

Nährstoffaufnahme von Ackerkulturen

Wie werden die Kulturen ideal mit Nährstoffen versorgt?

Jede Kultur hat ihre spezifischen Anforderungen an Nährstoffmenge, Nährstoffform und Düngungszeitpunkt. Insbesondere bei der Nährstoffaufnahme gibt es bedeutende Unterschiede zwischen den Ackerbaukulturen. Einige benötigen zum Beispiel vergleichsweise hohe Mengen an Stickstoff und/oder Kalium, andere haben zusätzlich einen hohen Magnesiumbedarf. Auch die Bedarfsspitzen und damit die Entwicklungsschritte, in denen besonders große Nährstoffmengen aufgenommen werden, unterscheiden sich je nach Kultur. Entscheidende Einflussfaktoren sind auch die Fruchtfolge sowie die Abfuhr von Ernteresten, wie z. B. Stroh, durch die die für die Nachfrucht im Boden verbleibende Nährstoffmenge beeinflusst wird.

In diesem Beitrag des WISSENS SPEICHERS beleuchten wir die Zusammenhänge zur Aufnahme der Makronährstoffe Kalium, Magnesium und Schwefel am Beispiel einiger Ackerbaukulturen.

Warum wird der Ertrag schon durch kurzzeitige Nährstoffengpässe beeinträchtigt?

Unsere Kulturpflanzen stoßen hinsichtlich der optimalen Versorgung mit Nährstoffen zunehmend an Grenzen. Dies sind die Ursachen:

- Durch züchterischen Fortschritt ist bei vielen Kulturen das Ertragspotential gestiegen und es wird zunehmend schwieriger, die für die Biomassebildung benötigten Nährstoffe in ausreichender Menge rechtzeitig zur Aufnahme zur Verfügung zu stellen.
- Während der für die Ertragsbildung entscheidenden Entwicklungsstadien müssen Nährstoffe bereitgestellt und für die Kulturen zugänglich sein. Dies betrifft sowohl sehr frühe Stadien, in denen die Ertragsparameter angelegt werden, als auch die Hauptwachstumsphase, in der häufig sogenannte Nährstoffbedarfsspitzen (hohe Aufnahmeraten in kurzer Zeit) entstehen.
- Diese Bedarfsspitzen liegen meist in bedeutenden Entwicklungsphasen wie der Blüten- oder Ährenbildung. Schon eine leichte bzw. temporäre Unterversorgung mit Nährstoffen während dieser Phasen wirkt negativ auf den Ertrag.
- Häufig treten in wichtigen Wachstumsphasen Bedingungen auf, die die Aufnahme aus dem Boden behindern. Dazu zählen vor allem Kälte, Nässe und Trockenheit.

Die Kenntnis von Nährstoffbedarf und Nährstoffaufnahme einer jeden Kultur ist wichtig für die Steuerung der Pflanzenernährung und für eine optimale Ertragsbildung.



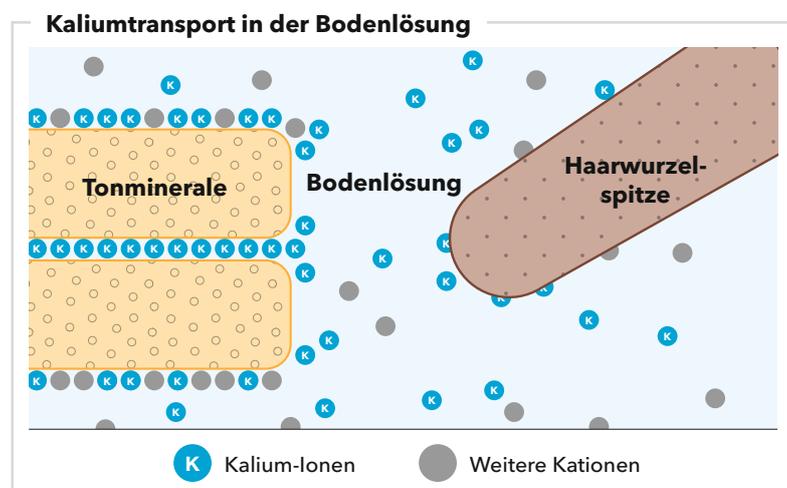
Kulturen ausgewogen düngen - das gilt es zu beachten:

- Spezifischer Nährstoffbedarf der Kultur
- Bedarfsspitzen der Kultur
- Fruchtfolge
- Abfuhr von Ernteresten
- Bodenart

Nährstoffaufnahme von Ackerkulturen

Warum nehmen Kulturen in der Praxis oft nicht genug Kalium auf?

Viele Ackerbaukulturen haben einen hohen Kaliumbedarf. Besonders viel Kalium benötigen Blattfrüchte wie zum Beispiel die Zuckerrübe. Die Pflanzen nehmen diesen Nährstoff zum einen aus der Bodenlösung, zum anderen auch aus der austauschbaren Fraktion von den Tonmineralien auf.



Eine hohe Kaliumsättigung der Tonminerale ermöglicht eine ausreichende Konzentration an Kaliumionen in der Bodenlösung und damit eine optimale Anlieferung an die Wurzel.

Eine hinreichende Düngewirkung bei Kalium wird nur dann erreicht, wenn der Nährstoff in der Bodenlösung in dem Maße angereichert wird, dass die Bindungsstellen für Kalium an den Tonmineralien gesättigt sind. Dies gilt insbesondere bei fixierenden Böden. Daher ist eine Bodenversorgung mindestens in der Gehaltsklasse C erforderlich – unter ungünstigen Standortbedingungen sogar Werte im C/D-Bereich.

Einfluss der Trockenheit

Bei der Kaliumversorgung die Bodengehaltsklasse C/D anzustreben, zahlt sich besonders in Phasen unzureichender Niederschläge aus. Kalium wird in trockenen Böden durch die Schrumpfung der Tonkolloide fixiert und steht somit der Pflanze in geringerem Ausmaß zur Verfügung. Daher ist es besonders wichtig, dass die Pflanze über eine bereits vor dem Trockenereignis ausgebrachte Minereraldüngung ausreichend Nährstoffe aufgenommen hat.

Veränderung des Nährstoffbedarfs

Im Acker- wie auch im Futterbau ist der Bedarf an Kalium in den vergangenen Jahren gestiegen. Die Fruchtfolgen wurden intensiviert, zum Teil stehen in Biogasbetrieben zwei oder beim Feldgemüse sogar drei Kulturen pro Jahr auf demselben Feld. Da mit mehreren Ernten auch größere Mengen an Nährstoffen abgefahren werden, kommt es zu einer Unterbrechung der Nährstoffkreisläufe. Um die dabei entstehende Nährstofflücke zu schließen und auch natürliche Verluste aufgrund der Bodenart (z. B. Auswaschung auf Sandböden) auszugleichen, ist eine mineralische Ergänzungsdüngung erforderlich.



Kalium im Boden

Kalium kommt im Boden in unterschiedlichen Fraktionen vor, die die Verfügbarkeit für die Pflanze bestimmen:

- Als Kalium-Ion in der Bodenlösung: In dieser Fraktion ist das Kalium sofort pflanzenverfügbar
- Austauschbar an negativ geladenen Oberflächen z. B. von Tonmineralen: In dieser Fraktion kann Kalium bei Bedarf in die Bodenlösung nachgeliefert werden
- Nicht austauschbar in den Zwischenschichtpaketen bestimmter Tonminerale: Quellungs- und Schrumpfungsprozesse bestimmen die Verfügbarkeit des so "fixierten" Kaliums
- Im Kristallgitter als direkter Baustein der Bodensilikate: Durch diese feste Bindung ist das Kalium nicht pflanzenverfügbar und kann erst durch Verwitterung in eine der anderen Fraktionen übergehen

Steigendes Ertragsniveau

Insbesondere bei den kaliumbedürftigen Kulturen wie z.B. Kartoffel, Zuckerrübe und Mais ist das Ertragsniveau in den vergangenen Jahren gestiegen. Dies führt zu höheren Nährstoffabfuhr aus dem Boden. Darüber hinaus werden mittlerweile in Getreidefruchtfolgen, teils aber auch bei Körnererbsen und einigen Zwischenfrüchten, Ernterückstände wie z.B. Stroh (oder bei Zwischenfrüchten die gesamte Biomasse) vermehrt von der Fläche abgefahren - und damit auch das darin enthaltene Kalium.

Dass dies nicht ohne Einfluss auf die Kaliumversorgung der Pflanzen bleibt, zeigen Ergebnisse aus der Pflanzenanalyse, die im Durchschnitt deutlich gefallen Kaliumgehalte in der Trockenmasse von Silomais, Zuckerrübe oder Grassilage ausweisen. Dies ist auf eine reduzierte - beziehungsweise nicht dem gestiegenen Bedarf der Kultur angepasste - Versorgung mit Kalium zurückzuführen.

Auch bei Zuckerrübe hat sich das Ertragsniveau erheblich verbessert und damit stieg auch der Bedarf an Kalium, das unter anderem für einen hohen Zuckergehalt benötigt wird. Die Grafik unten gibt die Kaliumaufnahme von verschiedenen Kulturen wieder und zeigt, wie viel davon über das Erntegut das Feld verlässt und wie viel gegebenenfalls mit den Ernterückständen auf dem Feld verbleibt.

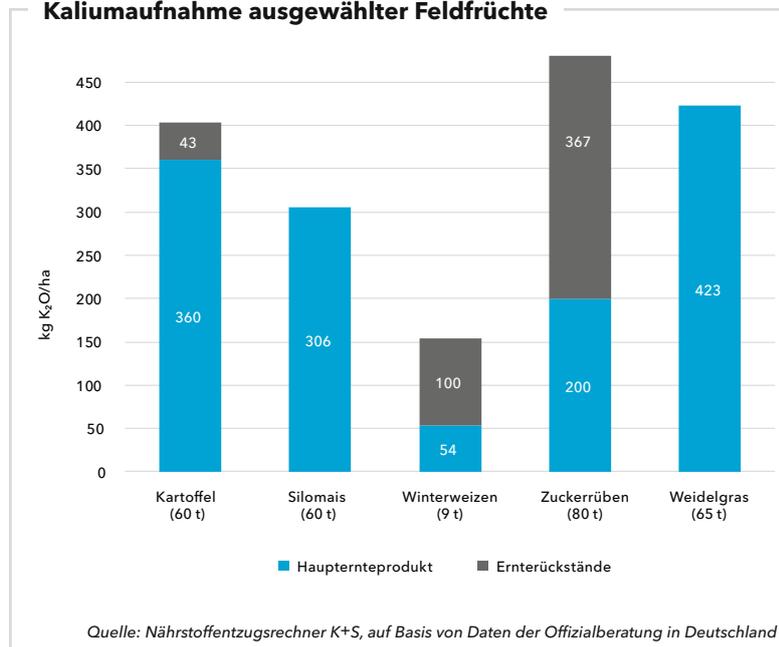
Beispiel: Kaliumentzug im Grünland

Bei Grünland ist ein Gehalt von 3 % K in der Trockenmasse (TM) anzustreben. Dies entspricht - umgerechnet in die für die Düngung relevante Oxidform - 3,6 % K_2O . Je nach Ertragsniveau ergeben sich folgende Kaliumentzüge durch die Ernte:

100 dt TM/ha	Ertrag
× 3,6 % K_2O	Gehalt im Erntegut
= 360 kg K_2O /ha	Kaliumentzug

150 dt TM/ha	Ertrag (z.B. Feldgras oder sehr hohe Intensität)
× 3,6 % K_2O	Gehalt im Erntegut
= 540 kg K_2O /ha	Kaliumentzug

Kaliumaufnahme ausgewählter Feldfrüchte



Beispiel aus der Praxis:

Im Anbaujahr 2018 bildete der Raps aufgrund wassergesättigter Böden (bis in den März hinein) zunächst nur flache Wurzeln und verlor zudem durch hohe Temperaturschwankungen und Frost bis Anfang April viele Blätter. Durch den anschließenden Temperaturanstieg mussten die Pflanzen innerhalb von nur drei Wochen mehrere wichtige Entwicklungsschritte fast gleichzeitig bewerkstelligen:

- die Regeneration der Wurzeln,
- die Neubildung von Blättern,
- den Übergang vom Rosettenstadium zur Internodienstreckung,
- die nachfolgende Bildung einer Sprossachse sowie des Blütenstands.

Hinzu kam, dass ab Anfang April der Niederschlag ausblieb und ein deutliches Wasserdefizit einsetzte. Auf vielen Flächen fehlte es in dieser kritischen Phase an Nährstoffen wie Kalium, sodass in dieser kurzen Zeit weder eine ausreichende Verzweigung noch ein hinlänglicher Schotenansatz erfolgen konnte. In Folge kam es zur Ausprägung der physiologischen Knospenwelke (vorzeitiger Knospenabwurf mit der Folge eines mangelnden Schotenansatzes).

Vorbeugend empfiehlt sich die Ausbringung von Kalium und Magnesium auf Ackerböden mit mehr als 8% Tongehalt im Herbst und auf leichteren Standorten möglichst zu Beginn des Kalenderjahres. So können die Pflanzen die Nährstoffe ab Vegetationsbeginn bedarfsgerecht aufnehmen und haben vor dem möglichen Eintritt einer Trockenphase einen guten Nährstoffstatus erreicht. Eine Blattdüngung mit Magnesium kann über den dadurch verbesserten Abtransport der Assimilate aus den Blättern helfen, das Wurzelwachstum zu fördern und damit die Aufnahme von Nährstoffen und Wasser aus dem Boden zu beschleunigen. Sie ist aber allein nicht in der Lage, eine Bodendüngung mit wasserlöslichem Magnesium zu ersetzen.



Physiologische Knospenwelke beim Körnerraps.

Quelle: Ferdinand Falke, Landwirtschaftskammer NRW

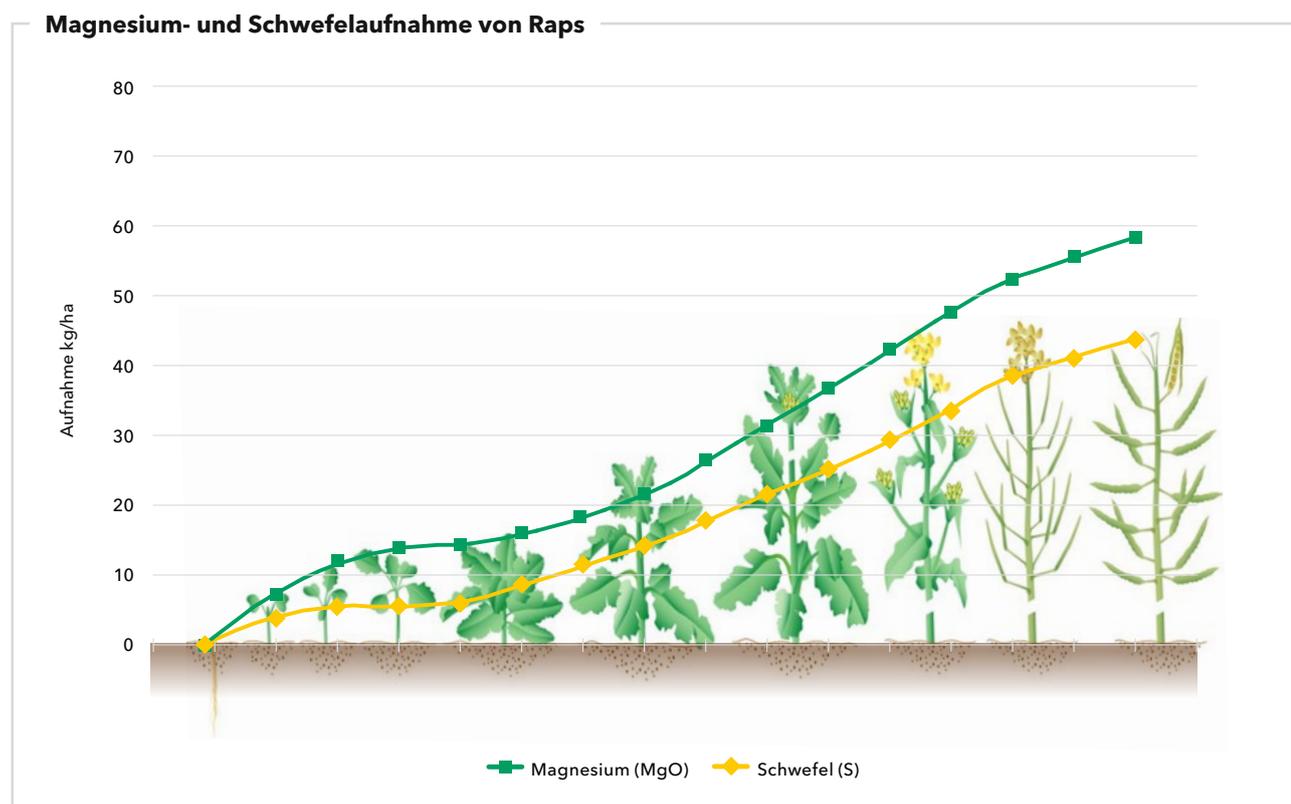
Nährstoffaufnahme von Ackerkulturen

Magnesiumbedarf

Neben Kalium spielt bei Raps insbesondere Magnesium (Mg) eine wichtige Rolle, das in ähnlichen Mengen aufgenommen und gebraucht wird wie Schwefel (S). Schwach mit Magnesium versorgte Böden oder eine ammoniumbetonte Stickstoffdüngung erfordern Zuschläge beim Magnesium, da es aufgrund gleicher Ladung zur Kationen-Konkurrenz bei der Aufnahme kommen kann. Magnesium ist das Zentralatom des Chlorophylls und damit essentiell für die Photosynthese. Zudem ist Magnesium daran beteiligt, die Assimilate (z. B. Zucker) aus der Photosynthese vom Blatt zu den Ertragsorganen und zu den Wurzeln zu transportieren. Somit sorgt eine gute Magnesiumversorgung dafür, dass ein deutlich stärker ausgebildetes Wurzelsystem entsteht. Davon profitiert die Rapspflanze insbesondere während der Schossphase, wenn innerhalb kurzer Zeit hohe Nährstoff- und Wassermengen aufgenommen werden müssen. Der Magnesiumbedarf von Raps liegt bei 60 kg MgO/ha. Diese Menge muss der Pflanze während der Vegetationszeit in pflanzenverfügbarer (wasserlöslicher) Form zur Verfügung gestellt werden.

Schwefelbedarf

Beim Schwefel liegt der Bedarf zwischen 40 und 50 kg S/ha. Schwefel und Magnesium werden während der Bedarfsspitze fast parallel aufgenommen. Bereits im Herbst werden sie benötigt, um unter anderem durch die Bildung eines ausgeprägten Wurzelnetzes die Grundlage für den späteren Ertrag zu legen. Beide Nährstoffe sollten daher zu Teilen bereits früh pflanzenverfügbar sein, zum Beispiel durch eine Herbstdüngung mit Korn-Kali. Zur gezielten Deckung des Magnesium- und Schwefelbedarfs dient eine Frühjahrsdüngung mit ESTA Kieserit.



Welche Ansprüche an die Nährstoffaufnahme hat Getreide?

Kaliumbedarf

Auch beim Getreide liegt der Schwerpunkt der Kaliumaufnahme in der Zeit des Schossens. In dieser für die Ertragsbildung entscheidenden Phase führt Nährstoffmangel zu einer deutlichen Reduktion der Triebe. Aufgrund des starken Biomassezuwachses werden erhebliche Mengen an Nährstoffen gebraucht. Diese werden oftmals nur unzureichend aus dem Boden nachgeliefert, weil z. B. Kalium in den geschrumpften Tonmineralien fixiert ist und somit der Boden nur eingeschränkt den Pflanzenbedarf bedienen kann. Auch eine Kaliumzufuhr in EC 32 kann noch Mehrerträge generieren. Der sicherste und effizienteste Zeitpunkt für die Kaliumdüngung liegt jedoch in der Bestockungsphase. Der Zeitpunkt der Kaliumdüngung sollte so früh gewählt werden, damit der Nährstoff zur Schossphase im Wurzelraum vorliegt und die Wurzeln die Möglichkeit haben tiefere Bodenschichten zu erschließen. So ist die Versorgung auch dann gesichert, wenn eine spätere Trockenphase eintritt. Auf Standorten mit mehr als 8 % Ton sind bei Kalium keine Auswaschungsverluste mehr zu erwarten. Dort kann die Düngung bereits vor Winter erfolgen.

Ebenso kommt es bei Getreide sehr schnell zu Engpässen in der Versorgung mit Magnesium, weil dieser Pflanzennährstoff vorrangig über den Massenfluss aufgenommen wird und bei seiner Aufnahme durch die Wurzeln auf einen intakten Transpirationsstrom durch die Pflanze via Xylem und Blattöffnung angewiesen ist.

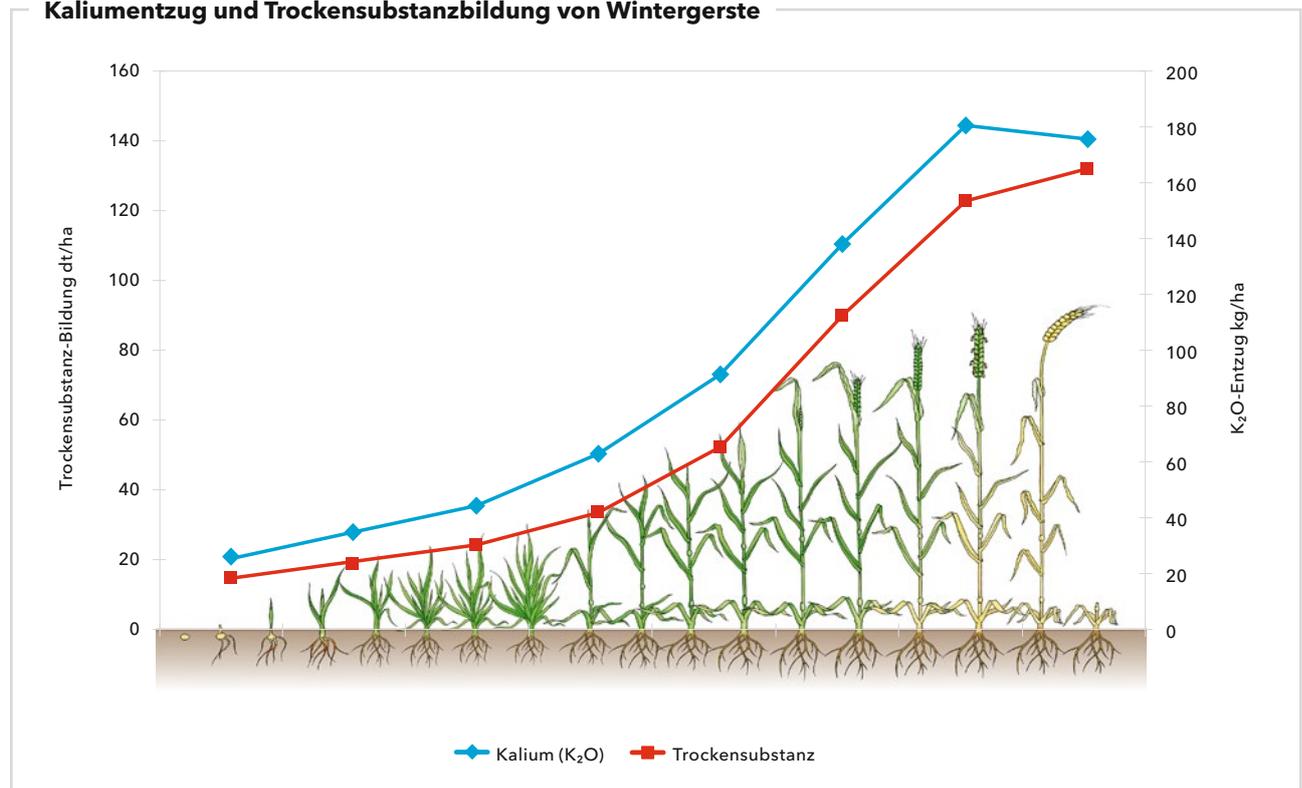


Fakten zum Nährstoffbedarf von Getreide:

- Kritischer Zeitraum: Schossphase
- Nährstoffmangel führt u. a. zu einer reduzierten Zahl an Trieben
- Kaliumbedarf: ca. 160 kg K₂O/ha
- Magnesiumbedarf: ca. 33 kg MgO/ha
- Schwefelbedarf: ca. 20 kg S/ha

Die Angaben gelten jeweils bei Winterweizen mit 9 t Ertrag/ha. Wenn das Stroh auf der Fläche verbleibt, kommt ein Teil der Nährstoffe im Stroh der Folgefrucht zu Gute.

Kaliumentzug und Trockensubstanzbildung von Wintergerste



Nährstoffaufnahme von Ackerkulturen

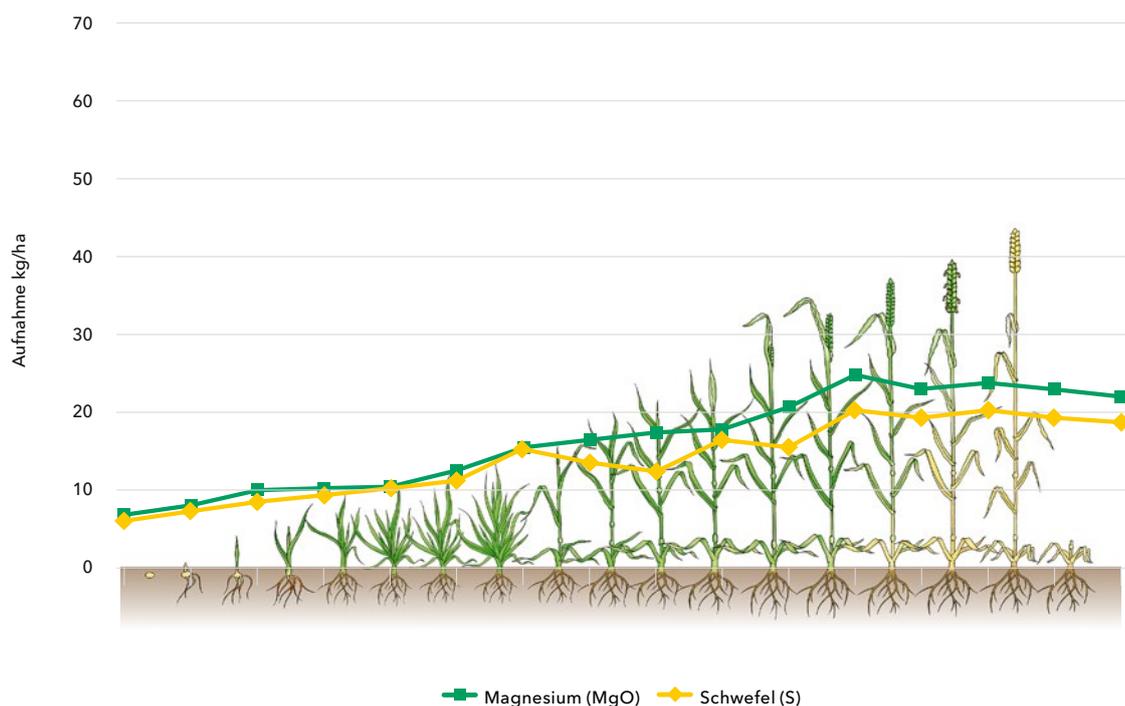
Magnesium- und Schwefelbedarf

Die Nährstoffe Magnesium und Schwefel werden bei Getreide - wie bei den meisten anderen Kulturen - in vergleichbaren Mengen aufgenommen. Magnesium wird sowohl in der vegetativen Wachstumsphase als auch in der Kornfüllphase benötigt und ist somit verantwortlich für hohe Erträge und gute Qualitäten. Bei der raschen Jugendentwicklung von Getreidepflanzen sichert Magnesium die Ausbildung des Blattgrüns. Zusätzlich wird die frühe Anlage von Ährchen und Körnern sichergestellt. Während der Kornfüllung wird Magnesium vor allem für die Photosynthese im Fahnenblatt und in den Spelzen sowie für die Verlagerung der Assimilate ins Korn benötigt. Über diese Kornfüllung wird das Tausendkorngewicht bestimmt.

Eine Düngung mit Schwefel ist für eine effiziente Stickstoffverwertung erforderlich, da der Einbau des aufgenommenen mineralischen Stickstoffs in Aminosäuren und Proteine von der S-Verfügbarkeit abhängt. Somit fördert Schwefel neben dem Ertrag auch die Proteingehalte im Korn. Auch sichert eine Schwefeldüngung zu Getreide eine hochwertige Proteinzusammensetzung und somit eine bessere Backqualität.

Getreide hat in Abhängigkeit des Ertragsniveaus einen Magnesiumbedarf von 20–35 kg MgO/ha und einen Schwefelbedarf von ca. 20 kg S/ha. Da die Aufnahmekurven beider Nährstoffe parallel verlaufen, sollten sie über die Düngung auch gleichzeitig und in sofort pflanzenverfügbarer Form zur Verfügung gestellt werden. Für eine gute Ausbildung der Ertragsanlagen, die bei Wintergetreide schon vor der Winterruhe erfolgt, sollten beide Nährstoffe bereits früh im Herbst, z. B. in Form von Korn-Kali bedarfsdeckend ausgebracht werden.

Magnesium- und Schwefelaufnahme von Weizen



Quelle: Verändert nach PDA

Welche Ansprüche an die Nährstoffaufnahme haben Zuckerrüben?

Kaliumbedarf

Die Zuckerrübe zählt zu den Kulturen mit dem höchsten Kaliumbedarf. Bei den heute aufgrund des züchterischen Fortschritts möglichen Erträgen von 80 bis 100 t pro Hektar werden dem Boden während der Vegetationsperiode über 600 kg K_2O /ha entzogen. Bei der Ernte verbleibt allerdings ein großer Teil davon mit den Blättern auf dem Acker und steht bei sorptionsstarken Böden der Nachfrucht zur Verfügung. Kalium ist mengenmäßig der wichtigste Nährstoff. Die höchsten täglichen Aufnahmeraten liegen im Zeitraum Juni bis August. Diese enormen Ansprüche der Zuckerrübe an die Kaliumversorgung können nur bei hohen Gehalten an verfügbarem Kalium im Boden erfüllt werden. Daher reagiert diese Kultur auch auf Böden mit guter Kaliumversorgung (Gehaltsklasse D) und auf besten Standorten noch positiv auf eine Kaliumdüngung.

Natriumbedarf

Aufgrund ihrer Herkunft zählt die Zuckerrübe zu den natrophilen Pflanzen und kann bei entsprechendem Angebot bis zu 100 kg/ha Natrium aufnehmen. Obwohl dieses Element die Kriterien an einen Pflanzennährstoff nicht erfüllt und somit als nützlich Element bezeichnet wird, reagiert die Zuckerrübe positiv auf eine Natriumdüngung. Jedoch ist der Natriumgehalt im Boden oft relativ niedrig. Daher ist es sinnvoll, bei der Auswahl des Kaliumdüngemittels auch den Gehalt an Natrium mit zu berücksichtigen.



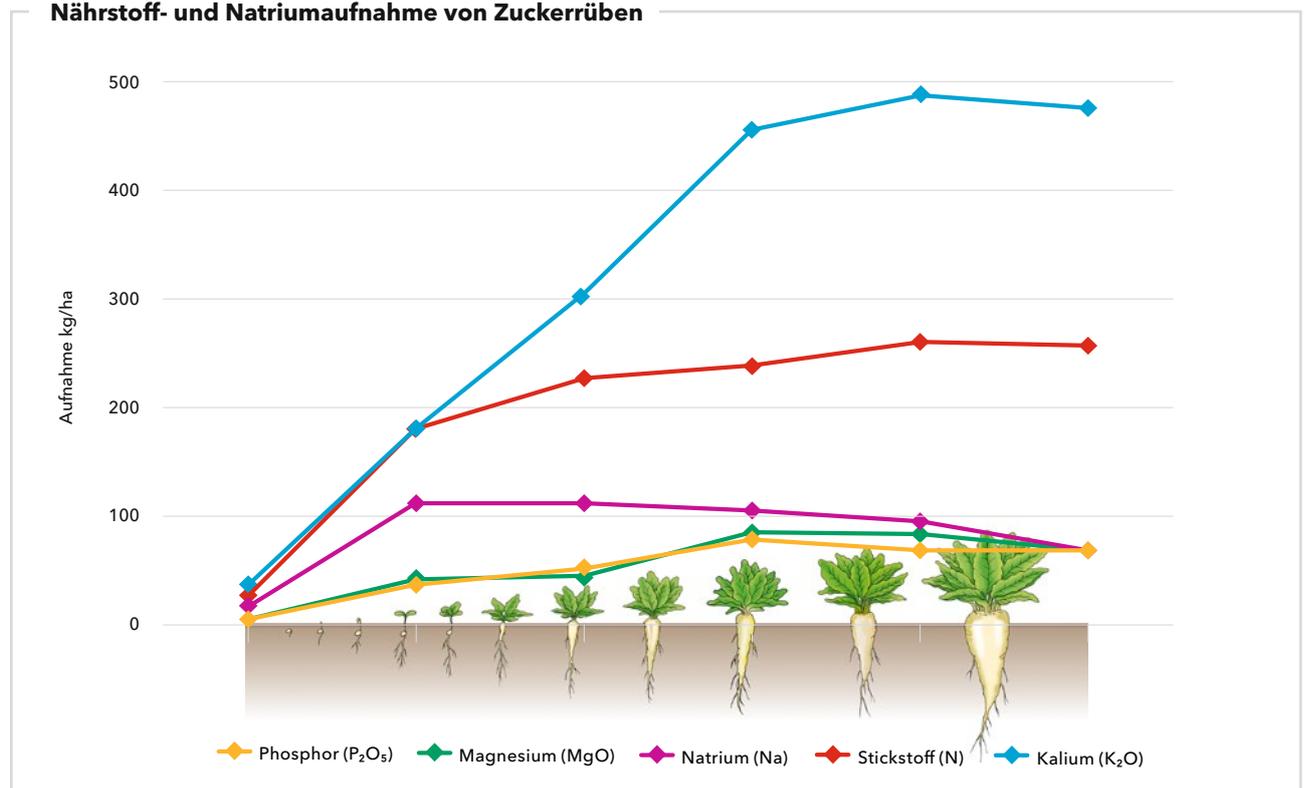
Fakten zum Nährstoffbedarf von Zuckerrüben:

- Besonders hoher Kaliumbedarf (ca. 500 kg K_2O /ha)
- Ca. 100 kg MgO und 20 kg S/ha werden benötigt
- Nährstoffaufnahme vor allem im Juni, Juli und August
- Ein Teil des Kaliums verbleibt mit den Blättern auf dem Acker und kommt der Folgefrucht zu Gute



Mehr zur Definition von Pflanzennährstoffen finden Sie im Beitrag „Makronährstoffe, Mikronährstoffe, nützliche Elemente“.

Nährstoff- und Natriumaufnahme von Zuckerrüben



Welche Ansprüche an die Nährstoffaufnahme hat Mais?

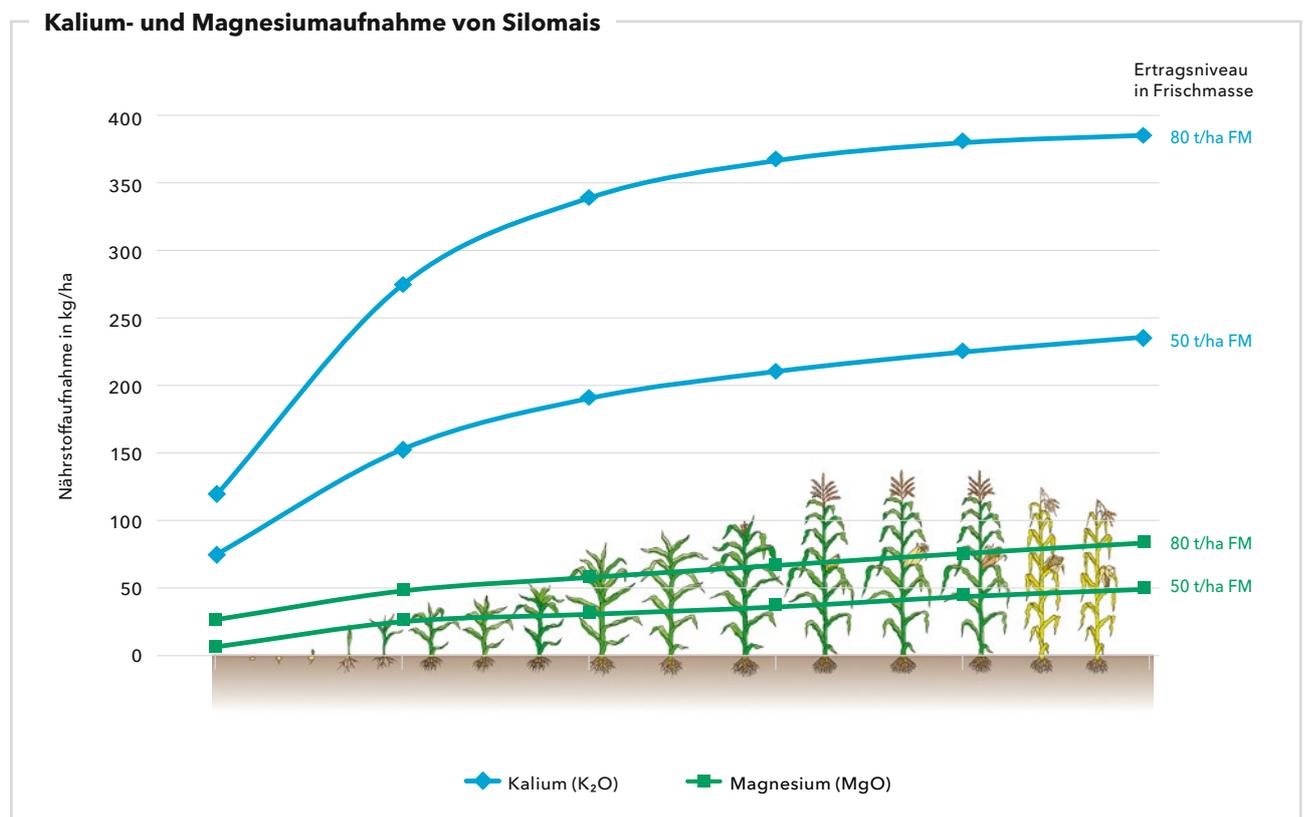
Bei Mais steigt mit zunehmender Kaliumzufuhr der Gehalt an Kohlenhydraten in der Pflanze, was sowohl für die Nutzung als Futter als auch für die Biogasproduktion relevant ist. Vor dem Hintergrund des vermehrten Einsatzes von Silomais in Biogasanlagen liegen die Zielerträge bei 80 t Frischmasse (FM) pro Hektar, das entspricht bei anzustrebenden 30% Trockensubstanz (TS)-Gehalt rund 24 t Trockenmasse/ha. Eine Ertragssteigerung von 50 auf 80 t FM/ha bedeutet zusätzliche Entzüge von 135 kg K₂O/ha und 30 kg MgO/ha. In der Summe werden bei 80 t Ertrag rund 400 kg K₂O/ha und 80 kg MgO/ha entzogen. Die Grafik unten zeigt den hohen Bedarf an Kalium und Magnesium von Mais auf.

Bis zum Eintrocknen der Narbenfäden werden 96% des Bedarfes an Kalium aufgenommen. Um die hohen täglichen Aufnahmeraten in dieser Zeit zu bedienen, ist die Kaliumdüngung betont zur Frucht Mais auf Lehmböden im Herbst/Winter und auf leichten Standorten im März/April durchzuführen. Der Einsatz von Gülle oder Gärresten stößt wegen des Gehalts an Stickstoff und Phosphor schnell an Grenzen. Die dabei entstehende Nährstofflücke an Kalium und Magnesium kann durch eine mineralische Ergänzungsdüngung geschlossen werden.



Fakten zum Nährstoffbedarf von Silomais:

- Der Kaliumentzug liegt bei 300 kg/ha K₂O, kann aber bei sehr hoher Biomassebildung auch darüber hinaus gehen
- Die Hauptaufnahme von Kalium erfolgt innerhalb kurzer Zeit
- Der Magnesiumentzug erreicht bis zu 80 kg MgO/ha
- Zusätzlich werden 18 kg S/ha benötigt





K+S Minerals and Agriculture GmbH

Bertha-von-Suttner-Str. 7
34131 Kassel, Deutschland

+49 561 9301-0
kali-akademie@k-plus-s.com
www.kali-akademie.de

Ein Unternehmen der K+S

