

Schwefeldüngung

Angesichts der rückläufigen Schwefeleinträge aus der Luft begann die Landwirtschaftskammer bereits 1991 mit der Anlage von Schwefeldüngungsversuchen zunächst in Winterraps. Von dieser Kultur war ein hoher Schwefelgehalt bekannt, der auf einen besonders hohen Schwefelbedarf schließen ließ. Es zeigte sich, dass eine nach Standorten unterschiedliche Bedürftigkeit zur Schwefeldüngung vorhanden ist. Später folgten auch Versuche im Getreide und auf Grünland, die ebenfalls eine starke Standortabhängigkeit zeigten. Hierbei spielt die S-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat eine entscheidende Rolle, die durch folgende Standortfaktoren beeinflusst wird:

- **Bodengüte und Humusgehalt:** Humus enthält organisch gebundenen Schwefel, der durch Mineralisation in die Sulfatform überführt werden kann. Hohe Humusgehalte bedeuten (wie bei N) ein höheres Mineralisationspotential. 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 N_{\min} -Werte:** Es besteht eine enge Verbindung zwischen Winterniederschlägen und Schwefelauswaschung. In nassen Wintern wird viel, in trockenen wenig Sulfat ausgewaschen. Ähnlich verhält sich der Stickstoff. Hohe N_{\min} -Werte im Frühjahr können daher als Indiz für ebenfalls hohe S_{\min} -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 Verschlämmungen 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 Pflanzenbestandes.
- **Ertragsniveau:** Je höher die Erträge, je 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 Pflanzenbestandes 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). Wurden solche Dünger im vorausgegangenen Herbst eingesetzt, wirkt dies sich tendenziell positiv auf den Schwefelernährungszustand aus, wenngleich 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 verwechseln mit N-Mangel, bei dem zuerst die älteren Blätter aufhellen).

Je mehr der angeführten Gesichtspunkte auf eine schlechte Schwefel-Versorgung hinweisen, desto wahrscheinlicher ist, dass eine Düngung erforderlich ist.

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

Bei der **Pflanzenuntersuchung** werden beim Raps zum Zeitpunkt der Knospenbildung, kurz vor Blüte die jüngsten, gerade voll entwickelten Blätter auf den Schwefelgehalt untersucht. Bei Gehalten von mehr als 0,55 % Schwefel in der TM ist im Allgemeinen davon auszugehen, dass über eine Schwefeldüngung keine Mehrerträge zu erwarten sind. Bei niedrigeren Gehalten treten nicht zwangsläufig Mindererträge ein, 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, als zum Ableiten konkreter Düngungsmaßnahmen. Bei Getreide ist nach den vorliegenden Versuchsergebnissen von einer ausreichenden Versorgung bei Gehalten über 0,22 % Schwefel in der TM auszugehen. Dieser Wert für eine Pflanzenuntersuchung der gesamten oberirdischen Pflanze bezieht sich auf eine Untersuchung in EC 49 - 51. 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.

Die **Bodenuntersuchung** basiert auf der Analyse des mineralisierten, pflanzenverfügbaren Schwefel (S_{min} , ähnlich N_{min}). Bei S_{min} -Werten über 50 kg/ha (0 - 90 cm Tiefe) kann ein S-Mangel bei Raps relativ sicher ausgeschlossen werden, es besteht kein Schwefeldüngebedarf. Niedrigere Werte sind in ähnlicher Weise zu deuten wie bei der Pflanzenuntersuchung, d.h. es besteht nicht zwangsläufig ein Düngebedarf, es steigt allerdings die Wahrscheinlichkeit, dass Düngungseffekte eintreten. Beim Getreide liegt der S_{min} -Wert, oberhalb dessen keine Ertragseffekte zu erwarten sind, bei 40 kg/ha, gemessen in 0 - 90 cm Bodentiefe.

Bisherige S_{min} -Untersuchungen haben gezeigt, dass vom gesamten, gemessenen mineralischen Schwefel beim Getreide und beim Raps im Mittel etwa die Hälfte in der Bodenschicht 60 - 90 cm zu finden ist. Außerdem fiel auf, dass die Mehrzahl der Messwerte unterhalb der Größenordnung liegt, ab der Ertragseffekte sicher auszuschließen sind. Relativ oft kommen höhere S_{min} -Werte auf tiefgründigen, speicherfähigen Böden in trockenen Lagen vor. Insbesondere hier würde sich eine S_{min} -Untersuchung anbieten.

Nähere Informationen zu beiden Untersuchungsverfahren erhalten Sie bei der LUFA-NRW unter Tel.: 0251 / 2376 - 595.

Schwefeldüngemittel

Zur Schwefeldüngung werden häufig S-haltige N-Dünger eingesetzt. Die meisten dieser Dünger enthalten leichtlösliches **Ammonium-Sulfat**. In einigen Düngern (Yara Sulfan, Dynamon S) liegt der Schwefel als schwerer löslicher **Gips** vor. Daraus ergibt sich aber kein Nachteil in der Wirksamkeit. Im Handel wird teilweise AHL mit **Ammoniumthiosulfat (ATS)** als Schwefel-haltige Komponente angeboten. ATS wird auch solo gehandelt, so dass eine Eigenmischung von AHL mit ATS in Betracht kommt. 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 Ätzrisiko, insbesondere bei Kombination mit Pflanzenschutzmaßnahmen. Deswegen wird die grobtropfige Ausbringung empfohlen, so dass eine Kombination mit Pflanzenschutzmaßnahmen in der Regel ausscheidet.

Neuere Gefäß- und Feldversuche haben eine sehr geringe S-Düngewirkung von **elementarem Schwefel** ergeben. Elementarer Schwefel wird daher nicht zur S-Düngung empfohlen.

Auswahl schwefelhaltiger N-Dünger

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

Dünger	Gewichts-% (kg/dt)		Volumen-% (kg/100 l)		ausgebrachte S-Menge bei vorgegebener N-Menge	
	S	N	S	N	60 kg/ha N = kg/ha S	100 kg/ha N = kg/ha S
Ammoniumsulfat (Schwefelsaures Ammoniak, SSA)	24	21			69	114
Ammonsulfatsalpeter (ASS)	13	26			30	50
ASS stabilisiert (Entec 26)	13	26			30	50
Harnstoff-Ammonsulfat (Piamon 33 S)	12	33			22	36
Harnstoff + S (Ureas)	7,5	38			12	20
KAS + S (Yara Sulfan, Dynamon S)	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
AS-Düngerlösung (NitroFert SF)	5	15	6,3	19	20	33
AHL + Schwefel (Piasan-S 25/6, Alzon flüssig-S 25/6)	6	25	7,9	33	14	24

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

Auswahl weiterer schwefelhaltiger Dünger (Gehalte nach Herstellerangaben)

Dünger	% S	Sonstige Nährstoffe
Kaliumsulfat	18	50 % K ₂ O
Kalimagnesia (Patentkali)	17	30 % K ₂ O, 10 % MgO
40er Kali mit MgO (Kornkali)	4	40 % K ₂ O, 6 % MgO
Kieserit (granuliert)	20	25 % MgO
EPSO Top (Bittersalz)	13	16 % MgO
Magnesia-Kainit	4	11 % K ₂ O, 5 % MgO, 20 % Na
Yara NPK	3,6	21 % N, 6 % P ₂ O ₅ , 11 % K ₂ O
Thomaskali 8-15-6	4	8 %, P ₂ O ₅ , 15 % K ₂ O, 6 % MgO
Superphosphat	12	18 % P ₂ O ₅
Novaphos 23	9	23 % P ₂ O ₅
Gips	18	

Als weitere Möglichkeit ist die Schwefeldüngung in Kombination mit Grunddüngern wie Kornkali oder Superphosphat möglich. 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 Ausbringtechnik (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 „Auswahl schwefelhaltiger N-Dünger“ ist in den letzten beiden Spalten ausgewiesen, welche Schwefelmengen in kg/ha mit den jeweiligen Düngern ausgebracht werden, wenn 60 kg/ha N bzw. 100 kg/ha N gedüngt werden. Erstgenannte N-Menge kann als 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, so dass eine sehr geringe direkte S-Düngewirkung erwächst.