Prozesse des Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphat- und Schwefelkreislaufes eine große Rolle spielen. Ein optimaler pH-Wert fördert somit die Umsetzung und Verfügbarkeit vieler Nährstoffe (z.B. Stickstoff, Phosphat, Spurenelemente). Andererseits legen zu hohe pH-Werte bzw. Kalkgaben viele Spurenelemente fest.

Der anzustrebende pH-Bereich ist in Abhängigkeit von der Nutzung (Acker-, Grünland), der Bodenart und dem Humusgehalt verschieden. Die Ableitung des Kalkbedarfs und die fachlichen Hintergründe dazu sind im Gelben Heft der LfL ausführlich beschrieben.

Fest steht: Ist der Boden zu sauer, leiden die Pflanzen. Dies zeigt Abbildung 2 anschaulich an einem Beispiel. Die Tatsache, dass rund ein Viertel der in Bayern in den Jahren 2014 bis 2019 untersuchten Flächen eine Kalkversorgung unter dem veranschlagten Optimum (je nach Region und Kulturart teilweise stark unterschiedlich) aufwiesen macht deutlich: Auch wenn dieser nicht DüV-relevant ist, sollte man sich intensiv mit ihm beschäftigen. Grundlage hierfür ist eine regelmäßige Bodenuntersuchung mit Bestimmung des pH-Werts zum Beispiel im Rahmen der Standardbodenuntersuchung (pH, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O).

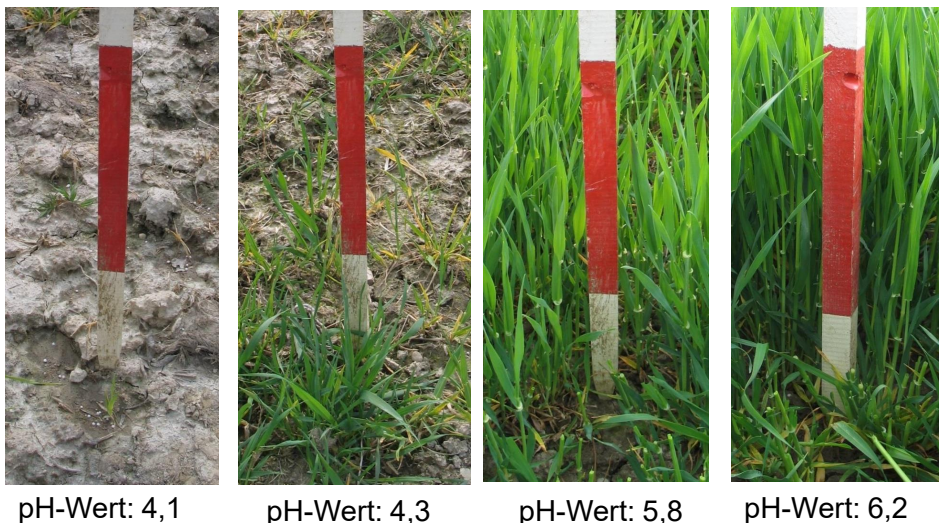
## Phosphat, Kali und Magnesium, Schwefel

Eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit diesen Hauptnährstoffen ist ebenfalls mit entscheidend für eine hohe N-Effizienz bzw. für optimale Erträge. Bei Grünland fördert zudem die PK-Versorgung aus dem Boden und der Düngung das Leguminosenwachstum, damit die Bereitstellung von kostenlosem Stickstoff aus der Luft durch die Knöllchenbakterien.



N: 120 kg N/ha (KAS); P: 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (Thomasphosphat), K: 210 kg K<sub>2</sub>O/ha (Kornkali)

**Abbildung 1: Effekte langjährig unterschiedlicher Düngung im Grünland LfL-Versuch „Weiherwiese“ Steinach, Mittel 1985-2001**



**Abbildung 2 Einfluss des pH-Werts auf die Entwicklung des Pflanzenwachstums; Beispiel Wintergerste, Ende April 2013 Bodenart schluffiger Lehm (Fotos: LfL/Agrarökologie)**

Ein Zuviel an diesen Nährstoffen im Boden bzw. bei der Düngung ist indes nicht nur aus ökonomischen Gründen (Düngemittelpreise) zu vermeiden. So ist bekannt, dass Phosphat hauptverantwortlich ist für die Nährstoffanreicherung in ursprünglich nährstoffarmen Gewässern (Eutrophierung) und damit für negative Auswirkungen auf die Gewässerökologie und -qualität. Daher unterliegt auch Phosphat den Regelungen und Einschränkungen der DüV. Dazu zählt auch die Pflicht zur Bodenuntersuchung auf Phosphat ( $P_2O_5$ ) mindestens alle sechs Jahre für Schläge größer einem Hektar, wenn mehr als 30 kg  $P_2O_5$  pro Hektar ausgebracht werden.

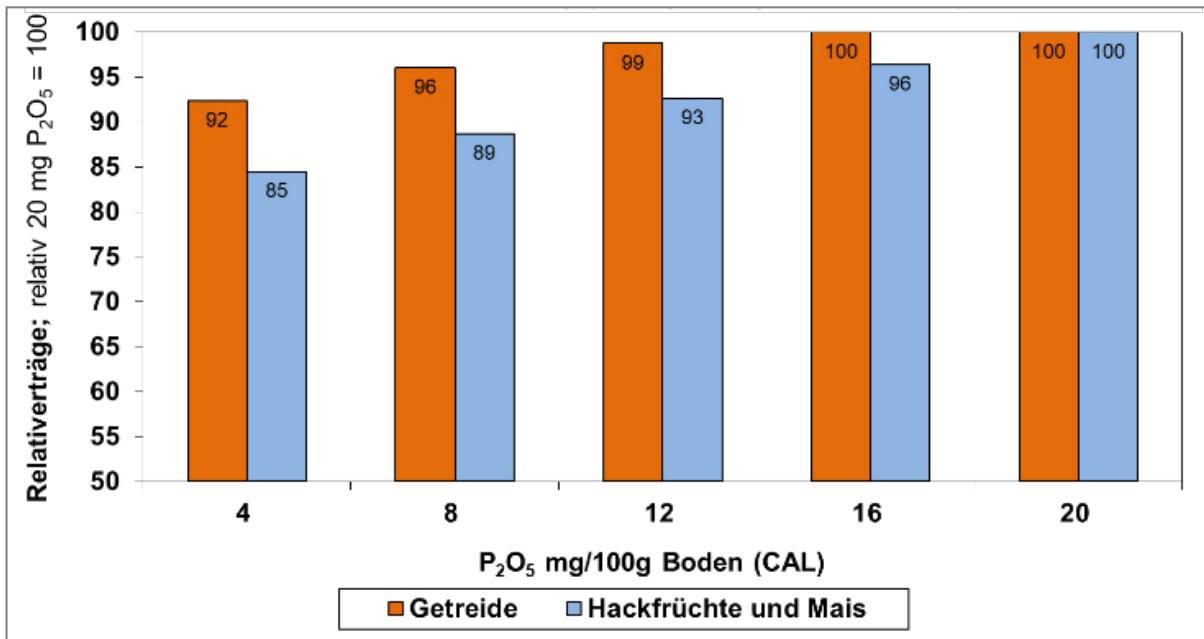
Im Gegensatz zum Stickstoff und Phosphor haben die gleichfalls für die Pflanze lebenswichtigen Elemente Kalium (bzw. Kali) und Magnesium keinen umweltrelevanten Einfluss. Daher sind diese Nährstoffe nicht Gegenstand der DüV und es gibt keine Verpflichtung zur regelmäßigen Feststellung ihrer pflanzenverfügbaren Bodengehalte (Bodenuntersuchung). Diese sollten jedoch zusammen mit dem pH-Wert und dem Phosphat untersucht werden, bei Magnesium zumindest bei Verdacht auf Nährstoffmangel. Ebenfalls empfiehlt es sich, auch bei den „Nicht-DüV-Hauptnährstoffen“ Kalium, Magnesium, Schwefel den (mineralischen) Düngebedarf der einzelnen Kulturen zu berücksichtigen bzw. zu berechnen. Die Vorgehensweise mit vielen Hinweisen dazu ist im Gelben Heft der LfL beschrieben. Im Onlineprogramm zur Düngebedarfsermittlung der LfL ist zum Beispiel die Empfehlung für die Kalidüngung zusätzlich enthalten.

### **Düngemenge, Kultur, Fruchtfolge**

Im Gegensatz zur Stickstoffdüngung muss bei Phosphat und bei Kali auch nicht jeder Kultur die Nährstoffmenge, die sie entzieht, zeitnah über die Düngung zurückgeführt werden.

Für Grünland zeigen Versuchsergebnisse, dass auch bei einer P-Versorgung des Bodens unter 10 Milligramm  $P_2O_5/100$  Gramm Boden hohe Trockenmasse-Erträge sowie für die Pflanzen- bzw. Tierernährung optimale P-Gehalte im Erntegut erzielt werden. Dies auch, wenn die jährlich zugeführte P-Düngung mehrjährig deutlich unter der P-Abfuhr durch das Erntegut liegt. Ähnliches gilt für Kalium. Gerade bei diesem Nährstoff kann es zudem im Grünland sinnvoll sein, auf ein paar Prozent Ertrag zu verzichten und nicht die volle Abfuhr zu düngen. Dies gerade deshalb, weil sonst die Gefahr besteht, dass es zu hohen Kaliumgehalten im Futter kommt, der in der Tierernährung unerwünscht ist. Sofern also regelmäßig der größte Teil der K-Abfuhr einer Fläche mit Wirtschaftsdüngern zurückgeführt wird, sind ergänzende mineralische K-Gaben meist nicht sinnvoll.

Bei den Ackerkulturen ist es ausreichend, die Nährstoffe über die Fruchtfolge auszugleichen. Dabei sollte die Düngewirkung auf die einzelnen Kulturen berücksichtigt werden. Aufgrund von Versuchsergebnissen empfiehlt es sich für Fruchtfolgen, die sowohl Getreide als auch Hackfrüchte oder Mais enthalten, die Düngung zu den Kulturen mit den größeren Ertragseffekten auszubringen. Abbildung 3 zeigt den relativen Ertrag von Getreidekulturen im Vergleich zu Hackfrüchten und Mais in Abhängigkeit der Bodenversorgung mit Phosphat. Dabei wurde der Ertrag bei einer Bodenversorgung von 20 Milligramm des jeweiligen Nährstoffs pro 100 Gramm Boden als Referenz verwendet und entspricht 100 Prozent. Keine der Varianten wurde zusätzlich mit Phosphat gedüngt. Das Getreide wies trotz sinkender Versorgung des Bodens nur geringe Ertragsverluste auf, während bei den Hackfrüchten und Mais ein deutlicher Ertragsabfall zu verzeichnen war. Die gleichen Ergebnisse waren bei Kali zu verzeichnen. Eine Düngung in Höhe der Nährstoffabfuhr konnte bei diesen Kulturen diese Ertragsminderung zwar reduzieren, jedoch nicht vollständig aufheben (nicht dargestellt).



**Abbildung 3: Relativerträge von Getreide im Vergleich zu Hackfrüchten und Mais in Abhängigkeit von der Phosphat-Versorgung des Bodens im Falle fehlender Phosphat-Düngung (schematische Darstellung, Datengrundlage: LfL-Versuche, siehe auch Text)**

Anhand dieser Versuchsergebnisse empfiehlt es sich für Fruchtfolgen, die sowohl Getreide als auch Hackfrüchte bzw. Mais enthalten, die genannten Nährstoffe zu den Kulturen mit den größeren Ertragseffekten auszubringen. Dazu wird in der Fruchtfolge bei Getreide nicht oder nur reduziert gedüngt, damit die bei Getreide eingesparte Nährstoffmenge zusätzlich auf die Hackfrüchte bzw. den Mais verteilt werden kann. Weitere Hinweise zu dieser sogenannten „Schaukeldüngung“ mit Phosphat bzw. Kali finden sich ebenfalls im Gelben Heft (2022) der LfL.

Auch beim Magnesium sollte beachtet werden: Besonders Hackfrüchte, Mais und viele Sonderkulturen haben bei diesem Nährstoff einen hohen Bedarf, der bei niedrigem Magnesium-Gehalt des Bodens nicht aus dem Bodenvorrat gedeckt werden kann. Darüber hinaus ist zu beachten, dass insbesondere auf leichten Standorten mit einer Magnesium-Auswaschung gerechnet werden muss. Magnesium-Mangelstandorte sind leichte und meist saure Böden. Mangel kann auch dann auftreten, wenn sehr hohe Kaligehalte vorliegen.

### **Angepasste Bewirtschaftung**

Für die Entwicklung von Pflanzenbeständen und die Effizienz von Düngemaßnahmen spielen viele Faktoren eine Rolle, die häufig miteinander verknüpft sind. Dazu zählen auch die natürlichen Standortverhältnisse, wie die Bodenart, der Bodentyp oder das Klima bzw. die Witterung. Diese Standortgegebenheiten sind nicht veränderbar.

Grundsätzlich setzen daher die Standortverhältnisse bestimmten Kulturen und Intensitäten (z.B. Vielschnittwiese) mehr oder weniger enge Grenzen. Allerdings kann, im naturgegebenen Rahmen, durch die Bewirtschaftung die Bodenstruktur, die Humusversorgung bzw. das Bodenleben die Bodenfruchtbarkeit bzw. Nährstoffeffizienz von Acker- und Grünland maßgeblich beeinflusst werden.

Zwischenfrüchte beispielsweise tragen zur Bodenverbesserung durch Versorgung des Bodens mit leicht abbaubarer organischer Substanz, Förderung des Bodenlebens, Lockerung des Unterbodens und zur Unkrautunterdrückung bei. Insbesondere bei Hanglagen bietet der Zwischenfruchtanbau zudem Schutz vor Bodenerosion und dem damit verbundenen Nährstoffaustrag (Phosphat) in Oberflächengewässer. Das Begrünen der Felder zwischen zwei Hauptfrüchten reduziert aber auch den betrieblichen Bedarf an mineralischem Stickstoff, indem der nach der Ernte der Hauptfrucht mineralisierte Stickstoff im Boden von der Zwischenfrucht aufgenommen und gebunden wird. Damit wird er nicht aus dem Wurzelraum ausgetragen und steht der nachfolgenden Hauptfrucht zur Verfügung, statt ins Grundwasser ausgetragen zu werden. Eine Zwischenfruchtmischung mit Leguminosen kann darüber hinaus wesentliche Stickstoffmengen ins System bringen und dazu beitragen eine reduzierte N-Düngung zu kompensieren (vgl. Verweis auf BLW-IOSDV-Artikel zur ZF-Düngung; BLW 41/2022)

Da der Boden selbst eine zentrale Funktion für das Pflanzenwachstum hat, ist der Erhalt bzw. Aufbau einer günstigen Bodenstruktur durch geeignete technische Maßnahmen ein weiterer Aspekt. Hierzu zählen eine angepasste Bodenbearbeitung und vor allem auch das Beachten eines strukturschonenden Befahrens. Schlagworte sind hierzu: Witterung, Bodenfeuchte, Radlast und daraus entstehender Bodendruck. Anhand der schnellen und einfachen „Spatendiagnose“ kann die Bodenstruktur beurteilt werden.

**Fazit:**

Beim Thema Nährstoffeffizient ist es sinnvoll zu prüfen, an welchen Stellschrauben man insgesamt im eigenen Betrieb drehen kann. Denn es gilt: Nicht nur Stickstoff zählt! Das Internetangebot der LfL enthält wichtige Hinweise (siehe Kasten) zum Thema Boden, Bodenfruchtbarkeit, Nährstoffe und Düngung.

Thema	LfL-Internetseite
Boden, Bodenfruchtbarkeit, Bodenbearbeitung, Bodenschutz	<a href="http://www.lfl.bayern.de/iab/boden">www.lfl.bayern.de/iab/boden</a> ;
Düngung, Bodenproben, Düngebedarfsermittlung, Düngeversuche:	<a href="http://www.lfl.bayern.de/duengung">www.lfl.bayern.de/duengung</a> ;