



Phosphor- und Schwefelversorgung im Bioackerbau – aktueller Stand der Forschung

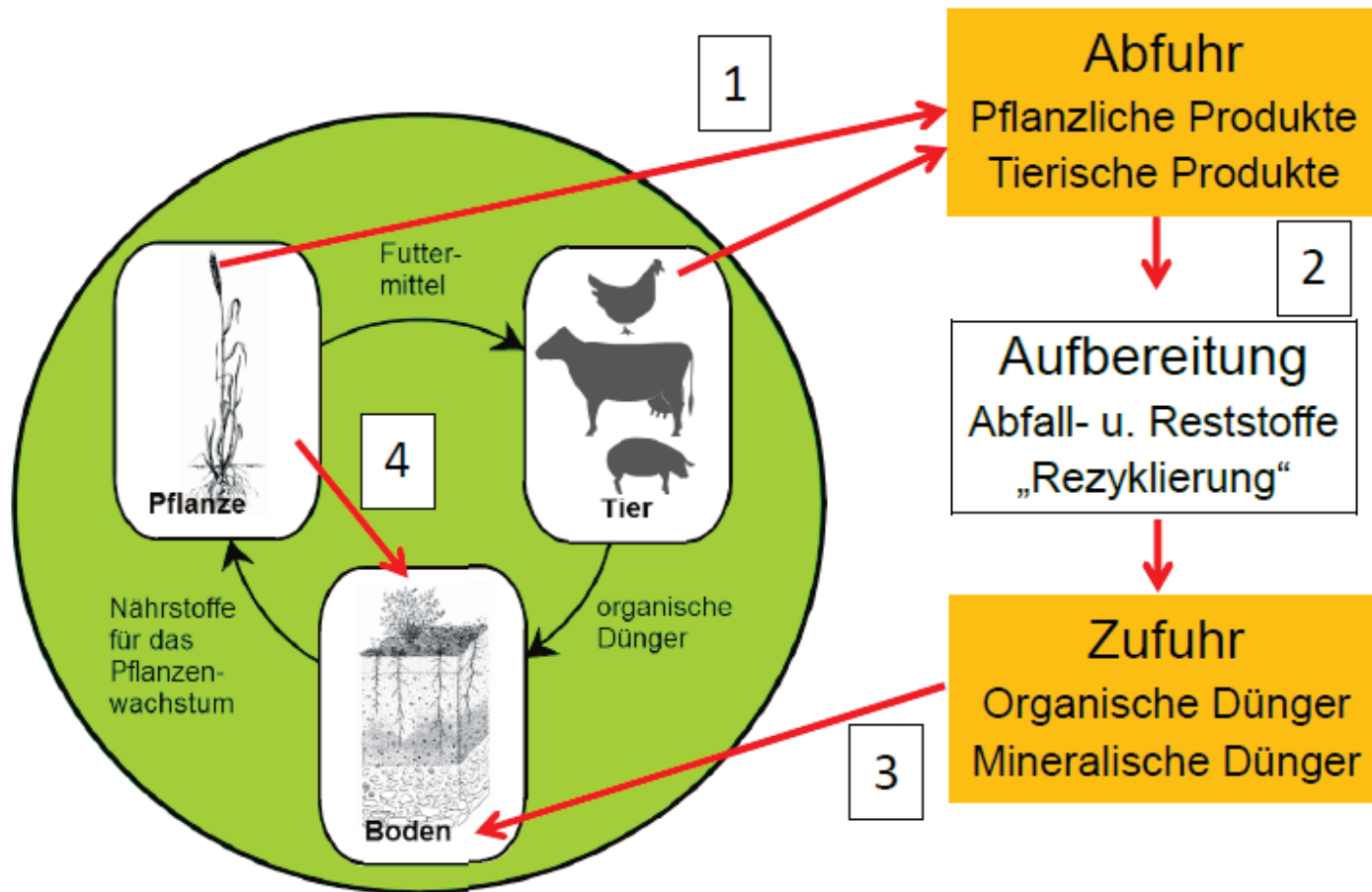
BioNet – Ackerbautage 14. und 15.12.2016

Andreas Surböck, FiBL Österreich

Hintergrund Phosphor (P)

- Phosphor ist ein lebensnotwendiger Pflanzennährstoff
- P-Bilanzen biologisch wirtschaftender Betriebe sind meistens negativ (vor allem bei viehlosen oder vieharmen Marktfruchtbetrieben)
- Abnahme von pflanzenverfügbarem Phosphor im Boden bei Biobetrieben (zu Versorgungsstufen A und B)
- (Bessere) Nutzung **P-Vorräte im Boden**, Erhöhung der P-Verfügbarkeit
- Einsatz **organischer Düngemittel** (Kompost, zugekaufter Stallmist, ...)
- Düngung mit **Rohphosphaten** (begrenzte Wirksamkeit, endliche Vorräte, hohe Schadstoffbelastung, Abbau ist energieintensiv)

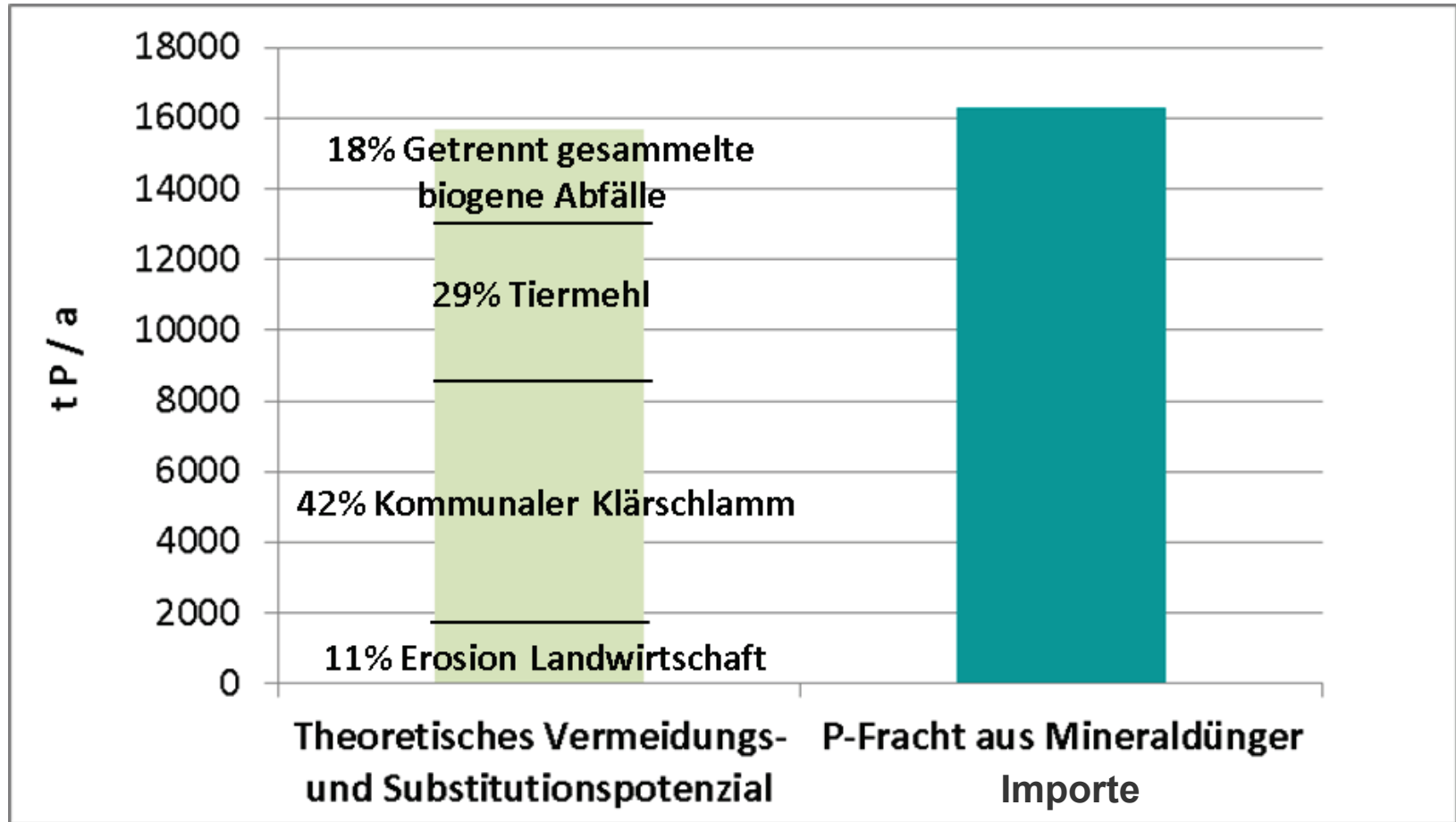
Schließen von Nährstoffkreisläufen



Quelle: H. Kolbe, 2015

Optimierungspotenzial für lw. P-Flüsse Österreich

(Quelle: Egle et al. 2014; Phosphorbilanz Österreich)



Projekt IMPROVE-P

Verbesserte Phosphor-Effizienz in der ökologischen Landwirtschaft durch Recycling und Steigerung der biologischen P-Mobilisierung

Partner aus 6 Ländern:

Dänemark, Deutschland, Groß Britannien, Norwegen, Österreich, Schweiz

Österreich: FiBL Österreich (Stefan Hörtenhuber)

BOKU, IfÖL (Lina Weissengruber, Jürgen K. Friedel)

Laufzeit: 06/2013 – 05/2016

<https://improve-p.uni-hohenheim.de/>



Phosphorversorgung – Ansätze im Projekt IMPROVE-P

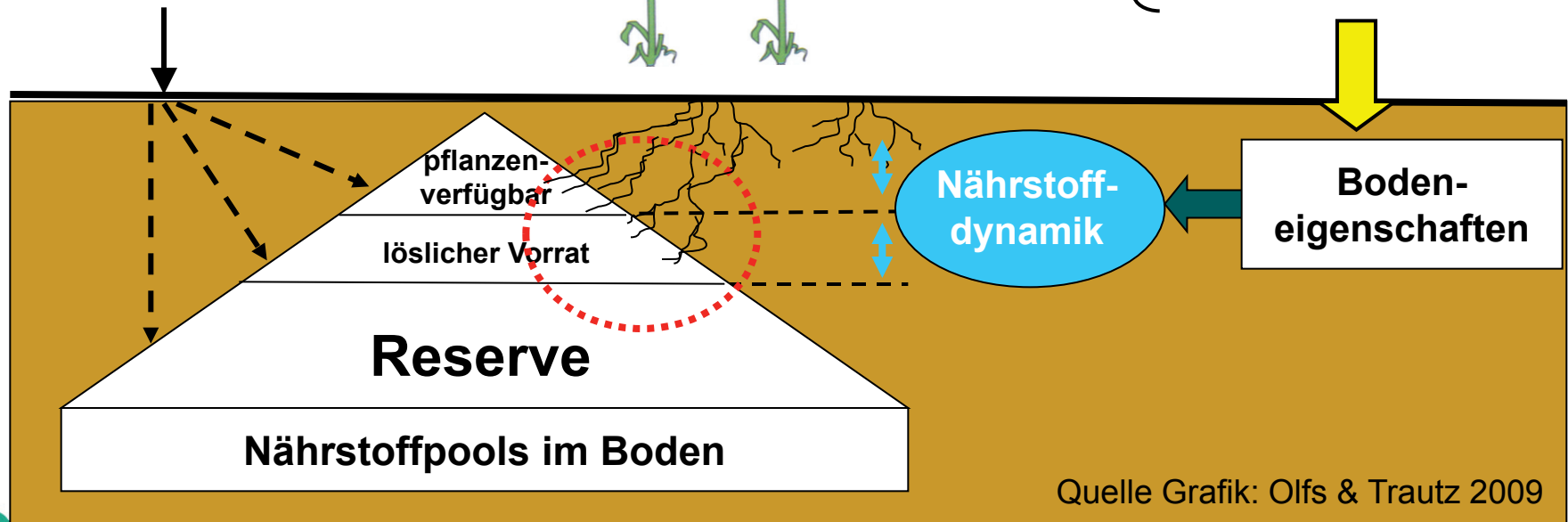
Abschätzung der Eignung von Recycling-P Düngemitteln

Maßnahme zur P-Mobilisierung im Boden
(Zwischenfrüchte, P-mobilisierende Mikroorganismen)



Düngung

Bodenbearbeitung
Fruchtfolge



Quelle Grafik: Olfs & Trautz 2009

Phosphor-Recyclingdünger

Aktuelle im Biolandbau erlaubte und nicht erlaubte Dünger

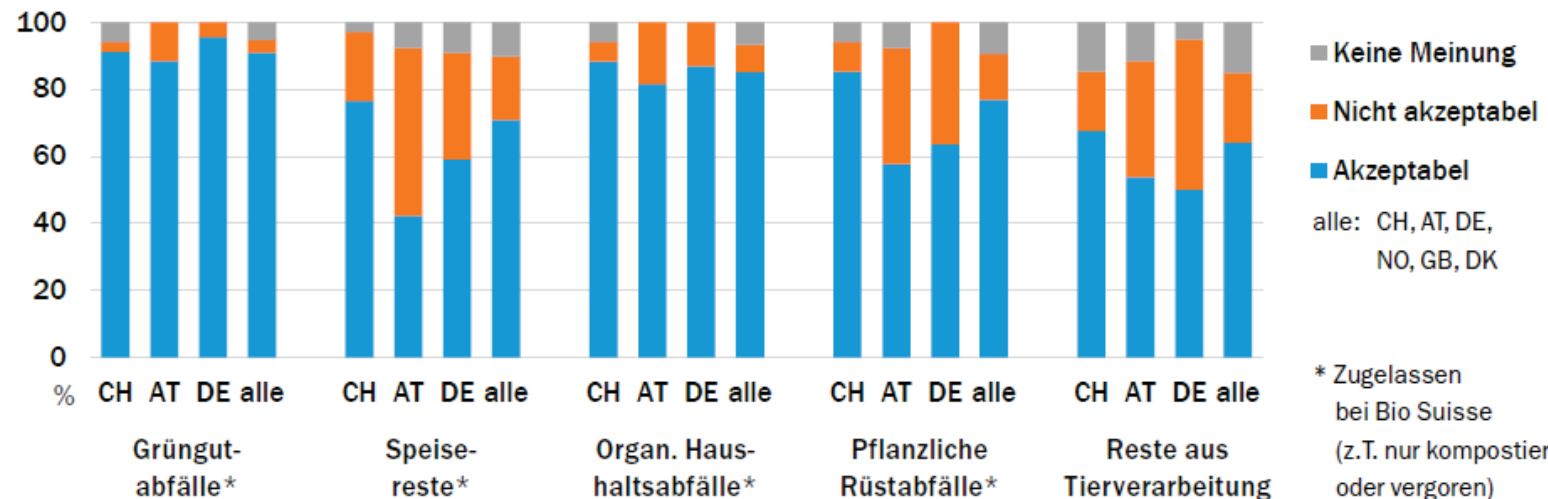
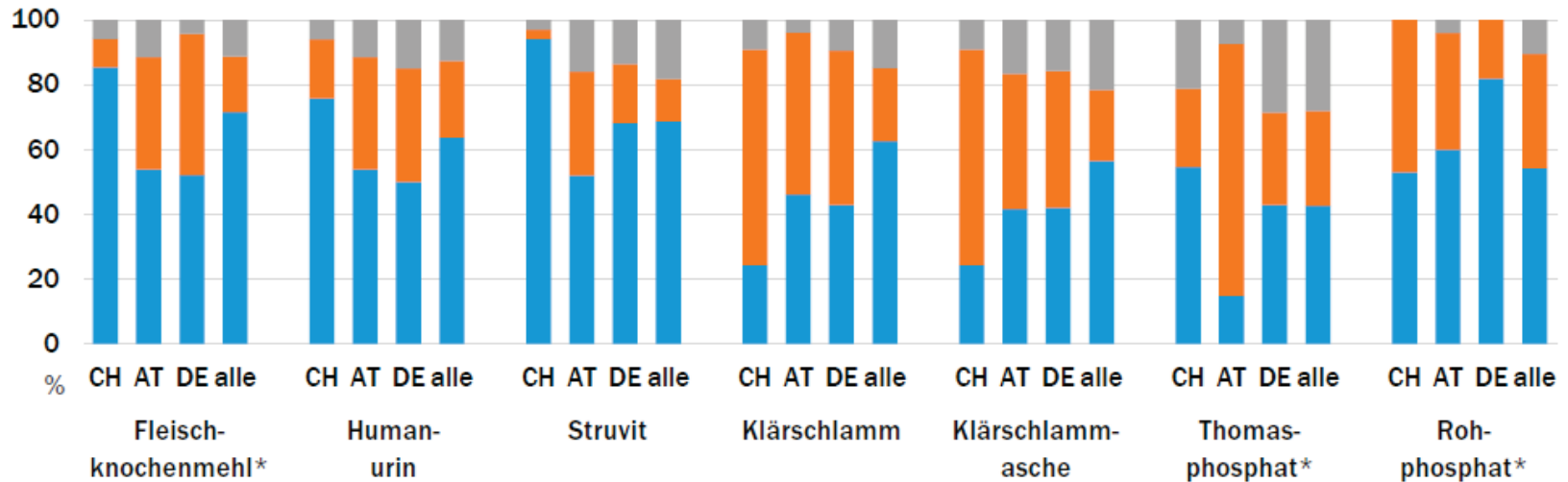
- Komposte (aus Grüngut, Biotonne, Nahrungsmittelindustrie)
- Gärreste (Biotonne, Nahrungsmittelindustrie)
- Biomasseasche (Holzasche)
- Fleisch- und Knochenmehl (hygienisiert)
- Kommunal Klärschlamm (verschiedene Verwertungsverfahren):
 - Direkte Verwertung (nach Hygienisierung und Stabilisierung)
 - Fällungs- und Kristallisationsverfahren
(z.B. Struvit: Magnesium-Ammonium-Phosphat)
 - Verbrennungsprodukte: Klärschlammasche

Methodik IMPROVE-P

- **Befragung zur Akzeptanz** von P-Recycling-Dünger in der Branche
- **Risikoabschätzung der Anreicherung von Schadstoffen** im Boden (Schwermetalle, organische Schadstoffe) über P-Recycling-Dünger
- **Ökobilanzierung** von P-Recycling-Düngern (Umweltwirkungen bei der Bereitstellung und Ausbringung): Treibhausgaspotential, Energie-und Ressourcenverbrauch, Versauerungspotential, Eutrophierungspotential
- **Versuche** zur P-Verfügbarkeit und -Düngewirkung sowie P-Mobilisierung
- **Informationsbroschüren** zu den P-Recycling-Düngern (Homepage)

Ergebnis Befragung Akzeptanz (Quelle: E. Bünemann, 2016)

Die Grafik zeigt, was Biolandbau-Akteure verschiedener Länder von unterschiedlichen Phosphordüngern halten.



Bewertung von P-Düngern

P-Düngemittel	Vorteile (hauptsächlich)	Nachteile (hauptsächlich)
Rohphosphat		Ressourcenverbrauch (ungünstige Ökobilanz), Geringe P-Verfügbarkeit
Kompost	Nährstoff- und Humuswirkung	Ungünstige Ökobilanz: hohe N- und C-Emissionen
Gärreste	Günstige Ökobilanz, N-Düngewirkung	Humuswirkung?
Klärschlamm (direkte Verwertung)	Mittlere bis günstige Ökobilanz, Nährstoff- und Humuswirkung	Schadstoffrisiko (v.a. org. Stoffe)
Klärschlamm- asche	Hohe P-Rückgewinnung	Geringe P-Verfügbarkeit Keine Nährstoff- und Humuswirkung
P aus Klärschlamm (über Fällung und Kristallisation, z.B. Struvit)	P-Gehalt und P-Verfügbarkeit hoch, Geringe Schadstoffgehalte	Einsatz von Chemie, geringe P-Rückgewinnung
Fleisch- und Knochenmehle	Günstige Ökobilanz	Geringe P-Verfügbarkeit (Knochenmehle)

Fazit

- Negative P-Bilanzen sollten zukünftig mit P-Recyclingdünger ausgeglichen werden
- Alle P-Recyclingdünger haben Vor- und Nachteile, kein Dünger der bei allen Kriterien sehr gut abschneidet
- Viele P-Recyclingdünger weisen ein geringeres Risiko der Schadstoffanreicherung als derzeit erlaubte Düngemittel auf. Wichtig ist das Schadstoff-Nährstoffverhältnis!
- Grundsätzliche Offenheit der Biolandbaupraxis zum Thema, aber unterschiedliche Beurteilung in den beteiligten Ländern
- Weitere Diskussion und Forschung notwendig
(Beurteilung, Anwendung und Wirkung, Verfahren)

Literatur Teil Phosphor

Bünemann, E. (2016): Rezyklierte Phosphordünger – was die Branche davon hält. Bioaktuell, 5/2016.

Egle, L., Rechberger, H., Zessner, M. (2014): Endbericht Phosphorbilanz Österreich. Grundlage für ein nachhaltiges Phosphormanagement – gegenwärtige Situation und zukünftige Entwicklung. Auftraggeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. 108 pp.

http://iwr.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-wasserguete/Projekte/Phosphor/Die_%C3%B6sterreichische_Phosphorbilanz_Endbericht_6.3.14.pdf

Fischinger, St., Möller, K., Römer, W., Steffens; D. (2014): Phosphor im Kreislauf, Bioland 12/2014.

Hörtenhuber, St., Theurl, M. C., Möller, K. (2016): Ökobilanz von alternativen Phosphordüngemitteln. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (Hrsg.): Bericht ALVA-Jahrestagung 2016, Bildungshaus Schloss Krastowitz, 30.-31. Mai 2016. S. 158-160.

Kolbe, H. (2015) Wie ist es um die Bodenfruchtbarkeit im Ökolandbau bestellt: Nährstoffversorgung und Humusstatus? In: *Bodenfruchtbarkeit - Grundlage erfolgreicher Landwirtschaft (BAD Tagungsband 2015)*, Bundesarbeitskreis Düngung (BAD), Frankfurt/Main, S. 89-123. <http://orgprints.org/29539/>

Weissengruber, L., Friedel, J. K., Möller, K. (2016): Akkumulation von Schadstoffen in europäischen Böden durch alternative Phosphordünger. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (Hrsg.): Bericht ALVA-Jahrestagung 2016, Bildungshaus Schloss Krastowitz, 30.-31. Mai 2016. S. 161-163.

**Vielen Dank an Dr. Stefan Hörtenhuber (FiBL Österreich),
Ao.Univ.Prof. Jürgen K. Friedel und Mag. Lina Weissengruber (BOKU Wien)!**

Hintergrund Schwefel (S)

- Schwefel zählt zu den Hauptnährstoffen in der Pflanze!
- Schwefel ist essentiell für den Proteinaufbau der Pflanzen und für die symbiontische N-Fixierung der Leguminosen
- Verringerung des Schwefeleintrags über die Luft in den letzten Jahrzehnten: von 30-50 kg S/ha auf 5-10 kg S/ha
- Im Vergleich zu anderen Kulturen hoher Schwefelbedarf von Futterleguminosen (bis zu 50 kg S/ha/Jahr)
- (Futter-)Leguminosen haben zentrale Bedeutung in Biofruchtfolgen



Feldversuche zur Schwefeldüngung von Leguminosen

Schwefeldynamik im Boden

- Schwefel ist zu 98 % organisch gebunden!
(Humus, Pflanzenrückständen, Mikroorganismen, Bodentieren)
- Aufnahme durch Pflanzen erst nach mikrobieller Mineralisierung
(bei über 10°C und genügend Feuchte) als Sulfat (SO_4^{-2})
- Sulfat ist wasserlöslich und auswaschungsgefährdet (wie Nitrat)!

Risikostandorte für Schwefelmangel:

In erster Linie leichte, sandige, flachgründige, humusarme Böden, insbesondere bei höheren Niederschlägen, bzw. kalte, umsetzungsträge Standorte

Schwefeldüngemittel

- **Elementarer Schwefel**

Nicht direkt pflanzenverfügbar – langsame Wirkung

Vorratsdüngung möglich, unsichere Wirkung (mikrobielle Umwandlung nötig)

- **Sulfatdünger**

Magnesiumsulfat (Kieserit, Bittersalz), Kaliumsulfate, Calciumsulfat (Gips)

Direkt pflanzenverfügbar – schnelle Wirkung

keine Vorratsdüngung, im Frühjahr düngen, Auswaschung möglich

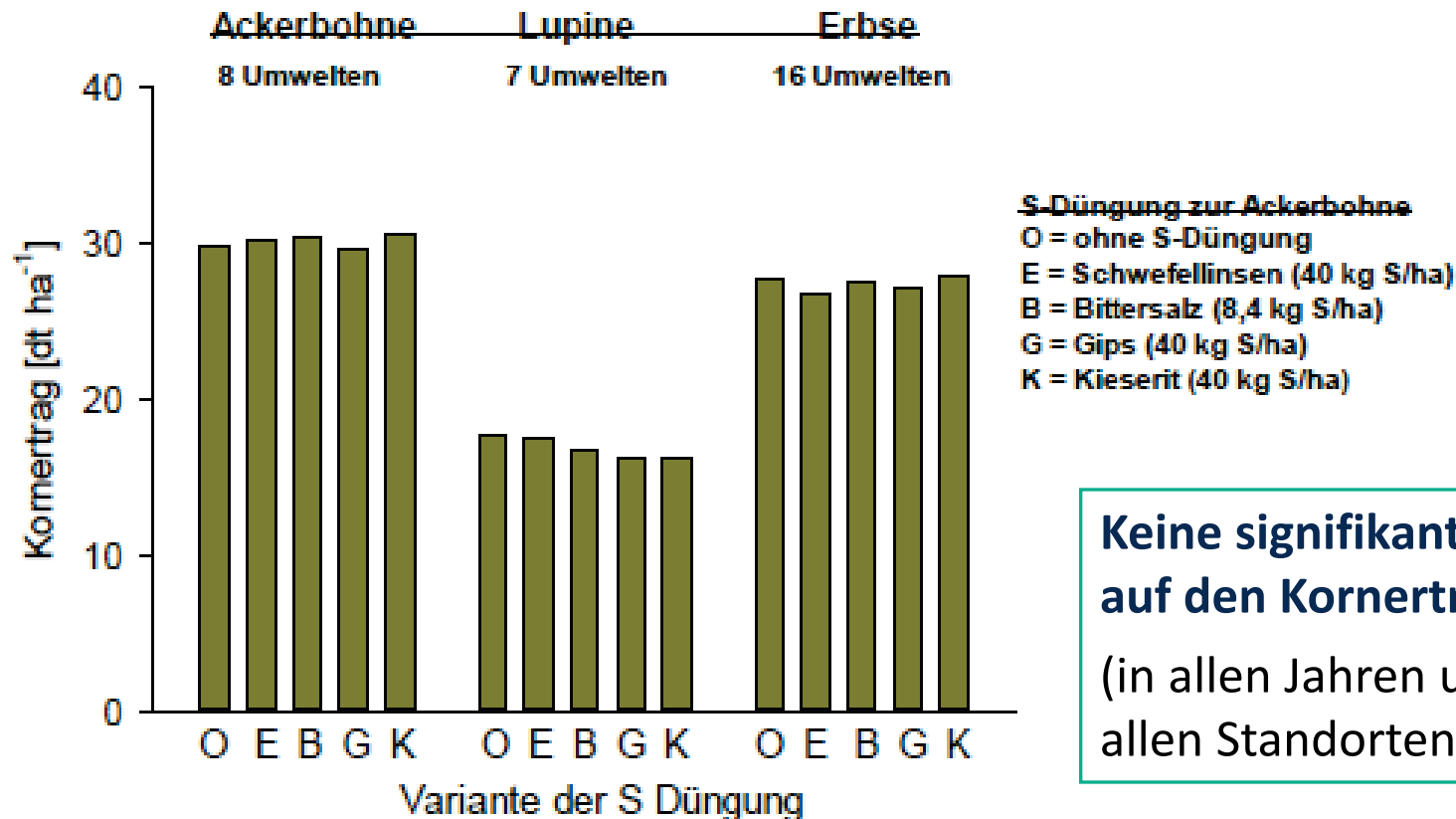
- **Organische Dünger**

Werte sehr variabel, vorwiegend organisch gebunden, langsame Wirkung

Gülle: 0,5 kg S/m³, Stallmist: 1 kg S/t, Biotonnenkompost: 1,5 kg S/t

Ergebnisse Schwefeldüngung Körnerleguminosen

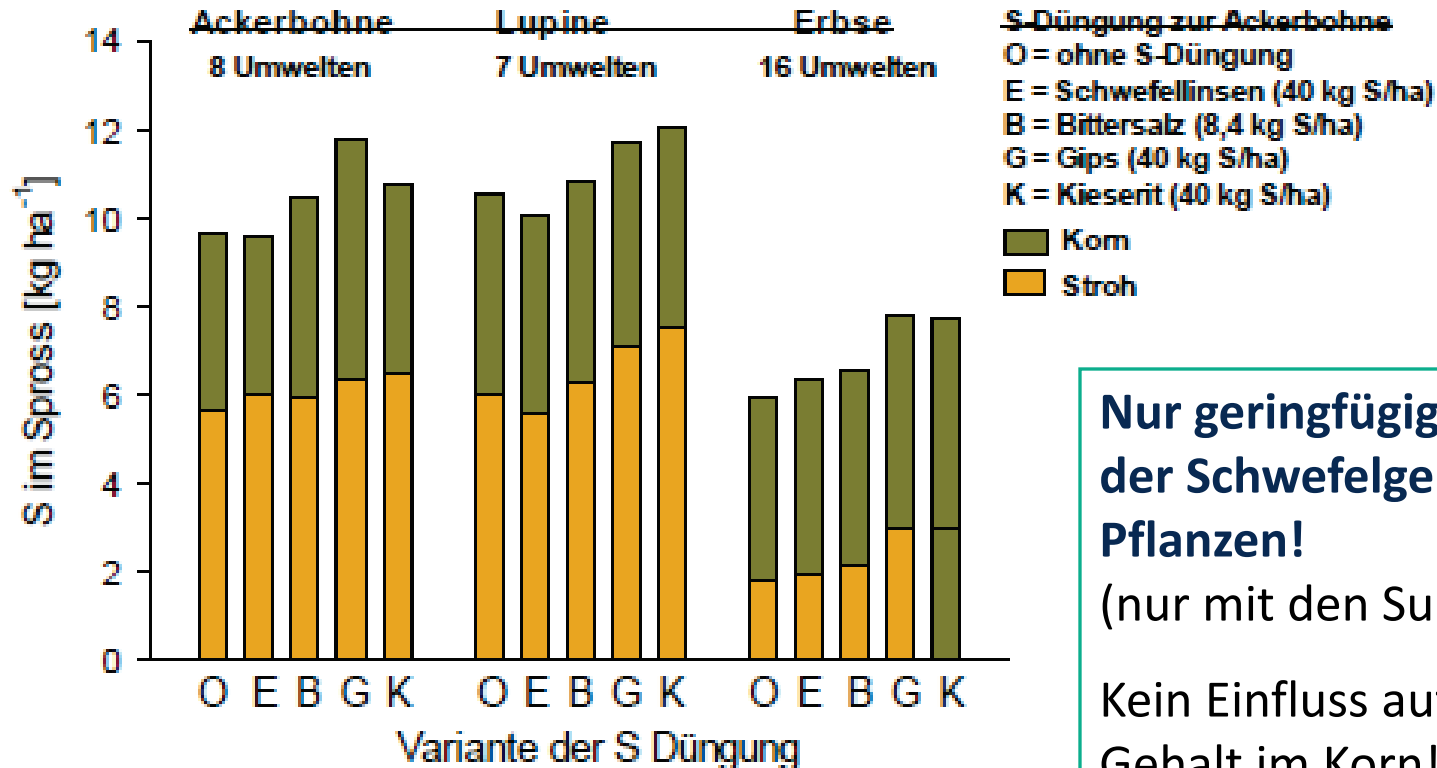
Deutschland, Versuche auf 6 langjährigen Biostandorten, Jahre 2012-2014



Quelle: K. Schmidtke und G. Lux, 2015

Ergebnisse Schwefeldüngung Körnerleguminosen

Deutschland, Versuche auf 6 langjährigen Biostandorten, Jahre 2012-2014



**Nur geringfügige Erhöhung
der Schwefelgehalte in den
Pflanzen!**

(nur mit den Sulfatdüngern)

Kein Einfluss auf den N-
Gehalt im Korn!

Quelle: K. Schmidtke und G. Lux, 2015

Ergebnisse Schwefeldüngung Körnerleguminosen

- **Ergebnisse weiterer Exaktversuche zu Schwefeldüngung in Deutschland:**

Kein Ertragseinfluss auf Körnererbsen (Urbatzka et al. 2014, Gruber et al. 2015)

Erhöhung der Schwefelgehalte im Boden und in der Pflanze (Gruber et. al 2015)

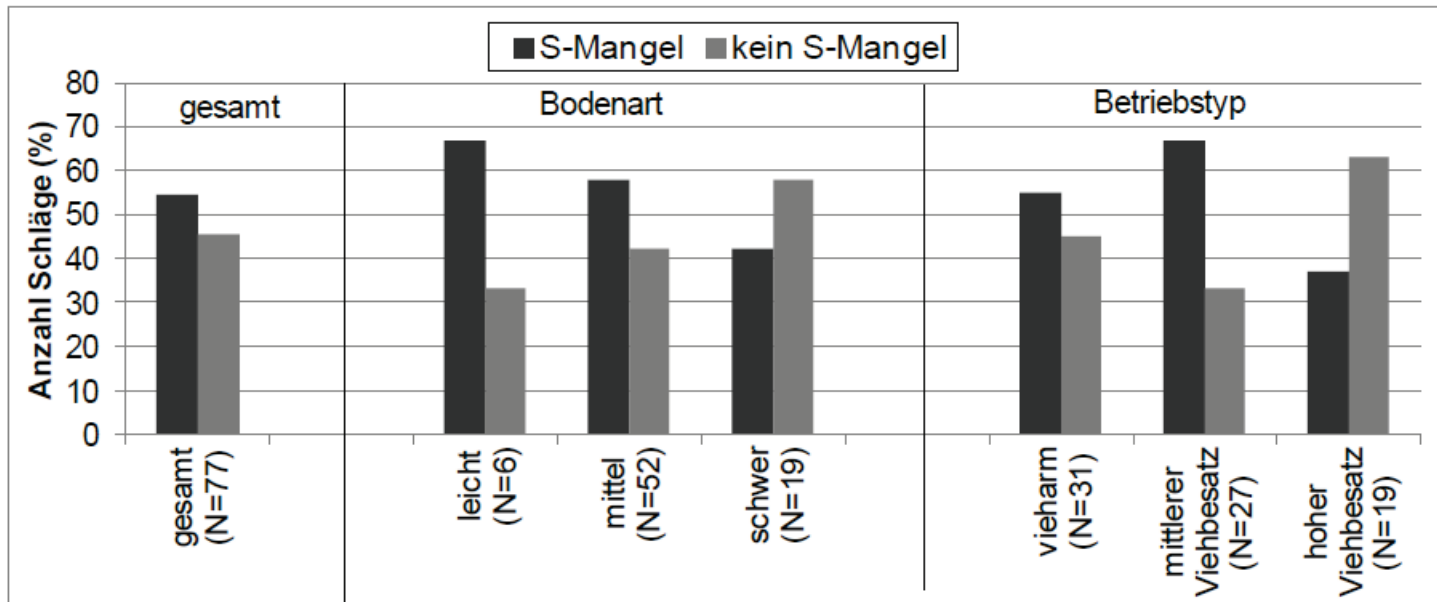
Fazit / Empfehlungen (K. Schmidtke und G. Lux, 2015):

- Eine Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen ist derzeit im biologischen Ackerbau nur in Ausnahmefällen erforderlich!
- Wenn eine Schwefeldüngung im Einzelfall angedacht ist (zur kurzfristigen Verbesserung der Schwefelversorgung der Pflanzen):
 - Gips und Kieserit zur Saat in den Boden
 - Bittersalz in der Jugendentwicklung über das Blatt

Ergebnisse Schwefelversorgung Futterleguminosen

Erhebungen auf biologisch bewirtschafteten Praxisschlägen in Deutschland (2012)

■ Erhebungen mit Düngerfenstern in Schlägen mit Klee gras in Bayern:



(Quelle:
Urbatzka
et al. 2014)

■ Erhebungen mit Boden- und Pflanzenanalysen deutschlandweit:

70 % der Futterleguminosenbestände mit unzureichender Schwefelversorgung

(Quelle: Becker et al. 2015, Untersuchung von 38 Standorten)

Ergebnisse Schwefeldüngung Futterleguminosen

Exaktversuch, Standort Gladbacherhof, Gießen Mitteldeutschland 2011

■ Düngungsversuch mit Gülle und Magnesiumsulfat

Luzerne-Klee grasbestand im 2. Hauptnutzungsjahr

30 % höherer TM-Ertrag, 50 % höherer N-Ertrag mit Schwefeldüngung

	ohne MgSO ₄		MgSO ₄ (40 kg S*ha ⁻¹)		MgSO ₄ (80 kg S*ha ⁻¹)	
	ohne Gülle	mit Gülle	ohne Gülle	mit Gülle	ohne Gülle	mit Gülle
TS (dt*ha ⁻¹)						
Σ 4 Schnitte	106 ab	98 a	132 bc	140 c	134 c	139 c
N (kg*ha ⁻¹)						
Σ 4 Schnitte	286 a	247 a	428 b	433 b	447 b	435 b

Unterschiedliche Buchstaben signifikant für $p < 0,05$

Düngung MgSO₄: Vegetationsbeginn und 1. Schnitt

Düngung Gülle: Vegetationsbeginn (13,3 m³/ha, 46 kg N/ha und 3,5 kg S/ha)

(Quelle:
Becker et
al. 2013)

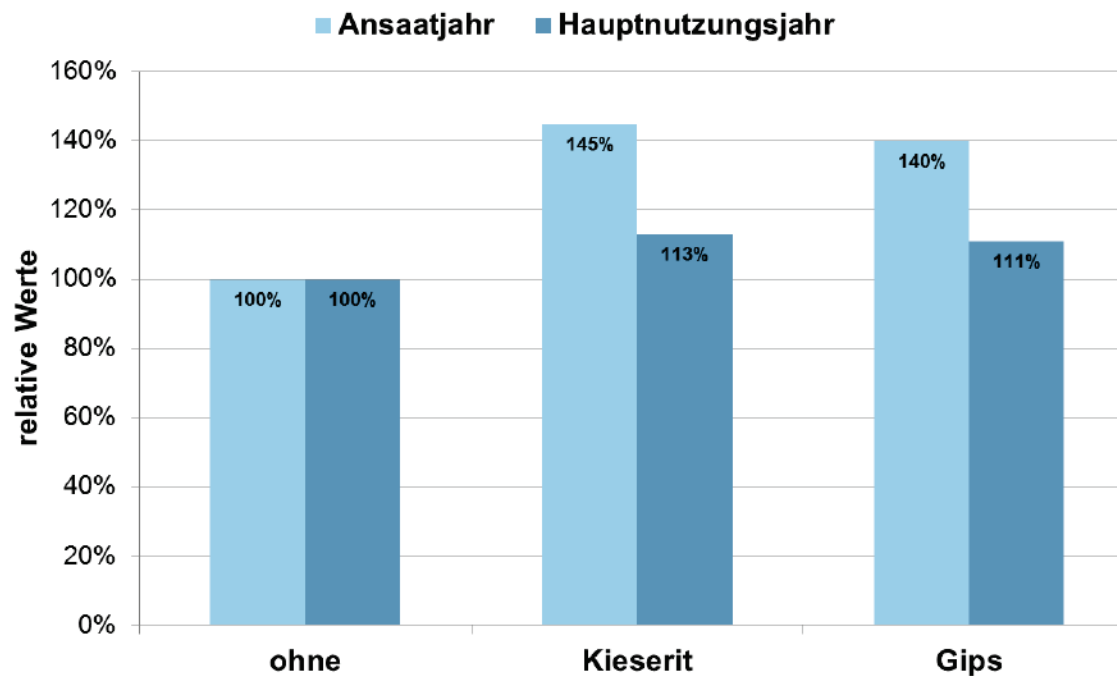
Ergebnisse Schwefeldüngung Futterleguminosen

Exaktversuch, Standort Gülzow Norddeutschland 2013-2015

■ Düngungsversuch mit Kieserit und Gips

Klee-grasbestand, Düngung zum Anbau im Frühjahr mit 30 kg S/ha

Trockenmasseertrag: Relativ zu Ertrag ohne Düngung, MW 2013-2015



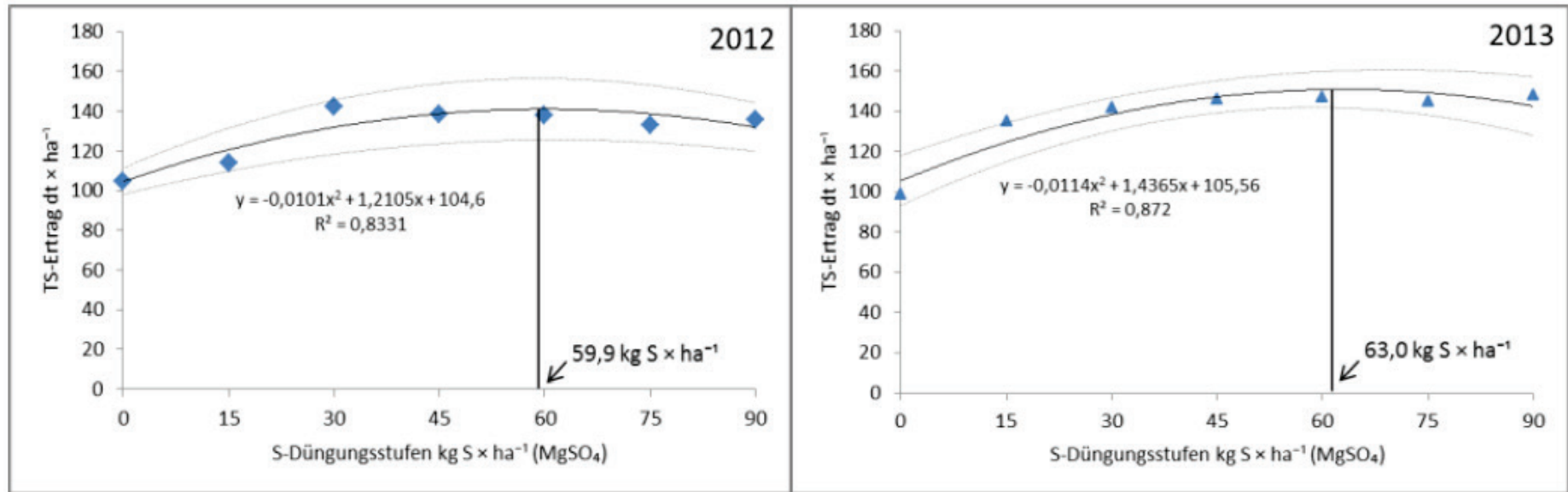
(Quelle:
A. Titze 2016)

Ergebnisse Schwefeldüngung Futterleguminosen

Exaktversuch, Standort Gladbacherhof, Gießen Mitteldeutschland 2012 und 2013

■ Düngungssteigerungsversuch mit Magnesiumsulfat

Luzerne-Klee grasbestand im 2. Hauptnutzungsjahr, Düngung jeweils im März
Trockenmasseertrag in dt/ha, Summe 1-4 Schnitt

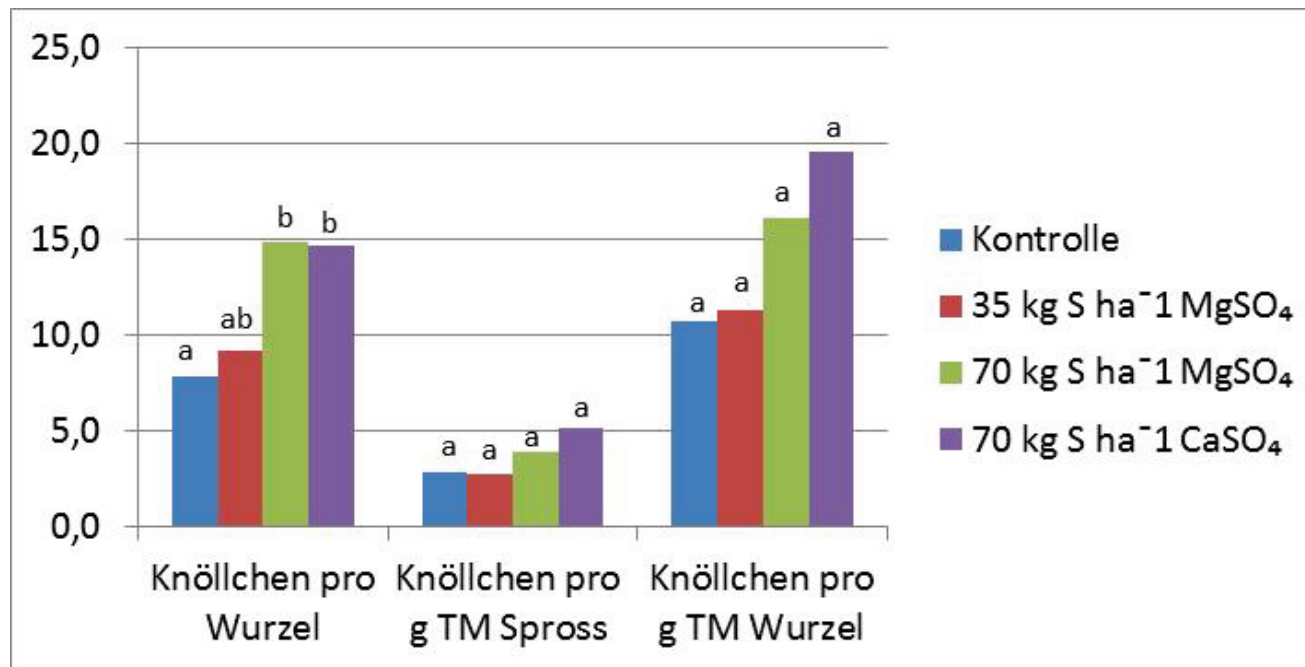


Quelle: Riffel et al. 2015

Ergebnisse Schwefeldüngung Futterleguminosen

Exaktversuch, Standort Marchfeld, Österreich, Masterarbeit BOKU

- Kein Einfluss der Düngung auf Luzerneertrag (98 dt/ha Trockenmasse), N-Konzentration und N-Ertrag einer Luzerne (1. Hauptnutzungsjahr)
- Nahezu Verdopplung der Knöllchen je Wurzel (zum 1. Schnitt, Juni 2015)



(Quelle:
Vockinger
et al. 2016)

Ergebnisse Schwefeldüngung Futterleguminosen

Zusammenfassung Versuchsergebnisse

- **In vielen Versuchen zeigte eine Schwefeldüngung eine Erhöhung der Erträge der Futterleguminosen, vor allem auf Standorten mit schlechter Schwefelversorgung!**
- Höhere Schwefelgehalte in der Pflanze und im Boden durch die Düngung
- Mehr Protein, höhere N-Aufnahme und N-Fixierleistung
- Teilweise höhere Kornerträge des Winterweizens, wenn die Vorfrucht Klee gras mit Schwefel gedüngt wurde (Riffel et al. 2013, Urbatzka 2016)
- Förderung der Leguminosen in Klee-/Luzernegrasbeständen
- Aber auch andere limitierende Ertragsfaktoren beachten:
Trockenheit, Bodenstruktur, pH-Wert, Versorgung mit weiteren Nährstoffen

Fazit / Empfehlungen Futterleguminosen

Bestände auf Schwefelmangel beobachten und kontrollieren! (Quelle: Becker et al. 2015)

- **Schwefelmangel im Bestand:**
Aufhellungen der jüngsten Blätter,
schwächerer Wuchs, Ertragsrückgang
- **Bodenanalysen** ($S_{\min}$ -Gehalt im Frühjahr):
<30 kg/ha $S_{\min}$ (0-60 cm) = S-Unterversorgung
- **Pflanzenanalysen** (Knospenbildung/Blüte):
>0,2 % S in der TM, >3 % N in der TM und
N/S-Verhältnis: <15 = ausreichende S-Versorgung
- **Düngerfenster anlegen:**
Schnellwirkende sulfathaltige Dünger,
zw. 30 und 60 kg S/ha



Bild: St. A. Fischinger

[https://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanze
nbau/allgemeiner-pflanzenbau/duengung/
schwefelduengung/](https://www.oekolandbau.de/erzeuger/pflanze/nbau/allgemeiner-pflanzenbau/duengung/schwefelduengung/)

**Bei Defiziten –
Düngungsmaßnahmen!**

Literatur Teil Schwefel (1)

Becker, K., Heilmann, S., Riffel, A., Leithold, G. und Fischinger, St. (2013): Wirkung einer Schwefel- und Gülledüngung auf den Trockensubstanz- und Stickstofftrag eines Futterleguminosenbestandes. In D. Neuhoﬀ, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm & U. Köpke (Hrsg.): Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. bis 8. März 2013. S 220-221.

Becker, Konstantin; Riffel, Alexandra und Leithold, Günter (2015): Sicherung des Ertragspotentials von Luzerne-Klee grasbeständen durch Verbesserung des aktuellen Schwefelversorgungszustandes ökologisch bewirtschafteter Flächen - Situation und Bedeutung unter Praxisbedingungen. Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, D-Gießen. Schlussbericht und Praxismerkblatt. <http://orgprints.org/29689/>

Gruber, Harriet; Titze, Andreas und Wegner, Carolina (2015): Schwefeldüngung von Leguminosen im Öko-Landbau. Beiträge zum ökologischen Landbau. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Dezember 2015, 56, S. 62-70. <http://orgprints.org/29713/>

Riffel, Alexandra; Hornischer, Helen; Fischinger, Stephanie Anastasia; Leithold, Günter und Becker, Konstantin (2013): Wirkung einer Schwefeldüngung zu einem Luzerne-Klee gras-Bestand auf den Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen. Vortrag at: 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 5. bis 8. März 2013. <http://orgprints.org/21546/>

Riffel, Alexandra; Becker, Konstantin und Leithold, Günter (2015): Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Klee gras-Bestand im 2. Hauptnutzungsjahr. Poster at: 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 17. - 20. März 2015. <http://orgprints.org/27204/>

Literatur Teil Schwefel (2)

Schmidtke, Knut und Lux, Guido (2015): Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fachgebiet Ökologischer Landbau, D-Dresden und Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Ökologischer Landbau, D-Hannover. Gesamtabschlussbericht und Praxisratgeber.

<http://orgprints.org/29783/>

Titze, A. (2016): Mit Schwefeldüngung zu mehr Ertrag bei den Futterleguminosen. Tellower Vortragsveranstaltung. www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA.../Tellow_04.02.2016_Titze.pdf

Urbatzka P, Offenberger K, Schneider R, Jacob I (2014): Schwefeldüngung zu Leguminosen im ökologischen Pflanzenbau. In: Wiesinger K, Cais K & Obermaier S (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2014, Tagungsband – Schriftenreihe der LfL 2/2014, 132–138

Urbatzka P (2016): Einfluss der Art und Höhe einer Schwefeldüngung im zweijährigen Klee gras und Auswirkungen auf die Nachfrucht Winterweizen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 28. 59. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., 27. bis 29. September 2016, Gießen. 234-235.

Vockinger, F., Gollner, G., Friedel, J.K. (2016): Effekt einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Knöllchenbesatz von Luzerne auf einem ökologisch bewirtschafteten Schwarzerde-Standort im niederösterreichischen Marchfeld. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (Hrsg.): Bericht ALVA-Jahrestagung 2016, Bildungshaus Schloss Krastowitz, 30.-31. Mai 2016. S. 317-319. Tagungsbeitrag und Poster.