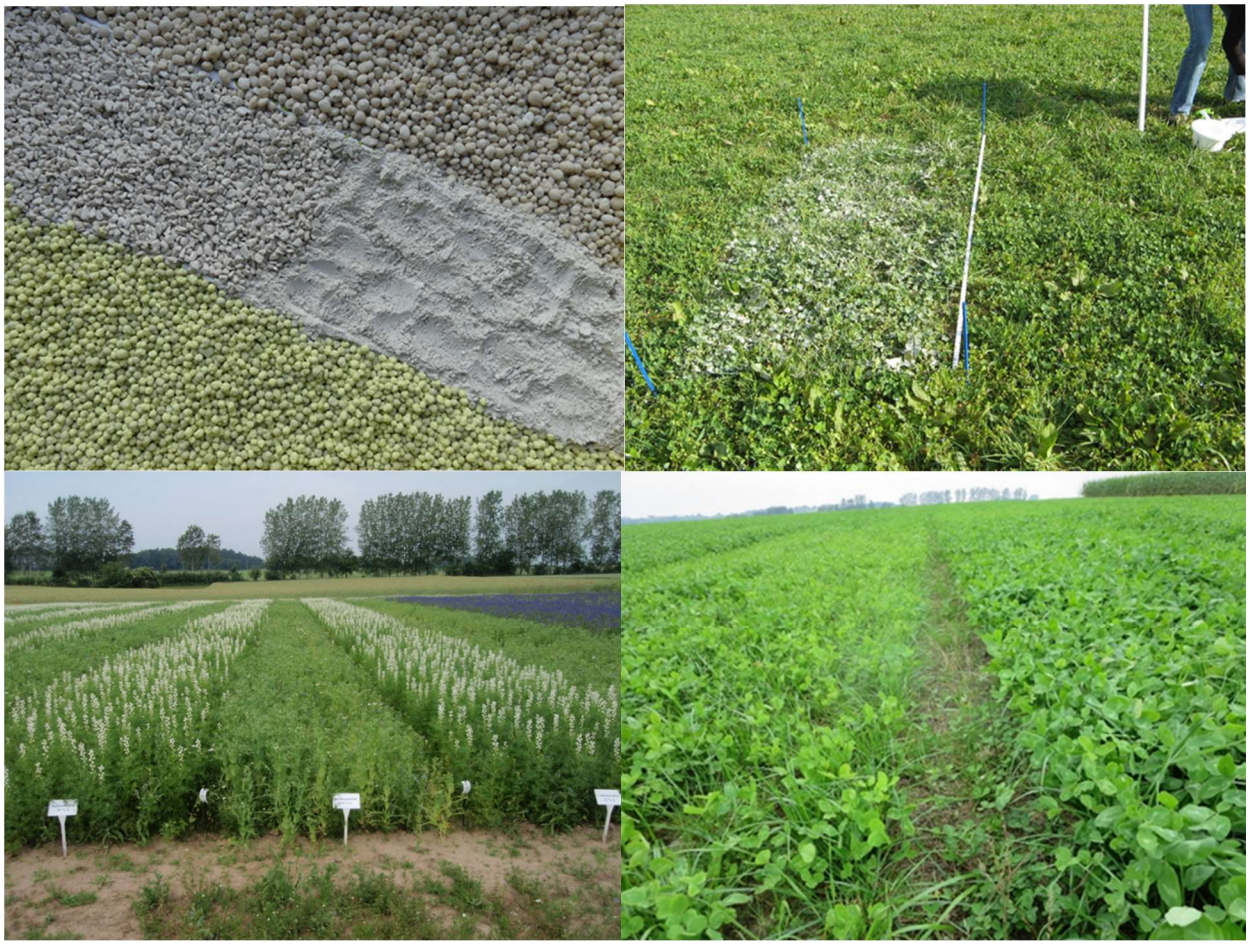


Schwefeldüngung im ökologischen Landbau

Verband der Landwirtschaftskammern

Arbeitskreis Ökologischer Landbau

Beiträge aus den Bundesländern und Landwirtschaftskammern, Ergebnisse aus mehrjährigen Parzellenversuchen an verschiedenen Standorten in Deutschland mit Empfehlungen für die Praxis

Mecklenburg Vorpommern

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei

Impressum

Herausgeber: Landesforschung für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Dorfplatz 1/OT Gülzow, 18276 Gülzow-Prüzen

Telefon:	03843 789-0
Fax:	03843 789-111
Internet:	http://www.lfamv.de
E-Mail:	poststelle@lfa.mvnet.de

Redaktionskollegium: Die Verantwortung für die Beiträge liegt bei den Autoren.

Titelfotos: Gruber, H.; Titze, A.; Urbatzka, P.

Inhalt

Bedeutung von Schwefel für Boden und Pflanze 6
Einleitung 6
Schwefel im Boden 6
Schwefel in der Pflanze 6
Ziel der Schwefeldüngung 7
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 7
Literaturverzeichnis 7
Verbreitung von Schwefelmangel im Kleegras in Ökobetrieben in Bayern 8
Einleitung 8
Material und Methode 8
Ergebnisse und Diskussion 8
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 9
Status Quo der Schwefelversorgung in Öko-Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern 10
Einleitung 10
Material und Methode 10
Ergebnisse und Diskussion 11
Smin-Gehalte im Boden 11
S-Gehalte im Kleegrasaufwuchs 12
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 13
Literaturverzeichnis 13
Praxisuntersuchungen zusammengefasst 14
Effekte einer Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen im Öko-Landbau 15
Einleitung 15
Material und Methode 15
Ergebnisse und Diskussion 16
Bodengehalte 16
Pflanzengehalte 16
Kornertrag 17
S-Gehalte im Erntegut 18
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 18
Literaturverzeichnis 20
Effekte einer Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen im Öko-Landbau 21
Steckbrief 21
Hintergrund 21
Ergebnisse 22
Kornertrag 22

S-Aufnahme der Körnerleguminosen 23
Fazit 23
Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen zusammengefasst 24
Einfluss von Höhe und Zeitpunkt einer Schwefeldüngung zu Kleegras 25
Einleitung 25
Material und Methode 25
Ergebnisse und Diskussion 26
Smin-Gehalte im Boden 26
Schwefelgehalt in der Pflanzenmasse 26
Leguminosenanteile 26
Trockenmasseerträge 27
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 28
Literaturverzeichnis 28
Vergleich einer Düngung mit elementarem Schwefel und Schwefelsulfat im zweijährigen Kleegras 30
Einleitung 30
Material und Methode 30
Ergebnisse und Diskussion 31
Erstes Hauptnutzungsjahr 31
Zweites Hauptnutzungsjahr 33
Nachfrucht Winterweizen 34
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 34
Literaturverzeichnis 34
Einfluss unterschiedlicher Schwefeldüngungshöhen auf den Ertrag von zweijährigem Kleegras 35
Einleitung 35
Material und Methode 35
Ergebnisse und Diskussion 35
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 37
Literaturverzeichnis 37
Schwefeldüngung zu Kleegras zusammengefasst 38
Effekte einer Sulfatdüngung zu Winterweizen 39
Einleitung 39
Material und Methode 39
Ergebnisse und Diskussion 39
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 41
Literaturverzeichnis 41
Einfluss unterschiedlicher Schwefeldünger auf Ertrag und Qualität von Winterweizen .. 42
Versuchsbeschreibung 42

Standortdaten 42
Ergebnisse 43
Ertrag und Qualität 43
Stickstoff- und Schwefelgehalte 45
Zusammenfassung und Schlussfolgerung 46
Literaturverzeichnis 46
Schwefeldüngung zu Winterweizen kurz zusammengefasst 47
Praxisempfehlungen zur Schwefeldüngung 48
Zugelassene Schwefeldünger im Ökolandbau 48
Schwefelversorgung über Wirtschaftsdünger 49
Schwefelbedarf ermitteln 49
Schwefeldüngung zu verschiedenen Kulturen 49
Ackerbohnen, Sommererbsen, Lupinen 49
Wintererbsen 50
Futterleguminosen 50
Winterweizen 51

Bedeutung von Schwefel in Boden und Pflanze

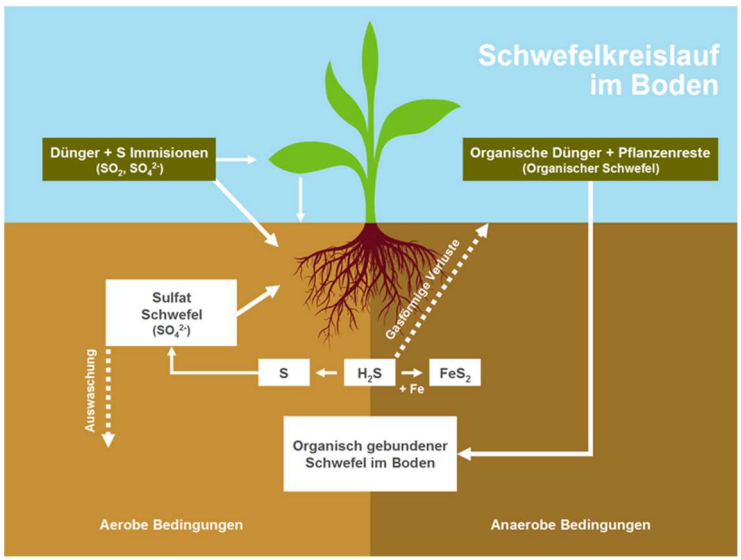
Carolina Wegner, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Fachbereich ökologischer Landbau

Einleitung

Während die Schwefeldüngung bei konventioneller Bewirtschaftung besonders im Winterweizen und Raps seit vielen Jahren zum Standard gehört und viele Versuche die Wirksamkeit nachgewiesen haben, hat der Ökolandbau diesbezüglich Nachholbedarf. Sinkende Schwefeldioxidemissionen aus der Luft führen aber auch im Ökolandbau zunehmend zu einer niedrigen Schwefel-Verfügbarkeit und in der Folge zu geringeren S-Gehalten in den Pflanzen. Schwefel ist ein natürlich vorkommendes bergbauliches Abbauprodukt und ist als elementarer Schwefel und in Verbindungen mit Kalium, Calzium und Magnesium auch im Ökolandbau zugelassen (siehe Betriebsmittelliste). Die jüngst in verschiedenen Regionen Deutschlands unter ökologischen Anbaubedingungen durchgeführten Versuche zeigen welche Kulturen positiv auf die Düngung reagieren. Die Höhe der Effekte kann vom Boden, von der Witterung und der Fruchtart abhängig sein.

Schwefel im Boden

Schwefel liegt im Boden zu 90 % in organisch gebunden in Form von Pflanzenresten, Tierexkrementen, Mikroorganismen und Humus vor. Der organisch gebundene Schwefel muss durch Mineralisierung in pflanzenverfügbare Formen umgewandelt werden. Die dabei tätigen Mikroorganismen (Thiobacillus) verwandeln durch Oxidation den kohlenstoffgebundenen Schwefel in Sulfationen um (SO_4^{-2}, $S_2O_3^{-2}$), die die Pflanze direkt aufnehmen kann. Die Mineralisierung hängt von verschiedenen Faktoren ab und ist besonders intensiv, wenn das C:N-Verhältnis kleiner als 200:1 ist, der pH-Wert eher im sauren Bereich liegt und der Boden mäßig durchfeuchtet ist (Dick et al. 2008). Jegliche Extreme fördern die Festlegung oder Auswaschung von Schwefel. Kälte im Frühjahr oder extreme Trockenheit schränken die Aktivität der Schwefel umwandelnden Thiobakterien stark ein. Je sandiger der Boden umso eher kann Schwefelmangel auftreten.



Quelle: http://www.kali-gmbh.com/dede/fertiliser/advisory_service/nutrients/sulphur.html

Schwefel in der Pflanze

Schwefel ist ein essentieller Pflanzennährstoff und neben dem allgemeinen Wachstum insbesondere für die Proteinsynthese schwefelhaltiger Aminosäuren wie z. B. Cystein und

Methionin erforderlich. Diese spielen in der Ernährung von Monogastriern eine wichtige Rolle. Darüber hinaus ist Schwefel ein wichtiger Baustein bei der symbiontischen Stickstofffixierung. Beide Aspekte sind besonders für Leguminosen von zentraler Bedeutung, denn neben dem Ziel hoher Erträge steht besonders die Eiweißqualität im Fokus. Pflanzen nehmen hauptsächlich über die Wurzeln Schwefel in Form von Sulfat auf. Die Regulation dieser Aufnahme nimmt die Pflanze selbst vor und kann dafür verschiedene Mechanismen aktivieren (Aufnahme aus dem Boden, Umverteilung in der Pflanze oder Blockade der Schwefelaufnahme). Der in der Pflanze befindliche Schwefel ist überwiegend in den schwefelhaltigen Aminosäuren gebunden. Bei starkem Wachstum einzelner Organe (z. B. Blätter) wird verstärkt Schwefel über Transportproteine an diesem Orten bereitgestellt und bei abnehmendem Bedarf auch wieder abtransportiert (Haneklaus et al. 2003).

Ziel der Schwefeldüngung

Schwefelmangel zeigt sich am deutlichsten an stark aufgehellten jungen Blättern. Diese sogenannten Chlorosen verringern die Photosyntheseleistung und in der Folge das Pflanzenwachstum und die Knöllchenbildung. In für den Ökolandbau zugelassenen Schwefeldüngern liegt der Schwefel in elementarer Form (z. B. Schwefellinsen) oder als Sulfation (z. B. Magnesium-, Calium-, Kaliumsulfat) vor. Wird Schwefel als Sulfat dem Boden zugeführt, ist dieser schnell wasserlöslich, und kann als Ion von den Pflanzen aufgenommen werden. Dadurch erfolgt die Bedarfsdeckung vergleichsweise schnell und unabhängig von der Bodenmineralisierung. Während der Raps sehr schwefelbedürftig ist, nimmt der Bedarf über Getreide, Kartoffeln und Zuckerrüben bis hin zu den Erbsen ab. Dennoch haben Leguminosen aufgrund ihrer hohen Eiweißgehalte einen erhöhten S-Bedarf (Mengel 1984) und könnten von einer gezielten Schwefeldüngung profitieren. Nicht zuletzt ist dadurch eine erhöhte Symbioseleistung möglich und für nicht legume Folgekulturen könnte mehr Stickstoff übrig bleiben (Schmidtke, Lux 2015). Welche Kulturen die Schwefeldüngung honorieren und welche kaum Effekte zeigen soll in den nachfolgenden Beiträgen besprochen werden. Versuchsergebnisse aus Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen sowie aus einem Projekt der TH Dresden, an dem verschiedene Bundesländer beteiligt waren, bilden Grundlage für nachfolgende Ausführungen.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Schwefel liegt im Boden zum größten Teil organisch gebunden vor. Die Freisetzung erfolgt durch die Aktivität von Bakterien, die dafür ausreichend Feuchtigkeit und Wärme brauchen. Die Pflanze nimmt Schwefel bevorzugt als Sulfation auf, transportiert diese an Stellen mit hohem Bedarf und synthetisiert daraus schwefelhaltige Aminosäuren. Darüber hinaus ist Schwefel für die symbiontische Stickstofffixierung unerlässlich. Liegt Schwefel nicht ausreichend im Boden vor, muss mineralischer Schwefel in Form von Sulfaten zugeführt werden. Welche Kulturen besonders auf eine Schwefeldüngung reagieren, wird in den nachfolgenden Beiträgen diskutiert.

Literaturverzeichnis

Mengel K (1984) Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.

Dick W Kost D Chen L (2008) Availability of sulfur to crops from soil and other Sources. In: A missing link between soils, crops and nutrition. Madison: Amerikan society of agronomy, inc., pp. 59-82.

Schmidtke K Lux G (2015) Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. http://www.orgprints.org/29783/ Abschlussbericht zum Verbundvorhaben BOELN 2811OE110 u. BOELN 2811OE111.

Haneklaus S Bloem E Schnug E (2003) The global sulphur cycle and its links to the plant environment In: sulphur in plants. Dodrecht: Kluwer academic pp 1-28.

Verbreitung von Schwefelmangel im Kleegras in Ökobetrieben in Bayern

Peer Urbatzka, Regina Schneider*, Konrad Offenberger, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, *Naturland Fachberatung

Einleitung

Die Entwicklung der Futterleguminosen ist im ökologischen Pflanzenbau von entscheidender Bedeutung, da hiervon die Ertragsfähigkeit der Folgefrüchte und die Bodenfruchtbarkeit abhängen. Daher benötigen die Leguminosen optimale Wachstumsbedingungen. Wird der hohe Schwefelbedarf nicht gedeckt, kann dies zu einer reduzierten Eiweißsynthese im Kleegras führen. Folgen können Mindererträge des Kleegrases sowie der Nachfrüchte aufgrund einer geringeren Vorfruchtwirkung des Kleegrases sein.

Material und Methode

Die Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern (LfL) stellte in Zusammenarbeit mit den Fachzentren Ökologischer Landbau an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forst (ÄELF) Bamberg, Ebersberg und Kaufbeuren sowie den Anbauverbände Bioland, Naturland, Biokreis und Demeter Umfang und Verbreitung von Schwefelmangel im Kleegras fest. Angelegt wurden 77 Kleinstversuche auf Praxisbetrieben des ökologischen Landbaus. Die Versuche stammen aus dem Jahr 2012, die Betriebe waren bayernweit verteilt. Je Betrieb wurde ein Schlag untersucht. Repräsentative Flächen von vier Quadratmeter erhielten hierzu je dreimal eine Gabe mit Calciumsulfat. Die Ausbringung erfolgte von Hand im zeitigen Frühjahr des ersten, zweiten oder dritten Hauptnutzungsjahres mit 40 kg S/ha (Abb. 1).



Abb. 1: Schwefelausbringung von Hand auf den Kleinstparzellen

Die Wirkung der Schwefelgabe als auch weitere Bonituren wurden kurz vor dem ersten oder zweiten Schnitt durch eine optische Schätzung der Schwefelwirkung erhoben. Schläge auf denen mindestens zwei der drei gedüngten Flächen „augenscheinlich“ eine Schwefelwirkung zeigten, wurden als Schwefelmangelflächen bezeichnet. Auf den anderen Flächen ist von einer ausreichenden Schwefelversorgung auszugehen.

Ergebnisse und Diskussion

Schwefelmangel war in Bayern beim Anbau von Kleegras in 2012 weit verbreitet. Bei etwa 56 %, also etwas mehr als der Hälfte der Schläge wurde ein Schwefelbedarf bestimmt (Abb. 2). Die weit

verbreitete Meinung, Schwefelmangel sei v.a. auf leichteren Böden vorzufinden, bestätigte diese Untersuchung für Kleegras nur teilweise. Zwar lag die Wahrscheinlichkeit von Schwefelmangel bei einem mittleren Boden (stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, schluffiger Lehm) etwas höher als bei einem schweren Boden (toniger Lehm, lehmiger Ton). Aber auch die schweren Böden waren zu über 40 % vom Schwefelmangel betroffen (Abb. 2). Daher ist auch auf schweren Böden beim Anbau von Kleegras der Nährstoff Schwefel zu berücksichtigen.
Auch die weit verbreitete Annahme von einem Schwefelbedarf v.a. auf flachgründigen Böden konnte für Kleegras ebenfalls nur teilweise bestätigt werden: In der Klasse mit der geringsten Durchwurzelungstiefe (70 bis 79 cm) war auf 55 % der Schläge Schwefelmangel festzustellen, während dies in der Klasse mit der höchsten Durchwurzelungstiefe (100 bis 109 cm) 44 % der Schläge betraf. Daher ist auch auf tiefgründigen Böden beim Anbau von Futterleguminosen Schwefel zu beachten.
Die dritte weit verbreitete Annahme, dass Schwefelmangel v.a. auf vieharmen Betrieben auftritt, konnte in der Untersuchung ebenfalls nur teilweise belegt werden. Schwefelbedarf wurde bei einem mittleren Viehbesatz von bis zu einer Großvieheinheit je Hektar in 67 % und in vieharmen Betriebe bei 54 % der Schläge mit Kleegras festgestellt (Abb. 2). Nur für die Klasse mit einem Viehbesatz über eine Großvieheinheit fiel die Schwefelbedürftigkeit mit 37 % der Schläge geringer aus. Demnach war aber auch bei einem hohen Viehbesatz jeder dritte Schlag vom Schwefelmangel betroffen.

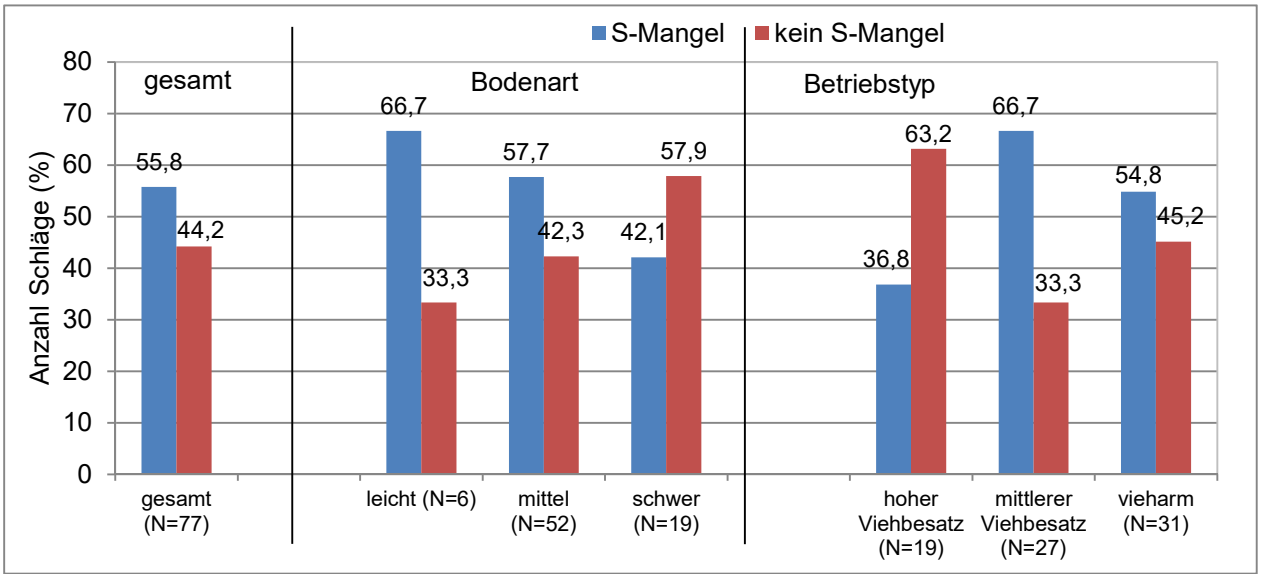


Abb. 2: Prozentuale Verbreitung des Schwefelmangels für alle 77 Betriebe und in Abhängigkeit der Bodenart und Viehbesatz; N = Anzahl Schläge

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Schwefelmangel war in der Untersuchung beim Anbau von Kleegras häufig verbreitet. Dazu sind die Bodenart, die Durchwurzelungstiefe und der Viehbesatz für das Auftreten von Schwefelmangel beim Kleegras nur teilweise von Bedeutung. Schwefelmangel kann beim Anbau von Kleegras auch auf tiefgründigen und/oder schweren Böden sowie in Betrieben mit einem hohen Viehbesatz vorkommen. Landwirte können den Schwefelbedarf ihres Kleegrases über ein Abstreuen von Kleinstflächen oder durch Düngefenster mit einem schnell wirkenden Sulfatdünger am besten in drei oder mehr Wiederholungen selber beurteilen. Falls hierzu Magnesiumsulfat an Stelle von Calciumsulfat verwendet wird, muss der Nährstoff Magnesium beachtet werden, da ansonsten Magnesiumeffekte für Schwefeleffekte gehalten werden.

Status Quo der Schwefelversorgung in Öko-Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern

Dr. Harriet Gruber, A. Titze, C. Wegner, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Einleitung

Auf den Öko-Versuchsflächen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern in Gülzow wurden trotz Kleegras- und Zwischenfruchtanbau sowie einer regelmäßigen organischen Düngung in der Fruchtfolge geringe Smin-Gehalte im Boden festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass auch in Praxisbetrieben die Versorgung mit Schwefel defizitär ist. Anhaltspunkte für eine schlechte Schwefelversorgung gab es auch durch Ergebnisse des N-Testflächennetzes Mecklenburg-Vorpommern, welches durch die LMS-Agrarberatung betreut wird. In Mecklenburg-Vorpommern wirtschaften Öko-Betriebe meist auf sandigen oder anlehmigen Böden. Die Humusgehalte liegen häufig unter 2 % in der Ackerkrume. Darüber hinaus ist die Auswaschungsgefahr von Schwefel auf diesen meist durchlässigen Böden hoch. Durch weitere Betriebserhebungen sollte die Datenbasis erweitert und parallel zu den Bodengehalten auch der Gehalt im Pflanzenaufwuchs bestimmt werden. Daher wurden 2016 und 2017 Boden- und Pflanzenuntersuchungen in Betrieben durchgeführt, um so im Zusammenhang mit Feldversuchsergebnisse Empfehlungen zur Schwefeldüngung ableiten zu können.

Material und Methode

Im Rahmen des Forschungsthemas „Schwefeldüngung“ wurde der Status Quo der Schwefelversorgung in Öko-Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern erfasst. Dazu wurden zum einen die Daten des Nmin-Testnetzes Mecklenburg-Vorpommern der LMS-Agrarberatung, das auch Smin-Werte enthält (Kape, Nawotke 2017), herangezogen. Zum anderen wurden in weiteren Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern verteilt Flächen beprobt und die Bodengehalte ermittelt. Zu einem späteren Zeitpunkt erfolgten von den identischen Flächen die Entnahme von Pflanzenproben und die Bestimmung des Schwefelgehaltes. Für die Auswahl der Betriebe wurden drei Regionen gebildet, die zum einen die Betriebe räumlich einordnen, zum anderen die von West nach Ost abnehmende Bodengüte und Niederschlagsmenge berücksichtigen. Da die ausgewählten Flächen möglichst frei von anderen Einflussgrößen wie z. B. organischer Düngung sein sollten, wurde für die Beprobung das Kleegras im Hauptnutzungsjahr ausgewählt, das in der Regel nicht organisch gedüngt wird. Darüber hinaus war aus eigenen Versuchen bekannt (Gruber et al. 2015), dass Kleegras deutlicher auf eine Schwefeldüngung reagiert als andere Kulturen. 2016 wurden daher von Ende März bis Ende April 18 Kleegrasflächen in 14 Betrieben und 2017 noch einmal 17 Kleegrasflächen in 12 Betrieben beprobt (Tab. 1) und der Smin-Gehalt im Boden festgestellt (VDLUFA I 6.1.4.1.). Die Umrechnung des im Labor ermittelten Wertes (Smin mg/100 g Frischmasse) auf Smin in kg/ha erfolgte für einen „mittleren“ Boden unabhängig von der Schichttiefe mit dem Faktor 1,5. Bei der Beurteilung der Gehalte im Boden ist zu berücksichtigen, dass bei den Laborwerten eine Genauigkeit von 0,1 mg/100 g Boden möglich ist. Mit der Beprobung in den Betrieben wurden die Ackerzahl und die Düngung erfasst. Im Mai erfolgten eine Beprobung der Pflanzenbestände und die Bestimmung des S- und N-Gehaltes (VDLUFA III 10.7.1, VDLUFA III 4.1.1) in der grünen Biomasse. Darüber hinaus wurde der Kleegrasanteil im Bestand erfasst. In den zwei Jahren konnten insgesamt 39 Pflanzenproben untersucht werden (Tab. 1). Bei der Verrechnung der Daten mit SAS wurde die Korrelation zwischen den Merkmalen ermittelt und der Einfluss der Düngung (organisch und Sulfat) auf den Schwefelgehalt in der Pflanze varianzanalytisch bestimmt.

Tab. 1: Anzahl Boden- und Pflanzenproben in Abhängigkeit von Region, Jahr und Ackerzahl (LFA)

Region	Jahr	Ackerzahl	n Bodenproben	n Pflanzenproben
West MV	2016	38-52	5	5
	2017	39-58	3	4
	2016	18	2	3
	2017	18-30	4	6
Mitte MV	2016	42-48	3	3
	2017	39-50	6	6
	2016	20-22	2	2
	2017	18-31	2	2
Ost MV	2016	20-23	3	4
	2017	20-25	2	1
	2016	39-40	3	3

Ergebnisse und Diskussion

Smin-Gehalte im Boden

Ergebnisse aus dem Nmin-Testnetz der LMS-Agrarberatung MV zeigen, dass in Öko-Betrieben der Smin-Gehalt, der seit 2007 neben dem Nmin-Gehalt bestimmt wird, sehr gering ist. Ab 2015 wurden konstant in neun Öko-Betrieben auf insgesamt 25 Flächen vor Vegetationsbeginn Bodenproben entnommen und nach den gängigen Methoden untersucht. Während in 2015 und 2016 nur vereinzelt Gehalte über 20 kg/ha Smin in der Bodenschicht 0-60 cm festgestellt wurden, traten im Jahr 2017 häufiger höhere Werte auf. Daher werden die Jahre einzeln dargestellt. Die Mittelwerte der einzelnen Jahre zeigen eine deutliche Unterversorgung mit Schwefel (Tab. 2). Ein Einfluss der Bodengruppe ist nicht auszumachen. Urbatzka et al. (2013) gibt als Richtwert 20 kg/ha Smin in 0-60 cm Bodentiefe an. Leithold und Becker (2010) fordern 30 kg/ha in dieser Bodentiefe.

Tab. 2: Smin-Gehalt (kg/ha) im Boden unter Kleegras (Kape, Nawotke 2017)

Region	Bodengruppe	n	Smin-Gehalt kg/ha im Boden 0-60 cm		
			2015	2016	2017
West	schwer	3*	11	11	25
	mittel	1	10	10	15
Mitte	schwer	1	11	10	19
	mittel	5	11	10	20
	leicht	4	9	9	15
Ost	schwer	4	11	11	18
	mittel	4	10	14	22
	leicht	2	10	10	15

*von einem Extremwert bereinigt

Die Auswertung der Betriebserhebungen der LFA in den Jahren 2016 und 2017 ergab im Mittel aller Betriebe und Flächen einen Smin-Gehalt von etwa 10 kg/ha in der Bodenschicht von 0-60 cm (Tab. 3). Ein Unterschied zwischen den beiden Jahren war nicht feststellbar. Wie bereits bei den Daten von Kape und Nawotke (2017) konnte auch bei den eigenen Erhebungen keine Beeinflussung durch die Region festgestellt werden.



Abb. 1: **links Schwefelmangel im Kleegrasbestand, rechts ausreichende Versorgung, Foto Titze**

Tab. 3: **Smin-Gehalt (kg/ha) im Boden unter Kleegras (LFA, MW 2016-17)**

Region	Ackerzahl	Smin-Gehalt im Boden 0-30 cm	Smin-Gehalt Boden 30-60 cm
West	38-58	6,0	6,0
	18-30	4,5	4,5
Mitte	39-50	4,5	4,5
	18-31	4,5	5,6
Ost	39-40	4,5	4,5
	20-25	4,5	7,2

Die Auswertung ergab darüber hinaus keine Korrelation der Smin-Gehalte zu Ackerzahl und Düngung (organisch oder Sulfate). Bei diesen sehr einheitlichen Werten stellt sich die Frage nach dem Sinn der Smin-Untersuchungen zu Vegetationsbeginn als Entscheidungshilfe für die Düngung.

S-Gehalte im Kleegrasaufwuchs

Die mittleren Schwefelgehalte in der Pflanze schwanken zwischen den Ackerzahlbereichen nur im Osten etwas deutlicher. In allen Regionen ist die Spannweite vergleichsweise hoch. Alle Proben erreichen nicht den für Kleegras angestrebten Wert von 0,2 % in der Trockenmasse. In der Auswertung konnte ein positiver Zusammenhang (R = 0.60) zwischen S- und N-Gehalt im Kleegras nachgewiesen werden. Darüber hinaus war auch die Korrelation zwischen Kleeanteil und N-Gehalt in der Pflanze sehr eng (R = 0.81). Hohe Kleeanteile wirken sich also positiv auf den N-Gehalt in der Pflanze aus. Mit einer Ausnahme ist das N:S-Verhältnis jedoch zu hoch, teilweise viel zu hoch (Tab. 4).

Tab. 4: **S- und N-Gehalt (%) im Kleegras, Mittelwert 2016-17 und Spannweite (Betriebsdaten)**

Region	Ackerzahl	S-Gehalt		N-Gehalt		N:S
		Mittelwert	Spannweite	Mittelwert	Spannweite	Verhältnis
West	38-58	0,15	0,10-0,19	2,5	1,5-3,0	17:1
	18-30	0,16	0,10-0,23	2,4	2,0-3,4	15:1
Mitte	39-50	0,14	0,09-0,22	2,4	1,3-3,0	17:1
	18-31	0,14	0,10-0,19	2,1	1,3-3,7	15:1
Ost	39-40	0,10	0,08-0,11	2,1	1,9-2,5	21:1
	20-25	0,19	0,11-0,30	2,3	1,6-3,1	12:1

Ein optimales Stickstoff-Schwefel-Verhältnis sollte unter 15:1, im Idealfall unter 10:1 liegen. N:S-Verhältnisse über 15:1 zeugen von einem deutlichen Schwefelmangel. Becker et al. (2015) geben dafür als Grenzwert für die N-Konzentration 3 % und für die Schwefelkonzentration 0,2 % an.

Diese Vorgaben werden in der eigenen Erhebung nur bei drei untersuchten Futterproben (knapp 8 %) erreicht. Bei zwei dieser Proben wurde das Kleegras mit Schwefel gedüngt. Mit der varianzanalytischen Verrechnung ließ sich jedoch kein signifikanter Einfluss der Düngung nachweisen.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ergebnisse von Erhebungen in verschiedenen Betrieben legen nahe, dass die Schwefelgehalte im Boden in vielen Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern sehr gering sind. Außerdem wurden im Kleegras häufig Schwefelgehalte unter 0,2 % festgestellt, was in Verbindung mit dem Stickstoffgehalt zu einem ungünstigen Stickstoff-Schwefel-Verhältnis führt.

Während die zu Vegetationsbeginn ermittelten Bodengehalte ungeeignet erscheinen, um Maßnahmen abzuleiten, geben die Schwefelgehalte in der Pflanze in Verbindung mit dem N:S-Verhältnis eher Auskunft darüber, ob eine Düngung sinnvoll oder überflüssig ist. Das N:S-Verhältnis sollte nicht über 15:1 liegen.

Literaturverzeichnis

Becker K Riffel A Leithold G (2015) Schwefeldüngung in Futterleguminosen. http://www.orgprints.org/29689/7/29689-10OE104-uni-giessen-leithold-2015-luzerne-kleegrasbestaende-merkblatt.pdf abgerufen 06.03.2019.

Gruber H Titze A Wegner C (2015) Schwefeldüngung von Leguminosen im Ökolandbau. In: Beiträge zum Ökologischen Landbau, Mitteilungsheft der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 62-70.

Kape H E Nawotke C (2017) Ergebnisse der Nmin/Smin-Untersuchungen – Ökolandbau 2017 https://www.lms-beratung.de/export/sites/lms/de/.galleries/Downloads_LFB/DueV/Nmin-Bodenwerte-2017-Oekoflaechen.pdf abgerufen 04.03.2019.

Urbatzka P Schneider R Offenberger K Becker K Riffel A Fischinger S Leithold G (2013) Schwefelmangel auch im Kleegras? Ökologie & Landbau 166 (2013) 2, 36-38.

Praxisuntersuchungen zusammengefasst

In Bayern und Mecklenburg-Vorpommern wurden in Ökobetrieben Düngungsversuche bzw. Praxiserhebungen durchgeführt, um den Stand der Schwefelversorgung besser beurteilen zu können. Gegenstand der Untersuchungen war das Kleegras, die ausgewählten Betriebsflächen waren in den Bundesländern gleichmäßig verteilt.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurden sowohl auf schweren als auch auf leichten Böden Schwefelmangel festgestellt. Durch S-Düngung bzw. Bestimmung der Smin-Gehalte im Boden konnten bei Kleegras Düngungseffekte bzw. geringe Gehalte festgestellt. Dabei spielten die Tiefgründigkeit der Böden und der Tierbesatz bzw. die organische Düngung keine entscheidende Rolle. In den Untersuchungen in Mecklenburg-Vorpommern lagen die Schwefelgehalte im Kleegras zwischen 0,1 und 0,2 % und das N:S-Verhältnis häufig über 15:1.

Zur Beurteilung der Schwefelversorgung kann ein Düngefenster angelegt werden. Höhere Kleeanteile und/oder eine stärkere Grünfärbung in der gedüngten Variante deuten häufig auf eine gute Düngewirkung hin. Aufschluss kann auch der S-Gehalt im Kleegras geben, wobei bisher keine belastbaren Richtwerte vorliegen.

Effekte einer Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen im Öko-Landbau

Dr. Harriet Gruber, Carolina Wegner, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Einleitung

Körnerleguminosen erreichen besonders auf sandigen Böden häufig unzureichende Erträge. Bei den Erbsen wird darüber hinaus oft ein nur geringer Rohproteingehalt festgestellt. Das ist nicht nur nachteilig für die Kultur selbst, sondern schmälert auch ihren Vorfruchtwert. Da Schwefel bei der Proteinsynthese und der symbiontischen Stickstofffixierung eine wichtige Rolle spielt, sollte der Einfluss dieses Nährstoffes näher untersucht werden. Sowohl die Proteinbildung als auch die Aktivität der Knöllchenbakterien sind im Öko-Landbau von besonderer Bedeutung, da Proteingehalte z. B. im Backweizen häufig zu gering sind und Knöllchenbakterien eine wichtige Quelle einer zusätzlichen N-Lieferung darstellen. Daher war die Wirkung der Schwefeldüngung auf Boden-, Pflanzengehalte und Ertrag bei Körnerleguminosen von besonderem Interesse.

Material und Methode

In einem dreijährigen Versuch (2012 - 2014, Spaltanlage mit 4 Wiederholungen, Abb. 1) am Standort Gülzow (Smin-Gehalt 0 - 30 cm < 10 kg/ha) wurden zu Körnererbsen und Blauen Lupinen zur Aussaat verschiedene Schwefeldünger in einer Höhe von 50 kg/ha ausgebrach (Tab. 1). Vor der Düngung und 8 - 10 Wochen später (nur 2012 und 2013) wurden die Schwefelgehalte in 0 - 30 cm Bodentiefe (Bohrstock, VDLUFA I A 6.3.1) während der Vegetation in der Pflanze und nach der Ernte im Korn und Stroh bestimmt (VDLUFA III 10.8.3). Neben dem Korn- wurde auch der Strohertrag ermittelt. Während die Boden-, Pflanzen- und Ernteproben variantenweise in einer Mischprobe aufbereitet wurden, erfolgte die Feststellung der Erträge parzellenweise. Korn- und Strohertrag wurden mittels F- und t-Test verrechnet.

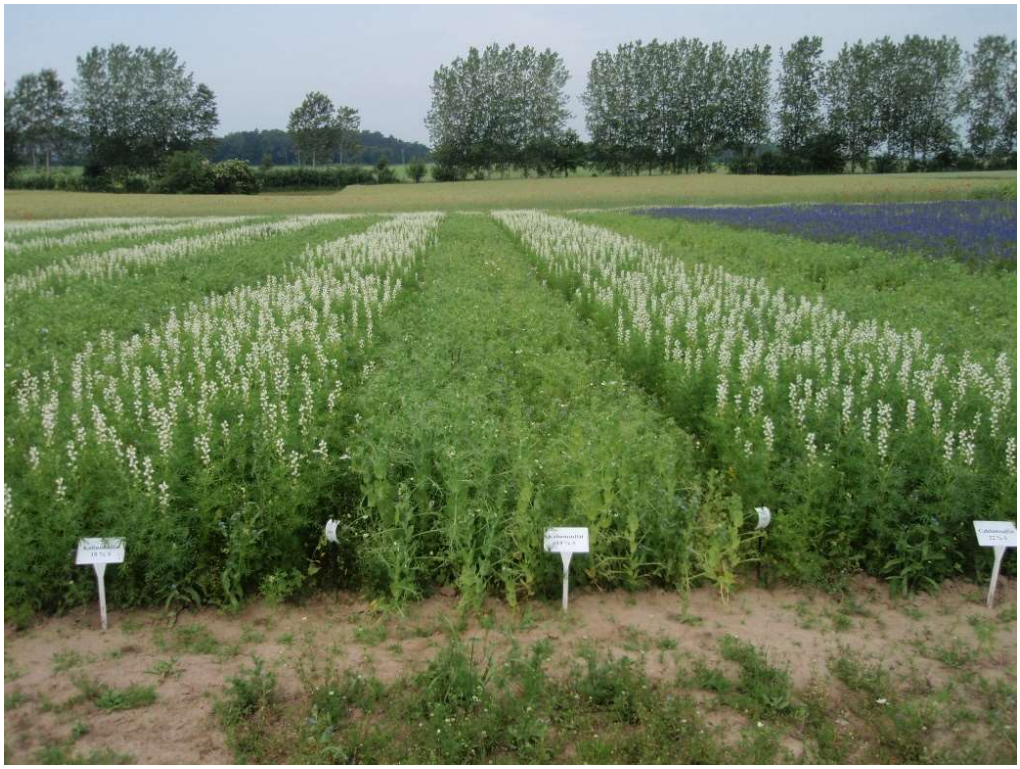


Abb. 1: Versuch zur Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen, Standort Gülzow, 2013, Foto: Gruber

Tab. 1: Variantenbeschreibung

	Variante	Mittel
Faktor A	1	Lupine (Sorte Boregine)
	2	Erbse (Sorte Alvesta)
Faktor B	1	ohne
	2	Schwefellinsen (90 % S)
	3	Kieserit (22 % S)
	4	Kaliumsulfat (18 % S)
	5	Calcium(Ca)sulfat (Naturgips 22 % S)

Ergebnisse und Diskussion

Bodengehalte

Acht bis zehn Wochen nach der Düngung der Sulfat-Dünger wurde ein deutlicher Anstieg der Smin-Gehalte festgestellt. Dagegen war bei der Düngung mit den langsam wirkenden Schwefellinsen der Bodengehalt ähnlich gering wie in der ungedüngten Kontrolle (Abb. 2). Zwischen Erbsen und Lupinen trat diesbezüglich kein Unterschied auf. Die geringe Wirkung der Schwefellinsen ist sehr wahrscheinlich auf die fehlende Umsetzung durch die Bakterien im Boden zurückzuführen.

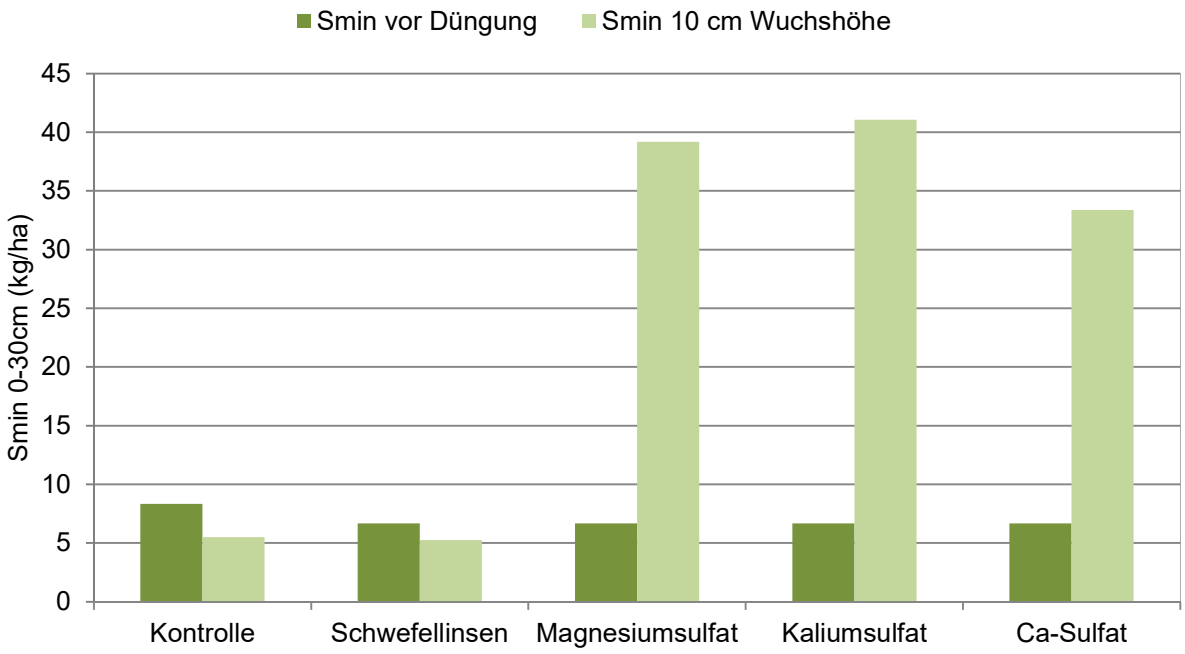


Abb. 2: Einfluss der S-Düngung auf die Smin-Gehalte im Boden (Mittel Erbse und Lupine) (Gülzow, 2012 - 2014)

Pflanzengehalte

Entsprechend der Bodengehalte waren nach der Applikation der Sulfat-Dünger bei etwa 10 cm Wuchshöhe höhere S-Gehalte in der Pflanze feststellbar (Abb. 3). Im Mittel der drei Jahre waren diese in den Lupinen etwas höher als in den Erbsen. Mit etwa 0,4 % in der Trockenmasse werden Gehalte erreicht, die laut Aulakh (2003) unter dem opimalen Wert für Erbse von über 0,75 % liegen. Nach der Düngung der Schwefellinse war bei beiden Fruchtarten eine minimale Verringerung der S-Gehalte in den Pflanzen zu verzeichnen. Mücke et al. (2012) konnte dagegen keinerlei Veränderung der S-Gehalte in der Pflanze bei Körnerleguminosen feststellen.

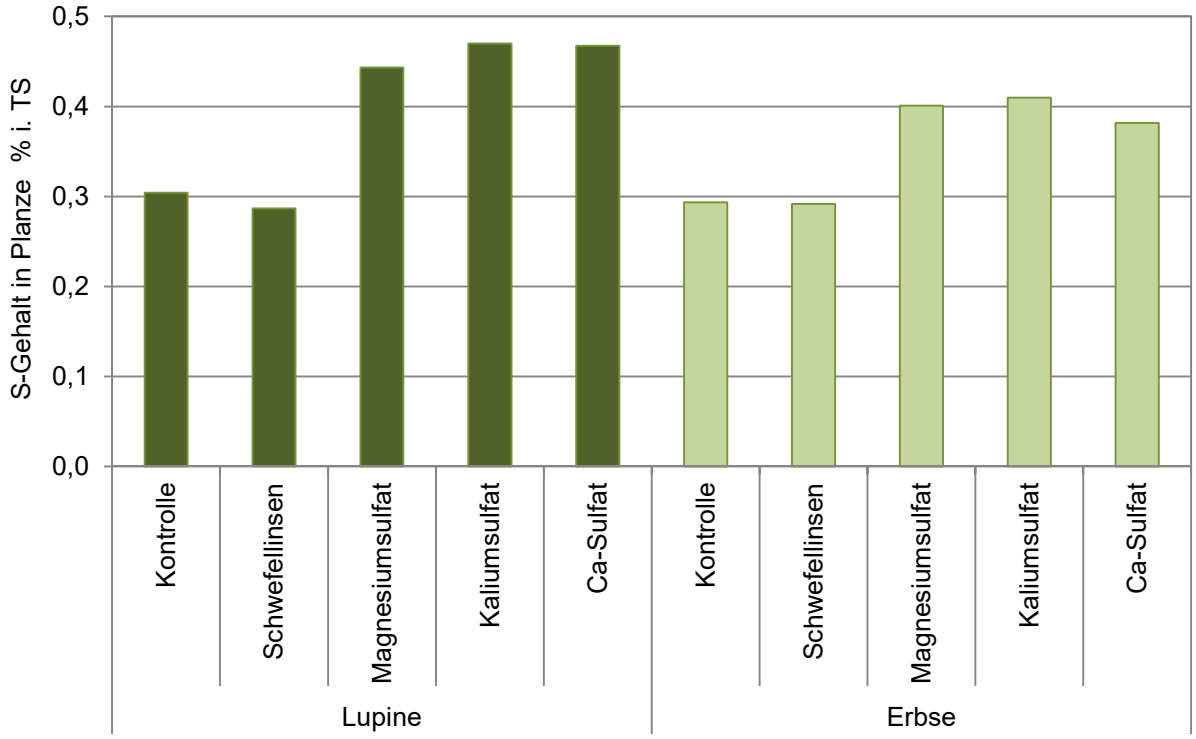


Abb. 3: Einfluss der S-Düngung auf die S-Gehalte in der Pflanze (Gülzow, 2012-2014)

Kornertrag

Im dreijährigen Mittel war kein signifikanter Einfluss des Faktors Düngung (F-Test bei p-Wert ≤ 5 %) auf den Ertrag nachweisbar. Bei der getrennten Verrechnung der Kulturen zeigte sich bei Lupinen ein tendenzieller negativer Einfluss (F-Test p-Wert = 7 %) der Düngung (Abb. 4).

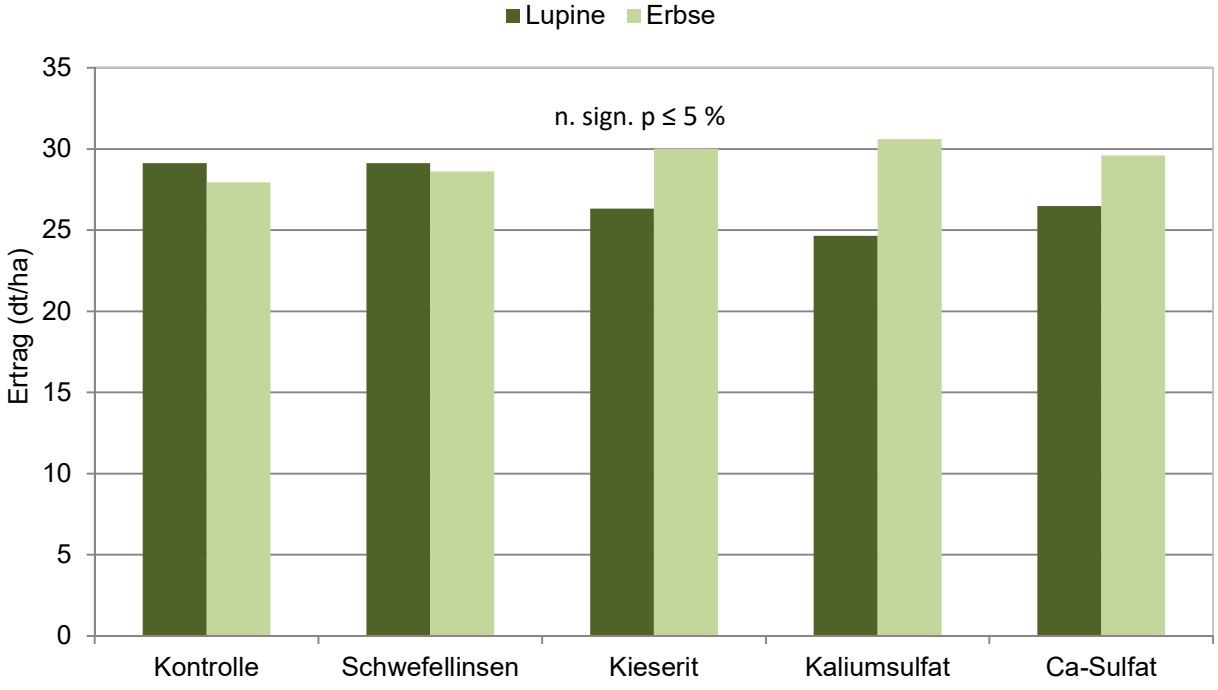


Abb. 4: Einfluss der S-Düngung auf den Kornertrag (Gülzow, 2012 - 2014)

Auch in einjährigen Versuchen mit Ackerbohnen und Erbsen in Köln-Auweiler (NRW) wurden tendenziell geringere Erträge durch die Ausbringung schnell wirkender Dünger festgestellt. Die Wirkung der Schwefellinse war, ähnlich wie am Standort Gülzow, vergleichbar mit der Variante ohne Düngung (Hof-Kautz, 2015). Urbatzka et al. (2014) führten an zwei bayerischen Standorten zu Körnererbsen zweijährige Versuche durch. Die Düngung mit Magnesiumsulfat und Gips (Calciumsulfat) hatte auch hier keinen positiven Einfluss auf den Kornertrag.

Ähnlich wie der Kornertrag verhielt sich in den eigenen Versuchen auch der Strohertrag, jedoch war hier der Unterschied zwischen den beiden Leguminosenarten signifikant (Abb. 5, unterschiedliche Buchstaben = signifikante Unterschiede). Der Faktor Düngung blieb auch im Strohertrag ohne gesicherten Einfluss (Abb. 5).

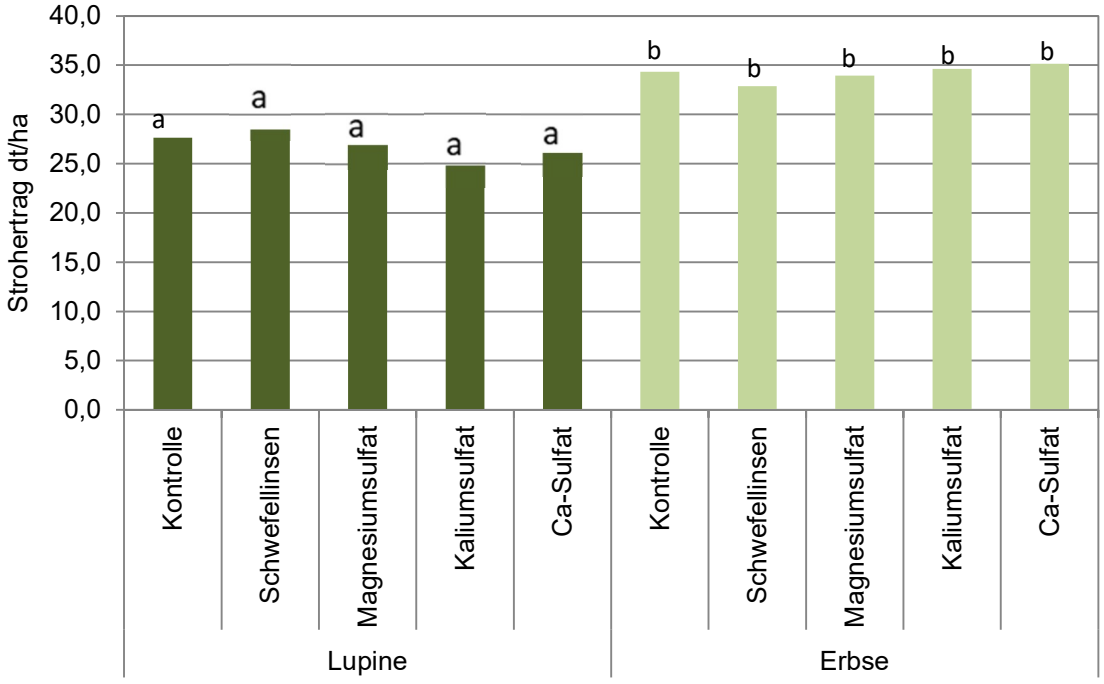


Abb. 5: Einfluss der S-Düngung auf den Strohertrag (Gülzow, 2012 - 2014)

S-Gehalte im Erntegut

Im Stroh und Korn war bei den Lupinen in allen Varianten ein deutlich höherer S-Gehalt festgestellt worden als bei den Erbsen (Abb.). Ursache kann der damit in Verbindung stehende artspezifisch höhere Proteingehalt sein. Zwischen den Varianten verhielten sich beide Arten ähnlich und reagierten mit deutlich erhöhten S-Gehalten auf die Sulfatdüngung. Dabei war der Anstieg im Stroh erheblich höher als der im Korn. Auf die Ertragsbildung hatte das, wie bereits besprochen, keinen Einfluss.

Im Mittel der drei Untersuchungsjahre war bei den Lupinen der Rohproteingehalt leicht erhöht. Bei den Erbsen waren der Gehalt in allen Varianten ähnlich (Abb. 7).

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Sandige Böden und Böden mit geringem Humusgehalt sind häufiger von Schwefelmangel betroffen. Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und Ertragsbildung sind möglich. Auf dem ökologischen Versuchsfeld der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern in Gülzow wurde in Feldversuchen der Effekt von Schwefeldünger auf Wachstum und Ertrag von Körnerleguminosen (Lupinen und Erbsen) getestet. Die Sulfatdüngung zu Körnerleguminosen führte zwar zu höheren S_{min}-Gehalten im Boden und höheren Schwefelgehalten in der Wachstumsphase der Pflanze, jedoch ohne signifikante Auswirkungen auf den Kornertrag. Bei den Schwefellinsen waren keine Effekte nachweisbar, da der elementare Schwefel mittels Bakterien in Sulfat umgewandelt werden muss. Dieser Prozess braucht Zeit und

entsprechende Bedingungen (Wärme und Feuchtigkeit). Daher ist bei den Schwefellinsen besonders unter eher trockenen Bedingungen von einer verzögerten Wirkung auszugehen.

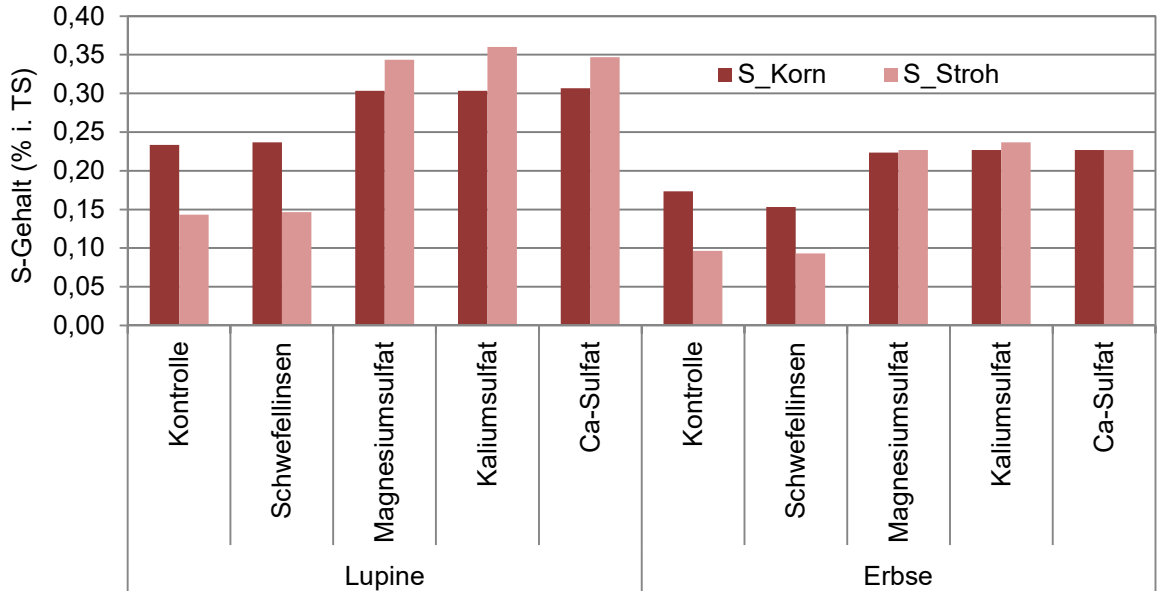


Abb. 6: Einfluss der S-Düngung auf die S-Gehalte in Korn und Stroh (Mittel Erbse und Lupine) (Gülzow, 2012 - 2014)

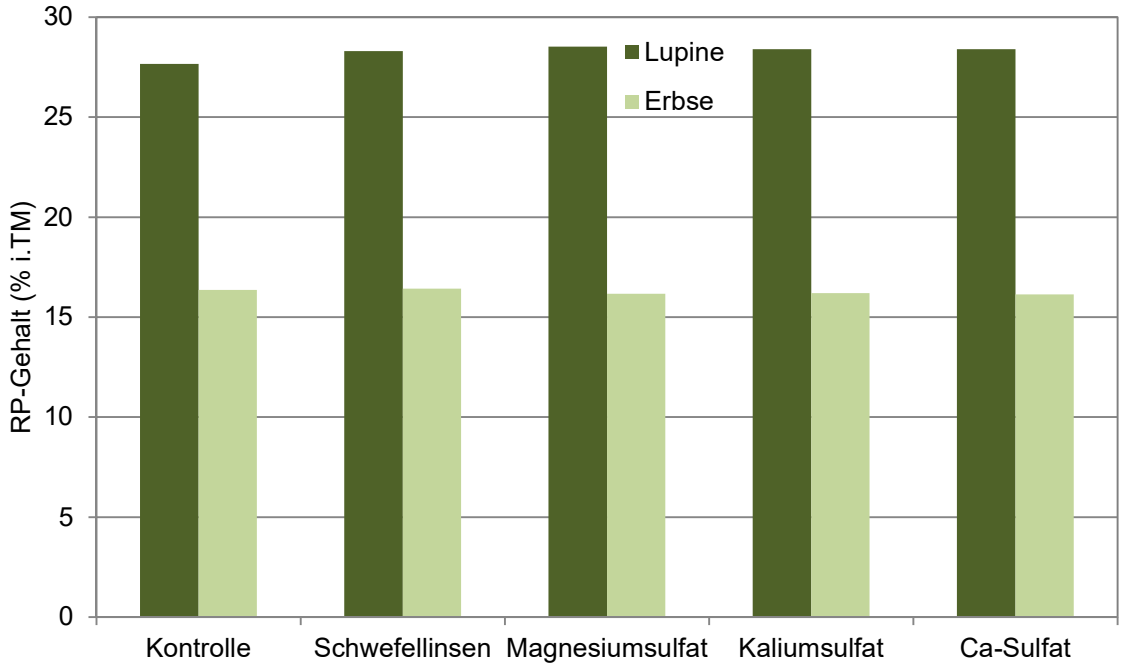


Abb. 7: Einfluss der S-Düngung auf den Rohproteingehalt im Korn (Gülzow, 2012 - 2014)

Literaturverzeichnis

Aulakh M (2003) Crop responses to sulphur nutrition. In: sulphur in plants. Dordrecht: Kluwer Academic, 341 – 358.

Hof-Kautz C (2015) Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen. https://www.oekolandbau.nrw.de/forschung/projekte-versuche/projekt/?tt_address%5BshowUid%5D=3787&cHash=8872bebc66def4fb14e55a7e264f3675, 13.05.2019.

Mücke M Seidel K Scholvin A Hepler J Meyercordt A (2012) Analyse und Bewertung des Versuchs „Schwefeldüngung in Körnerleguminosen (Ackerbohne, Erbse, Lupine) im Öko-Lanbau, Versuchsjahr 2011“. In: Versuchsergebnisse im Ökologischen Landbau 2011, Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

o. V. (2008) Richtwerte für die Untersuchung und Beratung zur Umsetzung der Düngeverordnung in Mecklenburg-Vorpommern. Hrsg. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, 2008.

Urbatzka P Offenberger K Schneider R Jacob I (2014) Schwefeldüngung zu Leguminosen im ökologischen Pflanzenbau. In: Wiesinger, Klaus; Cais, Kathrin und Obermaier, Sabine (Hrsg.) *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern*, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, D-Freising, Schriftenreihe der LfL, Nr. 2, 132 – 138.

Effekte einer Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen im Öko-Landbau

Prof. Dr. Knut Schmidtke, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Dr. Ulrich Klischat, Fachbereich Ökologischer Landbau, Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Steckbrief

In drei verschiedenen Vegetationsperioden wurden an sechs langjährig ökologisch bewirtschafteten Ackerstandorten in Deutschland Feldversuche zur Schwefeldüngung von Ackerbohne, Schmalblättriger Lupine sowie Erbsen in Reinsaat und Gemenge aus Erbse und Gerste durchgeführt. Ziel war es, Wirkungen verschiedener S-Düngestrategien auf Kornertrag, Qualität des Erntegutes sowie Stickstoff- und Schwefelaufnahme der Körnerleguminosen und den Vorfruchtwert dieser Leguminosen zu Winterweizen zu ermitteln.

Hintergrund

Schwefel ist ein für das Wachstum der Pflanze essentieller Pflanzen-nährstoff, der insbesondere für die Synthese schwefelhaltiger Aminosäuren wie Cystein und Methionin erforderlich ist. Dieses gilt insbesondere für Leguminosen, bei denen nicht nur der Aufbau der Spross- und Wurzelmasse der Pflanze einer hinreichenden Schwefelversorgung bedarf, sondern auch die symbiotische Stickstofffixierung essentiell an ein ausreichendes Vorhandensein von Schwefel gebunden ist. Schwefelmangel tritt seit einigen Jahren in Mitteleuropa bei sehr schwefelbedürftigen Kulturen (z.B. Raps) zunehmend in Erscheinung, da die Deposition von Schwefel seit mehr als 20 Jahren rückläufig ist. Waren im Jahr 1990 in Deutschland noch Schwefeldepositionsraten von über 30 kg/ha und Jahr zu verzeichnen, so sanken die Depositionsraten ab 2004 im Mittel auf deutlich unter 10 kg/ha und Jahr ab. Diese rückläufigen Depositionsraten haben mittlerweile offenbar auch dazu geführt, dass in langjährig ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen ein Mangel an pflanzenverfügbarem Schwefel auftritt. So konnte bei Futterleguminosen durch eine Schwefeldüngung eine deutliche Steigerung des Schnittgutertrages und der N-Menge im Schnittgut erzielt werden. Ziel des Vorhabens war es deshalb, durch eine mehrortige Feldversuchsserie im ökologischen Landbau zu prüfen, ob beim Anbau von Ackerbohne, Schmalblättriger Lupine sowie Erbse in Reinsaat und im Gemenge aus Erbse und Gerste eine Schwefeldüngung erforderlich ist und mit welchen im ökologischen zugelassenen Schwefeldüngemitteln sich Ertrag und Qualität des Erntegutes sowie der Vorfruchtwert der Körnerleguminosen steigern lässt.

Ergebnisse

Hierzu wurde in den Jahren 2012 bis 2014, je nach Körnerleguminosenart an drei bis sechs langjährig ökologisch bewirtschafteten Standorten, die Wirkung unterschiedlicher Formen der Schwefeldüngung zu den Sommerformen der Körnerleguminosen geprüft (siehe Tab. 1). 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) sowie Calciumsulfat (Gips) gedüngt.

Tab. 1: Varianten der Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen

Variante	Kennzeichnung	Gedüngte S-Menge (kg/ha)
Kontrolle (ohne S-Düngung)	O	0
Elementarer Schwefel (Schwefellinsen)[1)]	E	40
Bittersalz Blattdüngung[2)]	B	8,4
Gips[1)]	G	40
Kieserit[1)]	K	40

[1)]Einarbeitung zur Saat in ca. 5 cm Tiefe

[2)]drei Applikationstermine zu BBCH 15 bis 61, 10,6%ige Lösung und einer Gabe von 2,8 kg S/ha je Applikationstermin

Kornertrag

Die verschieden Arten der Schwefeldüngung hatten weder bei der Ackerbohne, noch bei der Schmalblättrigen Lupine und Erbse eine signifikante Wirkung auf den Kornertrag (Abb. 1). Dieses war auf allen geprüften Standorten und in allen Jahren der Fall, obwohl an einigen Standorten zum Teil sehr geringe Smin-Vorräte im Boden zur Saat der Körnerleguminosen von unter 7 kg/ha in 0 bis 60 cm Bodentiefe vorlagen. Nur bei einer Schwefeldüngung in Form von Sulfat – hier Bittersalz über das Blatt gedüngt bzw. Gips und Kieserit über eine Düngung in den Boden –

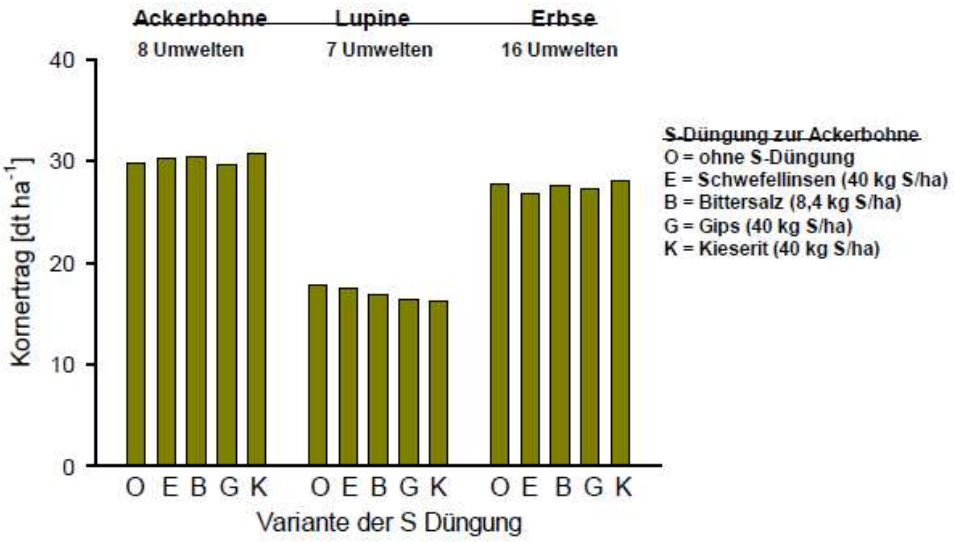


Abb. 1: Einfluss der Schwefeldüngung auf den Kornertrag der Körnerleguminosen (Mittel der geprüften Umwelten)

konnte kurzfristig die Schwefelversorgung der Körnerleguminosen verbessert werden. Dieses zeigten die Untersuchungen des S-Gehaltes im jüngsten entfalteten Blatt der Körnerleguminosen zur Blüte. Jedoch wurde hierdurch weder der Kornertrag noch die Stickstoffaufnahme und Vorfruchtwert der geprüften Körnerleguminosen erhöht. Durch die verbesserte Schwefelversorgung über eine Düngung mit Kieserit konnte auch nicht die Aminosäurezusammensetzung im Korn im Hinblick auf einen höheren Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren verbessert werden.

S-Aufnahme der Körnerleguminosen

Im Mittel der geprüften Umwelten nahmen die Ackerbohne und Schmalblättrige Lupine ohne eine Schwefeldüngung (Kontrolle) nur 9,6 bzw. 10,5 kg S/ha in Stroh und Korn auf, während die Erbse hier nur 6 kg S/ha im Spross enthielt. Trotz einer S-Düngung zur Saat in Höhe von 40 kg/ha in Form von Sulfat (Düngung von Gips bzw. Kieserit) stieg die S-Aufnahme nur um ca. 2 kg/ha an (Abb. 2), d.h. nur im Mittel ca. 5 % der gedüngten S-Menge wurden von den Pflanzen im Spross verwertet. Eine Schwefeldüngung in Form von elementarem Schwefel zur Saat der Körnerleguminosen führte hingegen in keinem Fall zu einer Erhöhung der S-Aufnahme, da offenbar während des Wachstums der Körnerleguminosen zu wenig des gedüngten elementaren Schwefels in eine pflanzenverfügbare Form überführt wurde. Die in Reinsaat der Erbse ermittelten Ergebnisse deckten sich zudem nahezu mit den Ergebnissen des Gemengeanbaus der Erbse mit Gerste. Auch im Gemenge wurde mit Ausnahme eines Falles weder der Ertrag noch die Stickstoffaufnahme der Bestände signifikant durch die hier geprüften Verfahren der Schwefeldüngung beeinflusst.

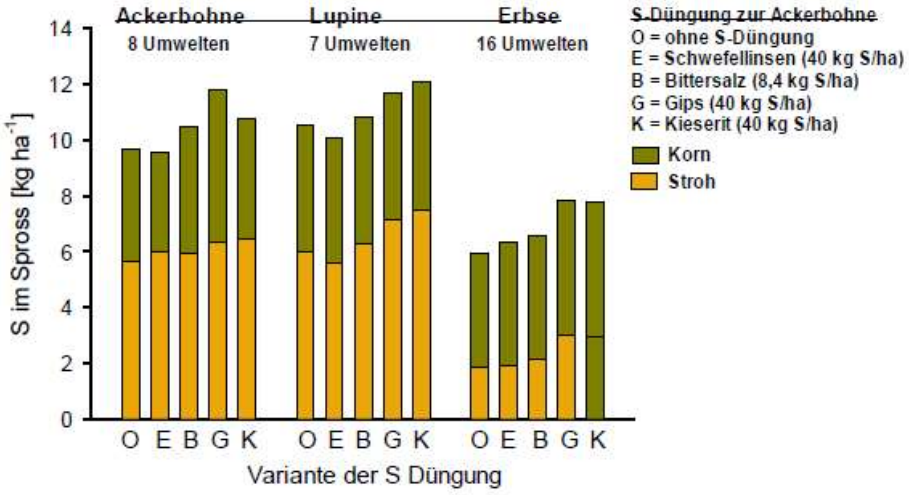


Abb. 2: Einfluss der Schwefeldüngung auf die aufgenommene Menge an Schwefel im Spross der Körnerleguminosen (Mittel der geprüften Umwelten)

Fazit

Eine Schwefeldüngung zu Sommerkörnerleguminosen scheint derzeit im ökologischen Ackerbau nur in Ausnahmefällen erforderlich zu sein, da offenbar der Schwefelbedarf der Bestände von im Mittel etwa 6 bis 10 kg S/ha durch den bereits zur Saat der Körnerleguminose im Boden vorliegenden Vorrat an Smin im Boden und die Nachlieferung an pflanzenverfügbarem Schwefel im Boden gedeckt werden kann.

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen zusammengefasst

In verschiedenen Bundesländern (Niedersachsen, NRW, Bayern, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Brandenburg, Baden-Württemberg) wurden auf mehreren Standorten bundesweit Exaktversuche zur Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen durchgeführt. Mehrjährig wurde der Einfluss der Düngung auf den Smin-Gehalt im Boden, auf den Korn- und Strohertrag sowie den S-Gehalt in Pflanze, Korn und Stroh untersucht.

Im Ergebnis der Untersuchungen waren keine wirtschaftlich vertretbaren Effekte einer Schwefeldüngung feststellbar. Zwar ist die Schwefeldüngung im Boden und in der wachsenden Pflanze teilweise nachweisbar, gesicherte Ertragseffekte konnten aber nicht nachgewiesen werden.

Eine Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen ist daher nicht zu empfehlen.

Einfluss von Höhe und Zeitpunkt einer Schwefeldüngung zu Kleegras

Andreas Titze, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Einleitung

Der erhöhte Schwefelbedarf des Kleegrases ist seit langem bekannt und die Wirkung von Schwefeldüngern wird seit einigen Jahren auch unter ökologischen Bedingungen experimentell untersucht (Becker et.al, 2015). Allerdings sind die bislang vorliegenden Erkenntnisse nicht ohne weiteres auf trockene Sandstandorte übertragbar. An der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV am Standort Gülzow wurde deshalb der Einfluss verschiedener S-Dünger auf Boden-, Pflanzengehalte, Leguminosenanteil und Ertrag von Kleegras getestet. Ziel waren Informationen für Landwirte zu Düngerart und -menge sowie Ausbringungstermin. Weil auf den langjährig ökologisch bewirtschafteten Versuchsflächen der LFA M-V sehr geringe Smin-Gehalte im Boden festgestellt wurden, ist davon auszugehen, dass Schwefel hier einen ertragsbegrenzenden Faktor bei den Futterleguminosen darstellt.

Material und Methode

In einer ersten Versuchsserie von 2013-2016 wurde in einem Kleegrasbestand nach der umbruchlosen Frühjahrsblanksaat 30 kg S/ha als Schwefelsulfat in unterschiedlicher Düngerform (Magnesiumsulfat, Calciumsulfat) ausgebracht. Ab dem Jahr 2016 wurde der Versuch im Hinblick auf Düngermenge (30 + 60 kg S/ha), Düngerart (Magnesiumsulfat, elementarer Schwefel) und Ausbringungszeitpunkt (Ansaat- und Hauptnutzungsjahr) modifiziert (Tab. 1).

Tab. 1: Prüfvarianten in zwei Versuchen auf dem Ökofeld Gülzow

Düngerart	Ausbringungszeitraum	Menge (kg S/ha)	Abkürzung
1. Versuchsserie 2013-2016			
ohne			ohne
Magnesiumsulfat	Frühjahr zur Ansaat	30	Mg(30)
Calciumsulfat	Frühjahr zur Ansaat	30	Ca(30)
2. Versuchsserie 2016-2018			
ohne			
elementarer Schwefel	Herbst im Ansaatjahr	30	elS
Magnesiumsulfat	Frühjahr zur Ansaat + Frühjahr im Hauptnutzungsjahr	2 x 30	Mg(2x30)
Magnesiumsulfat	Frühjahr zur Ansaat + Frühjahr im Hauptnutzungsjahr	2 x 60	Mg(2x60)

Mit Calciumsulfat wurde bewusst ein magnesiumfreier Dünger als Vergleichsvariante gewählt, um einen Magnesium-Düngeeffekt auszuschließen. Das Kleegras in Gülzow ist überjährig, d.h. es wird nach einer Überwinterung im Herbst des Hauptnutzungsjahres umgebrochen. Im Ansaatjahr wird es in der Regel zweimal und im Hauptnutzungsjahr üblicherweise dreimal genutzt. Es handelt sich um eine langjährig am Standort bewährte Eigenmischung mit den Hauptkomponenten Rotklee, Wiesenschweidel und Deutsches Weidelgras, dazu Rotschwingel, Luzerne und Hornklee als besonders trockenheitsverträgliche Arten.

Mit Hilfe der Ertragsanteilschätzung nach Klapp (1971) wurden die Anteile der Leguminosen und Gräser unmittelbar vor jedem Schnitt bestimmt.

Die Umrechnung der im Labor ermittelten Bodenwerte (Smin mg/100 g Frischmasse) auf Smin in kg/ha erfolgte für einen „mittleren“ Boden unabhängig von der Schichttiefe mit dem Faktor 1,5. Die Beprobung der Pflanzenbestände sowie die Bestimmung des S- und N-Gehaltes in der

grünen Biomasse entsprach den Standards VDLUFA III 10.7.1 und VDLUFA III 4.1.1. Leguminosenanteil und Trockenmasseertrag wurden mit F- und t- Test verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Smin-Gehalte im Boden

Die Frühjahrsdüngung mit Magnesiumsulfat (Mg30) bzw. Calciumsulfat (Ca30) hatte nach 6 Wochen einen deutlichen Anstieg der Bodengehaltswerte bis 30 cm Tiefe zur Folge. Nur vereinzelt wirkte sich die Düngung im Ansaatjahr noch auf die Höhe der Gehalte im Hauptnutzungsjahr aus. Von einem vergleichbaren Ergebnis nach der Düngung eines Luzerne-Kleegrasbestandes mit Bittersalz bzw. Calciumsulfat berichten auch Fischinger et al. (2011). Je nach Wasserverfügbarkeit und Temperaturentwicklung machten sich zudem deutliche Jahreseinflüsse bemerkbar. Elementarer Schwefel hatte in zwei Versuchsjahren keinen Einfluss auf die Smin-Werte.

Schwefelgehalt in der Pflanzenmasse

Insbesondere im Ansaatjahr zeigte die Analyse des ersten Aufwuchses beider Versuchsreihen, dass Schwefel nach einer Düngung mit Magnesiumsulfat und Calciumsulfat durch die sich entwickelnden Jungpflanzen rasch aufgenommen wurde. Die S-Gehalte in der Pflanze lagen aber auch in den Varianten mit zweimaliger Düngung und höheren Düngermengen häufig unter dem Zielwert von 2 g/kg Trockenmasse. Der im Herbst des Ansaatjahres gedüngte elementare Schwefel hatte keine Auswirkungen auf den S-Gehalt in den Aufwüchsen des Hauptnutzungsjahres.

Leguminosenanteile

Im ersten Versuch von 2013-2016 erhöhten sich die Leguminosenanteile nach der einmaligen Düngung mit Magnesiumsulfat bzw. Calciumsulfat im Ansaatjahr bereits deutlich um 30 % (Abb. 1). Zu einzelnen Aufwüchsen konnten die Leguminosenanteile teilweise verdoppelt werden.

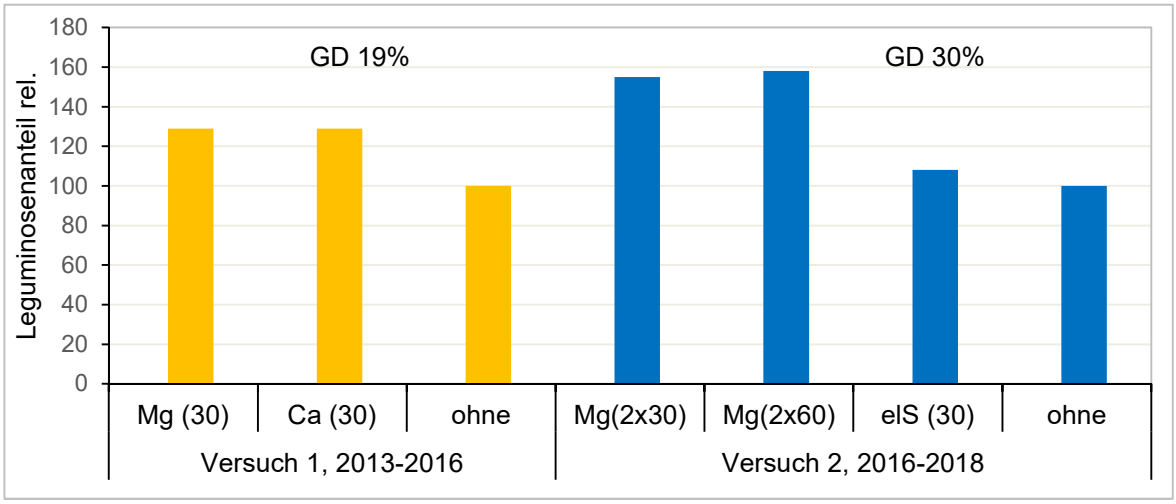


Abb. 1: Leguminosenanteile in Kleegrasbeständen vor dem 1. Schnitt im HNJ in Abhängigkeit von der Schwefeldüngung (%); Abkürzung siehe Tab. 1, ohne Düngung = 100 %

Zudem machten die Einzelpflanzen aufgrund dunklerer Färbung sowie eines höheren Blattflächenanteils einen vitaleren Eindruck (Abb. 2). Dieser Effekt hielt bis weit in das Hauptnutzungsjahr an, selbst wenn keine erneute Düngung erfolgte.



Abb. 2: Kleegras im Ansaatjahr – links ungedüngt, rechts mit Sulfat gedüngt, Foto Titze

Obwohl die zweite Versuchsserie noch nicht abgeschlossen ist, zeigte sich in den sehr unterschiedlichen Jahren 2017 und 2018 nach der Düngung mit Magnesiumsulfat im Ansaatjahr eine ähnliche Wirkung wie in der ersten Versuchsserie.

Die zusätzliche Gabe Magnesiumsulfat im Hauptnutzungsjahr in der zweiten Versuchsserie führte zu einem Anstieg der Leguminosenanteile im Bestand um mehr als 50 % gegenüber der ungedüngten Kontrolle (Abb. 2). Eine Bestandsverbesserung während der Etablierungsphase des Kleegrases wurde in allen Versuchsjahren bereits nach einmaliger Düngung zur Ansaat erreicht. Minimale Effekte konnten nach Düngung mit elementarem Schwefel erst im Herbst des Hauptnutzungsjahres festgestellt werden. In allen Düngungsvarianten war die Entwicklung der Leguminosenanteile über die Aufwüchse ähnlich wie in der Variante ohne Düngung.

Trockenmasseerträge

Die Wirkung auf die Trockenmasseerträge hingegen fiel wegen des höheren Wassergehaltes der kleereicheren Bestände mit 18 bis 30 Prozent Mehrertrag etwas niedriger aus als der steigende Leguminosenanteil vermuten lässt (Abb. 3). Magnesiumsulfat und Calciumsulfat unterschieden sich in ihrer Wirkung nicht voneinander, sodass man ausschließlich von einem Schwefeleffekt ausgehen kann.

Die Trockenmasseerträge erhöhten sich nach der zweimaligen Magnesiumsulfat-Düngung im Mittel um knapp 30 % im Vergleich zur ungedüngten Variante. Weil der Eiweißgehalt in allen Aufwüchsen anstieg, konnte ein signifikant höherer Eiweiß- bzw. Stickstoffertrag gegenüber der ungedüngten Kontrolle erzielt werden. Insgesamt sind also deutliche Hinweise auf eine verbesserte Stickstofffixierungsleistung der Leguminosen zu verzeichnen.

Nach Düngung mit elementarem Schwefel im Herbst konnten erst zum dritten Aufwuchs des folgenden Hauptnutzungsjahres minimale Effekte festgestellt werden. Elementarer Schwefel erfordert eine bakterielle Umsetzung im Boden. Dazu sind Temperaturen über 10° C und eine gute Wasserversorgung notwendig. Weil das unter den klimatischen Bedingungen im Nordosten Deutschlands häufig nicht der Fall ist, steht der Nährstoff in der entscheidenden Phase meist nicht zur Verfügung.

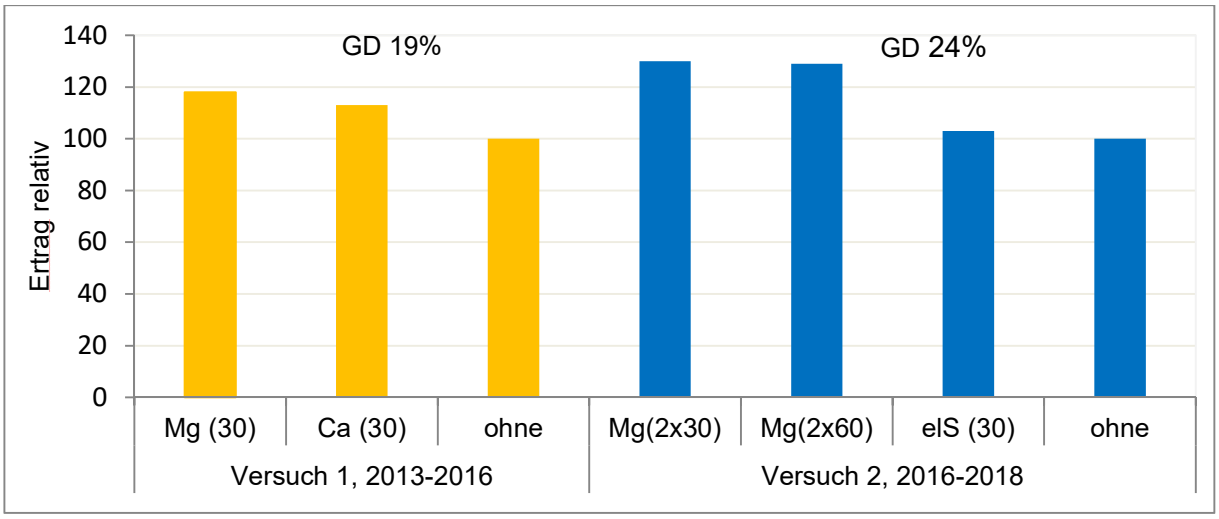


Abb. 3: **Summe Trockenmasseerträge (relativ) von Kleegrasbeständen in Abhängigkeit von der Schwefeldüngung (%), Abkürzung siehe Tab. 1, ohne Düngung = 100 %**

In zwei Versuchsjahren führte die Verdopplung der Magnesiumsulfat-Menge auf jeweils 60 kg je Hektar und Jahr zu keinem Mehrertrag im Vergleich zur Düngung von 30 kg/ha. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Böhm (2013, 2017), auch bei längerer Standzeit der Bestände. Fischinger et al. (2011) und Riffel et al. (2015) dagegen konnten auf einem Gunststandort auch mit Schwefelgaben von bis zu 60 kg/ha den Ertrag eines Kleegrasbestandes deutlich steigern. Eigene Ergebnisse zeigen, dass höhere Trockenmasseerträge immer stark mit höheren Leguminosenanteilen korrespondierten und damit die vor Versuchsbeginn erhofften Erwartungen im Laufe der Untersuchungen bestätigt wurden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Bodenanalysen zur Bestimmung des Schwefelgehaltes können im zeitigen Frühjahr durchgeführt werden. Die Ergebnisse geben aber nur zu Vegetationsbeginn eine Orientierung zum Status Quo der Schwefelversorgung. In Ergänzung sind Pflanzenanalysen sinnvoll. Liegen die Werte in der Pflanzenmasse in einem Bereich von 1 g/kg Trockenmasse, ist von einer Unterversorgung des Kleegrasbestandes auszugehen. Dann lohnt sich auch eine Düngung.

Zur Stärkung einer Neuansaat im Frühjahr sollten nur schnell wirkende Sulfatdünger (Magnesiumsulfat, Kaliumsulfat, Calciumsulfat) eingesetzt werden. Gedüngt werden muss frühzeitig bereits zur Ansaat, um den Etablierungsprozess der Leguminosen wirkungsvoll zu unterstützen. Auf eher trockenen Standorten reichen 30 kg Schwefel je Hektar und Jahr aus. Im folgenden Hauptnutzungsjahr war eine weitere Gabe im zeitigen Frühjahr in Höhe von 30 kg je Hektar Schwefelsulfat in der Regel lohnend. Düngefenster verbessern dabei die Erfolgskontrolle. Eine Steigerung der Nährstoffmenge auf 60 kg S/ha brachte keine entscheidenden Vorteile mehr.

Nach einer Herbstdüngung im bereits etablierten Kleegras zeigte elementarer Schwefel im Gülzower Versuch nahezu keine Wirkung.

Literaturverzeichnis

Becker K, Riffel A, Leithold G (2015) Schwefeldüngung in Futterleguminosen. http://orgprints.org/29689/7/29689-10OE104-uni-giessen-leithold-2015-luzerne-kleegrasbestaende-merkblatt.pdf, abgerufen 15.05.2019.

Böhm H (2013) Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Kleegrasbestandes. In: Neuhoff D Stumm C Ziegler S u.a. (Hrsg.) Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Bonn, Verlag Dr. Köster Berlin: 216-219.

Böhm H (2017) Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Kleegrasbeständen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 32 – 35.

Fischinge S A Becker K Leithold G (2011) Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den N-Flächenertrag eines Luzerne-Kleegrasbestandes. In: Leithold G Becker K Brock C Fischinger A K Spiegel K Spory K Wilbois K-P & Williges U (Hrsg.) Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Gießen, Verlag Dr. Köster Berlin: 183-184.

Riffel A, Becker K U Leithold G (2015) Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Kleegras-Bestand im 2. Hauptnutzungsjahr. In: Häring A M Hörning B Hoffmann-Bahnsen R Luley H Luthardt V Pape J & Trei G (Hrsg.) Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Eberswalde, Verlag Dr. Köster Berlin: 284-286.

Vergleich einer Düngung mit elementarem Schwefel und Schwefelsulfat im zweijährigen Kleegras

Peer Urbatzka, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Einleitung

Das Kleegras ist der Motor im ökologischen Pflanzenbau. Daher sollte diese Kultur genauso sorgfältig behandelt werden wie Marktfrüchte. Feinsamige Leguminosen haben einen hohen S-Bedarf im ökologischen Landbau. In bisherigen Arbeiten wurden in Deutschland ausschließlich Sulfatdünger geprüft (z. B. Riffel et al. 2015, Böhm 2017).

Im Beitrag werden folgende Fragen beantwortet:

- Ist eine Düngung des Kleegrases mit elementaren Schwefel oder Sulfat besser?
- Zu welchem Zeitpunkt sollte die Düngung mit elementarem Schwefel erfolgen?

Material und Methode

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden Feldversuche an vier Standorten in Bayern angelegt (Tab. 1). Die Schwefeldüngung erfolgte im zweijährigen Kleegras in jedem Hauptnutzungsjahr (HNJ). Das Kleegras war eine Mischung aus Rotklee, Weißklee, Luzerne und verschiedenen Gräsern (je nach Ort 55 bis 66 % Gewichtsanteil).

Die Saat erfolgte im August/September vor dem ersten Hauptnutzungsjahr. Das Gemenge wurde zu ortsüblichen Terminen geschnitten und abgefahren. Hieraus resultierten vier- bzw. in Hinteregglburg fünfschürige Systeme. Geprüft wurden acht Varianten und eine Kontrolle ohne Düngung in einer Blockanlage in vierfacher Wiederholung (Tab. 2). Bei einem Magnesiumgehalt kleiner 10 mg in 100 g Boden wurde ein Mg-haltiger Kalkdünger vor der Saat des Gemenges gestreut, um einen Einfluss durch Magnesium auszuschließen.

Tab. 1: Standorte und Kenndaten

Standort	Bodentyp	Bodenart	AZ[1]	Niederschlag[2]	Temp.[2]	Versuchsdauer
Hohenkammer	Braunerde	lS	55	887	8,3	2013-2014, 2014-2015
Hinteregglburg	Braunerde	sL	47	1007	8,4	2013-2014, 2014-2015
Willendorf	Braunerde	sL	41	632	8,5	2014-2015, 2016-2017
Viehhausen	Braunerde	uL	61	887	8,3	2015-2016, 2016-2017

[1] Ackerzahl, [2] langjährige Mittel der nächstgelegenen Wetterstation (1981-2010), Temp. = Temperatur

Nach dem Kleegras wurde zur Bestimmung der Vorfruchtwirkung ein Winterweizen (Sorte Achat) auf den Standorten Hohenkammer, Hinteregglburg und Viehhausen angebaut. Der Weizen wurde nicht gedüngt.

Tab. 2: Prüfvarianten

Dünger	Zeitpunkt d. Ausbringung	Menge (kg S/ha je HNJ)	Abkürzung
Magnesium-Sulfat	zeitiges Frühjahr	20, 40, 60[1]	$MgSO_4$
Calcium-Sulfat	zeitiges Frühjahr	40	$CaSO_4$
elementarer Schwefel	Herbst	20, 40	S_He
elementarer Schwefel	zeitiges Frühjahr	40	S_Fj
elementarer Schwefel	Saat (Sommer), Herbst	2 x 20	S
ohne	-	-	ohne

[1] 60 kg nicht in Anlagen 2013-2014, Herbst = Ausbringung im vorlaufenden Oktober

Die geringere Anzahl an Prüfjahren bei der Düngung mit 60 kg S ha^{-1} als Mg-Sulfat wurde nach Searle (1987) auf alle Prüfjahre bei der Auswertung mit SAS 9.3 hochgerechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Erstes Hauptnutzungsjahr

Im ersten Hauptnutzugsjahr zeigte sich bei einer Schwefeldüngung immer ein Mehrertrag in der Summe aller Schnitte im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung (Abb. 1).

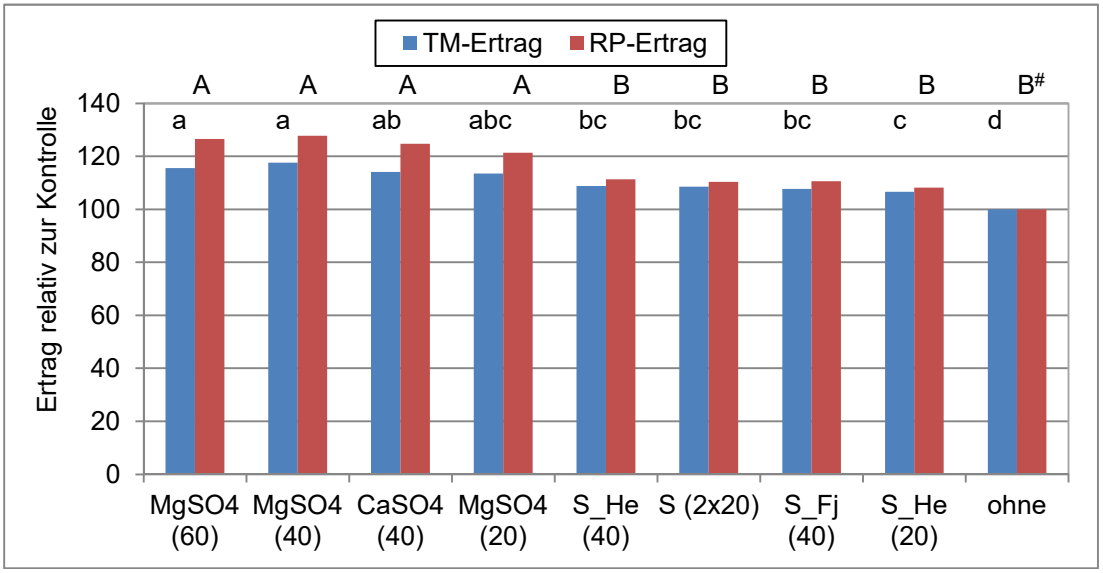


Abb. 1: **Ertrag 1. Hauptnutzungsjahr (Σ aller Schnitte); Mittel der 8 Umwelten; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK, p < 0,05), kleine für TM-, große für RP-Ertrag, # = Tendenz zu Variante mit elementarem Schwefel (0,05 < p < 0,1); 100 % ≙ 124,6 bzw. 21,9 dt/ha; TM = Trockenmasse, RP = Rohprotein; Abkürzung Variante siehe Tab. 2; Zahl in Klammern = S-Ausbringungsmenge in kg S ha*a^{-1}**

Dabei erreichte das Kleegras mit Sulfatdüngung höhere Erträge (relativ 114-118) im Vergleich zur elementaren Schwefeldüngung (relativ 107-109). Dieser Unterschied in der Summe resultierte aus höheren Erträgen mit Sulfatdüngung in den ersten beiden Schnitten, wobei die Unterschiede im zweiten Schnitt nur zwischen wenigen Varianten signifikant ausfielen (Tab. 3). Bei den einzelnen Schnitten im ersten HNJ fiel der Trockenmasseertrag bei Sulfatdüngung mit einer Ausnahme beim dritten Schnitt immer im Vergleich zur Kontrolle höher aus. Das Kleegras mit elementarem Schwefel erzielte nur im vierten Schnitt im ersten HNJ einen signifikanten Mehrertrag im Vergleich zur Kontrolle. Insgesamt zeigte sich hier die schnellere Verfügbarkeit der Sulfatform bereits zum ersten Schnitt, da sie nicht erst wie elementarer Schwefel in eine pflanzenverfügbare Form umgewandelt werden muss.

In den Feldversuchen zeigte sich bei den verschiedenen Düngungsterminen mit elementarem Schwefel kein Unterschied in der Wirkungsgeschwindigkeit oder in der Ertragshöhe (Abb. 1 u. 3, Tab. 3). Eine frühe Ausbringung des elementaren Schwefels bereits zur Saat oder im Herbst des Ansaatjahres brachte keine Vorteile im Vergleich zu einer Düngung im zeitigen Frühjahr.

Weitere Folgen der schnellen Verfügbarkeit des Sulfatdüngers zeigten sich in der Bestandeszusammensetzung und dem Rohproteingehalt. Vor dem 1. Schnitt war der Anteil an Klee etwa 15 Prozent höher und die Anteile an Gras und Unkraut (Abb. 2) entsprechend geringer als nach Düngung mit elementarem Schwefel oder ohne Düngung (Abb. 3). Hieraus resultierte ein um zwei Prozentpunkte höherer Rohproteingehalt im Kleegras nach Sulfatdüngung. Zum zweiten Schnitt begann auch der elementare Schwefel zu wirken: Die Kleeanteile und der Rohproteingehalt erhöhten sich im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung. In den weiteren Schnitten lagen keine Unterschiede in der Bestandeszusammensetzung und im Rohproteingehalt vor.

Tab. 3: Trockenmasseertrag (relativ) in Abhängigkeit von Düngung und Schnitttermin

	1. Hauptnutzungsjahr				2. Hauptnutzungsjahr			
	Schnitt 1	**Schnitt 2**	**Schnitt 3**	**Schnitt 4**	**Schnitt 1**	**Schnitt 2**	**Schnitt 3**	**Schnitt 4**
$MgSO_4$ (60)	121 A	121 AB	108 A	112 A	116 A	110 A	108 AB	117 A
$MgSO_4$ (40)	119 A	123 A	112 A	116 A	115 A	113 A	113 A	118 A
$CaSO_4$ (40)	117 A	118 AB	107 AB	112 A	112 A	109 A	110 AB	115 A
$MgSO_4$ (20)	116 A	117 AB	109 A	111 A	114 A	110 A	109 AB	111 A
S_He (40)	107 B	112 ABC	106 AB	110 A	113 A	113 A	114 A	117 A
S (2x20)	107 B	111 ABC	106 AB	112 A	112 A	107 A	111 AB	114 A
S_Fj (40)	103 B	109 BC	107 AB	113 A	110 A	108 A	111 A	112 A
S_He (20)	106 B	108 BC	106 AB	108 A	111 A	108 A	110 AB	112 A
ohne*	37,8 B	30,5 C	37,3 B	17,6 B	41,3 B	33,1 B	34,1 B	13,2 B

* = Basis der Relativerträge (≙ 100 %) in dt ha^{-1}; weitere Erklärungen siehe Abbildung 1



Abb. 2: links ohne Düngung, rechts mit Sulfatdüngung, Foto Urbatzka

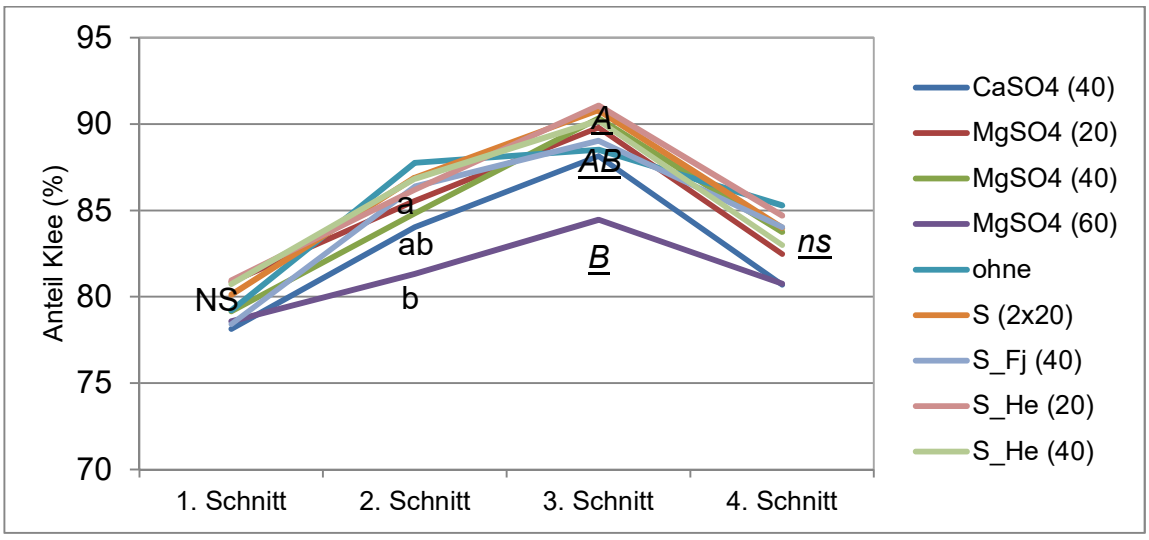


Abb. 3: Kleeanteil im 1. Hauptnutzungsjahr in Abhängigkeit von Düngung und Schnitttermin; Erklärungen siehe Abbildung 1

Zweites Hauptnutzungsjahr

Im zweiten Hauptnutzungsjahr erreichte das Kleegras mit Schwefeldüngung einen Mehrertrag von 10-15 Prozent im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung (Abb. 4). Mit Ausnahme des dritten Schnittes lagen in allen Varianten mit S-Düngung höhere Trockenmasseerträge vor. Der Rohproteingehalt war ohne S-Düngung etwa ein Prozentpunkt über das gesamte Nutzungsjahr niedriger als mit Düngung.

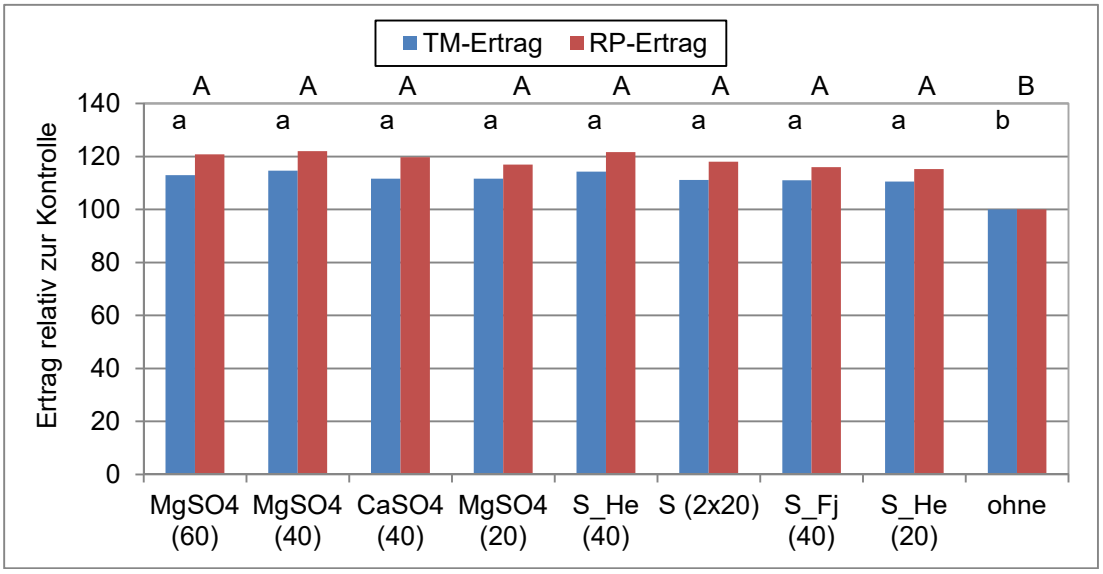


Abb. 4: Trockenmasse- und Rohproteinertrag im 2. HNJ (Σ aller Schnitte, relativ); Erläuterungen siehe Abb. 1; 100 % ≙ 124,4 TM-Ertrag, 22,7 dt/ha RP-Ertrag

Die beiden Düngungsformen unterschieden sich weder in der Ertragssumme (Abb. 4) noch in einzelnen Schnitten voneinander (Tab. 3).

Auch der Rohproteingehalt und die Bestandeszusammensetzung unterschieden sich mit Ausnahme einer Düngungsvariante nicht. Im Kleegras mit der Düngung von 60 kg MgSO4 lag zum zweiten und dritten Schnitt mit wenigen Ausnahmen ein geringerer Klee- (Abb. 5) und höherer Grasanteil vor.

Bei den verschiedenen Düngungsterminen mit elementarem Schwefel gab es wie im ersten Hauptnutzungsjahr keine Unterschiede.

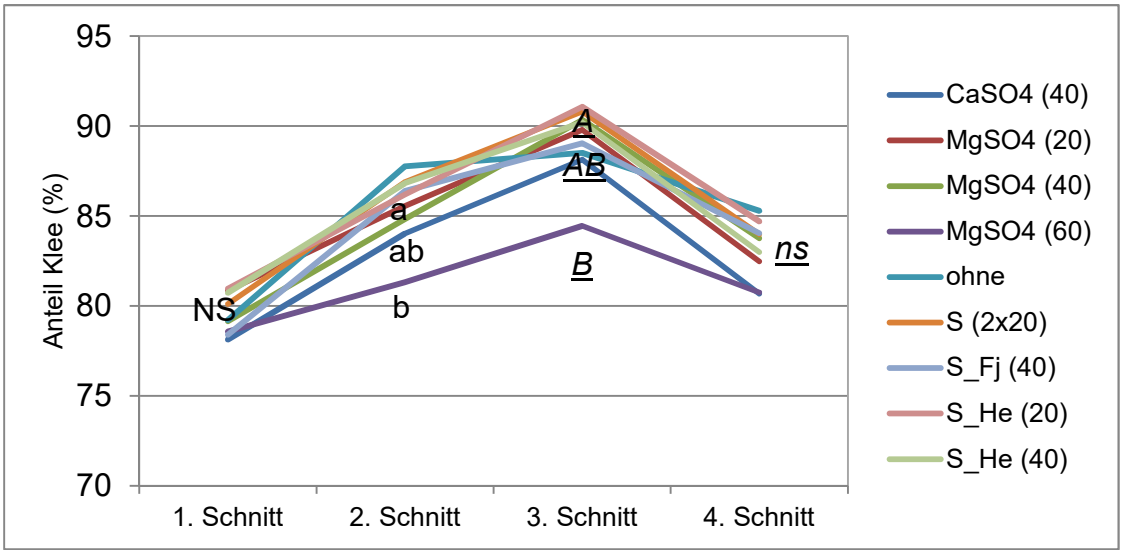


Abb. 5: Kleeanteil im 2. Hauptnutzungsjahr in Abhängigkeit von Düngung und Schnitttermin; Erläuterungen siehe Abbildung 1

Nachfrucht Winterweizen

Auch die nicht gedüngte Nachfrucht Winterweizen profitierte von der Schwefeldüngung im Kleegras. Der Mehrertrag im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung im Kleegras betrug acht bis siebzehn Prozent (Abb. 6).

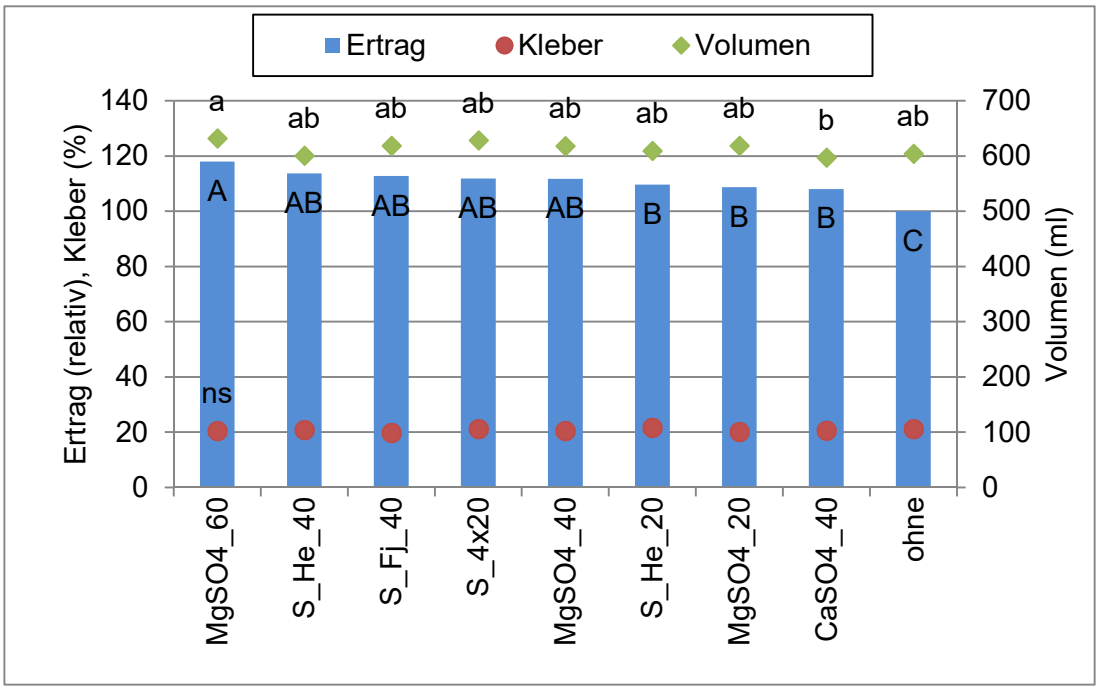


Abb. 6: **Ertrag und Qualität der Nachfrucht Winterweizen in Abhängigkeit von der Düngung der Vorfrucht; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede**

Die Backqualität (Backvolumen, Feuchtklebergehalt, Sedimentationswert, Rohproteingehalt) wurde von dem unterschiedlich gedüngten Kleegras dagegen nicht beeinflusst. Zwischen den Düngeformen (Sulfat, elementarer Schwefel) lagen keine Unterschiede vor.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen belegen eine schnelle Ertragssteigerung im Kleegras nach Sulfatdüngung. Elementarschwefel benötigt Zeit für die Umsetzung in die pflanzenverfügbare Sulfatform. Auch eine Düngung bereits im Herbst oder zur Saat des Kleegrases änderte hieran nichts. Die Düngewirkung war ab dem 3. Schnitt im 1. Hauptnutzungsjahr zwischen den Düngeformen vergleichbar. Auch die Nachfrucht Winterweizen profitierte über höhere Erträge von einer Schwefeldüngung im Kleegras.

Besonders Calciumsulfat ist für die Versorgung von Kleegras mit Schwefel interessant, da es schnell wirkt und bezogen auf den Nährstoffgehalt der kostengünstigste Dünger ist. Falls auch Magnesium im Mangel ist, kann ein teureres Magnesiumsulfat verwendet werden.

Literaturverzeichnis

Böhm H (2017) Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Kleegrasbeständen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 32 – 35.

Riffel A K Becker G Leithold (2015) Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Kleegras-Bestand im 2. Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 284 – 285.

Searle S R (1987) Linear Models for Unbalanced Data. Wiley, New York, 536 S.

Einfluss unterschiedlicher Schwefeldüngungshöhen auf den Ertrag von zweijährigem Kleegras

Peer Urbatzka, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Einleitung

Das Kleegras ist der Motor im ökologischen Pflanzenbau. Daher sollte diese Kultur genauso sorgfältig behandelt werden wie Marktfrüchte. Eine Möglichkeit zur Verbesserung des Bestandes ist eine Düngung mit Schwefel. In diesem Kapitel Beitrag wird die Frage nach der benötigten Schwefelmenge für Kleegras beantwortet.

Material und Methode

Es wurden Feldversuche an vier Standorten in Bayern angelegt (Tab. 1). Die Schwefeldüngung erfolgte im zweijährigen Kleegras in jedem Hauptnutzungsjahr (HNJ). Das Luzerne-Kleegras war eine Mischung aus Luzerne, Rotklee, Weißklee und verschiedenen Gräsern (je nach Ort 55 bis 66 % Gewichtsanteil). Die Saat erfolgte im August/September vor dem ersten Hauptnutzungsjahr. Das Gemenge wurde zu ortsüblichen Terminen geschnitten und abgefahren. Hieraus resultierten vier- bzw. in Hinteregglburg fünfschürige Systeme. Geprüft wurde neben einer Kontrolle ohne Düngung eine Ausbringungsmenge von 20 und 40 kg S/ha und Hauptnutzungsjahr von Magnesiumsulfat und elementaren Schwefel. In einer zusätzlichen Variante streuten wir 60 kg S/ha und Hauptnutzungsjahr als Magnesiumsulfat. Der elementare Schwefel wurde im Oktober des Ansaatjahres und des ersten Hauptnutzungsjahres gegeben.

Bei einem Magnesiumgehalt kleiner 10 mg in 100 g Boden wurde ein Mg-haltiger Kalkdünger vor der Saat des Gemenges gestreut, um einen Einfluss durch Mg auszuschließen. Als Anlage wurde eine Blockanlage angelegt (N=4). Da die Variante mit 60 kg S ha^{-1} als Mg-Sulfat nicht in den Anlagen 2013-2014 integriert wurde, wurde diese nach Searle (1987) auf alle Prüfjahre bei der Auswertung mit SAS 9.3 hochgerechnet.

Tab. 1: Standorte und Kenndaten

Standort	Bodentyp	Bodenart	AZ[1]	Niederschlag[2]	Temp.[2]	Anlage zu Ernten
Hohenkammer	Braunerde	lS	55	887	8,3	2013-2014, 2014-2015
Hinteregglburg	Braunerde	sL	47	1007	8,4	2013-2014, 2014-2015
Willendorf	Braunerde	sL	41	632	8,5	2014-2015, 2016-2017
Viehhausen	Braunerde	uL	61	887	8,3	2015-2016, 2016-2017

[1] Ackerzahl, [2] langjährige Mittel der nächstgelegenen Wetterstation (1981-2010), Temp. = Temperatur

Die ökonomische Auswirkung wurde über die Veränderung im Deckungsbeitrag berechnet. Hierbei wurden die Kosten für die Düngungsmaßnahme und die im Feldversuch erzielten Mehrerträge im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung einbezogen. Für das Kleegras wurde ein Verkauf angesetzt. Grundlage waren die Daten im LfL-Deckungsbeitragsrechner unter https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Auswertung im Mittel der Jahre und Standorte zeigte eine Düngung in Höhe von 40 kg S/ha und Jahr mit Magnesiumsulfat und elementarem Schwefel Kleegras im ersten Hauptnutzungsjahr einen tendenziellen und im zweiten Hauptnutzungsjahr einen signifikanten Mehrertrag im Vergleich zu einer Düngung mit 20 kg S/ha und Jahr (Abb. 1). Bezogen auf Rohprotein lag der Mehrertrag bei etwa fünf bis sechs Prozent.

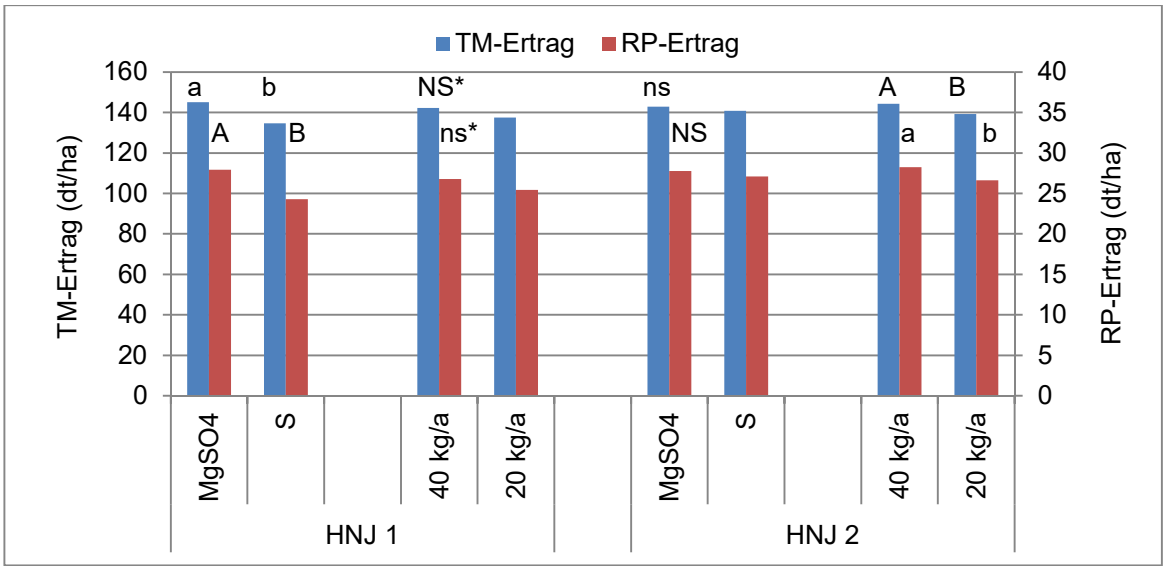


Abb. 1: **Ertrag in Abhängigkeit der Düngermenge bei Düngung mit elementarem Schwefel (S) und Magnesiumsulfat (MgSO4); verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK, p < 0,05); * = Tendenz (0,05 < p < 0,1); HNJ = Hauptnutzungsjahr**

Bei einer Düngung mit Magnesiumsulfat erreichte das Kleegras mit 60 kg S/ha und Jahr keinen Mehrertrag im Vergleich zu einer Düngung mit 40 kg S/ha und Jahr (Abb. 2). Auch in weiteren Feldversuchen in Nord- und Mitteldeutschland wurde kein Mehrertrag bei einer Düngung von 60 oder 80 kg S/ha und Jahr erzielt (Becker et al. 2013, Böhm 2017, Urbatzka und Titze 2019).

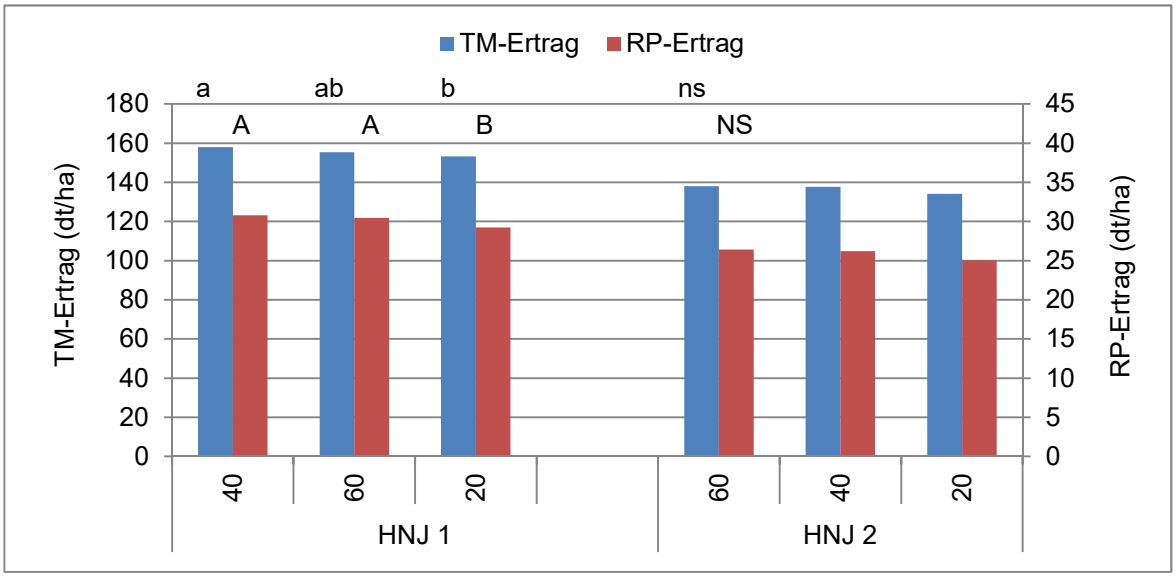


Abb. 2: **Ertrag in Abhängigkeit der Düngermenge bei Düngung mit Magnesiumsulfat; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK, p < 0,05); HNJ = Hauptnutzungsjahr**

In der ökonomischen Auswertung zeigt sich die Überlegenheit der Variante mit 40 im Vergleich zu einer Düngung mit 20 und 60 kg S/ha und Jahr. Bei Magnesiumsulfat lag der Deckungsbeitrag bezogen auf das zweijährige Kleegras rund 100 €/ha, bei elementaren Schwefel etwa 70 €/ha höher (Tab. 2).

Tab. 2: Ökonomische Auswirkung

Düngemittel	Aufwandmenge (kg S/ha und Jahr)	Kosten Düngung (€/ha und Jahr)	Deckungsbeitrag* (€/ha für 2-jähriges Kleegras)
MgSO4	20	42	655
MgSO4	40	74	764
MgSO4	60	105	640
elementarer S	20	41	344
elementarer S	40	70	414

*Deckungsbeitrag im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung unter Berücksichtigung der Düngungskosten und des Ertrages; ökonomische Daten aus LfL-Deckungsbeitragsrechner; Düngungskosten brutto ohne Transport, Ausbringung über Maschinenring

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In den Feldversuchen erzielte zweijähriges Kleegras nach einer Düngung mit 40 kg S/ha und Jahr einen höheren Ertrag als bei einer Gabe von 20 kg S/ha und Jahr. Eine Erhöhung auf 60 kg S/ha und Jahr führte aber nicht zu einer weiteren Ertragssteigerung. Auch in der ökonomischen Auswertung erreichten die Varianten mit 40 kg S/ha und Jahr die höchsten Deckungsbeiträge. Demnach ist eine Düngermenge von 40 kg S/ha je Jahr ausreichend.

Literaturverzeichnis

Becker K S Heilmann A Riffel G Leithold S A Fischinger (2013) Wirkung einer Schwefel- und Gülledüngung auf den Trockensubstanz- und Stickstoffertrag eines Futterleguminosenbestandes. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 220 – 221.

Böhm H (2017) Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Kleegrasbeständen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 32 – 35.

Searle SR (1987) Linear Models for Unbalanced Data. Wiley, New York, 536 S.

Urbatzka P A Titze (2019) Schwefeldüngung im Kleegras: Elementar oder gebunden? Und wie viel? Lebendige Erde 2, 36 – 38.

Schwefeldüngung zu Kleegras zusammengefasst

In Bayern und Mecklenburg-Vorpommern wurde in Feldversuchen der Einfluss einer Schwefeldüngung zu Kleegras (teilweise mit Luzerne) geprüft. Dabei waren Auswirkungen verschiedener Dünger und Düngermengen sowie Zeitpunkte der Düngung von Interesse. Bei den Untersuchungen standen die Effekte auf Boden- und Pflanzengehalte und auf den Ertrag im Mittelpunkt der Erhebungen.

Die Düngung mit Schwefel führte zu einer Ertragssteigerung. Hierbei waren Sulfatdünger im ersten Hauptnutzungsjahr der Düngung mit elementarem Schwefel überlegen, da diese schneller wirkten. Im zweiten Hauptnutzungsjahr und in der Nachfrucht lagen zwischen den Düngerformen keine Unterschiede vor. Die Düngung mit Sulfaten zeigte dazu einen deutlichen Effekt auf die Schwefelgehalte im Boden und in den Pflanzen. Ferner erhöhte eine Sulfatdüngung schneller den Leguminosenanteil im Kleegras.

Eine Düngung mit sulfathaltigen Schwefeldüngern von 30 bis 40 kg/ha je Hauptnutzungsjahr ist ausreichend und wirtschaftlich sinnvoll. Dies gilt auch, wenn die Ansaat im Frühjahr erfolgt. Elementarer Schwefel (Schwefellinsen) wirkte unabhängig vom Düngungszeitpunkt erst ab Sommer oder Herbst im ersten Hauptnutzungsjahr.

Effekte einer Sulfatdüngung zu Winterweizen

Peer Urbatzka, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Einleitung

Das Erzielen einer guten Backqualität bei ausreichendem Ertrag ist auf vielen Standorten im ökologischen Landbau schwierig. Eine Düngung mit Schwefel steht nicht nur bei Leguminosen im Fokus. Für den Landwirt stellen sich hierbei folgende Fragen:

- Verbessert eine Sulfatgabe direkt im Weizen Backqualität und/oder Ertrag?
- Lohnt sich eine Sulfatgabe zu Winterweizen ökonomisch?
- Oder ist eine Schwefeldüngung im vorlaufenden Kleegras sinnvoller?

Material und Methode

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden umfangreiche Feldversuche in Bayern durchgeführt. Die Gesamtzahl der Umwelten beträgt 20 (Tab. 1; in Viehhausen 2014 Durchführung auf zwei verschiedenen Schlägen). Es wurde jeweils ein Sulfatdünger in Höhe von 40 kg S/ha im zeitigen Frühjahr zu Winterweizen (cv. *Achat*) gestreut und mit einer Kontrolle ohne S-Düngung verglichen. In Abhängigkeit der Mg-Versorgungsstufe im Boden wurde ein Mg-Sulfat (Stufe mindestens C) oder ein Ca-Sulfat (Stufe A oder B) spätestens zu Bestockungsbeginn ausgebracht. Vorfrucht war Kleegras oder Körnerleguminosen.

Zur Beantwortung der letzten Frage bzgl. des optimalen Düngezeitpunktes innerhalb des Fruchtfolgeausschnittes wurde zusätzlich in einem Teil der Umwelten im vorlaufenden zweijährigen Kleegras zweimal 40 kg S/ha gegeben. Der Winterweizen in diesen Parzellen wurde nicht gedüngt. Verglichen wurde die S-Düngung im Kleegras mit einer S-Düngung direkt im Weizen, wie oben beschrieben und mit einer Variante ohne S-Düngung im Kleegras und im Weizen.

Tab. 1: Standorte und Kenndaten

Standort	Bodentyp	Bodenart	AZ[1]	Niederschlag[2]	Temperatur[2]	Ernten
Hohenkammer	Braunerde	lS-sL	50-60	887	8,3	2013-2016
Neuhof	Pseudogley-Parabraunerde	uL	~55	677	8,7	2014-2017
Obbach	Braunerde-Pseudogley	uL	50-70	714	9,0	2014-2017
Puch		lS-sL	~40	882	8,8	2013-2014
Viehhausen	Braunerde	sL-uL	50-60	887	8,3	2013-2017

[1] Ackerzahl, [2] langjährige Mittel der nächstgelegenen Wetterstation (1981-2010)

Der Feuchtklebergehalt sowie das Backvolumen nach einem RMT-Backtest wurden als Mischprobe der Wiederholungen nach den Standard-Methoden der Internationalen Gesellschaft für Getreidechemie (ICC 1976) und das Volumen nach Doose (1982) bestimmt. Die ökonomische Auswirkung wurde über die Veränderung im Deckungsbeitrag berechnet. Hierbei wurden die Kosten für die Düngungsmaßnahme und die im Feldversuch erzielten Mehrerträge im Vergleich zur Kontrolle ohne Düngung einbezogen. Für das Kleegras wurde ein Verkauf angesetzt. Grundlage waren die Daten im LfL-Deckungsbeitragsrechner unter https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der S-Düngung direkt im Winterweizen zeigte sich ein uneinheitliches Bild. In jeweils einem Drittel der Umwelt reagierte der Weizen mit einem größeren Ertrag, einer höheren Backqualität oder mit keines von beiden (Abb. 1). In einer Umwelt wurden ein Ertrag- und ein Qualitätseffekt

festgestellt. In 8 der 20 Umwelten verbesserte sich die Backqualität. Der Feuchtklebergehalt und das Backvolumen waren um je acht Prozentpunkte erhöht. In 7 der 20 Umwelten erzielte der Weizen nach Schwefeldüngung einen um acht Prozent höheren Ertrag. Und in 6 der 20 Umwelten konnte weder eine Ertragssteigerung noch eine Verbesserung der Backqualität festgestellt werden. Für die verschiedene Wirkung wurde keine Begründung z. B. hinsichtlich Bodenart oder Niederschlägen nach der Düngung gefunden.

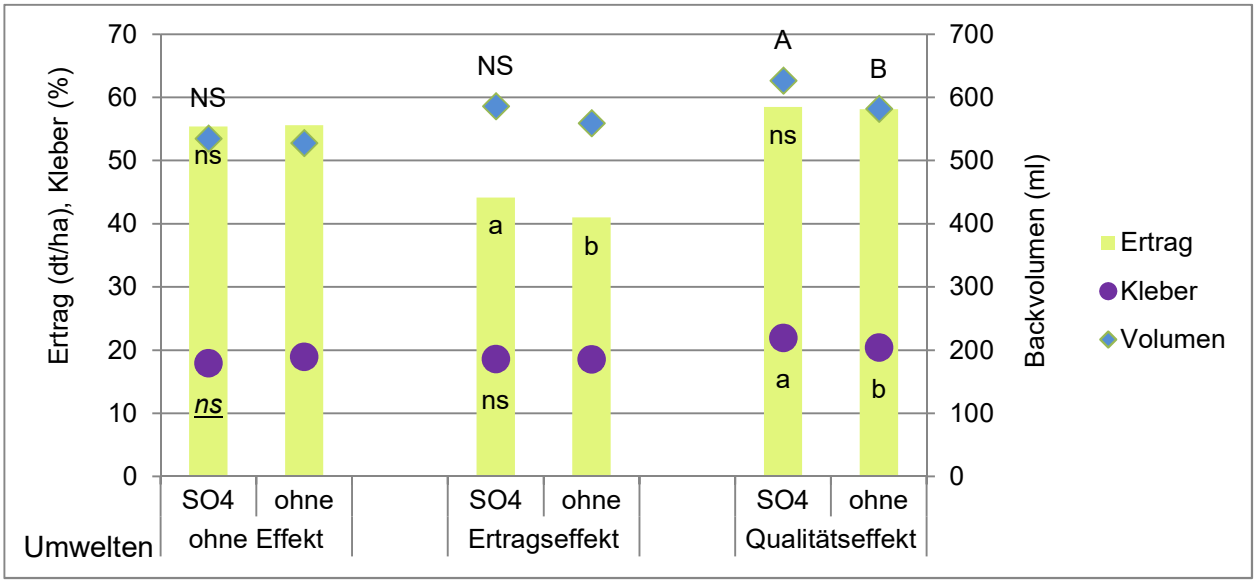


Abb. 1: **Ertrag und Backqualität in Abhängigkeit der Düngung aufgeteilt nach Umweltwirkung verschiedene kleine, große, kursiv-unterstrichene Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. Ertrag, Klebergehalt bzw. Volumen (SNK, p < 0,05)**

Im Fruchtfolgeausschnitt Kleegras, gefolgt von Winterweizen reagierte das Getreide auf die Sulfatgabe direkt im Weizen mit einem um 2,5 dt/ha höheren Kornertrag im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle (Abb. 2).

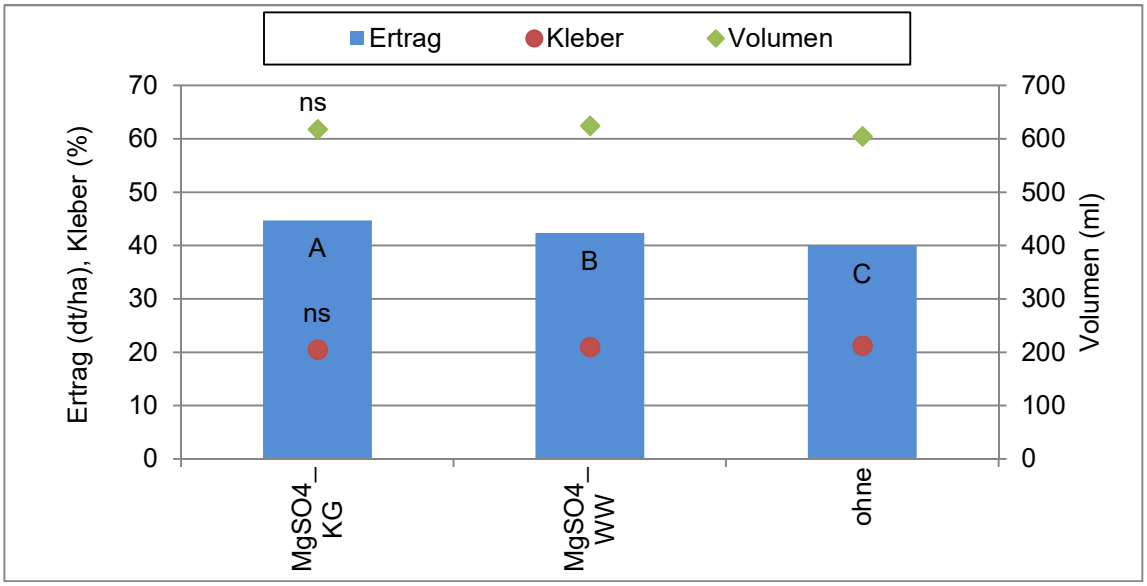


Abb. 2: **Ertrag und Backqualität in Abhängigkeit des Düngungstermins; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. Ertrag (SNK, p < 0,05), ns = nicht signifikant**

Wurde nur das vorlaufende Kleegras gedüngt, erhöhte sich der Ertrag des Weizens um 5 dt/ha. Der Mehrertrag im Vergleich zur Variante mit S-Düngung direkt im Weizen fiel damit doppelt so

hoch aus. Dies ist auf einen besseren Wuchs und höhere Erträge im Kleegras zurückzuführen. Die Backqualität war in allen drei Varianten vergleichbar, egal ob die S-Düngung zum Kleegras oder Weizen erfolgte oder nicht gedüngt wurde.

Bei der ökonomischen Berechnung zeigten sich die Vorteile einer S-Düngung im Kleegras deutlicher. Die Kosten für die Düngung fielen zwar doppelt so hoch aus, da im jeden Hauptnutzungsjahr gedüngt wurde (Tab. 2). Da aber neben dem höheren Weizenertrag bereits im zweijährigem Kleegras ein über 150 dt/ha höherer Frischmasseertrag erreicht wurde, lag die Summe des dreijährigen Deckungsbeitrags über 900 €/ha höher. Der Mehrertrag bei einer Sulfatgabe direkt im Weizen deckte dagegen gerade etwas mehr als die Kosten der Düngung ab.

Tab. 2: Ökonomische Auswirkung

Dünge-mittel	Dünge-zeitpunkt	Kosten Düngung (€/ha)	Deckungsbeitrag (€/ha)*		
			2-jähriges Kleegras	Weizen	Summe°
MgSO4	zu WW	74	0	10	10
MgSO4	zu KG	147**	764	166	930

*Deckungsbeitrag im Vergleich zu ohne Düngung unter Berücksichtigung der Düngungskosten; ökonomische Daten aus LfL-Deckungsbeitragsrechner; Düngungskosten brutto ohne Transport, Ausbringung über Maschinenring; ** zweimalige Düngung im zweijährigen Kleegras, ° Summe der drei Jahre

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In den Versuchen wurde die Wirkung einer Sulfatdüngung im zeitigen Frühjahr direkt in Weizen oder im vorlaufenden Kleegras untersucht. Bei der Düngung direkt in Weizen wurde je in einem Drittel der Umwelten ein Ertrags-, ein Qualitäts- oder kein Effekt festgestellt. Dagegen lag bei einer S-Düngung bereits im Kleegras ein Mehrertrag im Kleegras und im Weizen vor. Daher sollte eine S-Düngung zum Kleegras erfolgen, da aufgrund der deutlichen Mehrerträge im Kleegras und im nachfolgenden Weizen eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt werden kann. Eine S-Düngung direkt zum Winterweizen ist dagegen aufgrund geringer Wirtschaftlichkeit und ungewisser Wirkung nicht zu empfehlen.

Literaturverzeichnis

Doose O (1982) Verfahrenstechnik Bäckerei. Gildebuchverlag, Alfeld, 6. Auflage.

Einfluss unterschiedlicher Schwefeldünger auf Ertrag und Qualität von Winterweizen

Markus Mücke, Florian Rohlfing, LWK Niedersachsen, Fachbereich Ökolandbau

Versuchsbeschreibung

Die Versuche wurden von 2012 und 2013 am Standort Osnabrück und 2012 bis 2014 am Standort Wiebrechtshausen als Exaktversuch mit 4-facher Wiederholung angelegt. Die Düngung erfolgte entsprechend der in der Tabelle 1 aufgeführten Termine. In allen Versuchen wurde der Ertrag und im Korn der Rohprotein- und Klebergehalt bestimmt. Ergänzend wurde zum Zeitpunkt Beginn bis Mitte (BBCH 36) des Schossens in zwei Jahren der Stickstoff- und Schwefelgehalt in der oberirdischen Biomasse ermittelt und daraus das N:S-Verhältnis berechnet. Der Ertrag wurde parzellenweise erfasst und statistisch verrechnet.

Tab. 1: Versuchsvarianten

Var.-Nr.	Variante	Firma	Düngermenge	Düngungstermin
1	ohne Schwefel		-	
2	Naturgips	Firma Gfr	30 kg S/ha	Frühjahr zu Vegetationsbeginn
3	Elementarer Schwefel, Schwefellinsen *	Intrachem	30 kg S/ha	Herbst, direkt nach der Saat
4	Elementarer Schwefel, Schwefellinsen + Elementarer Schwefel, Cera-Schwefal	Intrachem Intrachem	30 kg S/ha 3 l/ha	Herbst, direkt nach der Saat + Frühjahr BBCH 25-30
5	Kieserit	K+S	30 kg S/ha	Frühjahr zu Vegetationsbeginn
6	Kieserit + Bittersalz EPSO Top (5%ige Lösung)	K+S K+S	30 + 16 kg S/ha	Frühjahr zu Vegetationsbeginn + BBCH 39

*nur 2013 u. 2014

Standortdaten

Bei den Versuchsorten handelt es sich um zwei unterschiedliche Standorte (Tab. 2):

- Versuchsbetrieb Waldhof der Hochschule Osnabrück wird langjährig ökologisch bewirtschaftet. Es handelt sich um lehmige Sandböden mit knapp unter 40 Bodenpunkten Der Betrieb wirtschaftet viehlos und setzt nur im geringen Umfang organische Dünger ein.
- Klostergut Wiebrechtshausen im Landkreis Northeim, wird ebenfalls viehlos bewirtschaftet. Allerdings werden Wirtschaftsdünger und andere org. Dünger u.a. in Form von Hühnertrockenkot und Champost eingesetzt. Es handelt sich um Lehmböden mit 70 bis 80 Bodenpunkten.

Tab. 2: Standort- und Versuchsdaten

Versuchsort / Landkreis	Osnabrück / OS			Wiebrechtshausen / NOM		
Jahr	**2012**	**2013**	**2014**	**2012**	**2013**	**2014**
Höhe NN	98	98	100	170		
NS (JM in mm)	780			700		
T (JM in °C)	9,1			7,8		
Bodenart	lehmiger Sand			sandiger Lehm		
Ackerzahl	36	38	36	70	80	80
Vorfrucht	Kleegras	Kleegras	Hafer	Kleegras	Kartoffeln	Kleegras
Vor-Vorfrucht	Kleegras	Kleegras	Kleegras	Mais	Kleegras	Möhren
org. Düngung	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Saatstärke Kö/m²	400	400	400	350	400	400
Saattermin	26.10.2011	24.10.2012	23.10.2013	04.10.2011	28.09.2012	22.10.2013
Erntetermin	01.08.2012	15.08.2013	28.08.2014	04.08.2012	11.08.2013	10.08.2014
Nmin (kg/ha) 0-90 cm	56	53	23*	68	102	71
Smin (kg/ha) 0-60 cm	7	8	10	52	128	55
pH-Wert	6,1	6,1	6,3	6,4	6,6	6,3
P mg/100 g	9	11	9	6	7	6
K mg/100 g	7	8	9	11	11	9
Mg mg/100 g	4	4	4	5	5	4

Ergebnisse

Ertrag und Qualität

Die Auswirkungen der Schwefeldüngung auf den Ertrag (Abb. 1) waren im dreijährigen Mittel nicht signifikant. Dennoch fielen die Ergebnisse an den Standorten leicht unterschiedlich aus. Während am Standort Osnabrück mit sehr niedrigen Smin Werten im Boden im dreijährigen Mittel die Variante mit Naturgips deutlich geringere Erträge erreichte, lag diese Düngerform am Standort Wiebrechtshausen nahe dem Mittel. In Einzeljahren waren am Standort Osnabrück diese Tendenzen auch signifikant. Leichte Unterschiede traten im Durchschnitt der Jahre auch bei der Düngung mit Schwefellinsen auf.

Am Standort Wiebrechtshausen zeigten sich im dreijährigen Versuchszeitraum nur marginale Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten, signifikante Unterschiede gab es in keinem Fall. Dies könnte auch auf die hohen verfügbaren Smin-Werte an diesem Standort zurückzuführen sein.

Auch beim Rohprotein- und Feuchtklebergehalt (Abb. 2 u. 3) zeigt sich im Mittel der Jahre auf beiden Standorten keine Wirkung der Schwefeldüngung.

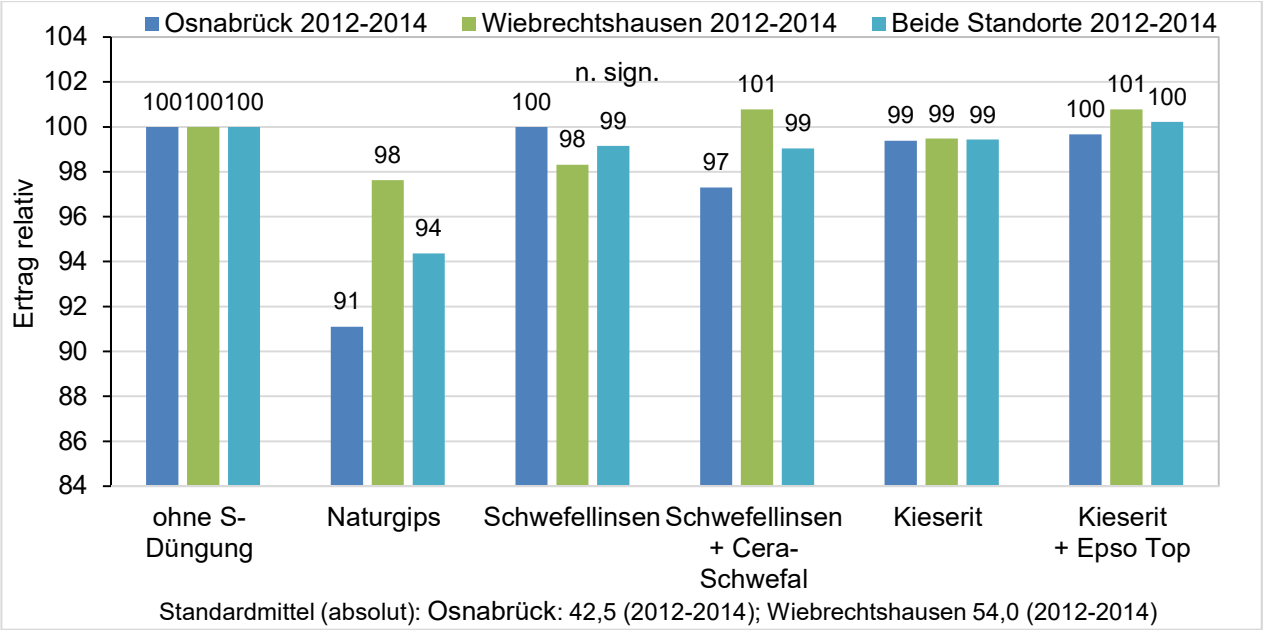


Abb. 1: Ertrag (relativ) in Abhängigkeit von der Schwefeldüngung

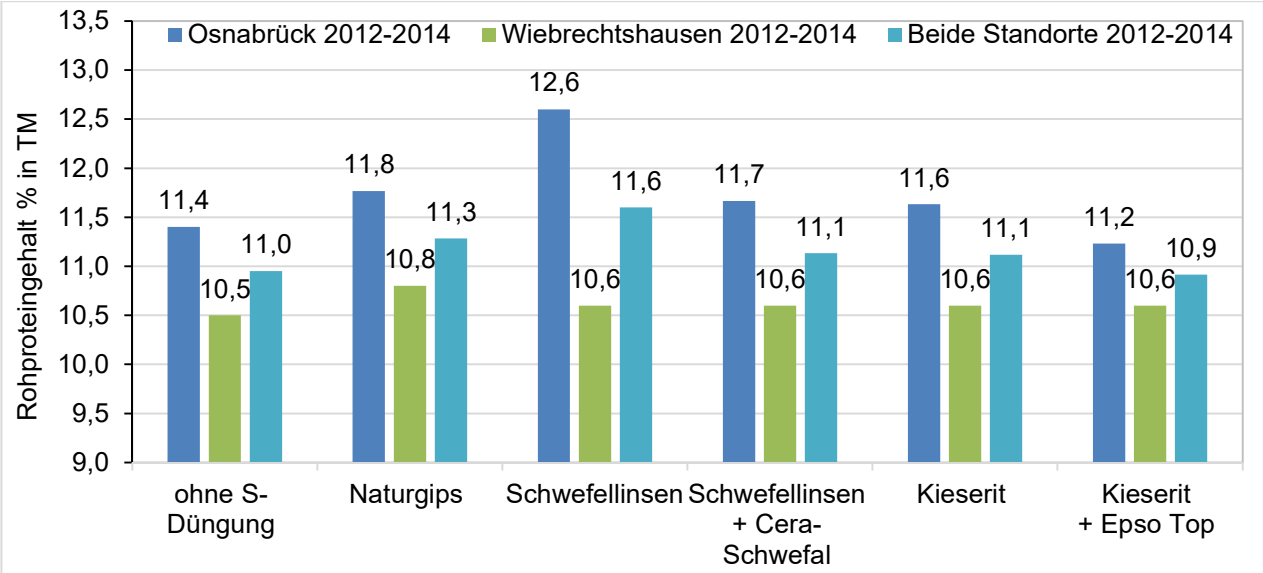


Abb. 2: Rohproteingehalt (% in TM) in Abhängigkeit von der Schwefeldüngung

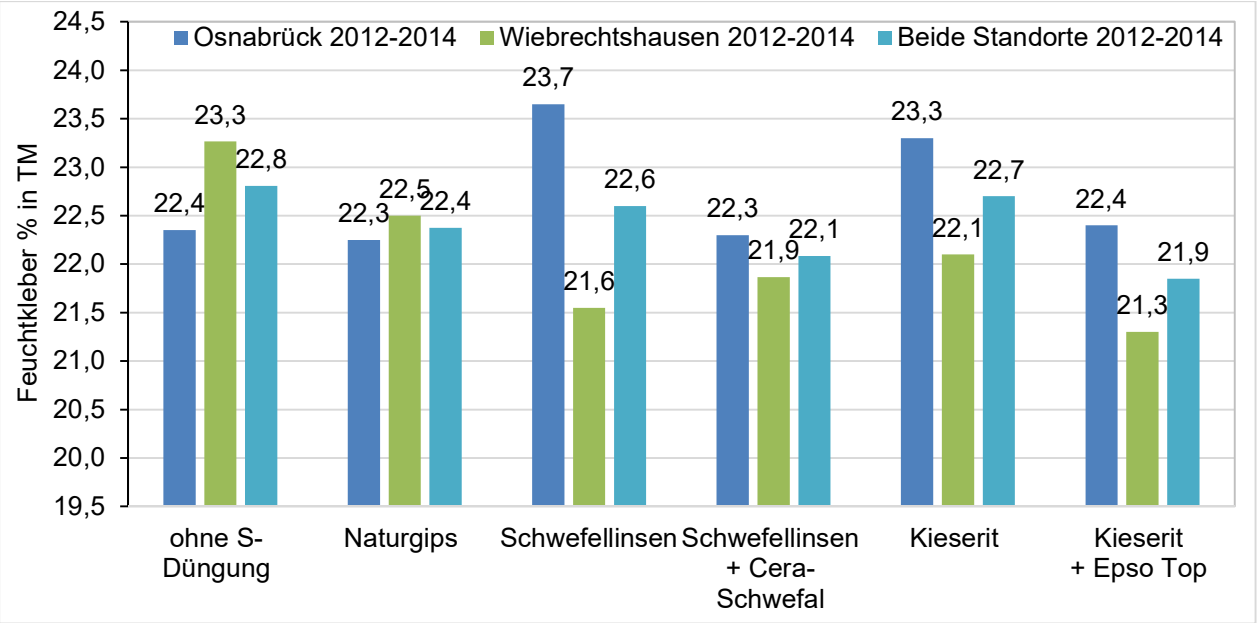


Abb. 3: Feuchtklebergehalt (% in TM) in Abhängigkeit von der Schwefeldüngung

Stickstoff- und Schwefelgehalte

Mit Pflanzenanalysen kann der Versorgungszustand bei Stickstoff und Schwefel festgestellt werden. Der optimale Probenahmetermin liegt beim Getreide während des Schossens (BBCH 32-37). Es wird die gesamte oberirdische Pflanze beprobt. Als kritischer Schwefel-Gehalt in der Trockensubstanz wird ein Wert von 0,3 % genannt (DLG 2012). Eine genauere Aussage über eventuell vorliegenden Schwefelmangel gibt das N/S-Verhältnis der grünen Pflanzenteile. Neben dem Schwefel-Gehalt sollte daher auch immer der Stickstoff-Gehalt ermittelt werden. Für Getreide beträgt das typische N/S-Verhältnis 10:1. Ausreichend mit N versorgter Weizen ist bezüglich des Schwefels als unterversorgt anzusehen, wenn der S-Gehalt des Korns unter 0,12 % fällt bzw. wenn das N:S-Verhältnis weiter ist als 17:1 (Hagel und Schnug 1997). Dabei nimmt das N/S-Verhältnis der Pflanzen bis zur Reife etwas ab (Bergmann 1988).

Im Ergebnis der Untersuchungen zeigen die gedüngten Varianten im Mittel der Jahre und an beiden Standorten einen geringfügig höheren N-Gehalt im oberirdischen Aufwuchs (Abb. 4).

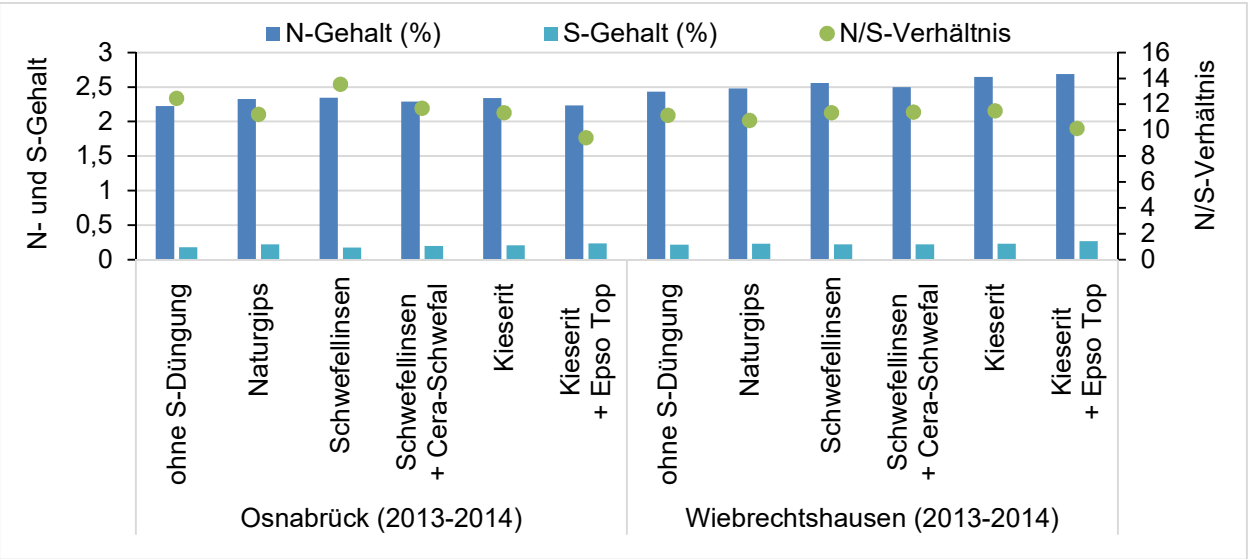


Abb. 4: Stickstoff- und Schwefelgehalt (% i.TS) sowie N/S-Verhältnis im oberirdischen Aufwuchs zum Schossen, Mittel 2013 und 2014

Bis auf die Varianten mit Schwefellinsen sind auch die S-Gehalte höher. Allerdings liegen sie mit 0,18 bis 0,27 % Schwefel zum Teil deutlich unter dem in der Literatur angegebenen Richtwert von 0,3 % Schwefel. Das N/S-Verhältnis zeigt keinen eindeutigen Düngungseinfluss. Werte zwischen knapp 9,4 und 13,6 weisen hier aber auf eine optimale Versorgung von Stickstoff und Schwefel in allen Varianten hin. Jedoch liegt auch die Variante ohne S-Düngung in diesem Wertebereich. Wahrscheinlich ist der vorhandene Bodenvorrat ausreichend, sodass an beiden Standorten Düngungseffekte ausblieben.

Insgesamt sind sowohl die Stickstoff- als auch die Schwefel-Gehalte auf dem Standort Wiebrechtshausen geringfügig höher als in Osnabrück, das N/S-Verhältnis ist allerdings im Schnitt in Osnabrück etwas höher.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Drei Versuchsjahre zur Schwefeldüngung in Winterweizen auf zwei Standorten zeigten keinen statistisch absicherbaren Einfluss der Schwefeldüngung auf Ertrag oder Qualität beim Weizen. Das N/S-Verhältnis lag in allen Varianten im nahezu optimalen Wertebereich. Vermutlich reicht der im Boden vorhandene und während der Wachstumszeit durch Mineralisation freigesetzte Schwefel für die Versorgung der Pflanzen aus.

Eine grundsätzliche direkte Schwefeldüngung zu Winterweizen ist aufgrund der Ergebnisse nur in Ausnahmefällen anzuraten. Aufgrund von Ergebnisse aus anderen Versuchen sollte vielmehr darüber nachgedacht werden, das Kleegras im Betrieb gezielt mit Schwefel zu düngen, um darüber Erträge und ggf. Qualitäten der Folgefrüchte abzusichern (Riffel et al. 2013). Mehrjährige Versuche der Universität Gießen haben zur Schwefeldüngung von Luzerne-Kleegras neben der Ertragssteigerung des Luzerne-Kleegrases (Fischinger et al. 2011) auch beim nachfolgenden Winterweizen deutlich höhere Erträge ermittelt (Riffel et al. 2013). Dies lässt sich durch die höhere N-Fixierleistung der Futterleguminosen und damit einhergehend einem erhöhtem N-Angebot für die Nachfrucht Winterweizen erklären.

Literaturverzeichnis

Bergmann W (1988) Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena.

DLG (2012) Schwefel-Düngung effizient gestalten. DLG-Merkblatt 373.

Fischinger et al. (2011) Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den NFlächenertrag eines Luzerne-Kleegrasbestandes. In: Leithold, G. et al. (Hrsg.), Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Gießen.

Hagel I Schnug E (1997) Schwefelgehalt in biologisch-dynamischem Weizen. Getreide, Mehl und Brot 51,4, S. 201-202.

Riffel et al. (2013) Wirkung einer Schwefeldüngung zu einem Luzerne-Kleegras-Bestand auf den Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen. In: D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke (Hrsg.): Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013. Verlag Dr. Köster, Berlin.

Schnug E (Hrsg.) (1998) Sulphur in Agroecosystems. Kluwer Academic Publishers.

Das Vorhaben wurde vom niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanziell unterstützt. Versuchszeitraum: 2012 bis 2014

Schwefeldüngung zu Winterweizen zusammengefasst

In Bayern und Niedersachsen wurde in Exaktversuchen der Einfluss einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen geprüft. Getestet wurden an mehreren Standorten in mehreren Jahren auch verschiedene Schwefeldünger. Darüber hinaus wurde die direkte Düngung zu Winterweizen auch mit einer Düngung zur Vorfrucht Kleegras verglichen.

Im Ergebnis der Untersuchungen konnte nur zum Teil ein signifikanter Effekt einer direkt zu Winterweizen erfolgten Schwefeldüngung nachgewiesen werden. Auch die Kornqualität verbesserte sich nur in einigen Fällen. Im Vergleich zur Düngung der Vorfrucht Kleegras fielen die Effekte einer direkten Düngung zu Winterweizen jedoch geringer aus. Ökonomische Berechnungen kamen zum gleichen Ergebnis.

Eine S-Düngung sollte daher zum Kleegras erfolgen, da aufgrund der deutlichen Mehrerträge im Kleegras und im nachfolgenden Weizen eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt werden kann. Eine S-Düngung direkt zum Winterweizen ist dagegen aufgrund geringer Wirtschaftlichkeit und ungewisser Wirkung nicht zu empfehlen.

Praxisempfehlungen zur Schwefeldüngung

Markus Mücke, Florian Rohlfing, LWK Niedersachsen, Fachbereich Ökolandbau

Zugelassene Schwefeldünger im Ökolandbau

Im Ökolandbau sind verschiedene mineralische Schwefel-Dünger zugelassen. Direkt pflanzenverfügbar und somit zu bevorzugen sind Dünger, die Schwefel in Sulfatform enthalten (Tab. 1). Zu beachten ist, dass Sulfat ähnlich wie Nitrat ausgesprochen auswaschungsgefährdet ist. Besonders im Herbst und Winter muss in Abhängigkeit der Bodenart und dem Bewuchs mit Verlagerungen aus dem durchwurzelten Bodenraum durch Niederschläge gerechnet werden. Eine S-Vorratsdüngung ist deshalb für eine gesamte Fruchtfolge nicht ratsam. Die meisten dieser Dünger enthalten aber noch weitere Nährstoffe, so dass bei der Düngerwahl auch der Bedarf an diesen Nährstoffen zu berücksichtigen ist. Schwefeldünger und deren Anbieter sind in der FIBL-Betriebsmittelliste zu finden (www.betriebsmitteliste.de).

Naturgips (Calciumsulfat) hat sich als schnell pflanzenverfügbares Schwefeldüngemittel erwiesen. Mittlerweile gibt es mehrere Anbieter, die diesen Dünger auch in granulierter und somit streufähiger Form anbieten. In der Regel können auch kleinere Mengen in Form von Big Packs bezogen werden. Schnell verfügbare Schwefeldünger stellen außerdem auch Patentkali, Magnesia-Kainit, Kieserit oder Bittersalz dar. Diese enthalten je nach ihrer chemischen Zusammensetzung auch weitere Nährstoffe in unterschiedlichen Konzentrationen (Tab. 1).

Tab. 1: Gehalt und Wirkung verschiedener zugelassener Schwefeldünger

Schwefelhaltige Dünger	Schwefel-Gehalt (S %)	Weitere Nährstoffe	Schwefel-Wirkung (Verfügbarkeit)
Kaliumsulfat (Kalisop)	18	50 - 52 % K_2O	schnell
Patentkali	17	30 % K_2O, 10 % MgO	schnell
Magnesia Kainit	4	11 % K_2O, 5 % MgO, 27 % Na	schnell
Kieserit	20 - 22	25 - 27 % MgO	schnell
Bittersalz (EPSO Top)	13	16 % MgO	schnell
Naturgips (Calciumsulfat)*	ca. 15 - 25	ca. 23 % Ca	schnell
Kalkdünger mit Sulfat-S	ca. 2 - 14	ca. 80 % CaO	schnell
Elementarer Schwefel**	ca. 90 (fest), 50-90 (flüssig)		fest: langsam! flüssig: mittel

Schwefeldünger u. Anbieter sind in der FIBL-Betriebsmittelliste zu finden (www.betriebsmitteliste.de)
* diverse Anbieter vertreiben auch granulierten Naturgips mit deutlich verbesserter Streufähigkeit
** keine direkte Pflanzenaufnahme möglich, muss erst zu Sulfat oxidiert werden

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Ökolandbau

Als langsam verfügbares Schwefeldüngemittel steht elementarer Schwefel zur Verfügung. Elementarer Schwefel muss nach der Düngung erst durch Mikroorganismen (sog. Thiobakterien) oxidiert werden. Dieser Vorgang findet verstärkt bei höheren Bodentemperaturen und ausreichend Feuchtigkeit statt. Dies bedeutet, dass bei elementarem Schwefel im Frühjahr zu Klee- oder Luzernegras möglicherweise die pflanzenverfügbare Sulfatform nicht bedarfsgerecht zur Verfügung steht. Bei einer Herbstdüngung kann es zudem noch zu einer nicht unerheblichen Umsetzung des elementaren Schwefels zu Sulfat-Schwefel kommen, der dann nach

Vegetationsende ausgewaschen werden kann. Außerdem ist zu beachten, dass durch die Oxidation des elementaren Schwefels der Boden-pH-Wert abgesenkt wird. Gleichzeitig weist dieser Dünger jedoch den höchsten Schwefelgehalt auf und enthält keine weiteren Nährstoffe.

Schwefelversorgung über Wirtschaftsdünger

Die Schwefelgehalte in Wirtschaftsdüngern können deutlich schwanken und sind abhängig von der Tierart (höhere Gehalte bei Geflügel im Vergleich zu Schweinen oder Rindern) und vom Haltungssystem (S-Gehalt im Mist höher als in Gülle). Die Verfügbarkeit des Schwefels in organischen Düngemitteln ist wiederum abhängig vom Anteil an Schwefel in Sulfatform und von den Mineralisationsbedingungen im Boden. Im Anwendungsjahr stehen der angebauten Kultur daher normalerweise weniger als 10 % der mit dem organischen Dünger applizierten S-Menge zur Verfügung. Daraus lässt sich ableiten, dass auch Biobetriebe mit Wirtschaftsdüngereinsatz davon ausgehen müssen, dass die Schwefelversorgung allein über organische Dünger oft nicht ausreicht.

Schwefelbedarf ermitteln

Möglichkeiten zur Ermittlung des Schwefelbedarfs:

Schätzverfahren: Mit Hilfe des Schwefel-Schätzrahmens kann eine grobe Abschätzung des Schwefelversorgungszustands der Betriebsflächen ermittelt werden. Grundlage bilden die eigenen Standort-, Witterungs- und Bewirtschaftungsdaten.

*Bodenuntersuchungen***:** Dazu wird der Smin-Gehalt in 0-60 cm Tiefe als Maß für den aktuellen Schwefelversorgungszustand bestimmt. Es gibt allerdings bisher noch keine ausreichende Datengrundlage, um daraus präzise Empfehlungen abzuleiten.

*Pflanzenanalyse***:** Die Schwefelkonzentration und der N/S-Quotient der analysierten Pflanzenmasse können einen Hinweis auf den S-Versorgungszustand der Pflanzen geben und damit einen Mangel der Pflanze nachweisen.

*Futtermittelanalyse***:** Eigene Futteranalysen z.B. von Kleegras lassen sich auch zur Abschätzung der Schwefelversorgung heranziehen. Als Grundlage dient der auf der Analyse ausgewiesene Schwefel- und Rohproteingehalt des Futters. Daraus lässt sich der N-Gehalt berechnen und somit auch der N/S-Quotient ermitteln.

*Bestandsbeobachtungen***:** Bei akutem Schwefelmangel lässt sich häufig eine Aufhellung des Bestandes beobachten. Allerdings kann dieses Bild auch schnell mit Stickstoffmangel verwechselt werden. Hier muss genau beobachtet werden: Im Gegensatz zum Stickstoffmangel sind bei Schwefel die jüngeren Blätter betroffen. Bei Feinleguminosen sind neben der helleren Färbung des Bestandes, häufig auch ein schwächerer Wuchs, ein weniger stark ausgeprägter Knöllchenansatz und ein geringerer Leguminosenanteil im Gemenge zu beobachten. Ohne Düngungsfenster ist es jedoch häufig schwer, die Unterschiede genau auszumachen.

Schwefelkontrollparzellen/Düngeparzellen anlegen: Sehr aufschlussreich ist die Anlage von eigenen Kontrollparzellen oder sogenannten Schwefel-Düngefenstern auf ausgewählten Flächen. Diese können auch sehr gut Smin- und Pflanzenanalysen ergänzen, um einen Einblick in die Situation der betrieblichen Schwefelversorgung zu bekommen.

Schwefeldüngung zu verschiedenen Kulturen

Ackerbohnen, Sommererbsen, Lupinen

- Eine Ertragssteigerung oder eine Verbesserung des Rohproteingehaltes konnte bei Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen durch eine S-Düngung nicht festgestellt werden.
- Eine Schwefeldüngung zu Sommerkörnerleguminosen wird derzeit nicht empfohlen, da offenbar der Schwefelbedarf von im Mittel etwa 6 bis 10 kg S/ha durch den im Boden vorliegenden Smin-Vorrat und die Nachlieferung an pflanzenverfügbarem Schwefel im Boden gedeckt werden kann.

Wintererbsen

- Aufgrund der gestiegenen Bedeutung des Wintererbsengemengeanbaus in der Praxis, besteht ein dringender Handlungsbedarf bezüglich der Überprüfung der Schwefelversorgung.
- Für Wintererbsen liegen bislang keine belastbaren Erkenntnisse hinsichtlich der Wirkung einer Schwefeldüngung vor. Seit 2017 läuft ein Versuchsvorhaben zur Schwefeldüngung in Wintererbsen welches von der LWK Niedersachsen, Fachbereich Ökolandbau, der Getreidezüchtungsforschung Darzau und seit 2018 zusätzlich mit der Universität Göttingen durchgeführt wird. Erste Ergebnisse zeigen einen höheren Schwefelbedarf der Winterkörnerleguminosen gegenüber den Sommerkörnerleguminosen (Abb. 1).



Abb. 1: Wintererbsengemenge: links mit Kieserit, rechts ohne S-Düngung, Foto Mücke

Futterleguminosen

Kleegras-Neuansaaten im Frühjahr

- Zur Stärkung einer Neuansaat sollten nur schnell wirkende Sulfatdünger (Kieserit, Kaliumsulfat, Calciumsulfat) eingesetzt werden. Gedüngt werden muss frühzeitig bereits zur Ansaat, um den Etablierungsprozess der Leguminosen wirkungsvoll zu unterstützen.
- Düngermenge: 30-40 kg Schwefel je Hektar und Jahr
- Düngefenster verbessern dabei die Erfolgskontrolle.

Erstes und zweites Nutzungsjahr von Kleegras

- Verschiedene Untersuchungen belegen eine schnelle Ertragssteigerung im Kleegras nach Sulfatdüngung.
- Bevorzugt sind sulfathaltige Schwefeldünger zu verwenden, da diese im Vergleich zum elementaren Schwefel schneller wirken und den Leguminosenanteil im Kleegras erhöhen.
- Elementarer Schwefel (Schwefellinsen) wirkt unabhängig vom Düngungszeitpunkt erst ab Sommer oder Herbst im ersten Hauptnutzungsjahr.
- Die Schwefeldüngung sollte bei Frühjahrsansaat direkt zur Saat und im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr zu Vegetationsbeginn erfolgen.

- Eine Düngung mit Schwefeldüngern in einer Höhe zwischen 30 - 40 kg/ha im Hauptnutzungsjahr und bei Frühjahrsansaat ist ausreichend und wirtschaftlich sinnvoll.
- Sofern zusätzlich auch ein Magnesium- und/oder Kaliumbedarf besteht, sind Magnesiumsulfat- oder Kaliumsulfatdünger zu verwenden. Alternativ kann Calciumsulfat (Naturgips) verwendet werden. Calciumsulfat ist für die Versorgung von Kleegras mit Schwefel interessant, da es schnell wirkt und bezogen auf den Schwefelgehalt der kostengünstigste Dünger ist.
- Die Nachfrucht z. B. Winterweizen kann über höhere Erträge von einer Schwefeldüngung im Kleegras profitieren.

Winterweizen

- Auf Grundlage der mehrjährigen bayrischen und niedersächsischen Versuchsergebnisse konnten eine direkte Schwefeldüngung zu Winterweizen keine gesicherten Ertrags- und Qualitätseffekte erzielen, weshalb eine Schwefel-Düngung direkt zum Winterweizen auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu empfehlen ist.
- Eine Schwefel-Düngung sollte zum Kleegras erfolgen, da hier aufgrund der deutlichen Mehrerträge im Kleegras und im nachfolgenden Weizen eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt werden kann.