

Schwefeldüngung

1. Schwefelversorgung

Bei der Schwefelernährung der Kulturpflanzen spielt die S-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat, die durch folgende Standortfaktoren beeinflusst wird, eine entscheidende Rolle:

- **Bodengüte und Humusgehalt:** Humus enthält organisch gebundenen Schwefel (S), der durch Mineralisation in die Sulfatform überführt werden kann. Hohe Humusgehalte bedeuten (wie bei N) ein höheres Mineralisationspotenzial. Die Bedeutung der S-Mineralisation während der Vegetationsperiode für den Schwefeldüngebedarf sollte aber nicht überschätzt werden, weil einerseits die freigesetzten Mengen deutlich geringer sind als beim Stickstoff und vor allem früh abreifende Kulturen, wie Winterraps und Wintergerste, den spät mineralisierten Schwefel nicht mehr nutzen können. Verfügbarer Sulfatschwefel aus der Nacherntemineralisation wird (wie Nitrat) nicht im Boden gebunden, sondern mit dem Sickerwasser verlagert. Auf leichten Sandböden sind die Auswaschungsverluste wegen des schlechten Wasserhaltevermögens wesentlich höher als auf tonigen und schluffigen Standorten.
- **Winterwitterung und Nmin-Werte:** Es besteht eine enge Beziehung zwischen Winterniederschlägen und Schwefelauswaschung. In nassen Wintern wird viel, in trockenen wenig Sulfat ausgewaschen. Ähnlich verhält sich der Stickstoff. Hohe Nmin-Werte im Frühjahr können daher als Indiz für ebenfalls hohe Smin-Werte (mineralischer Schwefel) angesehen werden.
- **Gründigkeit, Struktur und Wasserhaushalt des Bodens:** Auf flachgründigen oder im Untergrund verdichteten Böden ist der Wurzelraum eingeschränkt, unter sonst gleichen Bedingungen kann der Bodenschwefel schlechter genutzt werden. Verkrustungen und Verschlammungen der Oberfläche behindern zusätzlich die Mineralisation von Schwefel. Auf Standorten mit Grundwasseranschluss besteht die Möglichkeit, dass mit dem kapillaren Wasseraufstieg auch gelöstes Sulfat in den durchwurzelten Bereich gelangt. Dadurch verbessert sich die Schwefelversorgung des Pflanzenbestands.
- **Ertragsniveau:** Je höher die Erträge, desto eher kann Schwefel ertragsbegrenzend wirken.
- **Organische und mineralische Düngung:** Der in Wirtschaftsdüngern enthaltene Schwefel (s. Tabelle „Auswahl weiterer schwefelhaltiger Dünger“) ist zu etwa 80% organisch gebunden, weshalb die aktuelle Wirtschaftsdüngeranwendung keinen nennenswerten

Beitrag zur Schwefelernährung des Pflanzenbestands liefern kann. Die regelmäßige Anwendung von Wirtschaftsdüngern führt aber zu einem höheren S-Nachlieferungsvermögen. Ob dieses zum Tragen kommt, hängt von den jahres- bzw. standorttypischen Mineralisationsbedingungen ab. Kälte, Nässe und Trockenheit hemmen die Mineralisation. Manche P- und K-Mineraldünger enthalten ebenfalls Schwefel (s. Tabelle „Beispiele für weitere schwefelhaltige Dünger“). Wurden solche Dünger im vorausgegangenen Herbst eingesetzt, wirkt sich dies tendenziell positiv auf den Schwefelernährungszustand aus, wengleich sulfatischer Schwefel (z. B. in Kaliumsulfat, Kornkali) leicht ausgewaschen wird.

- **Sichtbare Mangelsymptome:** Sind auf einem Schlag bereits Mangelsymptome aufgetreten, sollte auf jeden Fall Schwefel gedüngt werden. Mangel äußert sich wie folgt:
 - Raps zeigt rotviolett verfärbte, löffelartig verformte Blätter, weiße Blüten, vermehrte Nachblüher, aufgedunsene Schoten.
 - Getreide und Grünland weisen ein blassgrünes Aufhellen der jüngeren Blätter auf (nicht zu verwechseln mit N-Mangel, bei dem zuerst die älteren Blätter aufhellen).
 - Rüben zeigen eine Starrtracht und ein Vergilben zunächst der jüngeren Blätter.

Je mehr der aufgeführten Punkte auf eine schlechte Schwefelversorgung hinweisen, desto wahrscheinlicher ist es, dass eine Düngung erforderlich ist.

Wo Unsicherheiten bestehen, ob auf bestimmten Standorten überhaupt ein Schwefeldüngebedarf besteht, kommt theoretisch die Beurteilung des Schwefeldüngebedarfs anhand einer Pflanzenuntersuchung in Betracht:

Bei der **Pflanzenuntersuchung** werden beim Raps zum Zeitpunkt der Knospenbildung, kurz vor der Blüte, die jüngsten, gerade voll entwickelten Blätter auf den Schwefelgehalt untersucht. Bei Gehalten von mehr als 0,45 % Schwefel in der Trockenmasse ist im Allgemeinen davon auszugehen, dass über eine Schwefeldüngung keine Mehrerträge zu erwarten sind. Bei niedrigeren Gehalten treten nicht zwangsläufig Mindererträge auf, die Chancen wirtschaftlicher Mehrerträge steigen aber an. Der Nachteil der Pflanzenuntersuchung liegt bei Raps darin, dass aus den Blattgehalten erst nach dem Abschluss des Massenwachstums zuverlässig ein Mangel abgeleitet werden kann. Als Maßnahme bei einem diagnostizierten Mangel bleibt zu diesem späten Zeitpunkt lediglich die Blattdüngung, mit der – wie aus Versuchen bekannt ist – der Höchstertrag nicht mehr erreicht wird. Die Pflanzenuntersuchung eignet sich deswegen eher, um sich ein Bild über den Versorgungszustand der eigenen Schläge zu verschaffen und um zukünftige Düngemaßnahmen abzuleiten. Bei Getreide ist nach den vorliegenden Versuchsergebnissen von einer ausreichenden Versorgung bei Gehalten über 0,30 % Schwefel in der Trockenmasse auszugehen. Dieser Wert für eine Pflanzenuntersuchung der gesamten oberirdischen Pflanze bezieht sich auf eine Untersuchung bis EC 39. Auch hier gilt, dass bei Diagnose einer Unterversorgung zu diesem Zeitpunkt nur noch eine Blattdüngung in Betracht kommt, mit der die Höchsterträge nicht mehr erreicht werden können.

In Bezug auf das Düngerecht sollte eine ausreichende Schwefelversorgung der landwirtschaftlichen Kulturen selbstverständlich sein, da Schwefel eine große Auswirkung auf die

Ausnutzung des Stickstoffs besitzt (N-Effizienz). Schwefel trägt somit zu einer optimalen Ausnutzung des im Boden verfügbaren und gedüngten Stickstoffs bei.

2. Schwefeldüngemittel

Zur Schwefeldüngung werden häufig S-haltige N-Dünger eingesetzt. Die meisten dieser Dünger enthalten leichtlösliches **Ammoniumsulfat**. In einigen Düngern (z. B. YaraBela Sulfan) liegt der Schwefel als schwer löslicher Gips vor. Daraus ergibt sich aber kein Nachteil in der Wirksamkeit. Im Handel wird teilweise **Ammoniumthiosulfat** (ATS, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$) als schwefelhaltige Komponente angeboten, die auch mit AHL gemischt werden kann. Bei bestimmten ATS-Herkünften sind laut Herstellerangaben Mischungen mit AHL in jedem Verhältnis möglich. Wird dieses nicht zugesichert, sollte ein Mischungsverhältnis von 2 : 1 (2 Teile AHL : 1 Teil ATS) nicht unterschritten werden. Der ATS-Zusatz erhöht generell das Ätzzisiko, insbesondere in Kombination mit Pflanzenschutzmaßnahmen. Deswegen wird die grobtropfige Ausbringung empfohlen, sodass eine Kombination mit Pflanzenschutzmaßnahmen in der Regel ausscheidet.

Elementarer Schwefel muss zunächst von Bakterien zu Sulfat (SO_4) umgewandelt werden, bevor er von den Pflanzen aufgenommen werden kann. Hieraus könnte die geringe S-Düngewirksamkeit, die sich in neueren Gefäß- und Feldversuchen mit granuliertem elementarem Schwefel ergeben hat, erklärt werden. Pulver- und Flüssigprodukte weisen eine große Oberfläche auf und können daher theoretisch schneller umgewandelt werden.

Als weitere Möglichkeit bietet sich die Schwefeldüngung in Kombination mit Grunddüngern, wie **Kornkali** oder **Superphosphat**, an. Zur vollen Wirksamkeit bedarf es aber einer Frühjahrsdüngung. Abgesehen vom elementaren Schwefel gibt es keine gravierenden Unterschiede in der Wirksamkeit der unterschiedlichen Schwefeldünger. Deshalb sollte bei der Auswahl der Dünger neben der im Betrieb vorhandenen Ausbringttechnik (flüssig/fest) vor allem die Preiswürdigkeit einschließlich des Kalkverlustes beachtet werden. Außerdem hängt es vom Verhältnis der Nährstoffe Stickstoff und Schwefel zueinander ab, ob bzw. zu welchem Termin mit einem bestimmten Düngemittel die benötigten Schwefelmengen ausgebracht werden können.

In der Tabelle „Beispiele für schwefelhaltige N-Dünger“ ist in den letzten beiden Spalten ausgewiesen, welche Schwefelmengen in Kilogramm je Hektar mit den jeweiligen Düngern ausgebracht werden, wenn 60 kg N/ha bzw. 100 kg N/ha gedüngt werden. Erstgenannte N-Menge kann beispielhaft für die Startgabe zu Getreide oder als Anschlussdüngung zu Winterraps angenommen werden, letztgenannte N-Gabe entspricht in etwa der Startdüngung zum Winterraps. Organische Dünger enthalten ebenfalls Schwefel. Der Gehalt entspricht ca. 7–10 % des Gesamt-N und ist zum weit überwiegenden Teil organisch gebunden, sodass daraus eine sehr geringe direkte S-Düngewirkung erwächst.

Beispiele für schwefelhaltige N-Dünger

(Gehaltsangaben in Gewichts-% nach Herstellerangaben bzw. Volumen-%)

Dünger	Gewichts-% (kg/dt) ¹		Volumen-% (kg/100 l) ¹		ausgebrachte S-Menge bei vorgegebener N-Menge	
	S	N	S	N	60 kg N/ha = ... kg S/ha	100 kg N/ha = ... kg S/ha
Ammoniumsulfat (Schwefelsaures Ammoniak, SSA)	24	21			69	114
Ammonsulfatsalpeter (ASS)	13	26			30	50
ASS stabilisiert (ENTEC 26)	13	26			30	50
Harnstoff-Ammoniumsulfat (PIAMON 33-S)	12	33			22	36
KAS + S (z. B. YaraBela Sulfan)	6	24			15	25
Ammoniumthiosulfat (ATS)	26	12	34,3	16	130	216
Ammoniumsulfatlösung (ASL)	9	8	11,3	10	68	113
Ammoniumsulfat-Harnstoff- Lösung (DOMAMON L26)	6	20	7,5	25	18	30
AS-Düngerlösung (Lenasol)	6	15	7,5	19	24	40
AHL + Schwefel (PIASAN-S 25/6, ALZON flüssig-S 25/6)	6	25	7,9	33	14	24

¹ Die Gehaltsangaben in Gewichts-% sind für die Ausbringung flüssiger Düngemittel wenig hilfreich, weil sich die Ausbringmengen auf Liter beziehen. Hier interessiert der Gehalt in Volumen-%. Die Umrechnung erfolgt über die Dichte. Angaben hierzu sowie zu den Kalkwerten s. Kapitel „Stickstoffdüngemittel“.

Beispiele für weitere schwefelhaltige Dünger

(Gehalte nach Herstellerangaben)

Dünger	% S	sonstige Nährstoffe/Bemerkungen
KALISOP (Kaliumsulfat)	18	50 % K ₂ O
Patentkali	18	30 % K ₂ O, 10 % MgO
Kornkali	5	40 % K ₂ O, 6 % MgO, 4 % Na
ESTA Kieserit gran.	21	25 % MgO
EPSO Top ¹	13	16 % MgO
Magnesia-Kainit	4	9 % K ₂ O, 4 % MgO, 25 % Na, 47 % Cl
diverse NP- und NPK-Dünger	bis 8	
Superphosphat	11	18 % P ₂ O ₅
NovaPhos 23	8	23 % P ₂ O ₅
Gips	18	Ca-Gehalt nicht basisch wirksam
elementarer Schwefel	80–99,5	als Granulat, Pulver und Flüssigprodukt ¹

¹ Blattdünger.