

WISSENS SPEICHER *Digital*



Alles rund um

SCHWEFEL

**Die Nährstoffform macht
den Unterschied**



Mehr Infos zum WISSENS SPEICHER und rund um die
Pflanzenernährung unter www.kali-akademie.de

Schwefel – die Nährstoffform macht den Unterschied

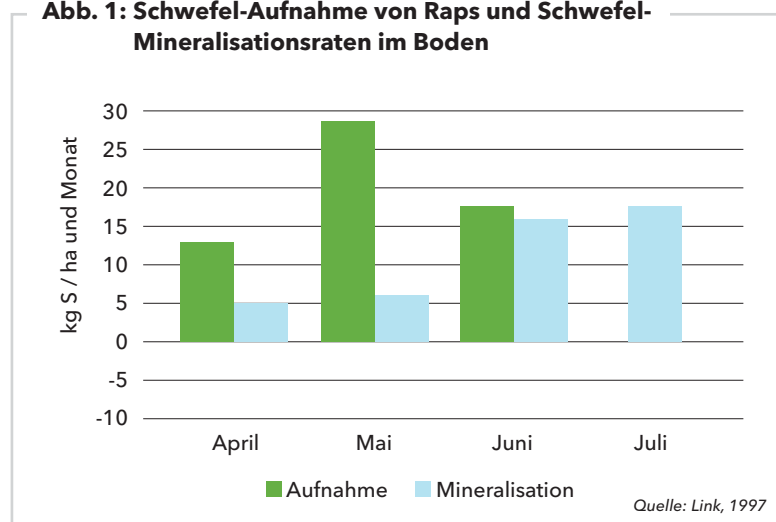
Warum ist die Schwefeldüngung im Pflanzenbau so wichtig?

Schwefel gewinnt in Abhängigkeit von der jeweiligen Kultur und auch der erforderlichen Aufwandmenge je Hektar zunehmend an Bedeutung. Unabhängig von den Produktionsrichtungen konventionelle, regenerative oder ökologische Landwirtschaft wird die mineralische Düngung mit Schwefel als notwendig angesehen – auch im Ökolandbau mit dem Schwerpunkt auf den Anbau von Leguminosen und Klee gras.

Vor der Düngung ist die potenzielle Nachlieferung aus dem Boden zu berücksichtigen. Vom gesamten Schwefelgehalt eines Bodens sind ca. 95 % organisch und 5 % anorganisch gebunden. Viele andere Pflanzennährstoffe liegen zu weitaus größeren Teilen in anorganischer Form vor. Der anorganische Sulfatschwefel ist überwiegend in der Bodenlösung in direkt aufnehmbarer SO_4^{2-} Form messbar. Er kann jedoch auch bei pH-Werten < 5 an Eisen und Aluminium gebunden werden und steht in diesem Fall der Pflanze nicht zur Verfügung.

Der Sulfatschwefel wird in der Regel fast vollständig mit den Winterniederschlägen ausgewaschen. Es verbleiben organische, das heißt an Kohlenstoff gebundene, Formen. Dazu gehören zum Beispiel schwefelhaltige Aminosäuren (Cystein, Methionin) und organische Sulfatkomplexe. Diese organischen Schwefelformen werden bei ausreichender Bodenfeuchte und Temperatur hauptsächlich durch Bakterien mineralisiert. Die Bakterien benötigen Sauerstoff und erzeugen das Enzym Sulfatase, sodass Schwefelsulfat (SO_4^{2-}) entsteht. Dieser Vorgang vollzieht sich langsamer als die bekannte Mineralisation von Stickstoff durch Mikroorganismen. Daher findet die Mineralisation von Schwefel größtenteils erst im Juni und Juli statt. In Abb. 1 wird am Beispiel von Körnerraps anschaulich gezeigt, dass es im April und Mai bereits einen sehr hohen Nährstoffbedarf von fast 40 kg S/ha gibt und daher die Bereitstellung von Schwefel aus dem Boden nur teilweise den zur Ertragsbildung erforderlichen Pflanzenbedarf abdecken kann. Diese Lücke gilt es durch eine mineralische Zufuhr in Form von sofort verfügbarem Sulfatschwefel zu schließen.

Abb. 1: Schwefel-Aufnahme von Raps und Schwefel-Mineralisationsraten im Boden



SCHWEFEL

Schwefel entstammt dem direkt verfügbaren Schwefeldioxid (SO_2) aus der Luft, pflanzlichen Rückständen sowie tierischen Ausscheidungen. Die darin enthaltenen Proteinverbindungen mit schwefelhaltigen Aminosäuren, Enzymen und Lauch- oder Senfölen müssen jedoch bis zur Aufnahme in die Pflanze erst umgesetzt werden.

NÄHRSTOFF-FAKTEN:

Schwefel

- verbessert die Stickstoffeffizienz, ist unerlässlich für die Synthese schwefelhaltiger Aminosäuren und hat Einfluss auf die gesamte Proteinsynthese.
- aktiviert wichtige Enzyme im Energie- und Fettsäurestoffwechsel und ist Bestandteil des Chloroplastenproteins.
- ist für die Bildung schwefelhaltiger sekundärer Pflanzenstoffe verantwortlich. Dazu gehören z. B. Lauch- und Senföle, die den Geschmack und Geruch der Ernteprodukte verschiedener Kulturpflanzen beeinflussen. Zudem ist Schwefel Bestandteil des Vitamins B1 (Getreidekörner, Leguminosen).
- wird für die Produktion pflanzeneigener Abwehrstoffe (Phytoalexine, Glutathion) benötigt.

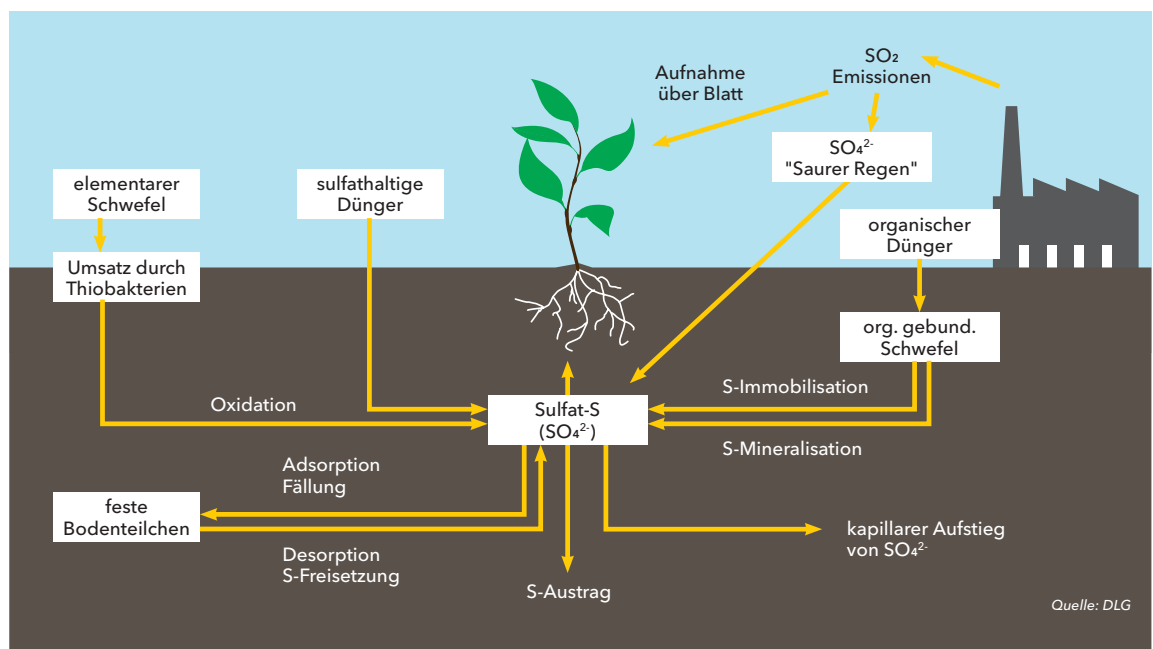


Raps mit guter Schwefelversorgung (links) im Vergleich zu zunehmendem Schwefelmangel (mitte und rechts): Die Blüten- und Schotenbildung sind beeinträchtigt.

Wie beeinflusst der Schwefelkreislauf die Verfügbarkeit von Schwefel für Pflanzen?

Die genannten Zusammenhänge werden auch im Schwefelkreislauf (Abb. 2) sichtbar. Der organisch gebundene Schwefel aus Boden oder auch Gülle bzw. Stallmist muss erst zu sulfatischem Schwefel mineralisiert werden, bevor er von der Pflanze aufgenommen werden kann. Auch der elementare Schwefel aus Düngemitteln muss zunächst einen Umweg über die Oxidation durch Thiobakterien gehen, um pflanzenverfügbar zu werden. Die sulfatische Schwefelform in Mineraldüngern kann direkt aufgenommen und im Stoffwechsel der Pflanze wirksam werden.

Abb. 2: Schwefelkreislauf im System Boden-Pflanze



Organische Düngemittel enthalten in der Regel sehr wenig Schwefel. Zudem ist dieser wie beschrieben kaum für die Pflanze verfügbar oder wird mit Blick auf den vollumfänglichen Pflanzenbedarf zu spät mineralisiert. Nach Abb. 3 enthält Gülle z. B. ca. 0,5 kg S je m³ und der Sulfat-Anteil ist nur zu rund 15 % verfügbar. Bei 20 m³/ha Aufbringmenge wären das 1,5 kg S/ha. Allerdings wird durch Organik das Nachlieferungspotenzial für Schwefel besonders auf Lehm- und Tonstandorten längerfristig erhöht.

Abb. 3: Schwefelgehalte in organischen Düngern

Organik	S-Gehalt [kg/t bzw. kg/m ³]	Sulfat-Anteil [%]
Stallmist	0,3-0,8	< 10
Gülle	0,2-0,7	10-20
Jauche	0,2-0,3	60-80
Biokompost	0,3-0,5	< 10
Klärschlamm	0,8-1,0	< 30

Schwefel – die Nährstoffform macht den Unterschied

Welche Schwefelformen befinden sich in Mineraldüngern?

Schwefel in elementarer Form, wie z. B. in Netzschwefel und Schwefelinseln, wird im Frühjahr langsam und erst bei Bodentemperaturen über 10 °C in Sulfat umgewandelt. Bei diesem Vorgang fällt der pH-Wert des Bodens deutlich ab, da bei der bakteriellen Umsetzung durch die beteiligten Thiobakterien Wasserstoffionen (H⁺) freigesetzt werden. Insofern gibt es bei wiederholter Anwendung von elementarem Schwefel einen deutlichen Mehrbedarf an Kalk, um die pH-Absenkung auszugleichen.

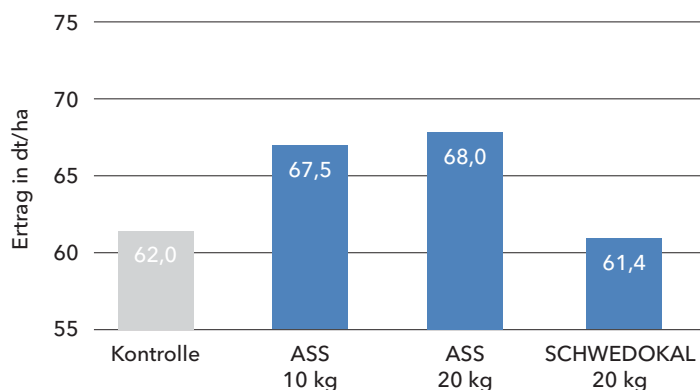
Der Vorteil von weniger löslichen Schwefelverbindungen liegt in der im Winter (bei Herbstausbringung) und zeitigen Frühjahr geringeren Gefahr von Auswaschungsverlusten durch Niederschläge. Doch diese wird lediglich auf Juni/Juli verlagert, da parallel und on top zu deren Freisetzung auch Schwefel aus Organik und Boden mineralisiert wird und diesen Mengen keine entsprechende Pflanzenaufnahme gegenübersteht.

Feldversuche der LfL Bayern auf fünf Standorten in drei Jahren veranschaulichen die Wirkung von elementarem im Vergleich zu sulfatischem Schwefel auf Wintergerste (Abb. 4 + 5). Bereits drei Wochen nach der Blattapplikation fällt die elementare Schwefelform (Schwedokal) hinsichtlich der Bestandsdichte und Chlorophyllbildung gegenüber dem sulfatischen Ammonsulfatsalpeter (ASS) beziehungsweise Magnesiumsulfat (Bittersalz) ab. Die Auswertung der Getreideerträge ergab nach der Düngung mit Elementarschwefel in fester Form eine Ertragsreaktion auf das Niveau der ungedüngten Kontrolle. Die Sulfatvarianten zeigten einen Ertragsvorteil von rund 6 dt/ha.

Abb. 5: Feldversuch elementarer Schwefel (Schwedokal) vs. sulfatischer Schwefel (ASS)

Schwefel-Bodendüngung
Jahre: 2009-2011, Mittel aus 5 Standorten

Wintergerste



Quelle: Dr. Wendland, Offenberger, Schmidt, Euba/11.2011



UMSETZUNG VON ELEMENTAR-SCHWEFEL IN SULFATSCHWEFEL:



SO₄ ist direkt aufnehmbar, die bei dieser Reaktion freiwerdenden Wasserstoffionen (H⁺) versauern den Boden.

Abb. 4: Düngung mit unterschiedlichen Schwefelformen

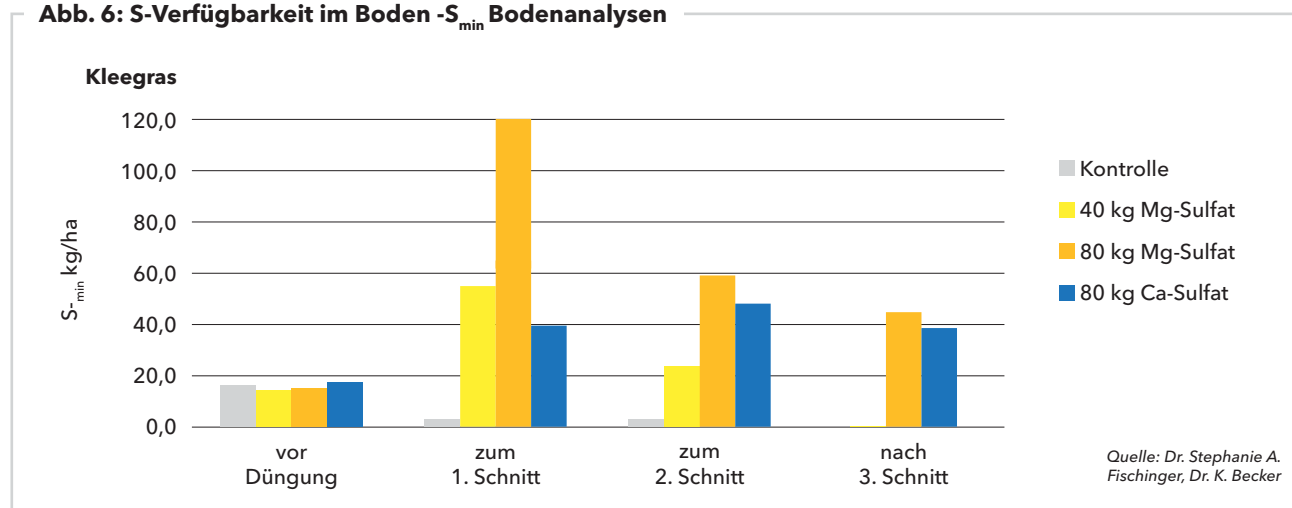


Quelle: Dr. Wendland, Offenberger, Schmidt, LfL 2011

Welche Unterschiede gibt es zwischen den sulfatischen Schwefelverbindungen?

Auch unter den sulfatischen Düngemitteln gibt es in Abhängigkeit von der Bindungsform Unterschiede hinsichtlich der Pflanzenverfügbarkeit. So brauchen Calciumsulfate, wie sie in Naturgips oder einigen schwefelhaltigen Stickstoffdüngern enthalten sind, eine längere Zeit zur Entfaltung der Wirksamkeit im Vergleich zu Ammonium-, Kalium- oder Magnesiumsulfaten. Dieses wird sichtbar anhand einer Gegenüberstellung von Calcium- mit Magnesiumsulfat bei einer Aufwandmenge von 80 kg S/ha und Messung der S_{\min} -Werte für Klee gras (Abb. 6). Die Bodengehalte an mineralischem Schwefel sind nach der Applikation von Gips deutlich niedriger als beim Einsatz von Magnesiumsulfat (ESTA Kieserit), wobei die Trockenmasseerträge allerdings nur marginal abfallen.

Abb. 6: S-Verfügbarkeit im Boden - S_{\min} Bodenanalysen



Wie kann der Schwefelbedarf im zeitigen Frühjahr gedeckt werden?

Schwefel wird den Kulturpflanzen häufig als gut wirksames Ammoniumsulfat mit der ersten N-Düngung zugeführt und gegebenenfalls wiederholt. Besonders bei Backweizen fördern kleine Schwefelmengen in Form einer Blattdüngung, zum Beispiel mit epso-Blattdüngern, die Backqualität.

Weil Schwefel wie beschrieben den Pflanzen sehr früh zur Verfügung stehen sollte und im zeitigen Frühjahr kaum eine entsprechende Mineralisation zu erwarten ist, bietet sich anstelle des Ammoniumsulfates der Einsatz von Kalium- und Magnesiumsulfaten an, die unabhängig von den regulatorischen Vorgaben der Düngeverordnung bereits zu Beginn des Kalenderjahres aufgebracht werden können.

Eine Düngung mit Korn-KALI (enthält 5% S) deckt mindestens einen Teilbedarf der Pflanzen. Auch ESTA Kieserit (20,8% S) kann unabhängig von Sperrfristen im zeitigen Frühjahr appliziert werden.

SCHNELLLÖSLICHE MAGNESIUM-SULFAT-DÜNGER VON K+S:

ESTA® Kieserit

ESTA Kieserit - ein schnell löslicher Bodendünger aus Magnesiumsulfat.

Korn-KALI®

Korn-Kali kombiniert Kalium mit Magnesiumsulfat.

epso® FAMILY

Auch die epso-Blattdünger enthalten Schwefel in Form des schnell wasserlöslichen Bittersalzes (Magnesiumsulfat).

Eine Auswahl an Möglichkeiten der mineralischen Schwefeldüngung ist in Abb. 7 dargestellt. Zusätzlich gibt es noch die Option, sich eine individuelle und exakt auf den Schwefelbedarf der Kultur abgestimmte Düngermischung erstellen zu lassen.

Abb. 7: Schwefelhaltige Mineraldünger

Dünger	S-Gehalt (%)	Wirkgeschwindigkeit
Ammoniumsulfat	24	schnell
Kaliumsulfat	18	schnell
Patentkali	17	schnell
Superphosphat	14	schnell
Kieserit	20	schnell
Naturgips (Calciumsulfat)	18-23	mittel
Elementarer Schwefel	90	langsam

Quelle: Prof. Heinrich Scherer, Universität Bonn

Was ist beim Düngemittelkauf zu beachten?

In der Deklaration des verwendeten Düngemittels ist nachzulesen, ob der enthaltene Schwefel direkt verfügbar ist. Sofort verfügbar ist der Schwefel, wenn er als "wasserlöslich" deklariert ist. Jeder Hersteller von Düngemitteln ist nach dem europäischen und auch deutschen Düngemittelrecht verpflichtet, hier neben dem Gesamtgehalt auch den Anteil an wasserlöslichen Fraktionen für die benannten Nährstoffe auszuweisen. Dieses gilt z. B. auch für Phosphor sowie Magnesium und sollte ein wichtiges Kaufkriterium sein. Wenn folglich kein Anteil an Wasserlöslichkeit beim Schwefel deklariert ist, so liegt diese Nährstoffform auch nicht im aufgeführten Düngemittel vor.



SCHWEFELBEDARF LANDWIRTSCHAFTLICHER KULTUREN:

Getreide	→	20-30 kg S/ha
Hackfrüchte	→	20 kg S/ha
Raps und Leguminosen	→	40 kg S/ha
Mähgrünland	→	40 kg S/ha

Fazit:

Schwefel ist ein essenzieller Nährstoff in der Pflanzenernährung, da er die Stickstoffeffizienz steigert, die Proteinsynthese unterstützt und wichtige Enzyme im Stoffwechsel aktiviert. Aufgrund geringer natürlicher Schwefelquellen und des verminderten Eintrags durch die Industrie muss Schwefel zunehmend durch Düngung zugeführt werden. Dabei ist Sulfatschwefel sofort pflanzenverfügbar, während organisch gebundener oder elementarer Schwefel verzögert mineralisiert wird. Eine gezielte Schwefeldüngung ist entscheidend, um den hohen Bedarf der Pflanzen in den relevanten Wachstumsphasen zu decken und optimale Erträge und Qualitäten (z. B. Backqualität!) zu sichern. Die Wahl der Düngemittel beeinflusst dabei sowohl die Verfügbarkeit als auch die Effizienz der Nährstoffversorgung.



K+S Minerals and Agriculture GmbH

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

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

www.kali-akademie.de

Ein Unternehmen der K+S

