



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Schwefeldüngung zu Futter- und Körnerleguminosen

Empfehlungen für den ökologischen Landbau



Grußwort

Der Anbau von Leguminosen ist besonders im ökologischen Landbau von großer Bedeutung. Nicht umsonst haben die Vereinten Nationen 2016 zum Internationalen Jahr der Hülsenfrüchte (Leguminosen) erklärt. Schließlich sind die Ökosystemleistungen von Leguminosen enorm. Allein ihre Fähigkeit, den Stickstoff der Luft als besonders wichtigen Nährstoff im Boden anreichern zu können, macht sie in Zeiten schwindender Ressourcen extrem wertvoll. Hinzu kommt, dass Leguminosen die Bodenfruchtbarkeit in besonderer Weise fördern. So lockern sie den Boden durch ihre intensive Durchwurzelung auch in tieferen Schichten, und schließen dabei selbst schwer verfügbare Nährstoffe wie Phosphor auf. Zudem erreichen sie bereits in den Unterboden verlagerte Nährstoffe, bevor sie ausgewaschen werden.

Seit einigen Jahren beobachten viele Landwirte jedoch sinkende Erträge beim Anbau von Leguminosen. Als eine mögliche Ursache vermutet man Schwefelmangel. Denn Schwefel ist elementar für die symbiotische Stickstofffixierung und die Proteinsynthese schwefelhaltiger Aminosäuren und damit auch für das Wachstum der Pflanzen.

Schwefel wurde bei der Düngung lange Zeit nicht berücksichtigt, da die landwirtschaftlichen Flächen durch industrielle Schwefelemissionen lange Zeit ausreichend versorgt waren.

Das hat sich geändert. Inzwischen besteht deutschlandweit auf vielen ökologisch bewirtschafteten Flächen Schwefelmangel, wie eine aktuelle Studie der Justus-Liebig-Universität Gießen zeigt. Um die Ertragsleistung von Leguminosen nachhaltig sicherzustellen,

wurden im Auftrag des Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) Studien zum Einfluss der Schwefelverfügbarkeit auf die Ertragsentwicklung und den Vorfruchtwert von Futter- und Körnerleguminosen durchgeführt.

Aus den Ergebnissen der Projekte leiteten die Forscherinnen und Forscher konkrete Handlungsempfehlungen für die Praxis ab, die wir Ihnen in dieser Broschüre vorstellen möchten. Sie erfahren, wie man Schwefelmangel auf Flächen erkennt, wann sich eine Schwefeldüngung lohnt und welche Düngemittelformen sinnvoll sind. Darüber hinaus finden Sie grundlegende Informationen zur Bedeutung, Aufnahme und Wirkung von Schwefel in Pflanzen.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Ihre Geschäftsstelle BÖLN, Forschungsmanagement, BLE

www.bundesprogramm.de

Inhaltsverzeichnis

- 2 **Grußwort**

- 6 **Warum wird die Schwefelversorgung im Ökologischen Landbau immer wichtiger?**

- 8 **Wozu brauchen Pflanzen Schwefel?**

- 9 **Wie kommt Schwefel im Boden vor und wie nehmen Pflanzen ihn auf?**

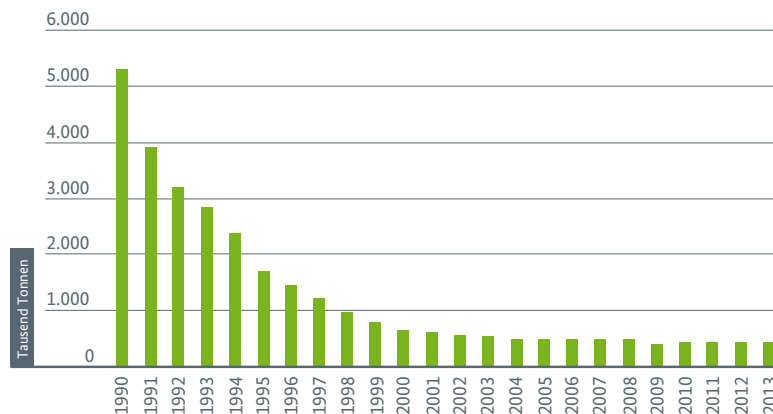
- 11 **Warum ist Schwefel für Leguminosen so wichtig?**

- 12 **Welche Bedeutung hat eine ausreichende Schwefelversorgung für Futterleguminosen?**

- 18 Ist eine Schwefeldüngung auch bei Körnerleguminosen sinnvoll?
- 21 Wie kann die Schwefelversorgung von Boden und Pflanzen festgestellt werden?
- 24 Welche schwefelhaltigen Düngemittel dürfen im ökologischen Landbau eingesetzt werden?
- 26 Wann, welchen und wie viel Schwefeldünger einsetzen?
- 30 Quellenangaben
- 32 Anhang

Warum wird die Schwefelversorgung im Ökologischen Landbau immer wichtiger?

Landwirtschaftliche Kulturen benötigen für ein gesundes Wachstum und hohe Erträge eine ausreichende Versorgung mit unterschiedlichen Pflanzennährstoffen. Die landwirtschaftliche Düngeberatung konzentrierte sich bisher vor allem auf die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium, da diese Elemente die deutlichsten Düngungseffekte zeigten. Schwefel wurde dagegen kaum berücksichtigt, da in der Vergangenheit ein hoher Schwefeleintrag aus der industriellen Verbrennung in landwirtschaftliche Flächen die Versorgung der Pflanzenbestände sicherstellte.



Schwefeldioxid-Emissionen in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2013 (UBA 2015)¹⁾

In den 1980er und 90er Jahren betrug der Schwefeleintrag aus der Atmosphäre in Deutschland durchschnittlich 70 Kilogramm Schwefel je Hektar und Jahr, so dass selbst schwefelbedürftige Pflanzenbestände keine zusätzliche Düngung benötigten. In den letzten Jahren lag die Schwefeldeposition allerdings nur noch bei 7 bis 10 Kilogramm je Hektar und Jahr, so dass insbesondere der Bedarf schwefelbedürftiger Kulturpflanzen nicht mehr durch Einträge aus der Atmosphäre gedeckt wurde. Zudem unterliegt Schwefel, ähnlich wie Stickstoff, der Auswaschung. Auf diesem Wege gehen damit zusätzlich zum Schwefelentzug durch Ernteprodukte und gasförmige Verluste (H_2S) weitere nennenswerte Schwefelmengen für die Ernährung der Kulturpflanzen verloren.

Landwirtschaftliche Kulturpflanzen haben einen unterschiedlich hohen Schwefelbedarf. Vor allem Kreuzblütler wie Raps gelten als besonders schwefelbedürftig, während Getreide einen mittleren Schwefelbedarf hat und Rüben wenig Schwefel benötigen. Zum

Schwefelbedarf verschiedener Leguminosen gab es dagegen bisher noch keine verlässlichen Angaben.

Leguminosen haben durch ihre Fähigkeit, Luftstickstoff binden zu können, eine besondere Bedeutung für den ökologischen Landbau. Auch für die Bodenfruchtbarkeit sind sie unersetzlich. In Gefäßversuchen²⁾ konnte gezeigt werden, dass Wachstum und Stickstofffixierung von Leguminosen in hohem Maße durch Schwefel beeinflusst werden. Daher ist es insbesondere im ökologischen Landbau wichtig, sich intensiv mit der Schwefelversorgung von Leguminosen zu beschäftigen.



Schwefelbedarf unterschiedlicher Kulturen in Kilogramm Schwefel je Hektar (ungefähre Angaben)

Frucht	Körner/Rüben	Gesamter Spross
Getreide	16	25
Raps	20	70
Körnermais	13	20
Silomais	-	22
Zuckerrüben	10	35
Grünland	-	40
Kleegras	-	50



Nährstoffbedarf und -aufnahme von Makronährstoffen bei Weizen und Luzerne-Kleegras. Futterleguminosen haben im Vergleich zu den Marktfrüchten deutlich höhere Nährstoffansprüche (Literaturwerte und eigene Messungen).³⁾

Pflanze	Reinnährstoff (kg je ha)				
	P	K	S	Ca	Mg
Weizen ¹	25	97	20	20	12
Luzerne ²	45	300	50	150	60

1 Korn und Stroh (50/50 von 100 dt je ha TS-Ertrag) | 2 gesamter Spross (100 dt je ha TS-Ertrag)

Wozu brauchen Pflanzen Schwefel?

Schwefel hat viele elementare Aufgaben und Funktionen im pflanzlichen Stoffwechsel. So ist er z.B. wichtiger Bestandteil essentieller Aminosäuren wie Cystein, Cystin und Methionin, die wiederum Bausteine vieler Enzyme, Vitamine und sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe sind, ohne die eine ungehemmte Pflanzenentwicklung nicht möglich ist.

Auch für die Bildung von Chlorophyll ist Schwefel unverzichtbar. Bilden Pflanzen aufgrund von Schwefelmangel weniger Chlorophyll, ist auch ihre Photosyntheseleistung vermindert. Die betroffenen Pflanzen sind weniger grün (Aufhellung) und ihr gesamtes Wachstum ist gehemmt. Die Folge sind geringere Erträgen und häufig auch eine schlechtere Qualität des Ernteguts.



Aufwuchs von Luzerne-Kleegrasgemenge vor dem ersten Schnitt (links ungedüngt, rechts mit Schwefel gedüngt), Gladbacherhof (Bild: S. Fischinger, Bioland)

Zwischen der Stickstoff- und Schwefelaufnahme von Pflanzen besteht ein enger Zusammenhang. Fehlt Schwefel, kann die Pflanze den aufgenommenen Stickstoff nicht mehr im Stoffwechsel verwerten. Es kommt zu einem Stau bei der Proteinbildung. Schwefelmangel führt deshalb auch zu einer verminderten Stickstoffverwertung.

Wie kommt Schwefel im Boden vor und wie nehmen Pflanzen ihn auf?

Je nach Bodenart, Ausgangsgestein und Humusmenge variiert der Gesamtschwefelgehalt zwischen 0,1 und 0,5 Gramm Schwefel pro Kilogramm Boden ⁴⁾ und kann damit in den oberen Bodenschichten mehrere Tonnen pro Hektar betragen. Der größte Teil des Schwefels ist allerdings relativ fest im Boden gebunden und kann deshalb nicht von der Pflanze aufgenommen werden.

Dieser nicht verfügbare Anteil lässt sich in organisch gebundenen und mineralisch gebundenen Schwefel unterteilen. Der weitaus größte Teil des Schwefels – liegt im Boden organisch gebunden vor, je nach Bodenart und Klima sind dies bis zu 95 Prozent ⁵⁾. Die organische Schwefelfraktion besteht aus Pflanzenbestandteilen und Mikroorganismen (Humus) und wird durch organische Düngemittel und Erntereste aufgefüllt.

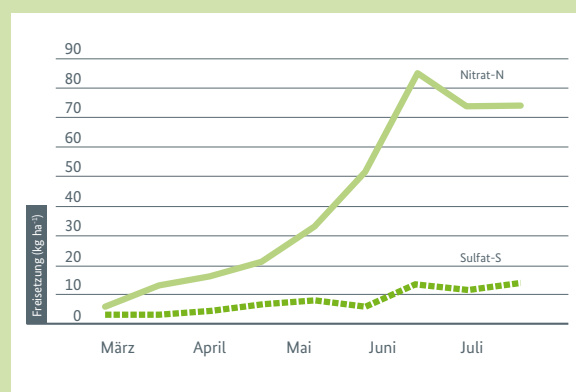
Die anorganische Schwefelfraktion hat mit etwa 5 bis 10 Prozent nur einen relativ geringen Anteil am Gesamtschwefelvorrat des Bodens. Bis zu 99 Prozent dieser mineralisch gebundenen Form sind sulfatische Verbindungen. Daneben können Schwefelverbindungen auch an Tonmineralen gebunden sein oder der Schwefel liegt in elementarer Form vor.

Gelöstes Sulfat (SO_4^{2-}) ist die einzige Form, in der Schwefel von Pflanzenwurzeln aufgenommen werden kann und wird in den Blättern über verschiedene Reaktionsschritte in organische Verbindungen wie Aminosäuren (Methionin, Cystein), Chlorophyll und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe umgewandelt. Sulfationen in der Bodenlösung sind, ähnlich wie Nitrat, sehr mobil. Die Sulfatkonzentration ist einem jahreszeitlich bedingten Wechsel von Auf- und Abbauprozessen im Boden unterworfen.



Natürliche Schwefelfreisetzung im Boden kommt nicht rechtzeitig!

Eine Untersuchung der Technischen Universität München zeigt, dass die Freisetzung von Sulfat-Schwefel aus dem Boden für Pflanzen mit einem hohen Schwefelbedarf im Jahresverlauf zu spät kommt.



Freisetzung von Nitrat-Stickstoff und Sulfat-Schwefel aus einem Langzeitexperiment mit Biokompost von der Technischen Universität München (Gutser u. v. Tucher 1999)6

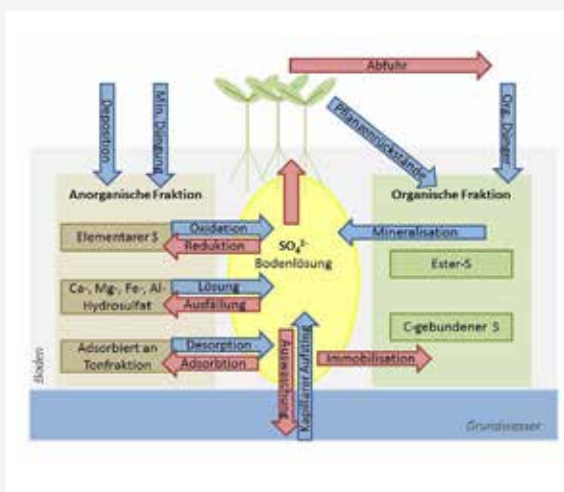
Faktoren, die die Mobilisierung von Sulfat im Boden beeinflussen

Faktoren:	Schwefel-Mineralisation	Schwefel-Oxidation (Umwandlung von elementarem Schwefel zu Sulfat durch Thiobakterien)	Lösung von vorhandenem Sulfat-Schwefel (aus der Düngung)
ist abhängig von:	Temperatur, Bodenleben	Aktivität der Thiobakterien abhängig von Temperatur	Bodenwasser (Niederschlag)
Bedeutung:	unzureichende Bereitstellung von Schwefel für Kulturen mit hohem Schwefel-Bedarf im Frühjahr	unzureichende Bereitstellung von Schwefel für Kulturen mit hohem S-Bedarf im Frühjahr	vollständig verfügbar bei ausreichender Bodenfeuchte

Das Angebot an pflanzenverfügbarem Schwefel erhöht sich, abhängig von Temperatur und Bodenfeuchte, durch Mineralisation von organischem Schwefel, durch Oxidation von elementarem Schwefel, durch Lösung und Desorption von anorganischem Schwefel, durch den kapillaren Aufstieg von gelöstem Sulfat aus tieferen Bodenschichten oder durch Zufuhr sulfathaltiger Düngemittel. Durch gegenläufige Prozesse wie die Aufnahme von Sulfat in die Pflanze (Entzug), Auswaschung und Festlegung wird der lösliche Sulfatvorrat im Boden reduziert.

Bei hohen Schwefelkonzentrationen in der Atmosphäre können Pflanzen auch gasförmiges Schwefeldioxid (SO_2)

über die Spaltöffnungen der Blätter aufnehmen. Allerdings ist der Anteil des aufgenommenen Schwefeldioxides aus der Atmosphäre, bei ausreichender Schwefelversorgung im Boden, eher unbedeutend.



Schwefeldynamik im Boden (Fischinger und Griese, 2016)

Warum ist Schwefel für Leguminosen so wichtig?

Leguminosen gehen eine Symbiose mit Rhizobien (Knöllchenbakterien) ein, bei der sich an den Wurzeln Knöllchen bilden, in denen atmosphärischen Stickstoff (N_2) fixiert wird und damit pflanzenverfügbar gemacht wird. Dieser komplexe und energieaufwändige Vorgang findet mit Hilfe eines Enzymkomplexes, der Nitrogenase, statt. In diesem Komplex ist Schwefel einer der Hauptbestandteile des katalytischen Zentrums.

Gefäßversuche zeigten, dass die Wurzelknöllchen bei Schwefelmangel in ihrem Wachstum gehemmt sind und meist kleiner und in geringerer Anzahl gebildet werden.

Aufgrund ihrer Fähigkeit zur N_2 -Fixierung ist Stickstoff bei Leguminosen kein wachstumsbegrenzender Nährstoff. Umso wichtiger ist beim Anbau von Leguminosen eine ausreichende Versorgung mit anderen Nährstoffen. Ist die Pflanze insgesamt gut versorgt, kann sie ihr Wachstums- und Ertragspotential voll ausschöpfen. Da Sulfat auswaschungsgefährdet ist, kann gerade dieser Nährstoff schnell zu einem begrenzenden Faktor für das Pflanzenwachstum werden.



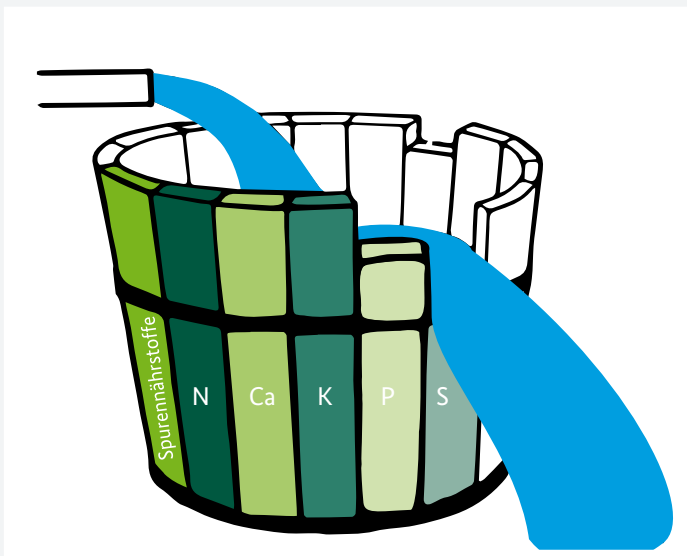
Schwefelmangel bei Leguminosen führt zu:

- Verringerung der Anzahl der Knöllchen
- geringere Nitrogenase-Aktivität
- geringerer N_2 -Fixierung
- Mindererträgen



Knöllchenbakterien an Luzernerwurzeln, (Bild: F. Schulz, JLU Gießen)

Zudem sind Leguminosen Eiweißpflanzen. Die biologische Wertigkeit der Ernteprodukte (Körner und Spross) wird durch Schwefel entscheidend beeinflusst. Der menschliche und tierische Organismus kann schwefelhaltige Aminosäuren wie Methionin nicht und Cystein nicht ausreichend selbst synthetisieren. Deshalb müssen sie über die Nahrung bzw. über das Futter aufgenommen werden.



Schwefel als begrenzender Wachstumsfaktor bei Leguminosen (Minimumtonne nach Liebig)

Welche Bedeutung hat eine ausreichende Schwefelversorgung für Futterleguminosen?

Um herauszufinden, unter welchen Standortbedingungen eine Schwefeldüngung bei Futterleguminosen sinnvoll ist, wurden auf dem Gladbacherhof, dem Lehr- und Versuchsbetrieb für Organischen Landbau der Justus-Liebig Universität Gießen, mehrjährige Versuche durchgeführt. Die Düngungsversuche wurden im zweiten Hauptnutzungsjahr eines Luzerne-Kleegras-Gemenges durchgeführt.



Kennzahlen Schwefeldüngungsversuch Gladbacherhof 2010

Standortdaten Gladbacherhof (Villmar-Aumenau, Hinterer Taunus)	Durchschnittstemperatur 9,3 °C Niederschlag 670 mm je Jahr; Bodenart sL / IU, Ackerzahl 67 170,3 ha Gesamtfläche: Ackerland 100,3 ha + Grünland 65,0 ha + 5 ha sonstige Flächen; 1,0 GV je ha LN
	pH-Wert 6,9; Gehaltsklassen: Mg = D, K = C, P = A S _{min} Frühjahr (10.03.) in 0 bis 60 cm = 16,9 kg S je ha
Futterbaugemenge (2. HNJ)	Deutsches Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesen-Lieschgras, Luzerne, Weiß-Klee
Düngemittel und -zeitpunkt	Magnesium- (Kieserit) bzw. Calciumsulfat (Gips) am 25.03.2010
Düngungsstufen	ohne und mit Schwefel (60 kg S je ha)
Nutzung	4 Schnitte mit Abfuhr der organischen Substanz

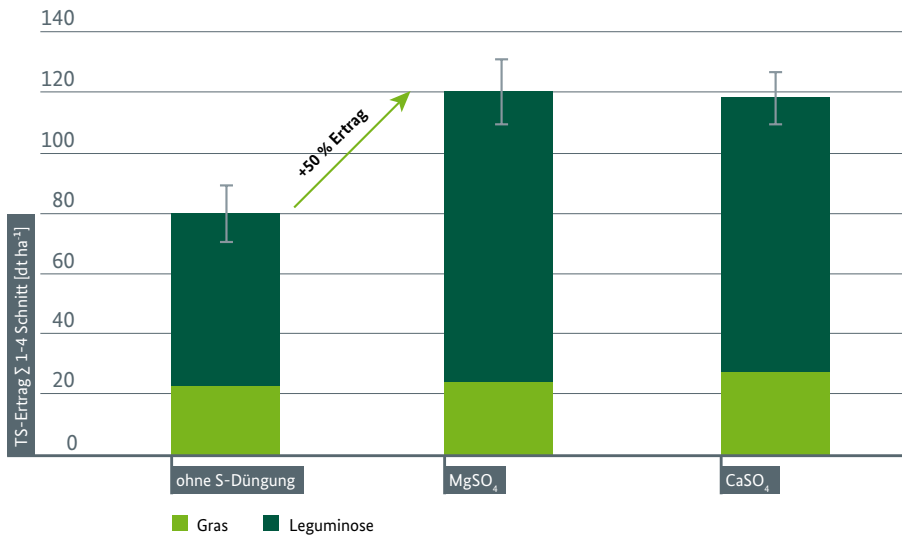
Unter den Bedingungen des Gladbacherhofes hatte eine Schwefeldüngung deutliche Effekte auf den Ertrag der Futterleguminosen. In Versuchen wurde für diesen Standort ein Düngungsoptimum von 60 Kilogramm Schwefel je Hektar ermittelt.



Vorstellung der Futterleguminosen-Versuche auf dem Gladbacherhof (Bild: A. Riffel, JLU Gießen)

Während die Erträge ohne Schwefeldüngung auf einem für den Standort relativ niedrigen Niveau von etwa 8 Tonnen Trockensubstanz pro Hektar und Jahr lag (Summe aus vier Schnitten), stieg der Ertrag bei einer Schwefeldüngung um 50 Prozent an, auf 12 Tonnen Trockensubstanz pro Hektar und Jahr. Auffallend war, dass der Mehrertrag in erster Linie durch einen Zuwachs der Leguminosen erreicht wurde. Der Ertrag der Gräser im Gemenge änderte sich kaum.

Niedrige Schwefelverfügbarkeit im Boden führt zu geringeren Erträgen bei Futterleguminosen!

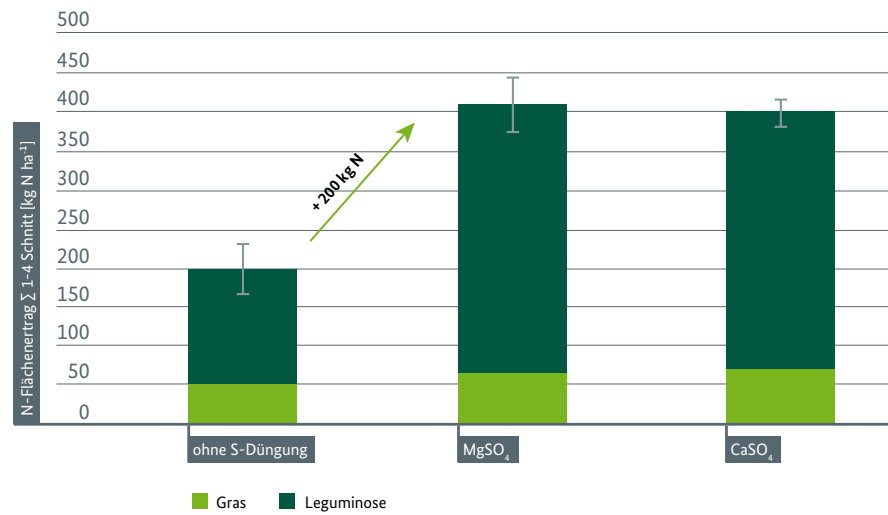


Trockensubstanz-Ertrag des Futterleguminosen-Gras-Gemenges Σ 1. bis 4. Schnitt in dt je ha, Gladbacherhof 2010

Gleichzeitig erhöhte sich durch die Schwefeldüngung die Stickstoffkonzentration in den Leguminosen um bis zu einem Prozentpunkt. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf eine verbesserte Fixierleistung der Leguminosen, die durch das bessere Schwefelangebot zu erklären ist. Von der Schwefeldüngung im Klee-gras-Gemenge profitierten auch die Gräser mit höheren Schwefel- und Stickstoffkonzentrationen im Aufwuchs. Auch der Protein- und Schwefelgehalt des Futterbaugemenges stieg durch die Schwefeldüngung an.

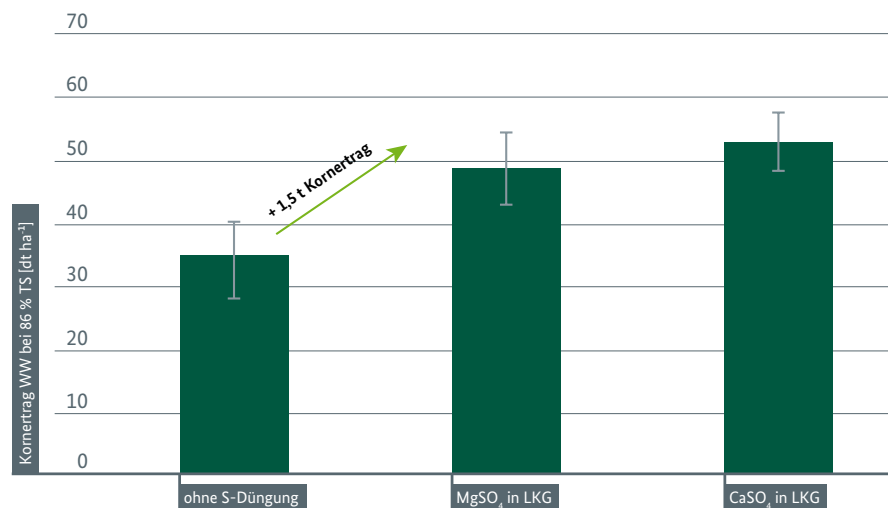
Bei niedriger Schwefelverfügbarkeit verbessert eine Schwefeldüngung die Qualität von Futterleguminosen!

Durch den höheren Trockensubstanzertrag und den Anstieg der Stickstoffkonzentrationen in der Pflanze stieg der Ertrag an Stickstoff im geernteten Schnittgut nach einer Schwefeldüngung von 200 auf 400 Kilogramm pro Hektar an. Damit verbunden ist eine deutlich bessere Stickstoffversorgung der nachfolgenden Kulturen innerhalb der Fruchtfolge.



N-Flächenertrag Σ 1. Bis 4. Schnitt in kg N je ha, Gladbacherhof 2010

Eine Schwefeldüngung führt zu einer Erhöhung der Stickstofffixierleistung von Futterleguminosen!



Korntrag von Winterweizen ohne und mit Schwefeldüngung zur Vorfrucht Luzerne-Klee gras (LKG), Gladbacherhof 2011

Das verbesserte Wachstum und die erhöhte Stickstofffixierleistung der mit Schwefel gedüngten Futterleguminosenbestände führte in den Versuchen entsprechend zu signifikant höheren Kornerträgen bei der Nachfrucht Winterweizen. Im Jahr 2011 stieg der Kornertrag von 3,5 auf rund 5,0 Tonnen pro Hektar an, wenn Schwefel zur Vorfrucht Luzerne-Klee gras gedüngt wurde.

Bei niedriger Schwefelverfügbarkeit führt eine Schwefeldüngung bei Futterleguminosen zu signifikanten Ertragssteigerungen bei der Nachfrucht!



Winterweizenbestand nach Leguminosen-Gras-Gemenge mit Schwefel-Düngung (links) und ohne Schwefel-Düngung (rechts) in Futterleguminosen-Vorfrucht, Gladbacherhof. Im Winterweizen erfolgte keinerlei Düngungsmaßnahme. (Bild: S. Fischinger, Bioland)

SchwefeLeinsatz in der Praxis: Wann ist im Ökologischen Landbau eine Düngung sinnvoll?

Verschiedene Praxisbeobachtungen und Versuche zeigen, dass bei etwa 70 Prozent der ökologisch bewirtschafteten Flächen mit Futterleguminosen in Deutschland ein Schwefelmangel besteht⁵⁾, sofern kein schwefelhaltiger Dünger ausgebracht wird.

Schwefelmangel wurde in Futterleguminosen auf allen Bodenarten und Betriebstypen festgestellt, sowohl auf schweren und leichten Böden als auch bei viehhaltenden und viehlos wirtschaftenden Betrieben. Deutschlandweite Untersuchungen im Rahmen eines BÖLN-Projektes³⁾ haben gezeigt, dass sich Ackerflächen in drei Kategorien einteilen lassen. Zur ersten Kategorie gehören Flächen, die eine niedrige standortbedingte Schwefelversorgung aufweisen und bei denen sich eine Schwefeldüngung deutlich positiv auf das Wachstum von Futterleguminosen auswirkt. In diese Kategorie fallen auch die Flächen des Gladbacherhofes.

Allerdings wurde deutlich, dass eine Schwefeldüngung unter Praxisbedingungen nicht in jedem Fall zu einer Steigerung des Leguminosenwachstums führt, trotz niedriger

standortbedingter Schwefelversorgung. In diesen Fällen ist ein Mangel an weiteren Nährstoffen naheliegend. Leiden Futterleguminosenbestände zudem unter Wassermangel, werden die positiven Effekte einer Schwefeldüngung ebenfalls nur begrenzt wirksam. Diese Flächen fallen in die Kategorie zwei und bedürfen einer besonderen Aufmerksamkeit.

Zur dritten Kategorie zählen Flächen (ca. 30 Prozent der Ökoflächen), die sich durch eine hohe standortbedingte Schwefelversorgung auszeichnen. Eine Schwefeldüngung ist hier nicht erforderlich.

Wirkung einer Schwefeldüngung auf:	70 % ^{*)}		30 % ^{*)}
	Kategorie 1 S _{min} im Frühjahr niedrig < 30 kg S je ha	Kategorie 2 S _{min} im Frühjahr niedrig < 30 kg S je ha	Kategorie 3 S _{min} im Frühjahr hoch > 30 kg S je ha
Ertrag	hoch	gering	gering
N-Konzentration Pflanze, Rohprotein	hoch	hoch	gering
S-Konzentration Pflanze	hoch	hoch	gering
N-Flächenertrag, N2-Fixierleistung	hoch	gering	gering
Ertrag Nachfrucht	hoch	gering	gering
	Schwefel-Düngung notwendig!	Schwefel-Düngung notwendig, weitere Wachstumsfaktoren (Nährstoffe, Wasser) beachten!	Schwefel-Düngung nur bedingt notwendig! (Entzugsdüngung)

*) der Futterleguminosenflächen im ökologischen Landbau in Deutschland 4)5)

Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

Konstantin Becker

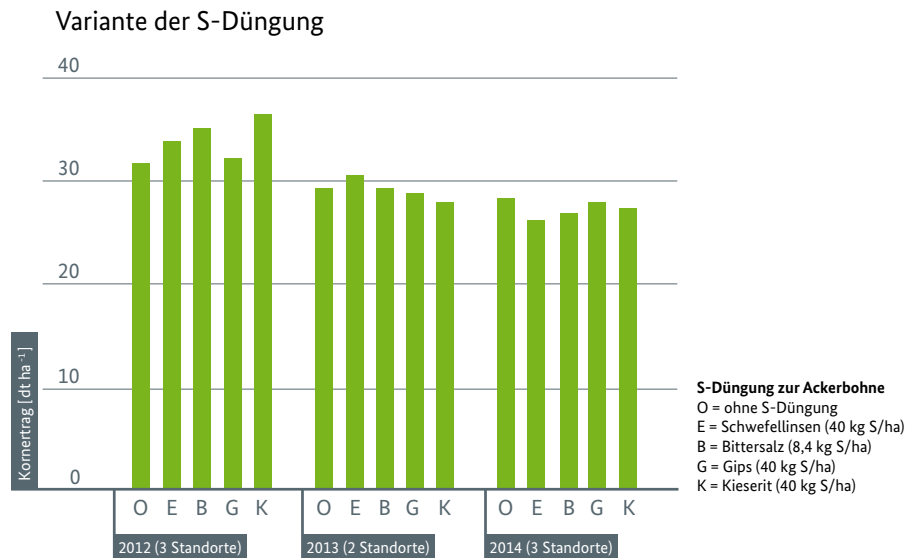
Mail: Konstantin.Becker@agrار.uni-giessen.de

Telefon: 0641 99 37732

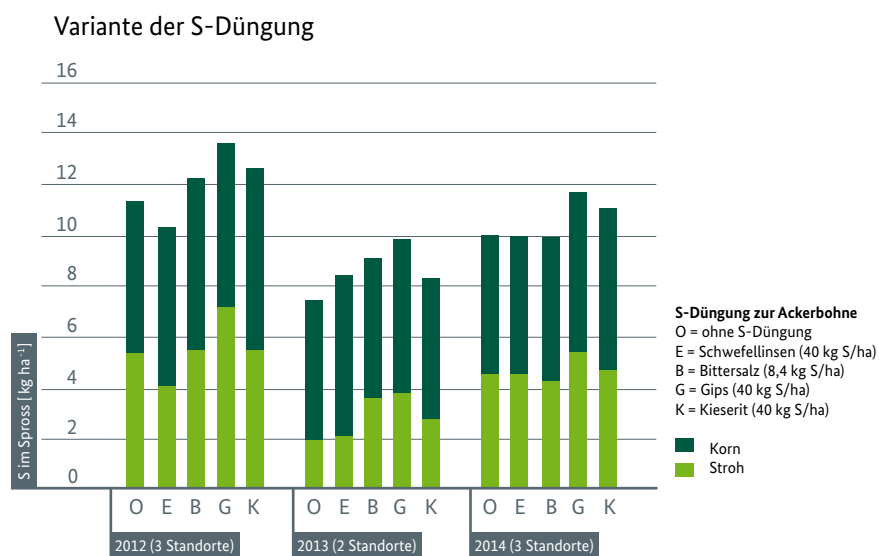
Ist eine Schwefeldüngung auch bei Körnerleguminosen sinnvoll?

Um den Einfluss einer Schwefeldüngung auf Körnerleguminosen zu prüfen, wurden im Auftrag des BÖLN⁷⁾ mehrjährige Feldversuche mit Schmalblättriger Lupine, Ackerbohne und Erbse von der HTW Dresden und der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt. Dabei wurden auf langjährig ökologisch bewirtschafteten Flächen die Wirkung verschiedener Schwefeldünger zu den Sommerformen der Körnerleguminosen geprüft. Um spezifisch die Wirkung des Schwefels auf Ertrag, Schwefelaufnahme und Qualität des Erntegutes der geprüften Körnerleguminosen zu ermitteln, wurde nur elementarer Schwefel (Schwefellinsen), Magnesiumsulfat (Bittersalz, Kieserit) und Calciumsulfat (Anhydrit) gedüngt.

Eine Schwefeldüngung zeigte im Mittel der Jahre und Standorte weder bei der Ackerbohne, noch bei der Schmalblättrigen Lupine oder Erbse eine Wirkung auf den Kornertrag, unabhängig davon, wie hoch der Ertrag der Bestände war.



Einfluss der Schwefeldüngung auf den Kornertrag der Ackerbohne (Mittelwerte über Standorte)



Einfluss der Schwefeldüngung auf den S-Entzug in Stroh und Korn der Ackerbohne (Mittelwerte über Standorte)

Eine Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen führte unter den geprüften Bedingungen nicht zu höheren Erträgen!

Der Bedarf an Schwefel scheint bei den drei geprüften Sommerkörnerleguminosen deutlich geringer zu sein als bei Futterleguminosen. Durch eine Düngung von elementarem Schwefel zur Saat konnte die Schwefelaufnahme der Sommerkörnerleguminosen nahezu nicht, durch eine Düngung über das Blatt mit Bittersalz nur leicht erhöht werden, im Mittel der Arten, Standorte und Jahre um 0,7 Kilogramm Schwefel pro Hektar. Eine Düngung mit Anhydrit (Gips) und Kieserit steigerte die Schwefelaufnahme im Mittel der Arten, Standorte und Jahre um 2,1 bzw. 1,6 Kilogramm Schwefel pro Hektar. Das bedeutet, dass im Durchschnitt bei Anhydrit nur 5,2 Prozent und bei Kieserit nur 4,0 Prozent der gedüngten Schwefelmenge durch die Körnerleguminosen verwertet wurde.



l.: Junge Erbsen, m.: Blühende Lupinen (Bild: D. Menzler, ©BLE) r.: Ackerbohnen (Bild: T. Stephan, ©BLE)

Die beste Verwertung wurde bei einer Schwefeldüngung über das Blatt mit Bittersalz erzielt. Hier nahmen die Pflanzen im Mittel 8,2 Prozent des gedüngten Schwefels auf, sodass sich über diese Form der Düngung die Schwefelversorgung kurzfristig am besten erhöhen ließ. Insgesamt waren die Unterschiede bei der Verwertungseffizienz der gedüngten sulfatischen Schwefeldüngemittel zwischen den geprüften Körnerleguminosenarten jedoch gering.

Die geprüften Körnerleguminosen wiesen im Vergleich zu Futterleguminosen einen geringeren Bedarf an Schwefel auf und verwerteten den gedüngten Schwefel in geringerem Umfang!

Weder der Stickstoffgehalt im Korn, noch die Aminosäurezusammensetzung im Korn wurden bei den Körnerleguminosen durch eine Schwefeldüngung signifikant erhöht. Eine Schwefeldüngung führte damit nicht zu einer Qualitätsverbesserung des Erntegutes.

Eine Schwefeldüngung führte bei Körnerleguminosen nicht zu einer Qualitätsverbesserung des Erntegutes!

Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

Knut Schmidtke
 Mail: schmidtke@htw-dresden.de
 Telefon: 0351 4622114

Wie kann die Schwefelversorgung von Boden und Pflanze festgestellt werden?

Eine Diagnose der Schwefelversorgung von Boden und Pflanze muss kulturartenspezifisch durchgeführt werden. Bei Körnerleguminosen konnte unter Freilandbedingungen im ökologischen Landbau bisher kein Nachweis erbracht werden, dass Schwefel als ertragslimitierender Faktor aufgetreten ist. Gleiches gilt für die Getreidearten, bei denen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus, zumindest bis zum heutigen Zeitpunkt, keine relevante Schwefelmangelsituation nachgewiesen werden konnte.

Um die Schwefelversorgung in Boden und Pflanze in Bezug auf Futterleguminosen diagnostizieren zu können, stehen dem Praktiker verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung.

Ertrags- und Betriebssituation einschätzen:

Sind die Erträge im Vergleich zu früheren Jahren (bis Ende der 90er/ Anfang zweitausend) stabil auf einem hohen Niveau, besteht für den Betriebsleiter kein dringender Handlungsbedarf. Sind die Erträge dagegen in den letzten Jahren deutlich abgefallen, ist es notwendig, sich intensiver mit der Thematik zu befassen. Dafür bieten die folgenden Verfahren an, einen möglichen Mangel festzustellen:

Visuelle Bonitur: Schwefelmangel bei Futterleguminosen wird sichtbar durch eine typische Aufhellung des Bestandes (niedriger Chlorophyllgehalt). Im Gegensatz zum Stickstoffmangel, der auch mit Blattaufhellungen verbunden ist, sind bei Schwefel eher die jüngeren Blätter betroffen. Bei Futterleguminosen äußert sich ein Mangel auch in Form von niedrigeren Erträgen, einem schwächeren Wuchs und einem geringeren Leguminosenanteil im Gemenge.

Schätzverfahren: Für eine erste, grobe Schätzung der betrieblichen Schwefelversorgungssituation sind sogenannte Schwefel-Schätzrahmen geeignet. Sie sind einfach zu nutzen, kostengünstig und sie geben eine erste Orientierung zum aktuellen Schwefelversorgungszustand in Abhängigkeit von Standort-, Witterungs- und Bewirtschaftungsdaten.

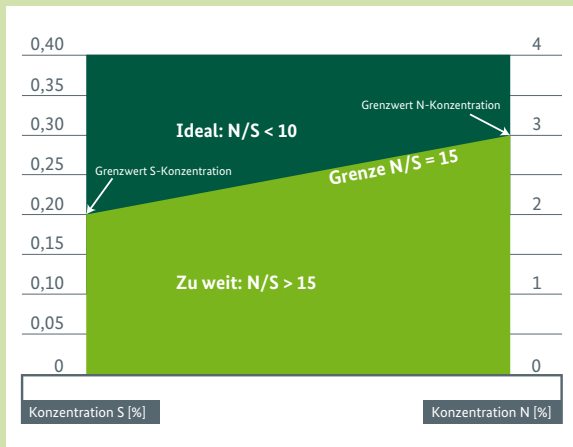
Schwefelbilanz: Wesentlich genauer ist eine Schwefelbilanz auf Betriebsebene. Sie zeigt, wie viel Schwefel an welchen Stellen in den Betriebskreislauf hineinkommt und verlorenght. Ein negativer Schwefelsaldo weist darauf hin, dass niedrige Erträge bei Futterleguminosen auf eine unzureichende Schwefelversorgung zurückzuführen sein können.

Pflanzenanalyse:

In getrocknetem Pflanzenmaterial können die Schwefelkonzentration und der Stickstoff/Schwefel-Quotient Hinweise auf den Versorgungszustand der Pflanzen mit Schwefel geben. Nachteilig ist, dass gezielte Maßnahmen erst nach der Analyse eingeleitet werden können und eventuell zu spät kommen. Das Ergebnis einer Pflanzenanalyse stellt immer die Ist-Situation der Pflanze dar. Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen auch weitere Einflussfaktoren wie etwa die Wasserversorgung berücksichtigt werden. Eine gute Übersicht bieten fortlaufende Pflanzenanalysen wie zum Beispiel die Futtermittelanalyse.

Folgende Werte weisen auf eine ausreichende Schwefelversorgung hin: Schwefelkonzentration (TS): mindestens 0,2%; Stickstoffkonzentration (TS): mindestens 3 %; Stickstoff/Schwefel-Quotient: nicht größer als 15.

Stickstoff- und Schwefelkonzentrationen in Futterleguminosen, ganzer Spross (ohne Stoppel) zum Knospenstadium/ Blühbeginn (Becker 2015)



N-Konzentration von unter 3 % und S-Konzentration unter 0,2 % zeigen eine deutliche Mangelsituation bei Futterleguminosen an. Sind die Bestände gut versorgt können wesentlich höhere Konzentrationen erreicht werden (N-Konzentration > 3 %, S-Konzentration > 0,25 %). Der N/S Quotient als Kennzahl der Schwefelversorgung ist alleine nicht aussagefähig, da niedrige S-Konzentrationen auch mit niedrigen N-Konzentrationen einhergehen. Ein enges N/S-Verhältnis kann so eine ausreichende Schwefelversorgung vortäuschen.

Futtermittelanalyse:

Die Futtermittelanalyse ist eine gute Möglichkeit, einen Überblick über die Schwefelversorgungssituation des Gesamtbetriebes zu erhalten. In einigen Futtermittelanalysen wird der Schwefelgehalt im Futter standardmäßig oder auf Nachfrage mit ausgewiesen. Aus dem Rohproteingehalt lässt sich der Stickstoffgehalt berechnen und damit auch der Stickstoff/Schwefel-Quotient.

Bodenanalyse:

Ähnlich wie der N_{\min} -Vorrat kann auch der S_{\min} -Vorrat im Boden im Spätherbst oder Frühjahr als Maß für den Schwefelversorgungszustand von Flächen bestimmt werden. Je nach Ergebnis, kann der Landwirt anschließend rechtzeitig und bedarfsgerecht die Düngung planen. Es empfiehlt sich, die Bodenprobe auf weitere Nährstoffe untersuchen zu lassen, im Idealfall auf sämtliche pflanzenrelevanten Makro- und Mikronährstoffe.

Düngungsversuch:

Für einen einfachen Düngungsversuch reicht es aus, zu Beginn der Vegetation im Frühjahr auf einigen Quadratmetern ein sulfathaltiges Düngemittel mit der Hand auszubringen, am besten an verschiedenen Stellen. Dazu wird die Fläche ausgemessen und abgesteckt und der Dünger anschließend gleichmäßig verteilt. Das Düngemittel wird vorher so abgewogen, das pro Quadratmeter sechs Gramm Schwefel ausgebracht werden (entspricht 60 Kilogramm Schwefel je Hektar). Alternativ können auch mit einem Düngerstreuer ein oder mehrere Streifen abgefahren werden. Eine Schwefelmangelsituation erkennt man an einem besseren Wachstum in den gedüngten Bereichen. Auch hier besteht allerdings der Nachteil, dass erst nach Sichtbarwerden der Symptome gegengesteuert werden kann.



Düngung von Klee gras zum zweiten Schnitt mit Sulfat-Schwefeldünger, Gladbacherhof (Bild: F. Schulz, JLU Gießen)

Welche schwefelhaltigen Düngemittel dürfen im ökologischen Landbau eingesetzt werden?

Die Zulassung von Düngemitteln für den ökologischen Landbau ist in der EU-Bio Verordnung und in den Richtlinien der Anbauverbände geregelt.

Schwefelgehalte organischer Düngemittel (ungefähre Angaben)

Dünger	St (mg S je g TS)	SO ₄ -S (% v. St)	C/S
Jauche	2,4	64	11
Gülle	5,2	16	81
Komposte	3,3	4	70
Stallmist	5,1	3	84
Zwischenfrüchte	2,0	< 10	200

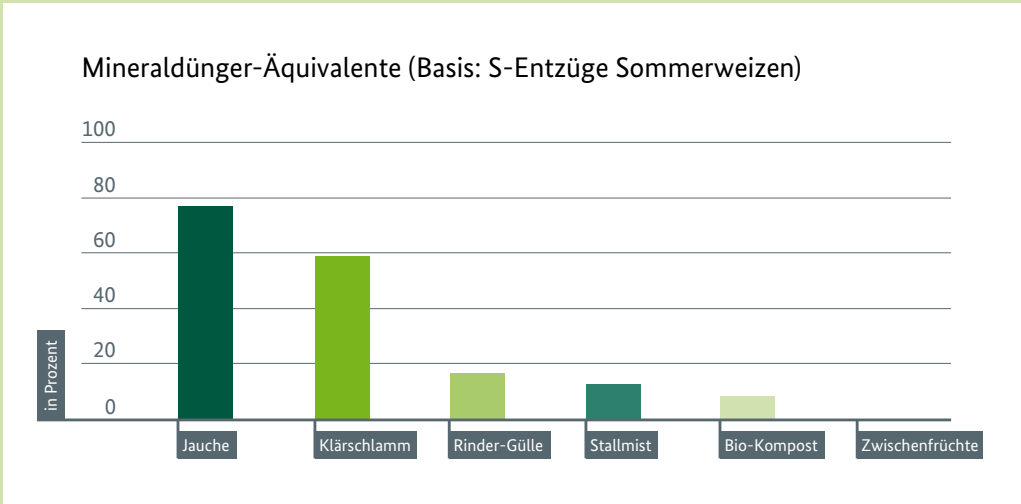
Beim Einsatz von organischen Düngemitteln ist zu beachten, dass die enthaltenen Nährstoffe nur langsam freigesetzt werden. Im ersten Anwendungsjahr stehen der Pflanze nur circa 5 bis 10 Prozent des enthaltenen Schwefels zur Verfügung. Bei Kulturen mit frühem und hohem Schwefelbedarf ist eine alleinige organische Düngung eventuell nicht ausreichend. Im Gegensatz zu zugekauften Düngemitteln wie Komposte oder mineralische Düngemittel, verbessern betriebseigene organische Düngemittel nicht die betriebliche Schwefelbilanz.

Mit mineralischen schwefelhaltigen Düngemitteln kann eine Schwefelmangelsituation gezielt und bedarfsgerecht ausgeglichen werden. Im ökologischen Landbau müssen mineralische Düngemittel aus natürlicher Herkunft stammen.

Im ökologischen Landbau zugelassene schwefelhaltige Mineraldünger (geändert nach Mücke 2011)⁸⁾

Dünger	Zusammensetzung	S-Wirkung
Kalisulfat	52 % K ₂ O, 18 % S	schnell
Kali-Magnesia	30 % K ₂ O, 10 % MgO, 17 % S	schnell
Magnesia Kainit	11 % K ₂ O, 5 % MgO, 20 % Na, 4 % S	schnell
Kieserit	25 % MgO, 20 % S	schnell
Bittersalz	16 % MgO, 13 % S	schnell
Anhydrit (Gips, Calciumsulfat)	ca. 18-23 % S	schnell-mittel
Elementarer Schwefel*	90 % S (feste Form); 50-90 % S (flüssige Form)	langsam

* muss erst von Thiobakterien zu Sulfat umgewandelt werden, was sich bei Bodentemperatur < 10 °C lange hinziehen kann. Wirkt zudem versauernd!



Der Schwefelanteil organischer Düngemittel kann nur zu einem geringen Anteil als direkt pflanzenverfügbar angerechnet werden (Gutser und Ebertseder 2002).⁹⁾

Wann, welchen und wie viel Schwefeldünger einsetzen?

Schwefeldüngung zu Futterleguminosen

Wann Schwefel düngen?

Futterleguminosen haben schon früh im Jahr einen hohen Schwefelbedarf. Bereits der erste Aufwuchs muss rechtzeitig zu Beginn der Vegetation mit Schwefel versorgt sein.

Sulfathaltige Düngemittel

Sulfat (SO_4^{2-}) kann aus dem Boden ausgewaschen werden. Sulfathaltige Düngemittel sollten daher, besonders auf auswaschungsgefährdeten Standorten, erst im zeitigen Frühjahr ausgebracht werden, am besten ab Mitte Februar bis Anfang März. Auf Standorte mit geringer Auswaschung ist auch eine Düngung im Herbst möglich. Ein wichtiges Entscheidungskriterium für den Düngetermin ist die Befahrbarkeit der Flächen.

Schwefelhaltige organische Düngemittel

Bei organischen Düngemitteln ist nur ein geringer Anteil des Schwefels kurzfristig pflanzenverfügbar. Um Schwefel aus organischen Düngern für Futterleguminosen nutzbar zu machen, muss schon vor dem Anbau eine Düngung über die Fruchtfolge erfolgen. Die anrechenbaren Schwefelmengen aus organischen Düngern sind schwierig abzuschätzen und müssen gegebenenfalls mit mineralischen Schwefeldüngern ergänzt werden. Zusätzliche Nährstoffe können nur über zugekaufte (externe) Düngemittel in den landwirtschaftlichen Betrieb eingebracht werden. Es bietet sich daher an, zum Beispiel Komposte einzusetzen. Eine Kompostgabe direkt zu den Futterleguminosen ist gut durchführbar und für die Nährstoffversorgung in der gesamten Fruchtfolge sehr sinnvoll. Über Kompostgaben werden der Fruchtfolge auch weitere Nährstoffe, wie Phosphor, Kalium und Mikronährstoffe zugeführt.

Elementarer Schwefel

Elementarer Schwefel kann nicht direkt von der Pflanze aufgenommen werden und muss erst von Thiobakterien in Sulfat umgewandelt werden. Futterleguminosen mit elementarem Schwefel zu düngen ist schwierig, da eine rechtzeitige und bedarfsgerechte Düngewirkung im Frühjahr nicht möglich ist. Auch eine Vorratsdüngung ist nur bedingt zu empfehlen, da das aus dem elementarem Schwefel gebildete Sulfat über den Winter ausgewaschen werden kann.

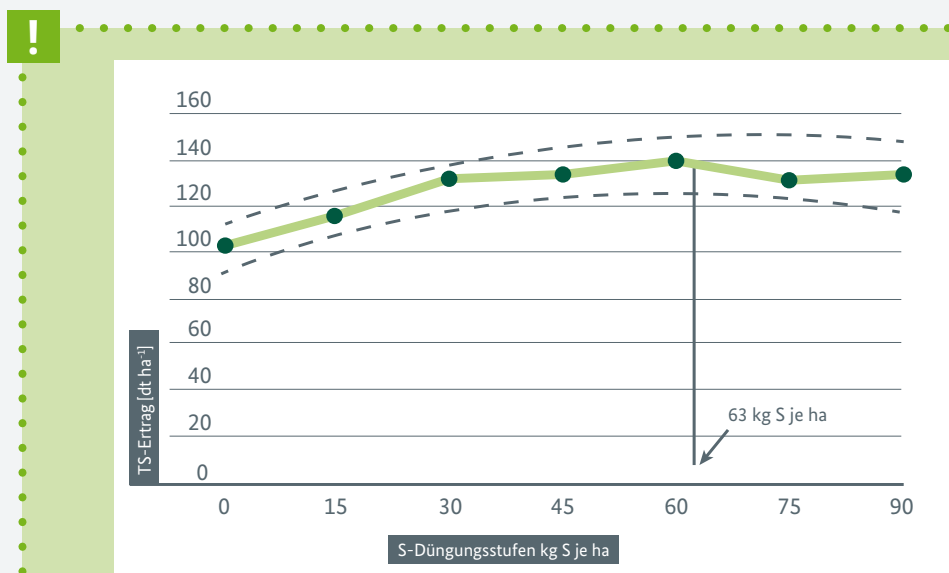
Welchen Schwefeldünger einsetzen?

Die Entscheidung, welcher Schwefeldünger verwendet werden soll, richtet sich nach der Wirksamkeit (schnell/mittel/langfristig), der Verfügbarkeit (insbesondere die Beschaffung externer organischer Dünger) und den Begleitnährstoffen des Düngemittels. Je nach Standort können so weitere fehlende Nährstoffe hinzugefügt werden, zum Beispiel Kalium, Calcium, Magnesium. Auch organische Düngemittel sind Mehrnährstoffdünger. Wichtiges Entscheidungskriterium für ein Düngemittel sind auch die Kosten, bezogen auf das Kilogramm Schwefel.

Wie viel Schwefel düngen?

In Düngungssteigerungsversuchen auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Gießen wurde in zwei Versuchsjahren mit einem jeweils niedrigen S_{\min} -Vorrat im Boden im Frühjahr festgestellt, dass die Pflanzenbeständen sich am besten entwickelten, wenn 60 Kilogramm Schwefel pro Hektar für den Vegetationszeitraum zur Verfügung standen. Der anrechenbare pflanzenverfügbare Schwefel speist sich aus den folgenden drei Quellen:

- bodenbürtiger Schwefel => Schwefel, der ohne weiteres Zutun in der Bodenlösung vorliegt
- pflanzenverfügbarer Schwefel aus organischen Düngern
- Schwefel aus mineralischem Dünger



Ergebnisse eines Schwefel-Steigerungsversuchs in Futterleguminosen zur Bestimmung des Düngungsoptimums, Düngemittel: $MgSO_4$ (Kieserit) und $CaSO_4$ (Gips), Gladbacherhof 2012

Insbesondere bei schnell verfügbaren Düngemitteln ist für die Bemessung der Düngergabe eine jährliche Bodenanalyse nötig, bei der mithilfe des S_{\min} - oder des EUF-Wertes der Düngebedarf ermittelt wird.

Eine vorläufige Klassifizierung in verschiedene Gehaltsstufen für den Anbau von Futterleguminosen zeigt Tabelle 5. Grundlage hierfür sind Literaturwerte und verschiedene deutschlandweite Untersuchungen. ^{3) 10) 11) 12)}

Gehaltsklassen zur Schwefelversorgung bei Futterleguminosen

S_{\min} -Gehalt in 0 bis 60 cm kg je ha	S-Konzentra- tion mg S_{\min} je 100 g Boden	S-Konzentration mg EUF*-S je 100 g Boden	Gehalts- stufe	Bewertung und Empfehlung
< 30	< 0,35	< 0,5	A	niedrige Schwefelversorgung Düngung 60 kg S je ha!
30 bis 60	0,35-0,67	0,5-1,0	C	mittlere Schwefelversorgung Entzugsdüngung auf 60 kg S je ha!
> 60 kg	> 0,67	> 1,0	E	hohe Schwefelversorgung keine Düngung!

* Elektro-Ultra-Filtration

Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen

Körnerleguminosen reagierten in den bisherigen Versuchen im Gegensatz zu den Futterleguminosen nicht auf eine Schwefeldüngung.

Offenbar kann über die bodenbürtigen Vorräte an pflanzenverfügbaren Sulfat-Schwefel im Boden und die Schwefelmineralisation im Boden während der Vegetationszeit bei den Sommerformen der Ackerbohne, Schmalblättrigen Lupine und Erbse der Schwefelbedarf dieser Körnerleguminosenarten gedeckt werden. Eine Ertragssteigerung konnte bei den Körnerleguminosen durch keine der geprüften Düngungsvarianten mit Schwefel festgestellt werden, so dass derzeit keine zusätzliche Düngung bei Sommerformen der Körnerleguminosen notwendig zu sein scheint. Eine Düngung von Sulfat-Schwefel direkt zur Saat der Körnerleguminose bewirkte zudem keine wesentliche Steigerung der Schwefelaufnahme, da im Mittel weniger als 10 Prozent der gedüngten Sulfatschwefelmenge von den Körnerleguminosen aufgenommen wurde.

Für Körnerleguminosen kann deshalb momentan keine Empfehlung für eine zusätzliche Schwefeldüngung gegeben werden. Aufgrund der Bedeutung von Schwefel für die Stickstofffixierung ist es dennoch ratsam, die Situation auch bei Körnerleguminosen weiter zu beobachten.



Auch Wiederkäuer haben einen hohen Schwefelbedarf!

Eine Studie des LLH Hessen zeigte, dass Futterration von ökologisch gehaltenen Milchkühen häufig ein Schwefeldefizit aufweisen – je nach Herkunft des Futters bis zu 8 Gramm Schwefel pro Tag* (Sprenger 2014).¹³⁾

*43 g Bedarf pro Tag, ermittelt mit einer S-Konzentration im Futter von 2,1 g S/kg TM



Fütterung von Milchrindern auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof mit Leguminosen-Gras-Gemenge (Bild: F. Schulz, JLU Gießen)

Quellenangaben

1. UBA (2015): Schwefeldioxid-Emissionen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
2. Scherer H. W., Pacyna S., Spoth K. R., Schulz M. (2008): Low levels of ferredoxin, ATP and leghemoglobin contribute to limited N₂ fixation of peas (*Pisum sativum*L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) under S deficiency conditions. *Biol Fertil Soils* 44, S. 909–916.
3. Becker K., Riffel A., Leithold G. (2015): Sicherung des Ertragspotentials von Luzerne-Kleegrasbeständen durch Verbesserung des aktuellen Schwefelversorgungszustandes ökologisch bewirtschafteter Flächen - Situation und Bedeutung unter Praxisbedingungen. Abschlussbericht des BÖLN-Projektes, 1-198. <http://orgprints.org/29689/>.
4. Scheffer F. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde/ Scheffer; Schachtschabel. – 13., durchgesehene Auflage von Schachtschabel P. Blume H. P., Brümmer G., Hartge K. H. und Schwertmann U., Enke-Verlag.
5. Urbatzka P., Schneider R., Offenberger K. (2013): Schwefelbedarf im Klee gras prüfen. *Pflanzenbau & Technik. Bioland* 1/2013, S. 8-9.
6. Gutser, R. und von Tucher, S. (1999): Freisetzung von Nitratstickstoff und Sulfatschwefel aus einem Langzeitexperiment mit Biokompost. Technische Universität München.
7. Schmidtke K. und Lux G. (2015): Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Abschlussbericht des BÖLN-Projektes, 1-208. <http://orgprints.org/29783/>.
8. Mücke, M. (2011): Schwefel – Muss im ökolandbau dieser Nährstoff viel stärker beachtet werden? LWK Niedersachsen. Beitrag zur SÖL-Pflanzenbauberatertagung, 4. - 5. Oktober, Naumburg/Saale.
9. Gutser, R. und Ebertseder, Th. (2002): Grundlagen zur Nährstoff und Sonderwirkung sowie zu optimalen Einsatzstrategien von Kompost im Freiland. In: Zentralverband Gartenbau e.V. (ZVG) (Hrsg.). *Handbuch Kompost im Gartenbau*. FGG Fördergemeinschaft Gartenbau mbH, Bonn, 47-72.

10. Link A. (2002): Schwefeldüngung. Thüringer Düngungstagung 2001. Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) H. 11, S. 33-40.
11. Koch J., Baumgärtel G., Claassen N., Hege U., Heyn J., Link A., Orlovius K., Pasda G., Suntheim L. (2000): Schwefelversorgung von Kulturpflanzen - Bedarfsprognose und Düngung. VDLUFA, Standpunkt 2000. Online abrufbar: <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/03-schwefel.pdf>.
12. Bergmann W. (1993): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav-Fischer-Verlag Jena.
13. Sprenger, J. (2014): Die Bedeutung von Schwefel in der Fütterung von Wiederkäuern. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. Beitrag zur Bioland-Wintertagung 3. - 4. Februar, Rauischholzhausen.

Anhang

Vorlage für Hoftor-Bilanz Schwefel

Schwefelbilanz auf Hoftor-Basis

Betriebsdaten	Flächenverhältnisse	
	Ackerland davon:	
Name:	Getreide	
Email:	Hackfrüchte	
Anschrift:	Körnerleguminosen	
Tel.:	Futterleguminosen	
Fax:	andere Druschfrüchte	
Arbeitskreis/Verband:	Grünland	
	Stilllegung/Brache	
	Gesamt	
<hr/>		
Tierhaltung	in GV ha-1	
Gesamt davon:		
Wiederkäuer		
Monogaster		

Nährstoffverkäufe

	Menge (t)	S-Gehalt (kg S t ⁻¹)	Entzug (kg S)
Tierische Produkte			
Milch (t)		0,34	
Kühe, Kälber (t LG)		2,30	
Bullen (t LG)		2,30	
Ferkel (t LG)		2,24	
Schweine (t LG)		2,24	
Schafe, Pferde (t LG)		2,50	
Hühner, Pute (t LG)		2,08	
Eier (16 666 St. á 60 g)		1,80	
Sonstiges:			
Gesamt:			
Pflanzliche Produkte			
Grünland			
Heu		2,10	
Grassilage		1,20	
Ackerland			
Getreide		2,00	
Körnerleguminosen		2,00	
Raps		5,00	
Kartoffeln		0,30	
Zuckerrüben		0,30	
Zuckerrübenblattsilage		5,00	
Stroh		1,50	
Ackerfutter		1,20	
Maissilage		1,00	
Rotkleesamen		10,00	
Körnermais		2,00	
Sonstiges:			
Gesamt:			

	Menge (t FM)	S-Gehalt (kg S t ⁻¹ FM)	Entzug (kg S)
Organische Wirtschaftsdünger			
Stallmist		0,50	
Gülle		0,45	
Jauche		0,25	
Klärschlamm		0,90	
Bioabfallkompost		0,25	
Biogasgülle		0,50	
Gesamt			
		kg S ha ⁻¹	Entzug
Sonstige Nährstoffverluste			
Auswaschung (gemittelter Literaturwert, ggf. anpassen)		40,00	
Summe abgeführte Menge an Schwefel in kg			
Summe abgeführte Menge an Schwefel pro ha			

Nährstoffzukaufe

	Menge (t)	S-Gehalt (kg S t ⁻¹)	Entzug (kg S)
Tierische Produkte			
Milch (t)		0,34	
Kühe, Kälber (t LG)		2,30	
Bullen (t LG)		2,30	
Ferkel (t LG)		2,24	
Schweine (t LG)		2,24	
Schafe, Pferde (t LG)		2,50	
Hühner, Pute (t LG)		2,08	
Eier (16 666 St. á 60 g)		1,80	
Sonstiges:			
Gesamt:			
Pflanzliche Produkte			
Grünland			
Heu		2,10	
Grassilage		1,20	
Ackerland			
Getreide		2,00	
Körnerleguminosen		2,00	
Raps		5,00	
Kartoffeln		0,30	
Zuckerrüben		0,30	
Zuckerrübenblattsilage		5,00	
Stroh		1,50	
Ackerfutter		1,20	
Maissilage		1,00	
Rotkleesamen		10,00	
Körnermais		2,00	
Sonstiges:			
Gesamt:			

	Menge (t)	S-Gehalt (kg S t ⁻¹)	Entzug (kg S)
Futtermittel			
Kö.-leguminosen-Schrot		4,80	
Melasseschnitzel		3,00	
Biertreber		3,00	
Rapskuchen		7-16,00	
Zuckerrübenblattsilage		5,00	
Kraftfutter		eigene Angaben	
Mineralfutter		eigene Angaben	
Sonstiges:			
Gesamt:			
Saat-/Pflanzgut			
Getreide		2,00	
Körnerleguminosen		2,00	
Mais		2,00	
Raps		5,00	
Kartoffeln		0,30	
Zuckerrüben		0,30	
Futterleguminosen		5,00	
Sonstiges:			
Gesamt:			
Mineralische Düngemittel			
Kaliumsulfat			
Patentkali			
Magnesia-Kainit			
Kieserit			
Bittersalz			
Calciumsulfat/Naturgips			
Kalkdünger mit S			
Elementarer S (fest)			
Elementarer S (flüssig)			
Sonstiges:			
Gesamt:			

	Menge (t FM)	S-Gehalt (kg S t ⁻¹ FM)	Entzug (kg S)
Organische Wirtschaftsdünger			
Stallmist		0,50	
Gülle		0,45	
Jauche		0,25	
Klärschlamm		0,90	
Bioabfallkompost		0,25	
Biogasgülle		0,50	
Gesamt			
		kg S ha ⁻¹	Entzug (kg S)
Sonstige Nährstoffeinträge			
atmosphärische Deposition		7-10,00	
Summe importierte Menge an Schwefel in kg			
Summe importierte Menge an Schwefel pro ha			
Summe importierte Menge an Schwefel in kg			
Summe abgeführte Menge an Schwefel in kg			
Saldo absolut			
Saldo relativ pro ha			

Autoren

Konstantin Becker

(Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Organischen Landbau, Universität Gießen)

Alexandra Riffel

(Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Organischen Landbau, Universität Gießen)

Knut Schmidtke

(Prorektor für Forschung und Entwicklung der Professur Ökologischer Landbau, HTW Dresden)

Stephanie A. Fischinger

(Bereichsleitung Forschung und Entwicklung, Bioland Beratung GmbH)

Redaktion

Geschäftsstelle BÖLN

Förderung

Diese Praxisbroschüre ist im Rahmen der Forschungsprojekte „*Sicherung des Ertragspotentials von Luzerne-Kleegrasbeständen durch Verbesserung des aktuellen Schwefelversorgungszustandes ökologisch bewirtschafteter Flächen - Situation und Bedeutung unter Praxisbedingungen*“ (FKZ: 2810OE104) und „*Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im ökologischen Landbau*“ (FKZ: 2811OE110 und 2811OE111) entstanden, die durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft gefördert wurde.

Haftungsausschluss

Alles in dieser Praxisbroschüre enthaltenden Angaben wurden von den Autoren und Autorinnen nach besten Wissen erstellt und von ihnen sowie der Redaktion mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch sind Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben usw. ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie der Autoren oder

des Herausgebers. Beide übernehmen deshalb keinerlei Verantwortung und Haftung für etwa vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten.

Copyright

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung der Herausgeberin unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

Beteiligte Institutionen

- Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU), Professur für organischen Landbau
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW), Fakultät Landbau/
Landschaftspflege, Fachgebiet Ökologischer Landbau
- Bioland Beratung GmbH



Impressum

Herausgeberin

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Anstalt des öffentlichen Rechts
Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn

Telefon: +49 (0)228 6845-0

Telefax: +49 (0)228 6845-3444

Internet: www.ble.de

E-Mail: info@ble.de

Präsident: Dr. Hanns-Christoph Eiden

Vizepräsidentin: Dr. Christine Natt

Umsatzsteuer-ID gemäß § 27 a UStG: DE 114 110 249

Layout

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Referat 421 – Medienkonzeption und -gestaltung

Druck

MKL Druck GmbH & Co. KG, Ostbevern