

## Parameter zur Vorhersage der die S-Versorgung

Das Grundwasser weist häufig hohe S-Konzentrationen auf. So ist es leicht nachvollziehbar, dass zwischen dem **Grundwasserstand** und dem pflanzenverfügbaren S-Gehalt im Boden eine enge Beziehung besteht. Der S-Gehalt nimmt mit zunehmender Nähe des Grundwasserspiegels durch kapillaren Aufstieg zu. Bei einem Grundwasserstand von <1,5 m unter der Oberfläche steigt der S-Gehalt stark an und die Pflanzen sind immer ausreichend mit S versorgt (Abb. 2A).

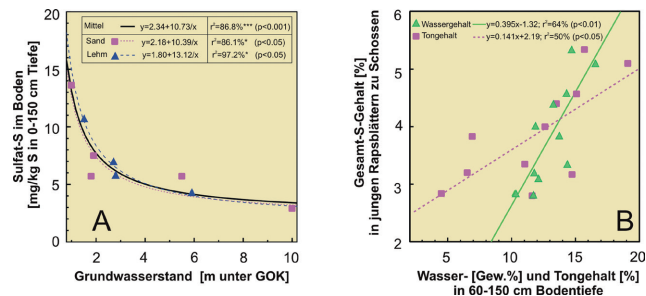


Abb. 2: A: Einfluss Grundwasserstand auf die mittleren Sulfat-S-Gehalte im Boden.  
B: Beziehung zwischen dem Wasser- bzw. Tongehalt und Gesamt-S-Gehalt in jungen Rapsblättern zu Schossen.

**Bodentextur** und Witterungsbedingungen entscheiden über die Möglichkeit und die Höhe des kapillaren Aufstiegs. Sie sind somit weitere wichtige Parameter, die S-Versorgung am Standort einzuschätzen. Abb. 2B zeigt die Beziehung zwischen dem S-Gehalt in Rapsblättern zu Schossen und dem Ton- bzw. Wassergehalt in tieferen Bodenbereichen, wo die beste Beziehung gefunden wurde. Die tieferen Bodenlagen tragen demnach wesentlich zur S-Ernährung bei. Die Variation des S-Gehaltes in der Pflanze ließ sich zu 50 % über den Tongehalt erklären, wobei sie mit steigendem Tongehalt anstiegen. Je höher der Tongehalt im Boden ist, umso mehr Wasser kann der Boden speichern und umso geringer ist die Sulfat-Auswaschung.

Mit dem Verständnis des Bodenwassers als wichtige S-Quelle wird die Bedeutung der **Witterung** für die S-Versorgung verständlich: Regenreiche Perioden steigern das Risiko für S-Mangel, da sulfatreiches Bodenwasser durch S-armes Niederschlagswasser ausgewaschen wird.

## Die Idee

Das Titelbild zeigt ein Rapsfeld mit S-Mangel. In den hellgrünen Bereichen ist der S-Mangel stärker ausgeprägt, vermutlich aufgrund wechselnder Bodenbedingungen (z. B. wechselnde Textur oder Wasserversorgung). So haben Kuppen im Gelände häufig ein eher sandiges Substrat mit einer schlechteren Wasserversorgung als Senken. Die Bodentextur und die Wasserversorgung stellen wichtige Parameter für die Vorhersage der S-Versorgung dar.

## Die Lösung

Eine schnelle und einfache Methode zur Vorhersage der S-Versorgung von landwirtschaftlichen Flächen besteht darin, die wichtigsten Einflussfaktoren in ein Prognose-Modell zu integrieren. Die wichtigsten Faktoren sind dabei die Textur, die Hydrologie und die Witterungsbedingungen; bei letzteren die Niederschlagsmenge, die über das Winterhalbjahr fällt, da diese über die Höhe der Sulfat-Auswaschung und über den S-Vorrat im Frühjahr entscheidet.

Weitere wichtige Faktoren sind der S-Bedarf der aktuellen Kultur, die Möglichkeit eines kapillaren Aufstiegs von Bodenwasser während der Vegetationsperiode, die Düngung mit S-haltigen Substanzen im vorigen oder aktuellen Jahr sowie die Beregnung mit S-haltigem Grundwasser.

Diese Parameter wurden in dem Modell **MOPS** zusammengefasst. Es soll dazu dienen, den S-Versorgungszustand einer Fläche zu prognostizieren. Vorteil des Modells: aufwändige und teure Boden- oder Pflanzenanalysen entfallen; die Prognose liegt früh genug für die Düngung vor. MOPS bietet eine schnelle Entscheidungshilfe für die S-Düngung.

### Informationsblatt des JKI: Diagnose der Schwefel-Versorgung

Als Download finden Sie das Informationsblatt im Internetangebot des JKI.

**Text:** E. Bloem, S. Haneklaus, E. Schnug (JKI-Fachinstitut für Pflanzenbau und Bodenkunde)

**Layout:** Anja Wolck, Informationszentrum und Bibliothek des JKI

**Abbildung:** Titelbild Ewald Schnug, JKI

**Herausgeber:** Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig  
Tel.: 0531/ 299 3205, pressestelle@julius-kuehn.de

Das Julius Kühn-Institut ist eine Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).



DOI 10.5073/jki.2016.003

www.julius-kuehn.de

## DIAGNOSE der Schwefel-Versorgung



S-Mangel hat sich aufgrund der stetig sinkenden S-Depositionen zu einer der häufigsten Ernährungsstörungen in der nordeuropäischen Landwirtschaft entwickelt. Boden- und Pflanzenanalyse sind ungeeignet, das S-Versorgungsniveau eines Standortes schnell und sicher vorzusagen:

- Die Eignung der Bodenanalyse hängt von der Beziehung zum Ertrag bzw. der S-Konzentration im vegetativen Pflanzenmaterial ab. Bis heute wurde noch keine Methode entwickelt, die unter Feldbedingungen eine solche Korrelation zeigte. Ursache dafür ist die hohe räumliche und zeitliche Variabilität von Sulfat im Boden. Dieses ist sehr mobil und variiert stark unter anderem unter dem Einfluss von Witterung, Auswaschung und Mineralisation.
- Eine Pflanzenanalyse, die den Gesamt-S-Gehalt im vegetativen Pflanzenmaterial bestimmt, erlaubt eine exakte Quantifizierung der S-Versorgung. Der Zeitraum für Probenahme, Analyse und Düngung ist aber zu kurz oder zu spät, um einen Mangel noch vollständig ausgleichen zu können.

## Mops - MODELL ZUR PROGNOSE VON SCHWEFEL-MANGEL

Das Modell ist für alle landwirtschaftlichen Böden sinnvoll. Eine Ausnahme bilden versauerte Böden (pH<6), die eine hohe Kapazität zur Sulfatadsorption haben können.

Atmosphärische S-Einträge sollten immer berücksichtigt werden. Sie können sich in Abhängigkeit von der Region unterscheiden und sind auch heute noch in einigen Gebieten ausreichend, um die Pflanzen mit S zu versorgen.

### Was der Landwirt wissen sollte?

- die Bodentextur
- die Höhe des Grundwasserstandes
- die S-Konzentration des Grundwassers

**Abkürzungen:** GW=Grundwasser, WHJ=Winterhalbjahr (Oktober bis März), nFK=nutzbare Feldkapazität

- a.) hoher GW-Stand\*<sup>1</sup> ⇒ S-Mangel unwahrscheinlich  
b.) mittlerer GW-Stand\*<sup>2</sup> ⇒ Gehe zu 2  
c.) niedriger GW-Stand\*<sup>3</sup> ⇒ Gehe zu 13
- a.) Bodentextur überwiegend sandig ⇒ Gehe zu 3  
b.) Bodentextur überwiegend lehmig ⇒ Gehe zu 9
- a.) Niederschlagsmenge über das WHJ > als die nFK über eine Tiefe von 150 cm (200-300 mm für sandige, mehr als 500 mm für lehmige Böden) ⇒ Gehe zu 4  
b.) Niederschlagsmenge über das WHJ ist deutlich niedriger als die nFK über 150 cm Bodentiefe (weniger als 200 mm) ⇒ Gehe zu 7
- a.) Es herrscht ein Wasserdefizit während der Vegetationsperiode ⇒ Gehe zu 5  
b.) Es herrscht kein Wasserdefizit während der Vegetationsperiode ⇒ starker S-Mangel wahrscheinlich
- a.) GW-Stand im Sommer liegt bei 1,8 m unter der Oberfläche ⇒ Gehe zu 6.1  
b.) GW-Stand im Sommer liegt bei 2,0 m unter der Oberfläche ⇒ Gehe zu 6.2
- a.) S-Konzentration im GW liegt um 10 ppm S ⇒ Ein S-Eintrag von ca. 10 kg/ha kann bei der Düngung veranschlagt werden  
b.) S-Konzentration im GW liegt um 50 ppm S ⇒ Ein S-Eintrag von ca. 50 kg/ha erfolgt und kann bei der Düngung teilweise\*<sup>4</sup> berücksichtigt werden
- a.) Im letzten Jahr wurde eine Düngung mit S oder S-haltigen Düngern durchgeführt ⇒ Gehe zu 8  
b.) Im letzten Jahr erfolgte kein S-Eintrag mit der Düngung oder durch Beregnung ⇒ Gehe zu 10
- a.) Aktuelle Kultur hat hohen S-Bedarf (z.B. Raps) ⇒ S-Düngung kann bei Raps je nach Eintrag um 10-30 kg/ha reduziert werden. Getreide benötigt nur eine Teildüngung im Frühjahr besonders wenn ein kapillarer Aufstieg zu erwarten ist.  
b.) Aktuelle Kultur hat niedrigen S-Bedarf (z. B. Erbse, Zuckerrübe) ⇒ eine S-Düngung ist nicht nötig
- a.) Niederschlagsmenge über das WHJ > als die nFK über eine Tiefe von 1,5 m (mehr als 300 mm) ⇒ Gehe zu 10  
b.) Niederschlagsmenge über das WHJ ist deutlich niedriger als die nFK bis zu einer Tiefe von 1,5 m (bis zu 200 mm) ⇒ Gehe zu 7
- a.) Es herrscht ein starkes Wasserdefizit während der Vegetationsperiode ⇒ Gehe zu 11  
b.) Es herrscht kein Wasserdefizit während der Vegetationsperiode ⇒ starker S-Mangel ist zu erwarten
- a.) GW-Stand im Sommer liegt bei 1,8 m unter der Oberfläche ⇒ Gehe zu 12.1  
b.) GW-Stand im Sommer liegt bei 2,0 m unter der Oberfläche ⇒ Gehe zu 12.2
- a.) S-Konzentration im GW liegt um 10 ppm S ⇒ Ein S-Eintrag von 15-50 kg/ha erfolgt und kann bei der Düngung teilweise\*<sup>4</sup> berücksichtigt werden  
b.) S-Konzentration im GW liegt um 50 ppm S ⇒ Ein S-Eintrag von ca. 50 kg/ha erfolgt und kann bei der Düngung teilweise\*<sup>4</sup> berücksichtigt werden
- a.) S-Konzentration im GW liegt um 10 ppm S ⇒ Ein S-Eintrag von 10-30 kg/ha erfolgt und kann bei der Düngung teilweise\*<sup>4</sup> berücksichtigt werden  
b.) S-Konzentration im GW liegt um 50 ppm S ⇒ Ein S-Eintrag von ca. 50 kg/ha erfolgt und kann bei der Düngung teilweise\*<sup>4</sup> berücksichtigt werden
- a.) Im letzten Jahr wurde eine Düngung mit S oder S-haltigen Düngern durchgeführt ⇒ Gehe zu 14  
b.) Im letzten Jahr erfolgte kein S-Eintrag mit der Düngung oder durch Beregnung ⇒ S-Mangel ist wahrscheinlich
- a.) Niederschlagsmenge über das WHJ > als die nFK über eine Tiefe von 1,5 m (mehr als 200 mm für sandige und mehr als 300 mm für lehmige Böden) ⇒ S-Mangel ist wahrscheinlich  
b.) Niederschlagsmenge über das WHJ ist deutlich niedriger als die nFK bis zu einer Tiefe von 1,5 m (bis zu 200 mm) ⇒ Gehe zu 8

### Erläuterungen

- \*<sup>1</sup> Hoher GW-Stand: GW steht bei bis zu 1,5 m unter Geländeoberfläche an (d.h. Boden ist in regenreichen Perioden nicht befahrbar).  
\*<sup>2</sup> Mittlerer GW-Stand: leichter GW-Einfluss, d.h. ein GW-Stand von weniger als 2 m (Sand) bzw. 3 m (Lehm) unter der Oberfläche oder sehr variabler GW-Stand, der im Winter während regenreicher Perioden stark ansteigt.  
\*<sup>3</sup> Niedriger GW-Stand: kein GW-Einfluss (GW-Stand von mehr als 2 m bei Sand und mehr als 3 m bei Lehm).  
\*<sup>4</sup> S-Einträge über kapillaren Aufstieg von Grund- und Bodenwasser können nur teilweise berücksichtigt werden, da diese relativ spät erfolgen. Eine Frühjahrsdüngung ist trotzdem zu empfehlen.

### Allgemein gilt:

- S-Mangel ist unwahrscheinlich bei sehr hoch anstehendem Grundwasser (GW).
- Lehmige Böden sind besser mit S versorgt als sandige, wenn alle anderen Faktoren gleich sind.
- Ein regenreicher Winter steigert das Risiko für S-Mangel durch Auswaschung. Eine regenreiche Vegetationsperiode steigert ebenfalls das Risiko, da die Möglichkeit eines kapillaren Aufstiegs abnimmt.
- Eine indirekte S-Düngung (z. B. durch 40'er Kali) oder über Beregnung mit GW sollte immer bei der Düngung berücksichtigt werden, wobei die Beregnung nur teilweise veranschlagt werden kann, da sie erst vergleichsweise spät während der Vegetationsperiode erfolgt.