

Schwefeldüngung von Leguminosen im Öko-Landbau

Dr. Harriet Gruber, Andreas Titze, Carolina Wegner

Abstract: In two field experiments carried out at the organic experimental site in Gülzow, the effect of sulphur applications on grain legumes (lupines and peas) and on clover-grass was measured. A few weeks after fertilization an increase in soil sulphur content could be examined. A significant influence of sulphur fertilization on yield of grain and straw of grain legumes could not be found. However, sulphur fertilization of clover-grass resulted in a significant higher percentage of legumes and in significant higher dry matter yields. The contents of sulphur and protein in clover-grass increased as well, but not significantly. It is concluded that the determination of the sulphur status of the soil is necessary, especially of sandy soils. Sulphur fertilizers with sulfate were absorbed faster by legumes than elementary sulphur fertilizers and are therefore recommended for spring application.

Zusammenfassung

Auf dem ökologischen Versuchsfeld der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern in Gülzow wurde in zwei Feldversuchen der Effekt von Schwefeldünger auf Körnerleguminosen (Lupinen und Erbsen) und Klee gras getestet. Wenige Wochen nach der Düngung stieg der Schwefelgehalt im Boden an, was sich jedoch nicht in einer Ertragserhöhung auswirkte. Im Klee gras konnte mithilfe der Schwefeldüngung sowohl der Leguminosenanteil signifikant gesteigert werden als auch der Schwefel- und Proteingehalt in den Pflanzen. Aus diesem Grund ist eine Überprüfung des Schwefelgehaltes im Boden für ökologisch wirtschaftende Betriebe zu empfehlen, besonders auf sandigen Standorten. Zur Schwefeldüngung im Frühjahr eignet sich aufgrund der schnelleren Aufnahme durch Leguminosen ein Schwefeldünger mit Sulfat eher als mit elementarem Schwefel.

Einleitung

Während im konventionellen Landbau die Schwefeldüngung z. B. zu Raps Standard ist, hat im Öko-Landbau diese Maßnahme erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Untersuchungen der LUFA Rostock haben ergeben, dass auf langjährig ökologisch bewirtschafteten Flächen der Gehalt an mineralischem Schwefel in 0 - 30 cm Bodentiefe mit weniger als 6 kg S/ha oft sehr gering ist (Nawotke 2015). Zwar ist der Nährstoff in der organischen Substanz vorhanden, muss aber von Bakterien mineralisiert werden (Oxidation durch Thiobacillus zu Sulfat). Dazu sind Temperaturen über 10 °C und feuchte Bedingungen erforderlich. Besonders wenn Trockenphasen im Frühsommer auftreten, wird die Pflanze nicht ausreichend versorgt. Schwefel spielt bei der Proteinsynthese und der symbiotischen Stickstofffixierung eine wichtige Rolle. Beide Aspekte 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. Darüber hinaus kann durch Schwefel die Stickstoffeffizienz verbessert werden. Da Stickstoff im Öko-Landbau häufig defizitär ist, bleibt seine effektive Nutzung oberstes Gebot. Vor diesem Hintergrund wurden deutschlandweit in den letzten Jahren im Öko-Landbau zu Backweizen, Körnerleguminosen und Klee gras Versuche angelegt, um die Wirkung der Schwefeldüngung zu quantifizieren.

Seit 2012 sind auch an der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei in Mecklenburg-Vorpommern am Standort Gülzow zu Erbsen und Lupinen sowie Klee gras Untersuchungen durchgeführt und die Wirkung der Schwefeldüngung auf Boden-, Pflanzengehalte und Ertrag untersucht worden. In den Versuchen kamen schnell (Kieserit, Kaliumsulfat) und mittelfristig (Calciumsulfat) sowie langsam wirkende (Schwefellinsen) Dünger zum Einsatz. In den Düngern (außer bei Schwefellinsen) liegt der Schwefel als Sulfat vor, kann so direkt von den Pflanzen aufgenommen werden und ist dadurch vergleichsweise schnell wirksam. Auf Grund dieser Eigenschaften ist eine Frühjahrsdüngung angeraten, da Herbstapplikationen die Auswaschungsgefährdung erhöhen. Bei den Schwefellinsen muss der elementare Schwefel mittels Bakterien in Sulfat umgewandelt werden. Dieser Prozess braucht Zeit und entsprechende Bedingungen (s. o.). Daher ist bei den Schwefellinsen von einer

verzögerten Wirkung auszugehen, was sie wiederum für eine Herbstdüngung interessant erscheinen lässt.

Material und Methode

In einem dreijährigen Versuch (2012 - 2014, Spaltanlage mit 4 Wiederholungen) am Standort Gülzow (S-Gehalt 0 - 30 cm < 10 kg/ha) wurden zu Körnererbsen und Lupinen zur Aussaat verschiedene Schwefeldünger in einer Höhe von 50 kg/ha ausgebracht (Tabelle 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.

Ein weiterer Versuch (Blockanlage mit 4 Wiederholungen) wurde 2013 im Klee gras angelegt. Nach der Frühjahrsblanksaat wurden 30 kg/ha Schwefeldünger ausgebracht (Tabelle 2). Vor der Düngung, zum ersten Aufwuchs sowie zu Vegetationsende wurde der S_{min} -Gehalt im Boden in 0 - 30 und 30 - 60 cm Tiefe bestimmt (Bohrstock, VDLUFA I A 6.3.1). Die Klee grasmischung mit Rotklee, Hornklee, Weißklee und Luzerne hatte einen Leguminosenanteil im Saatgut von 60 %. Der Schwefelgehalt wurde im Erntegut aller Aufwüchse bestimmt (VDLUFA III 10.8.3). Boden- und Pflanzenanalysen erfolgten variantenweise, die Ertragsermittlung und die Schätzung der Leguminosenanteile wurden parzellenweise vorgenommen. Leguminosenanteil und Trockenmasseertrag wurden mittels f- und t-Test verrechnet.

Tabelle 1: Variantenbeschreibung zu Körnerleguminosen

	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	Calciumsulfat (Naturgips 22 % S)

Tabelle 2: Variantenbeschreibung zu Klee gras

Variante	Mittel
1	Ohne
2	Kieserit (22 % S)
3	Calciumsulfat (Naturgips 22 % S)

Ergebnisse Körnerleguminosen

Bodengehalte

Acht bis zehn Wochen nach der Düngung schnell und mittelfristig wirkender Dünger wurde ein deutlicher Anstieg der S_{min} -Gehalte festgestellt. Dagegen war bei der Düngung mit den langsam wirkenden Schwefellinsen der Bodengehalt ähnlich gering wie in der ungedüngten Kontrolle (Abb. 1). Zwischen Erbsen und Lupinen trat diesbezüglich kein Unterschied auf. Die geringe Wirkung der Schwefellinsen ist eindeutig auf die fehlende Umsetzung durch die Bakterien im Boden zurückzuführen.

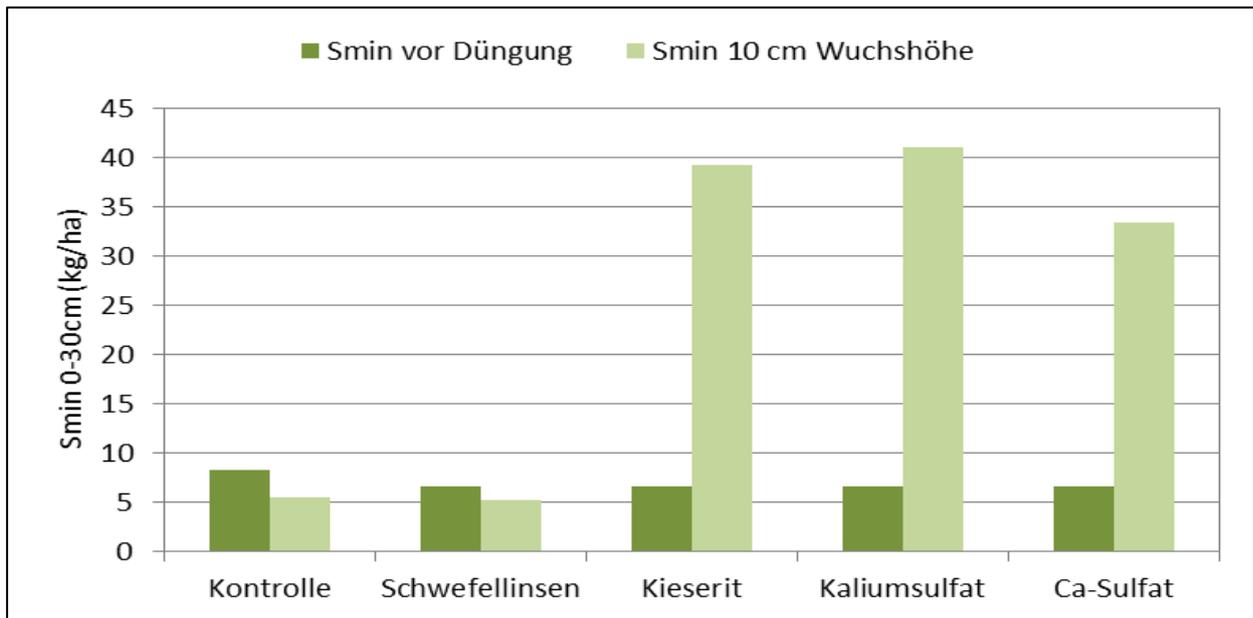


Abb. 1: Einfluss der S-Düngung auf die S_{min}-Gehalte im Boden (Mittel Erbse und Lupine) (Gülzow, 2012 - 2014)

Pflanzengehalte

Entsprechend der Bodengehalte waren nach der Applikation der schnellwirkenden S-Dünger bei etwa 10 cm Wuchshöhe höhere S-Gehalte in der Pflanze feststellbar. 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 optimalen Wert für Erbse von über 0,75 % liegen. Die LUFA-Richtwerte für Getreide (für Leguminosen liegen dort keine Richtwerte vor) zum gleichen Zeitpunkt liegen darunter (o. V. 2008). Nach der Düngung der Schwefellinse war bei beiden Fruchtarten eine minimale Verringerung der S-Gehalte in den Pflanzen zu verzeichnen (Abb. 2). Mücke et al. (2012) konnte dagegen keinerlei Veränderung der S-Gehalte in der Pflanze bei Körnerleguminosen feststellen.

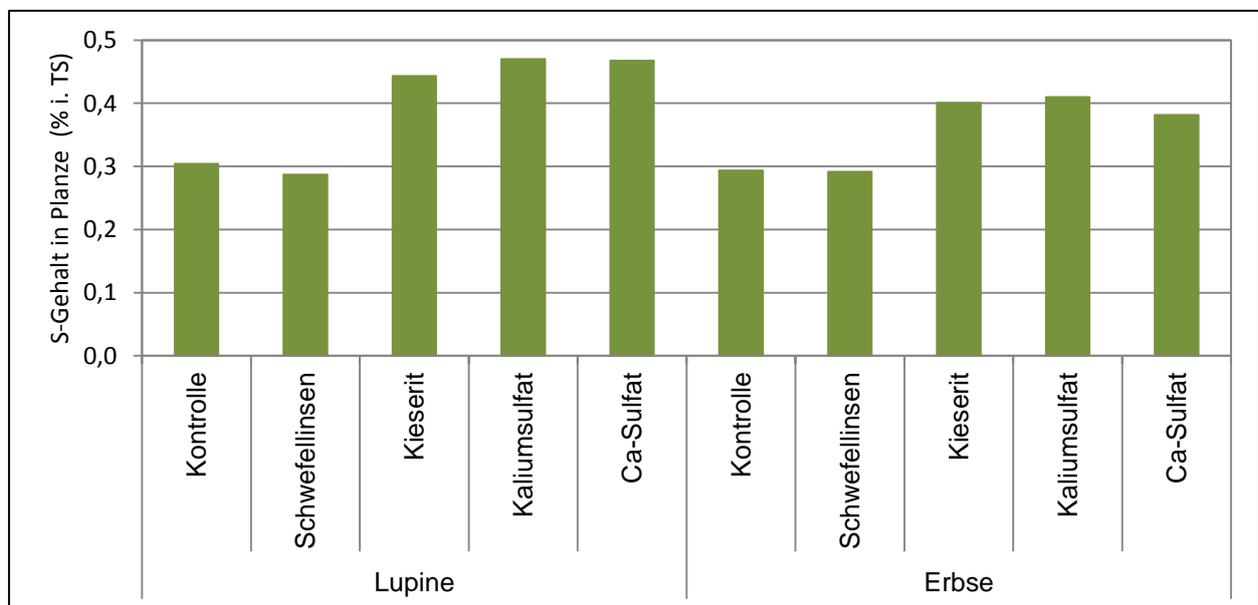


Abb. 2: Einfluss der S-Düngung auf die S-Gehalte in der Pflanze (Gülzow, 2012 - 2014)

Kornertrag

Im dreijährigen Mittel war kein signifikanter Einfluss des Faktors Düngung (f-Test bei $\alpha = 5 \%$) auf den Ertrag feststellbar. Nur bei $\alpha = 7 \%$ waren die Unterschiede bei den Lupinen zu sichern. Danach führte die Düngung mit schnell und mittelfristig wirkenden Düngern zu einer

Ertragsreduzierung (Abb. 3). Auch in einjährigen Versuchen mit Ackerbohnen und Erbsen in Köln-Auweiler (NRW) wurden überwiegend geringere Erträge durch die Ausbringung schnell und mittelfristig 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 vier bayerischen Standorten zu Körnererbsen zweijährige Versuche durch. Die Düngung mit Magnesiumsulfat und Gips hatte auch hier keinen positiven Einfluss auf den Kornertrag.

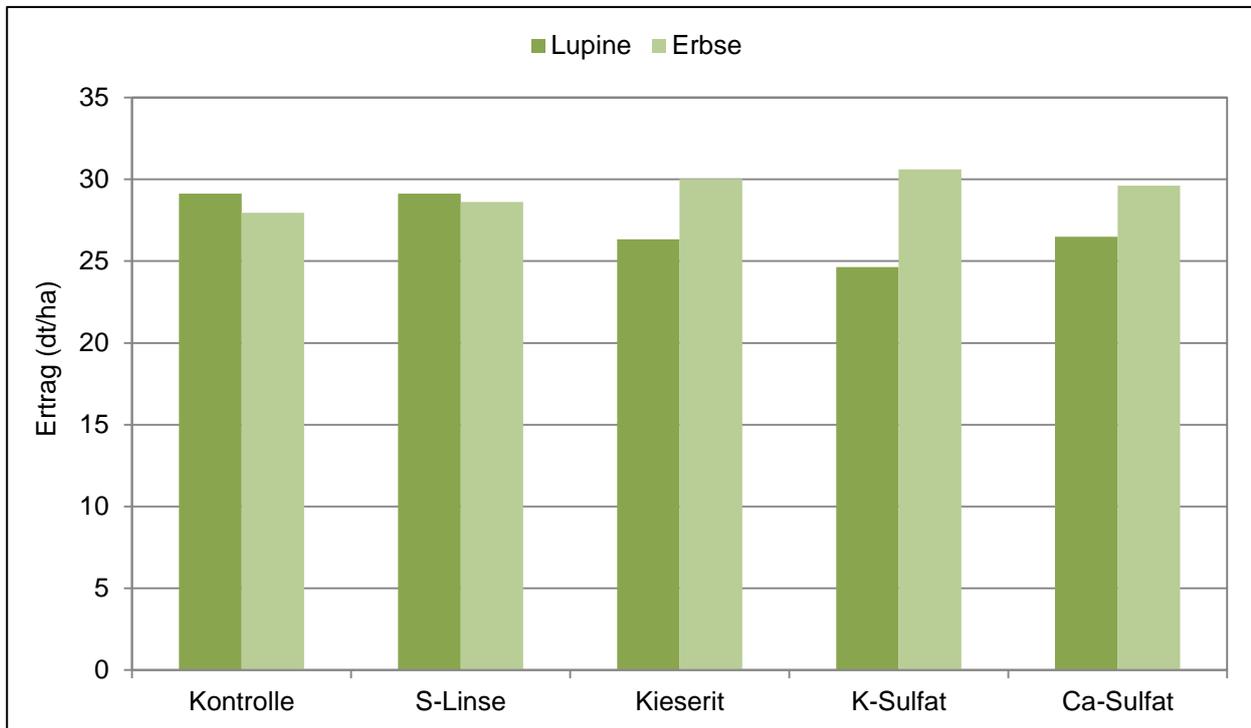


Abb. 3: Einfluss der S-Düngung auf den Kornertrag (Gülzow, 2012 - 2014)

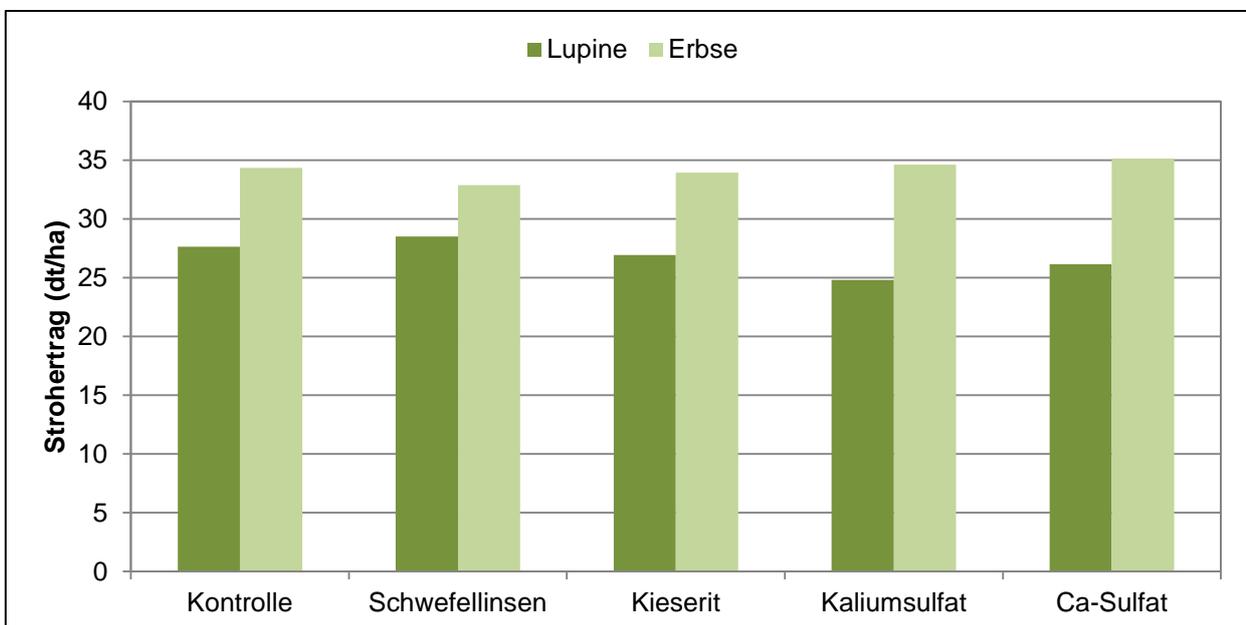


Abb. 4: Einfluss der S-Düngung auf den Strohertrag (Gülzow, 2012 - 2014)

Ähnlich wie der Kornertrag verhielt sich in den eigenen Versuchen auch der Strohertrag, jedoch war hier der Unterschied zwischen den beiden Leguminosenarten signifikant (Abb. 4). Der Faktor Düngung blieb auch im Strohertrag ohne gesicherten Einfluss.

S-Gehalte im Erntegut

Im Korn und im Stroh wurden wie beim Strohertrag artspezifische Unterschiede festgestellt. Der S-Gehalt im Stroh bzw. Korn war bei den Lupinen in allen Varianten etwa 30 bzw. 50 % höher als bei den Erbsen. Zwischen den Varianten verhielten sich beide Arten gleich, so dass im Mittel durch Düngung mit schnell und mittelfristig wirkenden Düngern die Gehalte sowohl im Stroh als auch im Korn erhöht waren (Abb. 5). Auf die Ertragsbildung hatte das, wie bereits besprochen, keinen Einfluss.

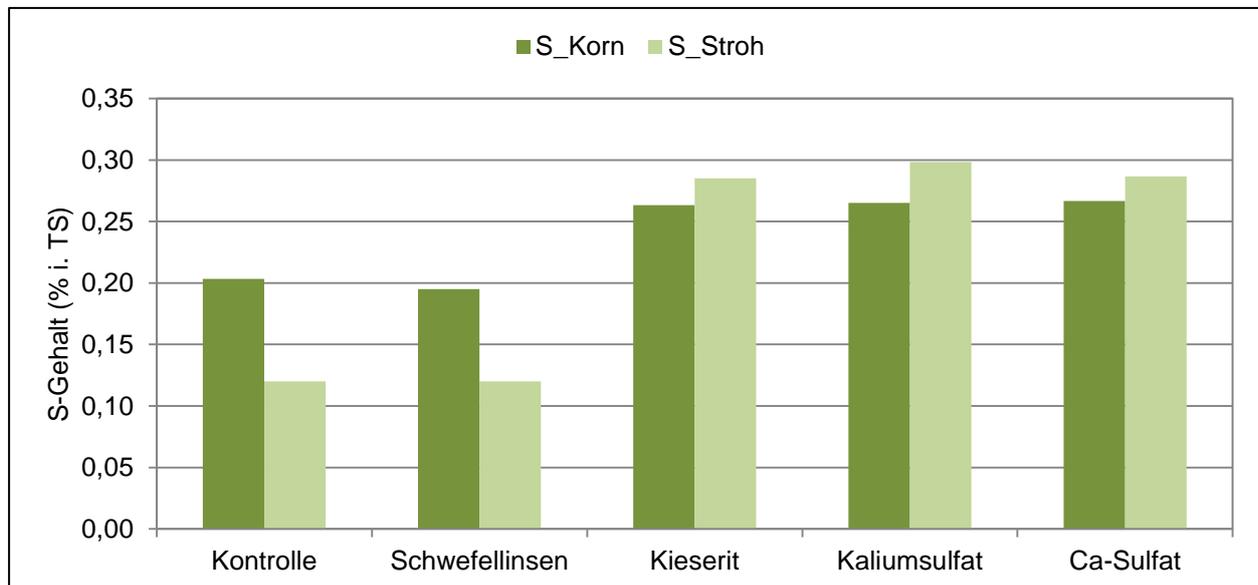


Abb. 5: Einfluss der S-Düngung auf die S-Gehalte in Korn und Stroh (Mittel Erbsen und Lupine) (Gülzow, 2012 - 2014)

Ergebnisse Klee gras

Bodengehalte

Der Standort Gülzow ist durch vergleichsweise geringe S-Gehalte im Boden (≥ 10 mg/kg Boden) gekennzeichnet. Es kann deshalb auch im Klee gras-Düngungsversuch grundsätzlich von einer unzureichenden Schwefelversorgung aus der Bodenlösung ausgegangen werden. Die Düngung mit Kieserit bzw. Calciumsulfat hatte 6 Wochen später einen deutlichen Anstieg der Bodengehaltswerte zur Folge (Abb. 6). Im Ansaatjahr war der Düngungseffekt besonders bei Kieserit nachweisbar, was auf die schnellere Wirkung des Düngers im Vergleich zum Gips zurückgeführt werden kann. Von einem vergleichbaren Ergebnis nach der Düngung eines Luzerne-Klee grasbestandes mit Bittersalz bzw. Calciumsulfat berichten auch Fischinger u. a. (2011).

Eine Düngewirkung im Boden war nur für den Bereich bis 30 cm Tiefe nachweisbar. Dagegen war ein Einfluss der Düngung im Bereich von 30 bis 60 cm während des gesamten Untersuchungszeitraums nicht festzustellen. Zu Vegetationsbeginn des Hauptnutzungsjahres, also ein Jahr nach der Düngungsmaßnahme, hatten die S_{\min} -Werte auch im Krumbereich annähernd wieder das ursprüngliche Niveau erreicht.

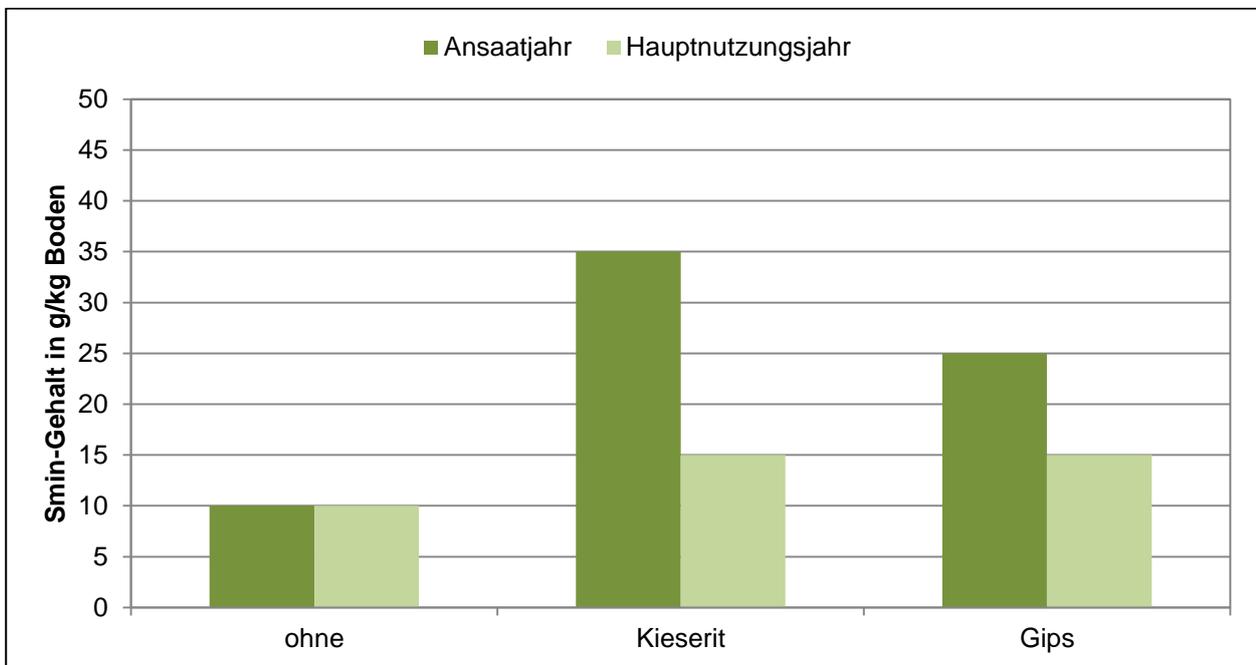


Abb. 6: Einfluss der S-Düngung auf die Smin-Gehalte im Boden (0 - 60 cm, Gülzow, 2013 - 2014)

S-Gehalte in der Pflanze

Die Aufwüchse beider Düngungsvarianten waren insbesondere im Ansaatjahr sowohl durch erhöhte S-Werte als auch durch höhere Proteingehalte (ca. 10 %) gekennzeichnet. Beides sind Hinweise auf die in den Blättern der Futterleguminosen verstärkt stattfindende Schwefel-Assimilation, in deren Verlauf u.a. die essentielle Aminosäure Methionin synthetisiert wird (Heldt, 1996).

Im ersten Aufwuchs des Hauptnutzungsjahres waren keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den Varianten messbar (Abb. 7).

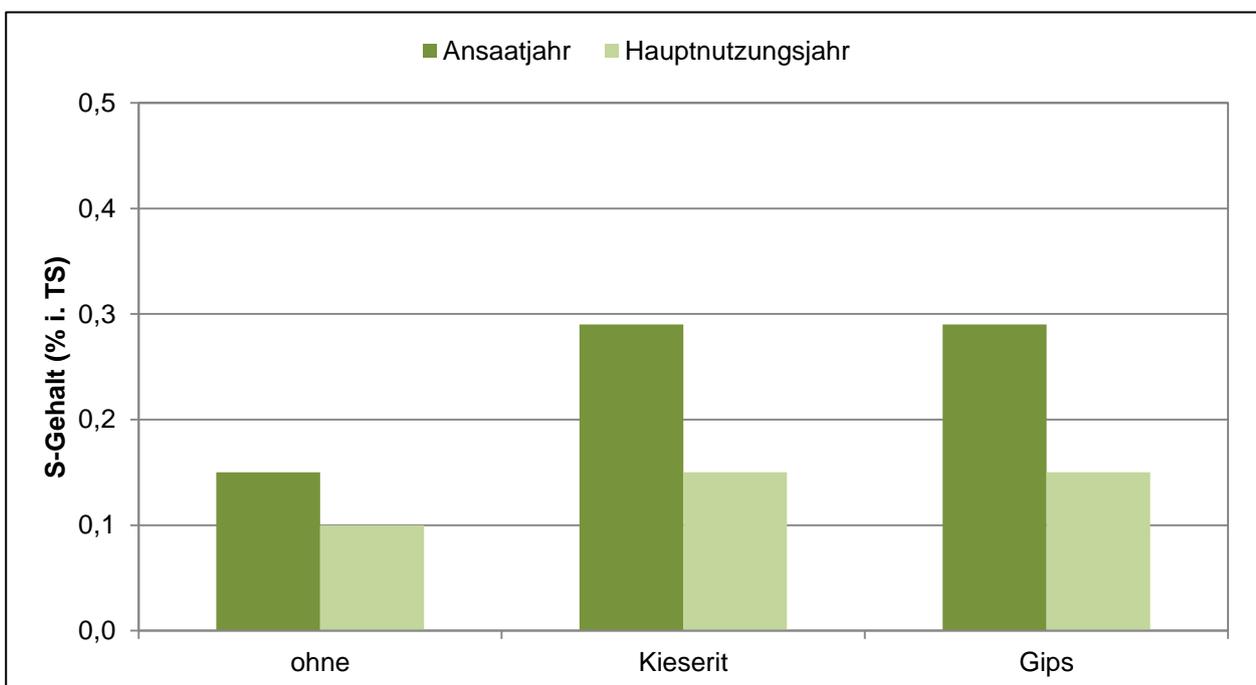


Abb. 7: Einfluss der S-Düngung auf die S-Gehalte in der Pflanzenmasse des 1. Aufwuchses von Klee gras (Gülzow, MW 2013 - 2014)

Dieses Ergebnis korrespondiert mit den zu diesem Zeitpunkt ermittelten S-Gehalten im Boden. Verglichen mit bislang vorliegenden Richtwerten der VDLUFA (o. V. 2000) sind selbst die

Gehaltswerte in den gedüngten Varianten aber immer noch an der unteren Grenze des angestrebten Versorgungsbereichs angesiedelt.

Die S-Gehalte des Klee-grases im Hauptnutzungsjahr waren in den deutlich ertragsschwächeren Folgeaufwüchsen stets höher als im ersten Aufwuchs. Ursächlich dafür dürften Verdünnungseffekte der Inhaltsstoffe durch den hohen Ertrag des ersten Aufwuchses, als auch eine höhere Mineralisierungsrate während der Sommermonate sein. Gesicherte Unterschiede zwischen den Düngevarianten konnten nicht nachgewiesen werden.

Leguminosenanteil und Trockenmasseertrag

In den bisherigen Untersuchungen zeigte sich ein signifikanter Einfluss (f-Test bei $\alpha = 5\%$) der Schwefel-Düngung sowohl auf den Leguminosenanteil als auch auf den Trockenmasseertrag (Abb. 8). Dieser fiel umso deutlicher aus, je besser die Bedingungen für Schwefel-Assimilation und Knöllchenwachstum waren.

Die **Ertragsanteile** von Leguminosen und Gräsern unterschieden sich insbesondere im Ansaatjahr in den gedüngten Varianten deutlich von denen in der Kontrollvariante. Bei gleicher Pflanzenanzahl der Leguminosen wiesen diese nach der S-Düngung bei schnellerem Wachstum eine erheblich größere Blattfläche auf. Auch Fischinger u. a. (2011) beschreiben den kräftigeren Wuchs eines mit Schwefel gedüngten Klee-grasbestandes. Durch das günstigere Blatt-Stängel-Verhältnis der Bestände in Gülzow verbesserte sich die Konkurrenz-kraft der Leguminosen gegenüber den Gräsern im Bestand. Dieser Effekt zeigte sich stärker in länger anhaltenden Trockenphasen im Ansaatjahr. Unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns sind diese besonders im Frühsommer auftretenden Trockenphasen eine der Hauptursachen für die unzureichende Etablierung von Klee-grasbeständen.

In der Kontrollvariante verringerte sich die Anzahl der Leguminosenpflanzen im Hauptnutzungsjahr im Vergleich zu den gedüngten Varianten um 30 %. Dies kann auf eine bessere Überwinterung der gedüngten Pflanzen hindeuten. In der Literatur finden sich Hinweise darauf, dass Pflanzen nach einer S-Düngung weniger stressanfällig sind (Bloem et al., 2005).

Die Erwartung, dass Klee-gras-Bestände mit höherem Leguminosenanteil auch höhere Trockenmasseerträge erreichen, hat sich im Laufe der Untersuchungen bestätigt. Witterungsbedingte Ertragsdifferenzen zwischen den Untersuchungsjahren beeinflussten das in Abb. 8 dargestellte Verhältnis der Behandlungsvarianten untereinander nur in vergleichsweise geringem Umfang.

Stichprobenartige Untersuchungen zeigten wesentlich stärker ausgebildete Knöllchen an den Leguminosenwurzeln in den gedüngten Varianten. Größere Wurzelknöllchen enthalten mehr Rhizobien und sind ein Zeichen für bessere N_2 -Fixierleistungen. Dies erhöht einerseits die Futterqualität von Ackerfutterbeständen selbst und steigert andererseits deren Vorfrucht-wert.

Durch Bilanzierung von Zufuhr (Dünger) und Entzug (S-Gehalte in Biomasse, Ertrag) der beiden Nutzungsjahre des Klee-grases lässt sich unter Berücksichtigung der S_{\min} -Werte der Verbleib des Sulfates aus den Düngern nahezu gänzlich nachweisen. Daher kann bei einer Düngung mit solch kleinen Düngergaben eine vollständige Aufnahme des Schwefels angenommen werden. Sommer (2015) empfiehlt wegen der geringen natürlichen S-Deposition neben Humus- oder Stickstoffbilanzen auch eine Schwefelbilanzierung für Betriebe des ökologischen Landbaus, um Hinweise auf eine mögliche Nährstofflimitierung zu erhalten.

Ob eine weitere Schwefeldüngung zum Beginn des Hauptnutzungsjahres während der zweijährigen Standzeit des Klee-grases zu einem zusätzlichen Ertragseffekt führt, wurde im Rahmen des beschriebenen Versuchs nicht untersucht. Dies wird in der Literatur diskutiert und soll Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Fischinger u. a. (2011) und Riffel u. a. (2015) konnten auf einem Gunststandort mit Schwefelgaben von bis zu 60 kg/ha auch im zweiten Hauptnutzungsjahr den Ertrag eines Klee-grasbestandes deutlich steigern. Zu ähnlichen Ergebnissen nach Schwefeldüngung eines Klee-grasbestandes im 4. Hauptnutzungsjahr kommt auch Böhm (2013). Nicht endgültig geklärt ist die Höhe der S-Gaben. Die Empfehlungen reichen von 30 bis 60 kg/ha. Riffel u. a. (2015) konnten mit Gaben von über 60 kg/ha keine weitere Ertragssteigerung mehr erzielen. Bislang fehlen auch verbindliche Richtwerte für die Bodengehalte, ab denen eine Düngung notwendig ist.

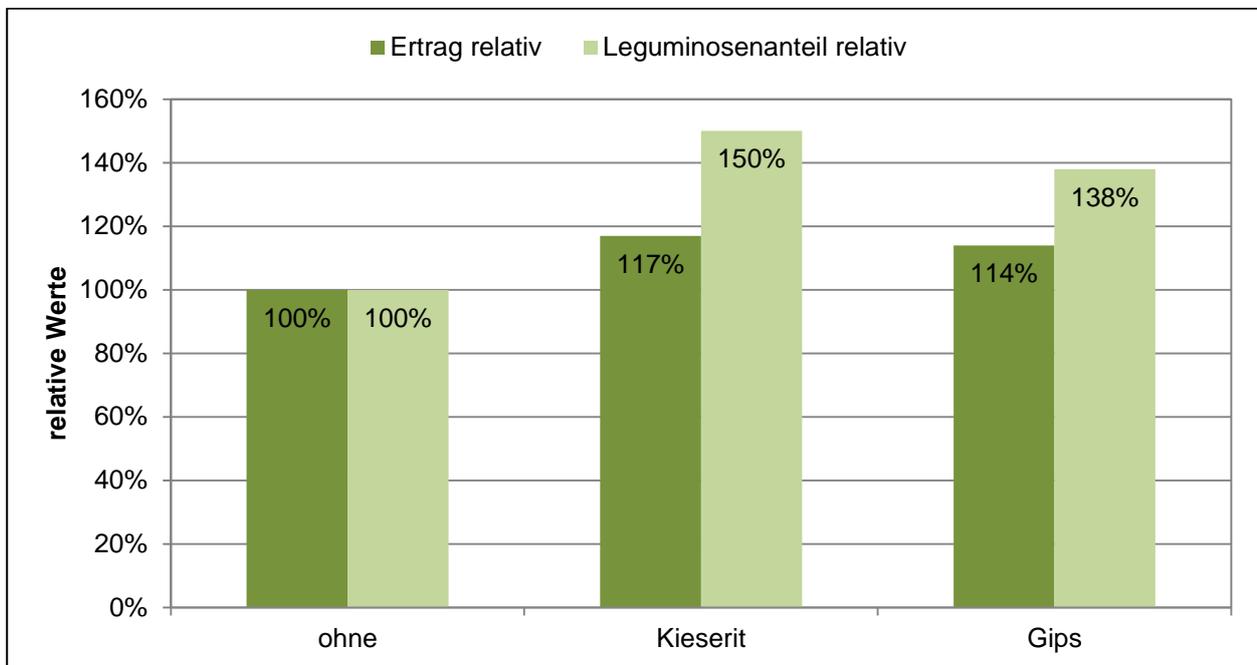


Abb. 8: Einfluss der S-Düngung auf Leguminosenanteil und Ertrag von Klee gras im Ansaatjahr 2013 und 2014

Schlussfolgerungen

- Sandige Böden und Böden mit geringem Humusgehalt sind häufiger von Schwefelmangel betroffen.
- Die Feststellung des Boden-Schwefelgehaltes im Frühjahr gibt nur einen Anhaltspunkt über den Versorgungsgrad, da der meiste Schwefel noch organisch gebundenen ist und erst im Laufe der Vegetation mineralisiert wird.
- Bei S_{\min} -Gehalten unter 10 kg/ha (0 - 30 cm) führt eine Schwefeldüngung in Leguminosen-Grasbeständen zu höheren Leguminosenanteilen und Trockenmasseerträgen
- Eine Düngung kann zur Ansaat erfolgen, um die Leguminosen bereits während der Jugendentwicklung zu fördern. Das Anlegen eines Düngefensters wird empfohlen.
- Die Düngermenge sollte zwischen 30 und 60 kg/ha liegen. Im Frühjahr zur Saat können verschiedene zugelassene Dünger mit schneller und mittlerer S-Wirkung eingesetzt werden.
- Die Düngung zu Körnerleguminosen brachte zwar höhere S_{\min} -Gehalte im Boden und in der Pflanze, jedoch ohne signifikante Auswirkungen auf den Ertrag.

Literaturverzeichnis

- AULAKH, M. (2003): Crop responses to sulphur nutrition. In: sulphur in plants. Dordrecht: Kluwer Academic, 341 - 358
- BLOEM, E., HANEKLAUS, S., SCHNUG, E. (2005): Significance of Sulfur Compounds in the Protection of Plants Against Pests and Diseases. In: Journal of Plant Nutrition 28, Verlag Taylor & Francis Inc., 763 - 784
- BÖHM, H. (2013): Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Klee grasbestandes. In: Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013, Verlag Dr. Köster Berlin

- FISCHINGER, A. S., BECKER, K., LEITHOLD, G. (2011): Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den N-Flächenertrag eines Luzerne-Kleegrasbestandes. In: Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Gießen, Verlag Dr. Köster Berlin
- HELDT, H.-W. (1996): Pflanzenbiochemie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 321 - 333
- HOF-KAUTZ, C. (2015): Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen. <http://www.oekolandbau.nrw.de/forschung/projekte-versuche-nrw/detail.php?mlID=847&text=Schwefeld%26uuml%3Bngung> ,03.11.2015
- 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
- NAWOTKE, K. (2015): Schwefelgehalte in ökologisch wirtschaftenden Betrieben in MV, Auswertungen der LUFA Rostock. unveröffentlicht
- 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
- o. V. (2000): Schwefelversorgung von Kulturpflanzen – Bedarfsprognose und Düngung: Standpunkt des VDLUFA: Hrsg. VDLUFA, 2000
- RIFFEL, A.; BECKER, K. U. LEITHOLD, G. (2015): Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Kleegras-Bestand im 2. Hauptnutzungsjahr. In: Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Eberswalde 17. - 20. März 2015, Verlag Dr. Köster Berlin
- SOMMER, H. (2015): Die Schwefelbilanz auf dem Ackerland zur Beurteilung des Schwefelmanagements im ökologisch wirtschaftenden Gemischtbetrieb. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27, 195 - 196
- URBATZKA, PEER; OFFENBERGER, KONRAD; SCHNEIDER, REGINA UND JACOB, IRENE (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