

Versuchsbericht

Einfluss verschiedener Schwefeldünger auf Ertrag und Backqualität von Öko-Winterweizen

Versuchszeitraum: 2012 bis 2014

Versuchsdurchführung:

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Fachbereich Ökologischer Landbau



Finanziell unterstützt aus Mitteln des
Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Impressum

Herausgeber

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour-Str. 1 – 13
26121 Oldenburg

Fachbereich 3.10, Ökologischer Landbau
Johannssenstr. 10
30159 Hannover

Markus Mücke
Tel.: 0511/3665-4378
E-Mail: Markus.Muecke@lwk-niedersachsen.de

Dr. Kirsten Seidel
E-Mail: Kirsten.Seidel@lwk-niedersachsen.de

www.lwk-niedersachsen.de

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1 Einleitung und Grundlagen zur Schwefelversorgung.....	1
2 Zugelassene Schwefeldünger im Ökolandbau.....	2
3 Schwefel-Düngungsversuch.....	4
3.1 Versuchsbeschreibung.....	4
3.2 Standortdaten.....	5
3.3 Ergebnisse – Erträge und Qualitäten.....	6
3.4 Ergebnisse – Pflanzenbauliche Parameter.....	11
3.5 Ergebnisse - Pflanzenanalyse.....	11
3.6 Betriebswirtschaftliche Bewertung.....	16
4 Zusammenfassung und Handlungsempfehlung.....	18
5 Literaturverzeichnis.....	19
6 Anhang.....	20

1. Einleitung und Grundlagen zur Schwefelversorgung

Schwefel ist ein für das Wachstum der Pflanze essentieller Pflanzennährstoff, der insbesondere für die Proteinsynthese schwefelhaltiger Aminosäuren wie Cystein und Methionin erforderlich ist (MENDEL 1991). Seit einigen Jahren tritt Schwefelmangel in Mitteleuropa bei sehr schwefelbedürftigen Kulturen (z. B. Raps) zunehmend in Erscheinung, da die Deposition von Schwefel in Europa seit mehr als 20 Jahren deutlich rückläufig ist. Während bis gegen Mitte der 1980er Jahre in vielen Agrar- und Forstökosystemen noch mit S-Einträgen in der Größenordnung von 80 bis 100 kg/ha und Jahr S gerechnet werden musste, sind mit Einführung von Rauchgasentschwefelungsanlagen in Kraftwerken die S-Einträge aus der Atmosphäre fast flächendeckend auf unter 10 kg/ha und Jahr abgesunken (DLG 2012). Dabei sind nach wie vor regional sehr unterschiedliche Schwefeldepositionsraten mit höheren Einträgen in Osteuropa und Teilen Ostdeutschlands zu verzeichnen. Für die meisten landwirtschaftlichen Pflanzen ist diese Menge zu gering, so dass Schwefelmangel die Folge ist. In der Praxis tritt S-Mangel neben Raps vor allem bei Wintergetreide. Die Ursache dafür ist der vergleichsweise hohe Schwefel- und auch Stickstoffbedarf dieser Kulturen zu Vegetationsbeginn, wenn die Nachlieferung aus dem Boden noch gering ist. Hinzu kommt ein scheinbar schlechtes S-Aneignungs- und/oder Verwertungsvermögen. An der Einzelpflanze zeigen sich Schwefel-Mangelsymptome neben insgesamt verringertem Wachstum häufig zuerst an den jungen Trieben, die sich hellgrün bis gelb verfärben (Chlorosen) (Bergmann 1988). Ältere Blätter hingegen bleiben grün, da Schwefel in der Pflanze unter Mangelbedingungen nur bedingt verlagerbar ist. Eine Verwechslung mit N-Mangel kommt unter Praxisbedingungen aufgrund ähnlicher Symptome vor allem bei Getreide vor und kann abschließend meist nur durch eine Pflanzenanalyse ausgeschlossen werden.

Bei Schwefel-Mangel wird aufgenommenes Nitrat nicht umgewandelt, da das schwefelhaltige Enzym „Nitrat-Reduktase“ fehlt. In der Pflanze kann es dann zu einem „Nitrat-Stau“ (d. h. einer starken Erhöhung der Nitrat-Gehalte im Zellsaft) kommen, in dessen Folge auch der N-Einbau in Aminosäuren/Proteine gestört ist. Neben einer Ertragsreduktion ist daher meist auch ein Qualitätsverlust im Erntegut festzustellen. So muss beispielsweise bei Brotweizen bei Schwefel-Mangel mit niedrigeren Proteingehalten und -qualitäten gerechnet werden, die dann zu einer insgesamt verminderten Backqualität führen können. In der Praxis tritt latenter S-Mangel bei weitem häufiger auf als akuter S-Mangel. Dieser äußert sich nicht in sichtbaren Symptomen an der Pflanze, sondern durch vergleichsweise niedrige Erträge oder geringe Qualitäten trotz ausreichender Versorgung mit anderen Nährstoffen.

Im konventionellen Raps- und Getreideanbau gilt eine Schwefeldüngung seit Jahren bereits als Standardmaßnahme. Im ökologischen Getreidebau spielte eine zusätzliche Schwefelversorgung bislang kaum eine Rolle. Gerade aber unter dem Gesichtspunkt, dass in der Praxis bei Konsumgetreide wie Weizen häufig, neben den Erträgen, auch die Backqualitäten nicht befriedigen und Anforderungen der Mühlen an Rohprotein- und Feuchtklebergehalte oft nicht erfüllt werden können, muss neben der Stickstoff- auch die Schwefelversorgung als Möglichkeit der Qualitätssteigerung in die Betrachtung einbezogen werden.

Die Ergebnisse aus zurückliegenden konventionellen Düngungsversuchen in Winterweizen sind kaum übertragbar, da vorwiegend S-Dünger geprüft worden, die im Ökolandbau nicht zulässig sind.

Zur Notwendigkeit des Einsatzes von Schwefel im Ökolandbau liegen bislang nur wenig gesicherte Informationen vor. Während die positive Wirkung der Schwefel-Düngung in Futterleguminosen in verschiedenen Versuchen belegt wurde, ist dies bei anderen Kulturen noch nicht der Fall. Erste – von uns durchgeführte – Tastversuche in 2010

und 2011 mit einer Schwefeldüngung in Öko-Winterweizen zeigten interessante Tendenzen beim Ertrag und vor allem bei den Qualitäten.

Ziel des vorliegenden Vorhabens war es, zu untersuchen, inwieweit im Ökolandbau zugelassenen Schwefel-Dünger den Ertrag und die Backqualität von Winterweizen absichern bzw. steigern können.

2. Zugelassene Schwefeldünger im Ökolandbau

Für die Schwefeldüngung stehen im ökologischen Landbau mehrere Strategien der Zufuhr mineralischer Schwefelverbindungen zur Auswahl. Direkt pflanzenverfügbar ist Schwefel in Form des Sulfates, welches als bereits am Markt verfügbares Handelsdüngemittel als Kaliumsulfat, Kieserit oder Bittersalz zur Düngung über den Boden eingesetzt werden kann (SCHNUG 1998). Allerdings enthalten Kieserit und Bittersalz mit 25 bzw. 16 % auch einen nicht unerheblichen Teil Magnesium, so dass bei der Düngewahl auch der Bedarf an diesem Nährstoff berücksichtigt werden muss. Naturgips (Calciumsulfat) hat sich ebenfalls als schnell pflanzenverfügbares Schwefeldüngemittel erwiesen (WEN et al. 2003, vgl. Tab. 1). Mittlerweile gibt es in Deutschland verschiedene Hersteller, über die Naturgips als Düngemittel bezogen werden kann (z.B. Firma Knauf, Gfr, Rigips und Vereinigte Kreidewerke Dammann).

Als weitere Düngestrategie kann auch Bittersalz auf das Blatt appliziert werden, um über eine Blattdüngung eine sehr schnelle Aufnahme des Schwefels zu erzielen. Allerdings haben nicht alle Biobetriebe die Möglichkeit, eine Feldspritze einzusetzen und viele wollen dies auch nicht.

Zu beachten ist, dass Sulfat ähnlich wie Nitrat ausgesprochen auswaschungsgefährdet ist. Besonders im Herbst und in den Wintermonaten muss in Abhängigkeit der Bodenart und dem Bewuchs mit Verlagerungen aus dem durchwurzelteten Bodenraum durch Niederschläge gerechnet werden. Eine S-Vorratsdüngung ist deshalb für eine gesamte Fruchtfolge nicht ratsam.

Neben den schnell verfügbaren Verbindungen als Sulfat-Schwefel, kann im ökologischen Landbau auch elementarer Schwefel als langsam verfügbares Schwefeldüngemittel eingesetzt werden. Elementarer Schwefel ist nach der Düngung nicht auswaschungsgefährdet sondern muss nach Ausbringung zunächst durch Bodenmikroorganismen oxidiert werden, weshalb er eine länger anhaltende Wirkung entfaltet (WEN et al. 2003). Diese Mineralisation findet verstärkt bei höheren Bodentemperaturen und ausreichend Feuchtigkeit statt. In einem warmen und feuchten Herbst kann es also auch noch zu einer nicht unerheblichen Umsetzung des elementaren Schwefels zu Sulfat-Schwefel kommen, der dann wiederum von den Pflanzen nach Vegetationsende bzw. über Winter nicht vollständig aufgenommen und bei hohen Niederschlägen im Winterhalbjahr ausgewaschen werden kann. Dies bedeutet aber auch, dass elementarer Schwefel in Form von Schwefellinsen zu Wintergetreide im Herbst ausgebracht werden muss, da eine Ausbringung im Frühjahr den Schwefel nicht zeitgerecht zur Verfügung stellt. Weiterhin zu beachten ist, dass Schwefellinsen bei der Umsetzung eine versauernde Wirkung haben und zudem eine fungizide Nebenwirkung möglich ist.

Die Tabelle 1 zeigt eine Auswahl der im Ökolandbau zugelassenen Schwefeldünger.

Auch organischer Dünger enthält Schwefel. Allerdings unterliegt der Schwefel-Gehalt in Wirtschaftsdüngern großen Schwankungen. Dieser ist abhängig von der Tierart (höhere Gehalte bei Geflügel im Vergleich zu Schweinen oder Rindern), vom Haltungssystem (S-Gehalt im Mist höher als in Gülle) als auch von Fütterung, Art und Dauer der Lagerung. Auch Komposte enthalten einen unterschiedlich hohen Gehalt an Schwefel, der vor allem von den Ausgangsstoffen und den Aufbereitungsverfahren abhängt (Tabelle 2). Auch Pilzsubstrate enthalten vergleichsweise hohe Schwefelgehalte.

Allerdings ist die Schwefelversorgung aus wirtschaftseigenem Dünger in der Regel nicht ausreichend. Insgesamt ist die Verfügbarkeit des Schwefels in Wirtschaftsdünger abhängig von den Mineralisationsbedingungen im Boden (Temperatur und Feuchte), wie es auch beim Stickstoff der Fall ist. Der Anteil an direkt pflanzenverfügbarem Sulfat-Schwefel ist mit Ausnahme von Jauche gering. Im Anwendungsjahr stehen der angebauten Kultur daher normalerweise weniger als 10 % der mit dem organischen Dünger applizierten S-Menge zur Verfügung. Mittel- bis langfristig kann durch den kontinuierlichen Einsatz organischer Dünger je nach Bodenart zwar mit einem Anstieg des Gesamt-Schwefelgehaltes im Boden und damit mit einer erhöhten S-Nachlieferung aus dem Humusvorrat gerechnet werden. Allerdings stimmen hier wie auch bei der N-Mineralisation häufig der S-Bedarf der Pflanzen und die S-Mineralisation nicht überein. Dies ist besonders auch bei Wintergetreide der Fall, da schon im zeitigen Frühjahr eine ausreichende S-Versorgung benötigt wird, die Nachlieferung aus der organischen Substanz aber noch nicht gewährleistet ist.

Tabelle 1: Die wichtigsten im Ökolandbau zugelassenen Schwefeldünger

Dünger	Schwefel-Gehalt (%)	Weitere Nährstoffe	Schwefel-Wirkung (Pflanzenverfügbarkeit)
Kaliumsulfat	18	52 % K ₂ O	schnell
Patentkali	17	30 % K ₂ O, 10 % MgO	schnell
Magnesia Kainit	4	11 % K ₂ O, 5 % MgO, 20 % Na	schnell
Kieserit	20	25 % MgO	schnell
Bittersalz	13	16 % MgO	schnell
Naturgips (Calciumsulfat)	ca. 15 - 25	ca. 23 % Ca	mittel bis schnell
Kalkdünger mit S	ca. 2	ca. 80 % CaO	mittel bis schnell
Elementarer Schwefel*	90 (fest); 50-90 (flüssig)		fest: langsam! flüssig: mittel bis schnell
Beregnungswasser**	ca. 50 bis 80 mg SO ₃ /l z.T. deutlich darüber		schnell
* vor Pflanzenaufnahme Umwandlung zu Sulfat notwendig			
** eigene Analysen erforderlich, da deutlich schwankende Werte (bei 60 mg Sulfat/l und 25 mm Beregnung: Zufuhr von 5 kg S/ha)			

Tabelle 2: Schwefel-Gehalt in organischen Düngern sowie deren Wirksamkeit

Dünger	S-Gehalt (kg/t bzw. kg/m ³)	Sulfat-Anteil (%) (sofort wirksam)
Stallmist	0,3 - 0,8	< 10
Gülle	0,2 - 0,7	10 - 20
Jauche	0,2 - 0,3	60 - 80
Kompost	0,3 - 0,5	< 10

3. Schwefel-Düngungsversuch

Das Versuchsvorhaben wurde vom niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in den Jahren 2013 und 2014 finanziell unterstützt. Das erste Versuchsjahr 2012 ist mit Eigenmitteln durchgeführt worden.

3.1 Versuchsbeschreibung

Der Versuch ist als Blockanlage mit 4-facher Wiederholung je Variante angelegt worden. Zur Aussaat kam die Winterweizen-Sorte Bussard mit einer Saatstärke von 400 Körnern je Quadratmeter.

Als Dünger wurden im Ökolandbau zugelassenen Schwefeldünger ausgewählt. Diese weisen neben einem unterschiedlichen Schwefelgehalt auch weitere Nährstoffe auf. Weiterhin ist die Pflanzenverfügbarkeit des Schwefels unterschiedlich schnell (Tab. 1).

Der Versuch wurde als Extaktversuch in Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Düngungsvarianten zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Düngungsvarianten

Düngungs- variante	2012		2013 und 2014	
	Variante	Düngungstermin	Variante	Düngungstermin
1	ohne Schwefel		ohne Schwefel	
2	Naturgips, 30 kg S/ha	Vegetationsbeginn	Naturgips, 25 kg S/ha	Frühjahr zu Vegetationsbeginn
3	-		Elementarer Schwefel fest, 25 kg S/ha	Herbst, direkt nach der Saat
4	Elementarer Schwefel fest, 30 kg S/ha Elementarer Schwefel flüssig, 3 l/ha	Vegetationsbeginn EC 32 und EC 39-49	Elementarer Schwefel fest, 25 kg S/ha Elementarer Schwefel flüssig, 3 (2013) bzw. 3,5 l/ha (2014)	Herbst, direkt nach der Saat FJ nach Veg.beginn EC 25-30
5	Kieserit, 30 kg S/ha	Vegetationsbeginn	Kieserit, 25 kg S/ha	Frühjahr zu Vegetationsbeginn
6	Kieserit, 30 kg S/ha Bittersalz, 10 kg/ha	Vegetationsbeginn EC 32 und EC 39-49	Kieserit, 25 kg S/ha Bittersalz, 16 kg/ha	Frühjahr zu Vegetationsbeginn EC 39

Naturgips: Firma GFR

Elementarer Schwefel fest: Schwefellinsen, Firma Intrachem

Elementarer Schwefel flüssig: Cera Schwefel 700 (2012 und 2013) bzw. 600 (2014), Firma Intrachem

Kieserit: Firma Kali + Salz

Bittersalz: EPSO Top, Firma Kali + Salz

Folgende vegetationsbegleitende Untersuchungen und Bonituren sind vorgenommen worden:

- Smin, Nmin und Grundnährstoffe
- Pflanzenanalyse (nur 2013 und 2014)
- Bonituren: Pflanzenentwicklung nach der Düngung, Krankheiten, Lager
- Ertrag, TKM, Qualitätsuntersuchungen des Erntegutes (Rohprotein, Sedimentationswert, Feuchtkleber und Fallzahl)

3.2 Standortdaten

Für den Versuch wurden zwei Öko-Praxisflächen auf unterschiedlichen Standorten (sandiger und lehmiger Boden) ausgewählt.

Bei den Versuchsstandorten handelt es sich zum einen um den Versuchsbetrieb Waldhof der Hochschule Osnabrück, der langjährig nach Bioland-Richtlinien bewirtschaftet wird. Die lehmigen Sandböden mit knapp 40 Bodenpunkten lassen einen Schwefelmangel am ehesten vermuten, zumal eine Tierhaltung bzw. organische Düngung auf dem Betrieb nicht erfolgt.

Der zweite Versuchsstandort befindet sich auf dem Kloostergut Wiebrechtshausen im Landkreis Northeim. Dieser Naturland-Betrieb wird seit über zehn Jahren ökologisch bewirtschaftet. Eigene Tierhaltung wird auf dem Betrieb nicht praktiziert. Allerdings besteht eine Futter-Mist-Kooperation mit einem tierhaltenden Betrieb, so dass regelmäßig Hühnertrockenkot ausgebracht. Ergänzend wird auch noch Pilzsubstrat gedüngt. Auf den sandigen Lehm Böden mit 70 bis 80 Bodenpunkten wird daher von einer ausreichenden Nachlieferung von Stickstoff und auch Schwefel ausgegangen.

Die Standortdaten sowie weitere versuchsbeschreibende Daten sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Standortdaten

Versuchsort / Landkreis	Osnabrück / OS			Wiebrechtshausen / NOM		
	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	Kleegrass	Kleegrass	Hafer	Kleegrass	Kartoffeln	Kleegrass
Vor-Vorfrucht	Kleegrass	Kleegrass	Kleegrass	Mais	Kleegrass	Möhren
org. Düngung	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Saatstärke Kö/m ²	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 (C)	11 (D)	9 (C)	6 (C)	7 (C)	6 (C)
K mg/100 g	7 (B)	8 (C)	9 (C)	11 (C)	11 (C)	9 (B)
Mg mg/100 g	4 (C)	4 (C)	4 (C)	5 (B)	5 (B)	4 (B)

*nur bis 60 cm

3.3 Ergebnisse – Erträge und Qualitäten

Im ersten Versuchsjahr 2012 kam es beim Wintergetreide vielerorts zu starken Auswinterungsschäden durch langanhaltende Kahlfröste im Februar. Glücklicherweise führten diese auf dem Standort Osnabrück nicht zu stärkeren Ertragsverlusten. Die Erträge lagen mit knapp 34 dt/ha in der ungedüngten Variante auf einem Niveau das in etwa den mehrjährigen Durchschnitt des Standortes darstellt. Allerdings war der Standort Osnabrück im ersten Versuchsjahr von starkem Mäusefraß beeinträchtigt und die Parzellenergebnisse streuten deutlich. Auf dem lehmigeren Standort Wiebrechtshausen traten dagegen Auswinterungsschäden auf. Mit knapp 50 dt/ha lagen die Erträge für diesen Standort auf einem zufrieden stellenden Niveau (Tabelle 5).

Im zweiten Versuchsjahr konnten auf beiden Standorten mit über 50 bzw. 70 dt/ha sehr gute Erträge realisiert werden.

Im letzten Versuchsjahr 2014 ist der Versuch am Standort Osnabrück aufgrund sehr unbeständiger Witterung erst spät geerntet worden. Durch starken Wickenbesatz in den Parzellen waren die Ertragsergebnisse statistisch nicht absicherbar. Hier werden im Folgenden nur die Ergebnisse der Pflanzenanalysen und die Qualitäten dargestellt. In Wiebrechtshausen konnten mit 43 dt/ha die üblichen Durchschnittserträge dieses Standorts nicht erreicht werden. Grund war hier starker Gelbrostbefall.

Die Auswirkungen der Schwefeldüngung auf den Ertrag sind in den drei Jahren und an den beiden Standorten nicht einheitlich. Während im Jahr 2012 am Standort Osnabrück die Variante ohne Düngung die höchsten Erträge einbrachte und die mit Naturgips gedüngte Variante sogar signifikant schlechter abschnitt, waren im Folgejahr an dem Standort die mit Kieserit gedüngten Varianten ertraglich stärker.

Am Standort Wiebrechtshausen zeigten sich im dreijährigen Versuchszeitraum nur marginale Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten, absicherbare Unterschiede gab es in keinem Fall.

Insgesamt schneidet die mit Naturgips gedüngte Variante im Ertrag tendenziell schlechter ab (Abbildung 1).

Tabelle 5: Schwefeldüngungsversuch Winterweizen – Erträge

Variante	Ertrag dt/ha (rel)					
	Osnabrück			Wiebrechtshausen		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
ohne S-Düngung	100	100	Versuch nicht auswertbar	100	100	100
Naturgips 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)**	82	100		97	99	97
Schwefellinsen 25 kg S/ha (direkt nach Saat)	-	100		-	96	101
Schwefellinsen 25 kg S/ha (direkt nach Saat)* + Cera-Schwefal 700 3l/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)	95	100		102	100	101
Kieserit 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)**	94	105		100	97	101
Kieserit 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)** + Epso Top 16 kg/ha (EC 39)**	93	106		101	99	102
Versuchsmittel (abs)	31,3	52,3		48,7	69,0	43,4
Standardmittel (abs)	33,7	51,3		48,8	70,0	43,3
GD 5% Sorte (relativ)	11,0	6,6		4,0	5,6	8,2

* 2012 Ausbringung der Linsen erst im Frühjahr (30 kg S/ha)
 ** 2012 30 kg S/ha bzw. 10 kg/ha (Epso Top)

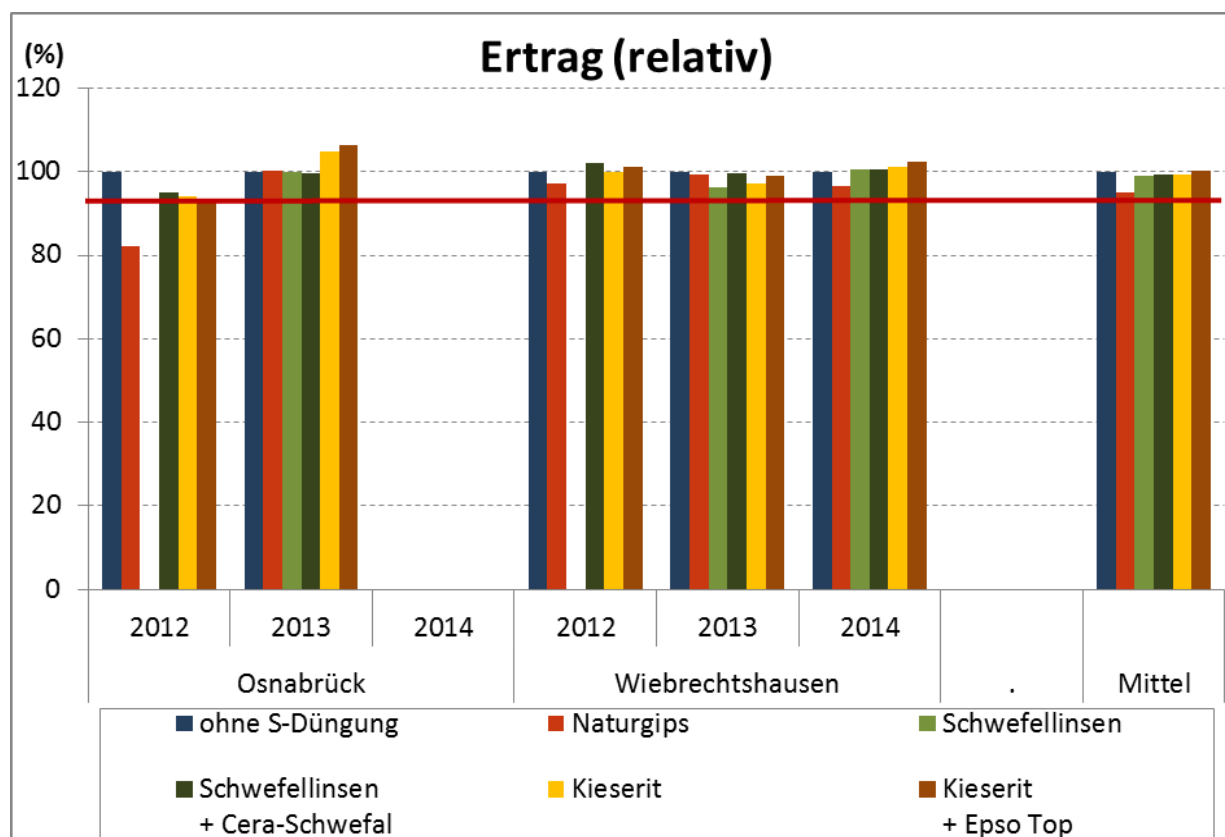


Abbildung 1: Schwefeldüngungsversuch Winterweizen – Erträge

Auch bei den Qualitäten zeigt sich keine eindeutige Wirkung der Schwefeldüngung. Allerdings fällt am Standort Osnabrück das sehr ertragsschwache Jahr 2014 auf, wodurch die Rohprotein- und Feuchtklebergehalte deutlich höher als in den anderen Jahren ausfallen. Im Mittel aller Standorte und Jahre bewegen sich bei allen Varianten die Rohproteingehalte um 11 % (Tabelle 6, Abbildung 2). Ähnliches gilt auch für die Feuchtklebergehalte (Tabelle 7, Abbildung 3). Hier weisen sogar die Varianten mit zusätzlicher flüssiger Schwefeldüngung im Mittel den niedrigsten Feuchtklebergehalt auf.

Tabelle 6: Schwefeldüngungsversuch Winterweizen – Rohproteingehalte

Variante	Rohprotein TM % (abs)					
	Osnabrück			Wiebrechtshausen		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
ohne S-Düngung	10,2	10,7	13,3	10,8	10,9	10,5
Naturgips 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)	10,6	10,8	13,9	10,3	10,4	10,8
Schwefellinsen 25 kg S/ha (direkt nach Saat)	-	10,7	14,5	-	9	10,6
Schwefellinsen 25 kg S/ha (direkt nach Saat) + Cera-Schwefal 700 3l/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)	10,3	10,9	13,8	10,8	9,6	10,6
Kieserit 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)	10,2	10,9	13,8	10,5	10,1	10,6
Kieserit 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn) + Epso Top 16 kg/ha (EC 39)	10,3	10,4	13,0	11,2	9,5	10,6
Versuchsmittel (abs)	10,3	10,7	13,7	10,7	9,9	10,8

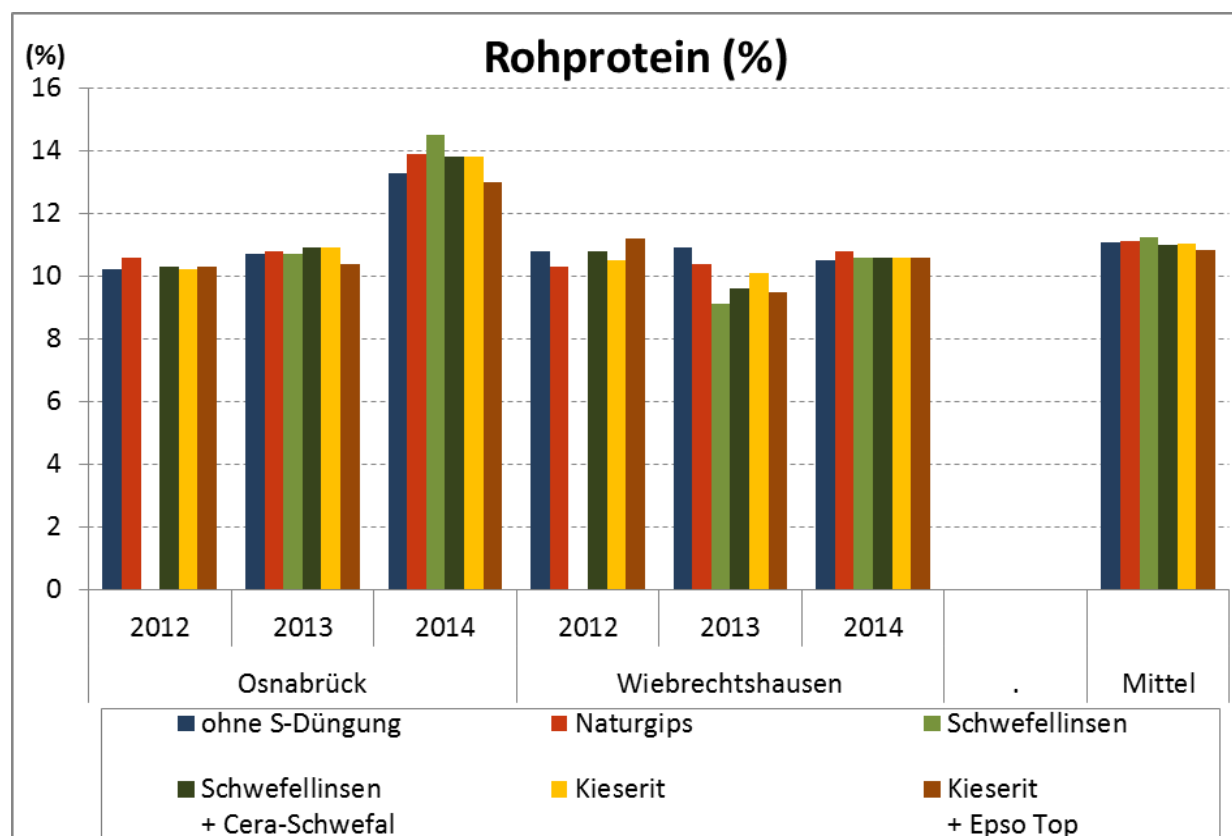


Abbildung 2: Schwefeldüngungsversuch Winterweizen – Rohproteingehalte

Tabelle 7: Schwefeldüngungsversuch Winterweizen – Feuchtklebergehalte

Variante	Feuchtkleber % (abs)					
	Osnabrück			Wiebrectshausen		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
ohne S-Düngung	17,3	18,5	26,2	23,5	26,8	19,5
Naturgips 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)	16,4	18,0	26,5	21,6	25,5	20,4
Schwefellinsen 25 kg S/ha (direkt nach Saat)	-	16,4	30,9	-	22,2	20,9
Schwefellinsen 25 kg S/ha (direkt nach Saat) + Cera-Schwefal 700 3l/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)	15,7	18,6	26,0	22,6	23,5	19,5
Kieserit 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn)	16,8	19,4	27,2	21,4	25,1	19,8
Kieserit 25 kg S/ha (Frühjahr-Veg.Beginn) + Epso Top 16 kg/ha (EC 39)	16,8	19,5	25,3	21,0	22,4	20,5
Versuchsmittel (abs)	16,6	18,4	27,0	22,0	24,3	20,1

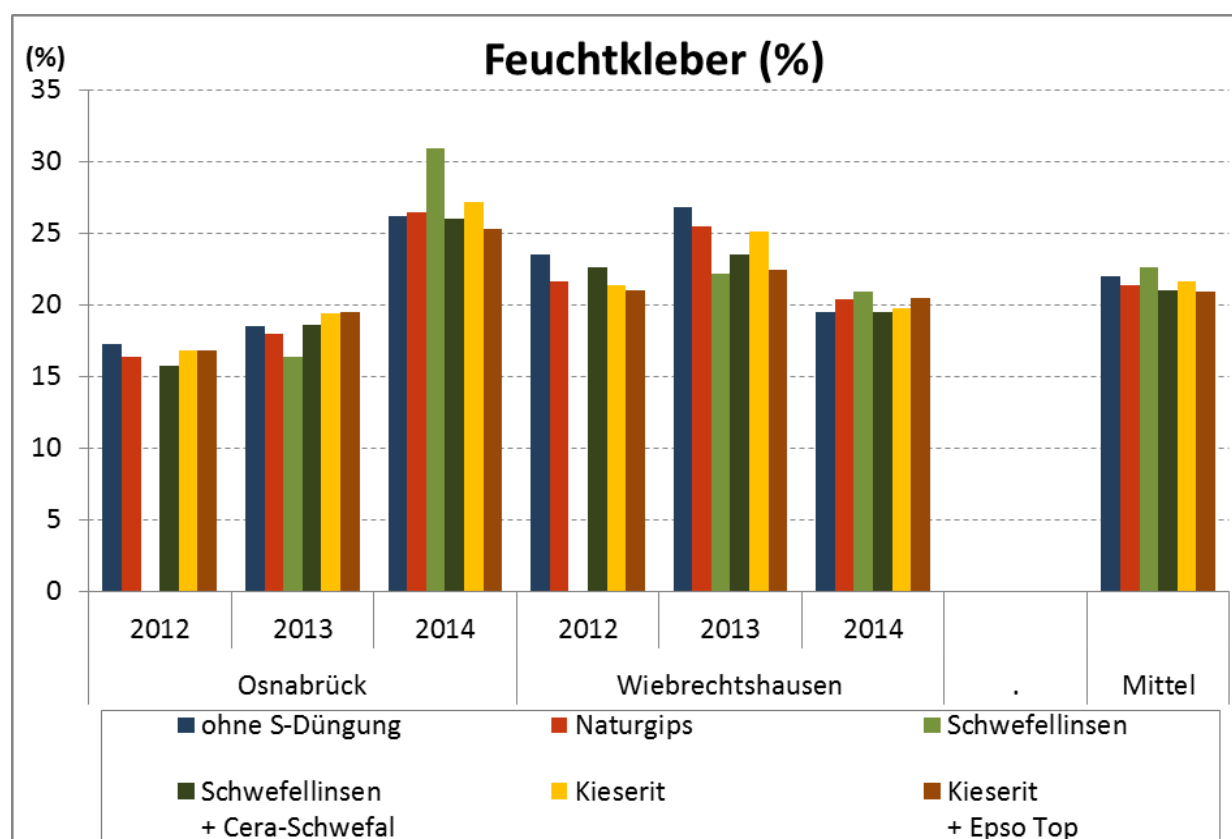


Abbildung 3: Schwefeldüngungsversuch Winterweizen – Feuchtklebergehalte

Bei der Fallzahl war insgesamt kein Einfluss einer Schwefeldüngung zu erwarten. Hier sind die Werte bei der nicht gedüngten Variante mit am höchsten (Abbildung 4). Auffällig sind die sehr niedrigen Fallzahlen in Osnabrück im Jahr 2014. Aufgrund der unbeständigen Witterung zur Ernte konnte der Drusch erst sehr verzögert erfolgen.

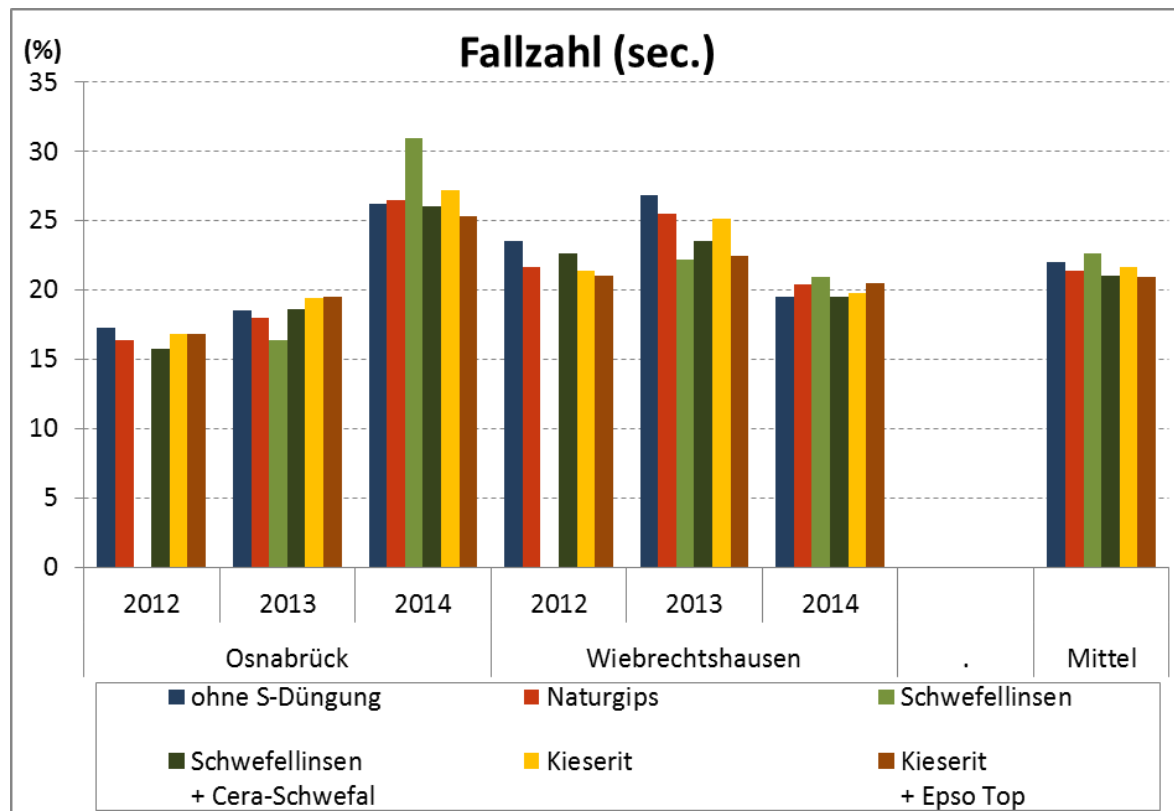


Abbildung 4: Schwefeldüngungsversuch Winterweizen – Fallzahl

3.4 Ergebnisse – Pflanzenbauliche Parameter

Zusätzlich zu den Ertrags- und Qualitätsparametern wurden während der Vegetationszeit verschiedene Bonituren zum Wachstumsverlauf erhoben. Bei der Beurteilung der Bestände vor und nach dem Winter, der Massenbildung und des Bodendeckungsgrades sowie der Mängel vor der Ernte ergaben sich zwischen den Varianten keine Unterschiede. Es waren auch keine optischen Unterschiede, z. B. dunklere Blätter, zu erkennen. Auf eine tabellarische Darstellung wurde deshalb verzichtet.

3.5 Ergebnisse – Pflanzenanalysen

Mit Pflanzenanalysen auf Stickstoff und Schwefel kann der Versorgungszustand der Pflanzen besser festgestellt werden als durch eine Bodenuntersuchung, aber i.d.R. nur nachträglich. Für eine bedarfsgerechte Düngung kommt die Pflanzenanalyse meist zu spät. Die Pflanzenanalyse liefert außerdem keinen Hinweis auf die Höhe des Schwefelbedarfs und sie ist ebenso wie eine S-Bodenuntersuchung teurer als die notwendigen S-Gaben von einigen kg/ha.

Als optimaler Probenahmetermin liegt beim Getreide bis Ende des Schossens (BBCH 39). 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 Versuch wurden die Pflanzenproben in den Jahren 2013 und 2014 zu Mitte (BBCH 36) bzw. Beginn des Schossens (BBCH 32) genommen und auf die Inhaltsstoffe untersucht. Die Auswertungen der Makro- und Mikronährstoff-Gehalte zeigen die folgenden Abbildungen 5 bis 10 im Mittel dieser beiden Jahre und Standorte.

Im Mittel der Jahre weisen die gedüngten Varianten an beiden Standorten einen geringfügig höheren N-Gehalt im oberirdischen Aufwuchs auf (Abbildungen 5 und 6). Bis auf die Varianten mit Schwefellinsen-Düngung sind auch die S-Gehalte tendenziell leicht höher. Allerdings liegen sie mit 0,18 bis 0,27 % zum Teil deutlich unter dem in der Literatur angegebenen Richtwert von 0,3 %. Das N/S-Verhältnis zeigt keinen eindeutigen Düngungseinfluss. Werte zwischen knapp 9,4 und 13,6 weisen hier aber nicht auf deutlichen Schwefelmangel hin.

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

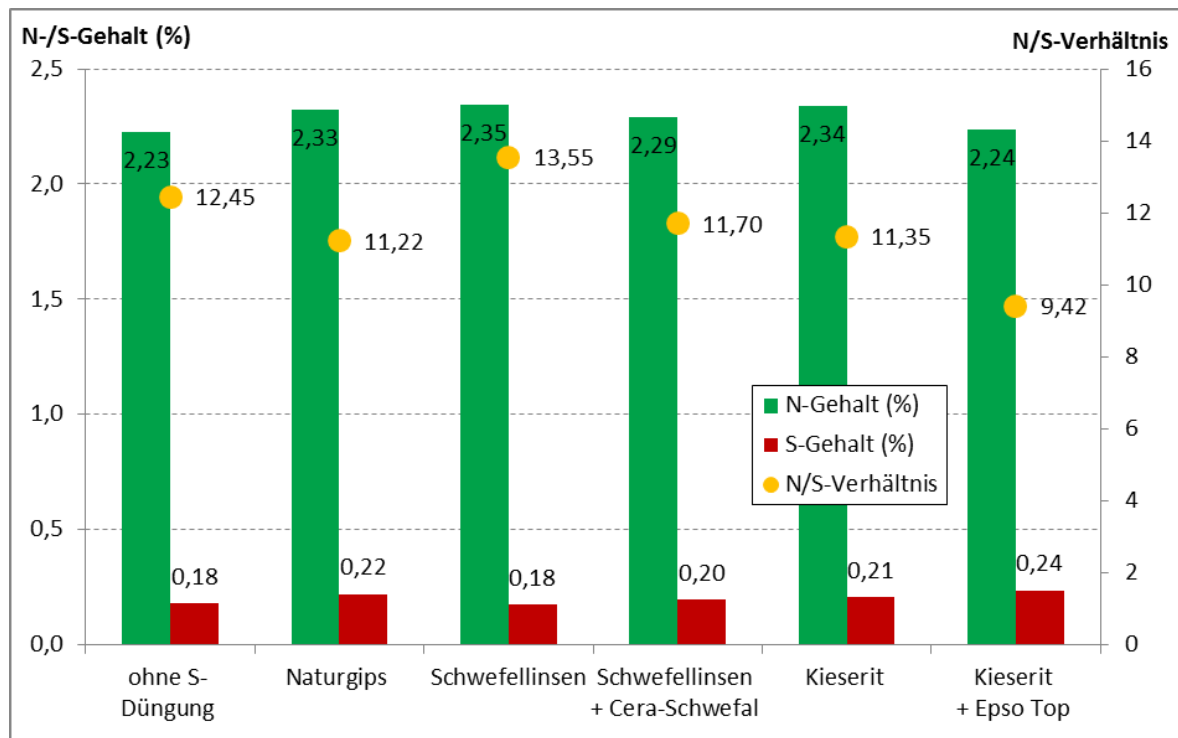


Abbildung 5: Stickstoff- und Schwefel-Gehalt (% i.TS) sowie N/S-Verhältnis im oberirdischen Aufwuchs zur Bestockung – Standort Osnabrück, Mittel 2013 und 2014

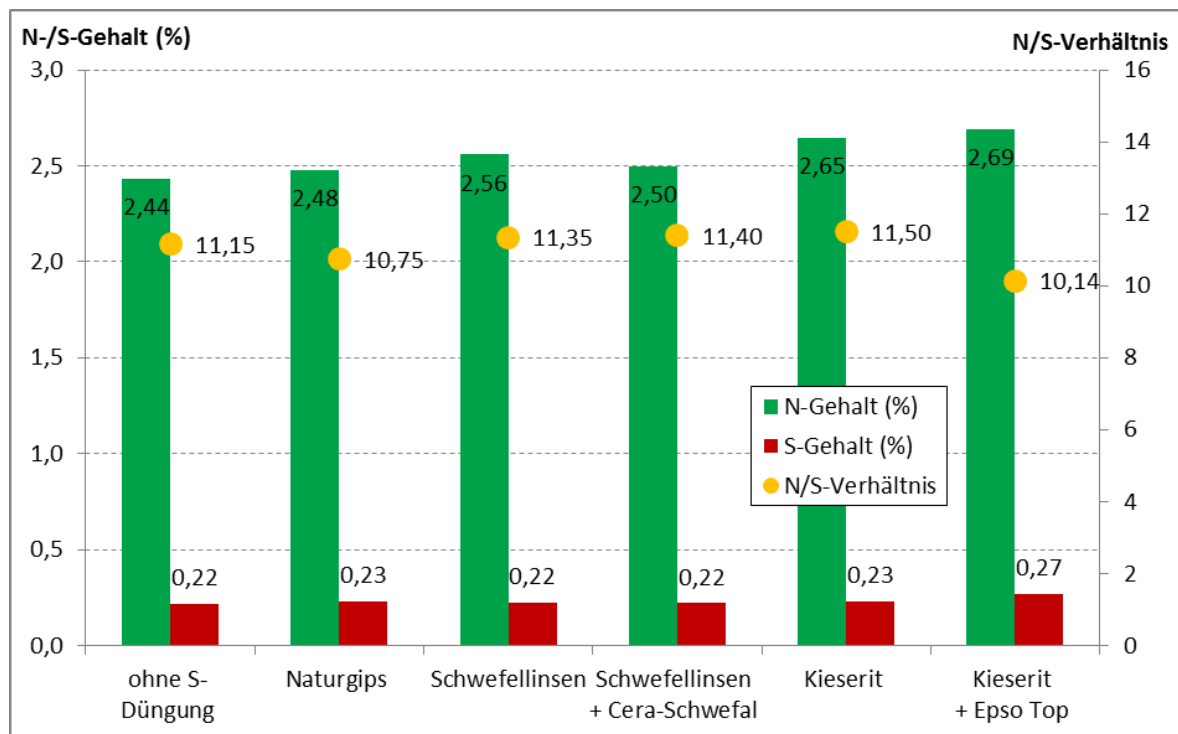


Abbildung 6: Stickstoff- und Schwefel-Gehalt (% i.TS) sowie N/S-Verhältnis im oberirdischen Aufwuchs zur Bestockung – Standort Wiebrechtshausen, Mittel 2013 und 2014

Die Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium zeigen keine eindeutige Tendenz (Abbildungen 7 und 8). Die Phosphor-Gehalte liegen mit 0,36 bis 0,42 % im optimalen Bereich. Dieser liegt zu Beginn des Schossens bei 0,3 bis 0,6 % (Bergmann 1988). Die Kalium-Gehalte sind in Osnabrück auf den mit Naturgips und Kieserit + Epso Top gedüngten Parzellen etwas höher, wohingegen in Wiebrechtshausen in sämtlichen gedüngten Parzellen im Schnitt etwas höhere Kalium-Gehalte vorliegen als in der Kontrolle ohne S-Düngung. Den geringsten Effekt zeigen auch hier die Varianten mit Schwefellinsen. Mit 2,8 bis 3,4 % liegen die Kalium-Gehalte insgesamt bei allen Varianten unter dem Nährstoffgehalt, der eine optimale Versorgung der Pflanzen sicherstellt. Dieser liegt bei 3,5 bis 5,5 % (Bergmann 1988). Deutlich im suboptimalen Bereich bewegt sich die Magnesium-Versorgung mit zum Teil deutlich unter 0,1 % trotz Bodengehaltsklasse B bzw. C. Hier wird von einem optimalen Magnesium-Gehalt im Bereich von 0,15 bis 0,3 % ausgegangen (Bergmann 1988).

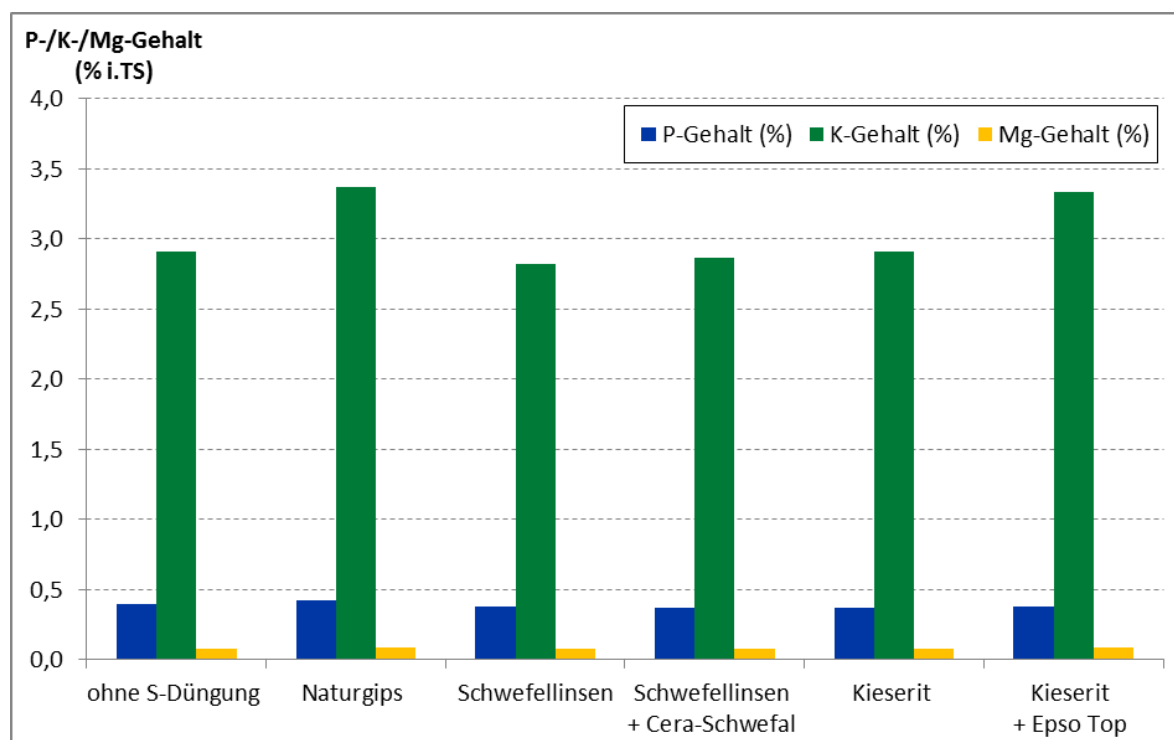


Abbildung 7: Phosphor-, Kalium- und Magnesium-Gehalte (% i.TS) im oberirdischen Aufwuchs zur Bestockung – Standort Osnabrück, Mittel 2013 und 2014

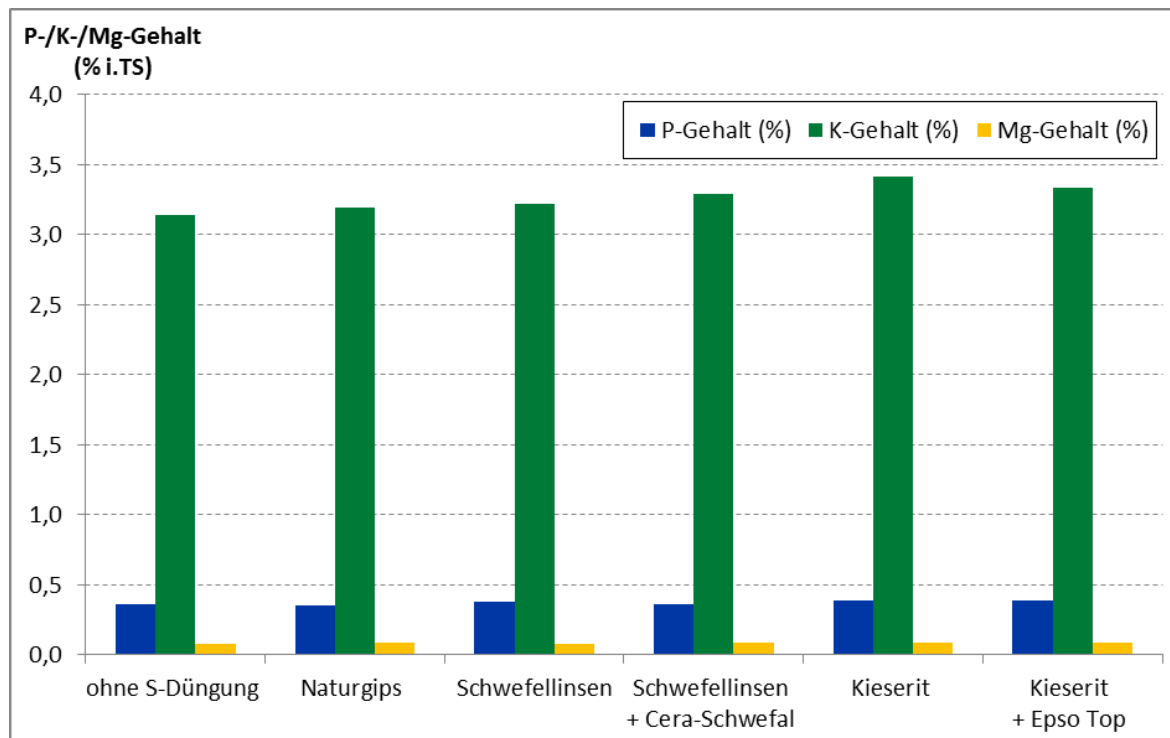


Abbildung 8: Phosphor-, Kalium- und Magnesium-Gehalte (% i.TS) im oberirdischen Aufwuchs zur Bestockung – Standort Wiebrechtshausen, Mittel 2013 und 2014

Auch die Gehalte an Mikronährstoffen zeigen keinen eindeutigen Einfluss einer Schwefeldüngung (Abbildungen 9 und 10). Bis auf die Variante 6 (Kieserit + Epso Top) sind die Mangan-Gehalte bei den gedüngten Varianten tendenziell etwas höher. Dies ist in Osnabrück auch beim Zink der Fall. Insgesamt sind die Mangan-Gehalte auf dem Standort Wiebrechtshausen um durchschnittlich fast 10 mg/kg höher, die Zink-Gehalte sind dagegen deutlich niedriger.

Die Kupfer-Gehalte liegen auf beiden Standorten mit zum Teil deutlich unter 5 mg/kg unter dem optimalen Bereich von 7 bis 15 mg/kg (Bergmann 1988). Dies trifft auch für Zink zu, bei dem der ausreichende Gehalt bei 25 bis 70 mg/kg liegt (Bergmann 1988). In Osnabrück werden durchschnittlich 20 und in Wiebrechtshausen sogar nur 15 mg/kg erreicht.

Auch der Mangan-Gehalt liegt vor allem in Osnabrück mit durchschnittlich 31 mg/kg unterhalb des anzustrebenden Gehaltes von 35 bis 100 mg/kg (Bergmann 1988). In Wiebrechtshausen liegen die Mangan-Gehalte bis auf die Kieserit + Epso Top-Variante im unteren anzustrebenden Bereich.

Und die Bor-Gehalte liegen mit 2 bzw. 2,2 mg/kg auf einem deutlich zu niedrigen Niveau. Der optimale Mineralstoffgehalt läge bei 6 bis 12 mg/kg (Bergmann 1988).

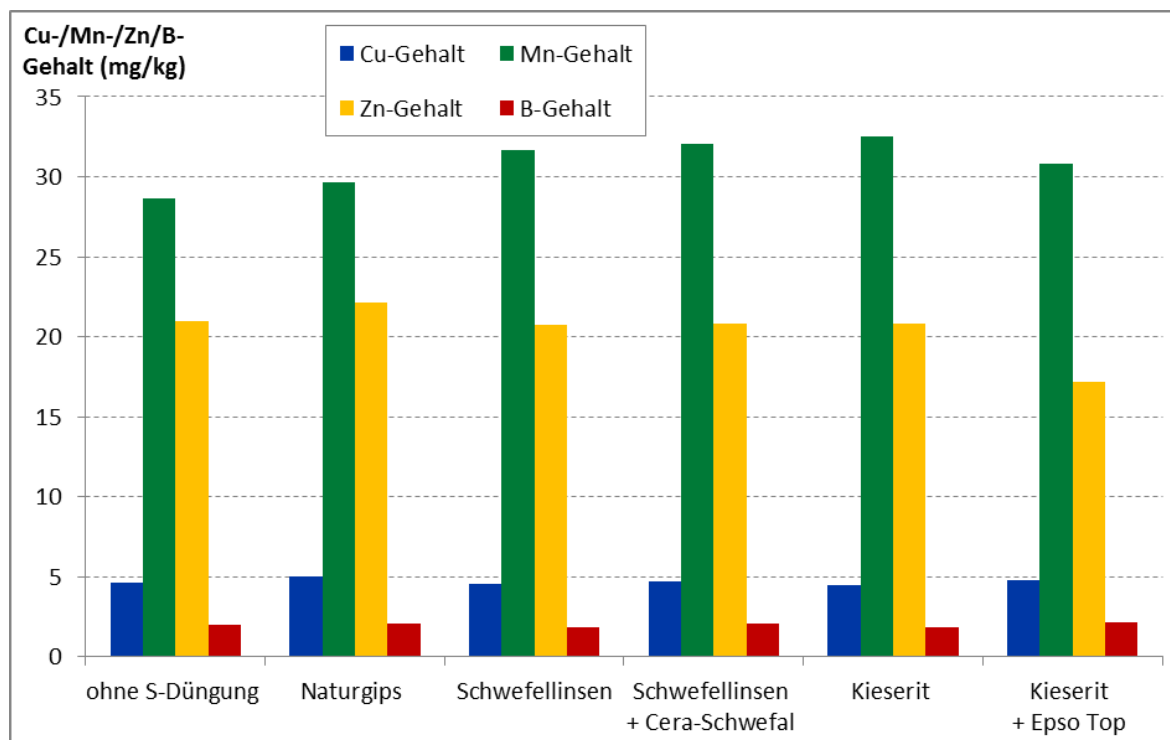


Abbildung 9: Kupfer-, Mangan-, Zink- und Bor-Gehalte (mg/kg) im oberirdischen Aufwuchs zur Bestockung – Standort Osnabrück, Mittel 2013 und 2014

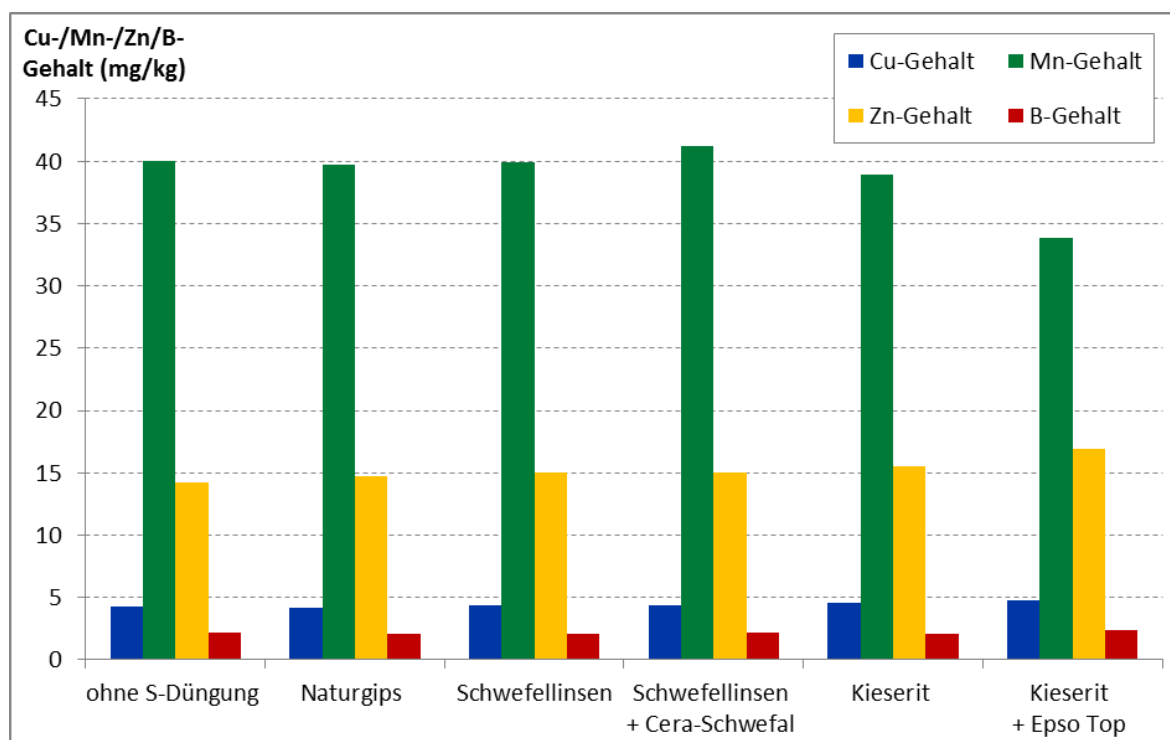


Abbildung 10: Kupfer-, Mangan-, Zink- und Bor-Gehalte (mg/kg) im oberirdischen Aufwuchs zur Bestockung – Standort Wiebrechtshausen, Mittel 2013 und 2014

3.6 Betriebswirtschaftliche Bewertung

Die Berechnung der Düngungskosten bei einer Ausbringmenge von 25 kg S/ha ergibt bei den drei festen Düngern einen Preis zwischen 15,- bis 39,- €/ha (Tabelle 8). Dabei wurde beim Kieserit der Magnesium-Anteil monetär berücksichtigt. Naturgips ist in jedem Fall mit knapp 15,- € der günstigste Schwefeldünger. Bei einem durchschnittlichen Weizenpreis von 40,- €/dt wäre ein Mehrertrag von 0,4 bis 1 dt notwendig, um die Kosten der Düngung einschließlich Ausbringungskosten auszugleichen.

Bei einer zusätzlichen Düngung mit flüssigem Schwefel bzw. Epso Top würden hier zusätzliche Kosten in Höhe von knapp 24,- bzw. 7,25 €/ha entstehen (Tabelle 9). Beim Epso Top sind wiederum die weiteren Nährstoffe berücksichtigt worden.

Bei der monetären Bewertung des Schwefeldüngers ist Kieserit bei Berücksichtigung des Magnesium-Gehalts ähnlich günstig wie Naturgips. Ist der Standort allerdings gut mit Magnesium versorgt und wird dieser Nährstoff nicht zusätzlich benötigt, dann ist Kieserit mit über 40 €/ha deutlich teurer als der Naturgips. Zu berücksichtigen ist, dass die Ertragswirkung von Naturgips in vielen Versuchen auch leicht negativ war. Hier wird ein Antagonismus zwischen Calcium und Molybdän angenommen. Aufgrund der großen Mengen an Calcium, die mit dem Naturgips zugeführt werden, können die Pflanzen nur noch wenig Molybdän aufnehmen, so dass es zu Ertragsdepressionen kommen kann. Auch Schwefellinsen sind mit knapp 40 €/ha deutlich teurer. Zudem muss der elementare Schwefel erst mineralisiert werden, bevor er von den Pflanzen aufgenommen werden kann. Je nach Witterung läuft dieser Prozess unterschiedlich schnell ab, so dass die Verfügbarkeit des Schwefels sehr unsicher ist. Aus diesen Gründen ist der Elementare Schwefel für die S-Versorgung nicht zu bevorzugen.

Tabelle 8: Düngungskosten feste Dünger

S-Dünger:	Einheit	Kieserit	Naturgips (18-23 % S)	Schwefel Schwefel-Linsen
Hersteller		K+S	GFR	Intrachem
S-Gehalt	%	20	15	87
MgO-Gehalt	%	25		
Düngemittelpreis (netto, ohne 19% USt.)	€/kg bzw. l	0,28	0,05	1,14
Nährstoffpreis (netto, ohne 19% USt.)	€/kg MgO	0,75		
	€/kg S	0,46	0,33	1,31
Aufwandmenge Dünger	kg bzw. l/ha	125	167	29
Nährstoff	kg S/ha	25	25	25
Gesamtkosten Dünger	€/ha	35,00	8,33	32,76
S-Dünger (anteilig)	€/ha	11,56	8,33	32,76
Ausbringung mit		Düngerstreuer		
Ausbringungskosten	€/Arb.gang	4,31	4,31	4,31
Lohnkosten (18 €/Akh)	€/Arb.gang	1,98	1,98	1,98
	Zahl Arb.gänge	1	1	1
Gesamtkosten Arbeitserledigung (AEK)	€/ha	6,29	6,29	6,29
Gesamtkosten Düngung	€/ha	41,29	14,62	39,05
S-Düngung (anteilig; 50% AEK*)	€/ha	14,71	14,62	39,05

*AEK: Arbeitserledigungskosten

Tabelle 9: Düngungskosten flüssige Dünger

S-Dünger:	Einheit	Bittersalz EPSO Top	Cera Schwefel 600 flüssig
Hersteller		K+S	Intrachem
S-Gehalt	%	13	46,1
MgO-Gehalt	%	16	
Düngemittelpreis (netto, ohne 19% USt.)	€/kg bzw. l	0,25	3,85
Nährstoffpreis (netto, ohne 19% USt.)	€/kg MgO	0,75	
	€/kg S	1,00	8,35
Aufwandmenge Dünger	kg bzw. l/ha	16,0	3,5
Nährstoff	kg S/ha	2,1	1,6
Gesamtkosten Dünger	€/ha	4,00	13,48
S-Dünger (anteilig)	€/ha	2,08	13,48
Ausbringung mit		Feldspritze	
Ausbringungskosten	€/Arb.gang	7,81	7,81
Lohnkosten (18 €/Akh)	€/Arb.gang	2,52	2,52
	Zahl Arb.gänge	1	1
Gesamtkosten Arbeitserledigung (AEK)	€/ha	10,33	10,33
Gesamtkosten Düngung	€/ha	14,33	23,81
S-Düngung (anteilig; 50% AEK)	€/ha	7,25	23,81

4. Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Drei Versuchsjahre zur Schwefeldüngung in Winterweizen auf zwei Standorten zeigten keinen statistisch absicherbaren Einfluss der Schwefeldüngung auf Ertrag oder Qualität beim Weizen. Im Mittel der Versuchsjahre und der Standorte waren die Erträge bei den mit Naturgips gedüngten Varianten sogar tendenziell niedriger.

Anscheinend reicht der im Boden vorhandene und während der Wachstumszeit durch Mineralisation freigesetzte Schwefel für die optimale Versorgung der Pflanzen aus. Bei einem durchschnittlichen Weizenertrag von 40 dt/ha und einem S-Gehalt im Korn von 0,2 % werden gerade mal 8 kg Schwefel pro Hektar von der Fläche abgefahren, bei zusätzlicher Abfuhr des Strohs sind es schon 18 kg S/ha. Die von den Pflanzen während der Wachstumsperiode aufgenommene S-Menge ist aber höher.

Eine grundsätzliche direkte Schwefeldüngung zu Winterweizen ist aufgrund der Ergebnisse nur in Ausnahmefällen erforderlich. Bestenfalls ist auf bekannten Schwefelmangelstandorten (leichtere sandigere Böden, geringer Humusgehalt, keine organische Düngung, hohe Niederschläge im Winterhalbjahr), zur Absicherung der Erträge und Qualitäten eine Schwefel-Düngung in Höhe von 25 bis 30 kg S/ha durchzuführen. Die zusätzlichen Kosten werden schon bei einem Mehrertrag von 1 dt/ha ausgeglichen.

Allerdings haben mehrjährige Versuche der Universität Gießen 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. Aufgrund dieser Ergebnisse sollte vielmehr darüber nachgedacht werden das Kleegras im Betrieb gezielt mit Schwefel zu düngen, um darüber Erträge und ggf. Qualitäten der Folgefrüchte abzusichern. Der Abschlussbericht zu diesem von der BLE geförderten Vorhaben wird im Frühjahr 2016 unter www.orgprints.org erwartet.

Von der LWK Niedersachsen angelegte Schwefel-Düngefenster in Kleegras auf verschiedenen niedersächsischen Öko-Betrieben konnten die Gießener Untersuchungen größtenteils bestätigen und unterstreichen damit die Notwendigkeit einer Schwefeldüngung zu Kleegras. Nach dem gegenwärtigen Stand der Ergebnisse werden rund 50 kg Schwefel/ha und Jahr zu Kleegras in einer Gabe zu Vegetationsbeginn empfohlen. Sulfat-Schwefeldünger sind dazu gegenüber den Elementaren Schwefeldüngern zu bevorzugen.

Bei der Wahl des Schwefeldüngers ist neben der Preis und der Düngewirkung auch die Verfügbarkeit beim Handel ein wichtiges Kriterium. Während elementarer Schwefel von verschiedenen Anbietern zur Verfügung steht, ist Kieserit und Kalisulfat möglicherweise beim regionalen Landhandel nicht immer vorrätig, da er auf konventionellen Betrieben in der Regel seltener eingesetzt wird. Das schwefelhaltige Patentkali dürfte aber in der Regel gut verfügbar sein. Die Verfügbarkeit von hat sich in letzter Zeit deutlich verbessert. Mehrere Anbieter bieten diesen Dünger an.

Einen aktuellen Überblick der Anbieter von Schwefeldünger bietet die Betriebsmittelliste des FiBL (www.betriebsmittelliste.org)

5. Literaturverzeichnis

BERGMANN, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena.

DLG (2012): Schwefel-Düngung effizient gestalten. DLG-Merblatt 373.

FISCHINGER ET AL. (2011): Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den NFlächenertrag eines Luzerne-Klee grasbestandes. 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.

MENGEL, K. (1991): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena.

RIFFEL ET AL. (2013): Wirkung einer Schwefeldüngung zu einem Luzerne-Klee gras-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.

WEN, G., SCHOENAU, J.J., MOOLEKI, S.P., INANAGA, S., YAMAMOTO, T., HAMAMURA, K., INOUE M., AN, P. (2003): Effectiveness of an elemental sulfur fertilizer in an oilseed-cereal-legume rotation on the Canadian prairies. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 166, 54-60.

6. Anhang

Tabelle 10: Pflanzenanalyse Winterweizen, Osnabrück 2013

Osnabrück 2013							
Probenahme: 21.05.2013 (BBCH 36)							
	Nährstoff	ohne S-Düngung	Naturgips	Schwefellinse n (Elementarer Schwefel)	Schwefellinse n (25 kg S/ha) + Cera-Schwefal 700 (3 l/ha)	Kieserit	Kieserit (25 kg S/ha) + Epso Top (16 kg/ha)
			25 kg S/ha	25 kg S/ha		25 kg S/ha	
Makro-nährstoffe (%)	N	1,91	2,08	2,16	2,08	2,22	2,07
	S	0,184	0,154	0,144	0,170	0,189	0,231
	Ca	0,262	0,236	0,210	0,219	0,238	0,443
	P	0,412	0,408	0,387	0,369	0,389	0,370
	K	2,74	2,88	2,55	2,53	2,79	3,44
	Na	0,003	0,004	0,002	0,003	0,002	0,009
	Mg	0,075	0,073	0,071	0,070	0,074	0,092
	N/S-Verhältnis	10,4	13,5	15,0	12,2	11,7	9,0
Spurenelemente (mg/kg)	Cu	4,25	4,66	4,32	4,41	4,14	4,45
	Mn	37,9	39,7	37,5	42,9	37,2	44,0
	Zn	21,4	22,0	20,8	21,1	19,9	14,7
	Fe	59,8	67,4	45,8	52,6	53,0	77,2
	Al	35,3	50,7	24,4	29,9	30,2	42,7
	B	1,99	1,94	1,79	1,93	1,82	2,30
Ertrag	relativ	100	100	100	100	105	106
	dt/ha	51,3	51,4	51,3	51,1	53,8	54,6

Tabelle 11: Pflanzenanalyse Winterweizen, Wiebrechtshausen 2013

Standort: Wiebrechtshausen							
Probenahme: 21.05.2013 (BBCH 36)							
	Nährstoff	ohne S-Düngung	Naturgips	Schwefellinse n (Elementarer Schwefel)	Schwefellinse n (25 kg S/ha) + Cera-Schwefal 700 (3 l/ha)	Kieserit	Kieserit (25 kg S/ha) + Epso Top (16 kg/ha)
			25 kg S/ha	25 kg S/ha		25 kg S/ha	
Makro-nährstoffe (%)	N	2,69	2,72	2,94	2,49	2,71	2,84
	S	0,237	0,243	0,240	0,206	0,239	0,303
	Ca	0,438	0,486	0,434	0,423	0,452	0,682
	P	0,363	0,351	0,398	0,345	0,394	0,386
	K	3,39	3,43	3,49	3,43	3,65	
	Na	0,013	0,011	0,007	0,008	0,006	
	Mg	0,089	0,091	0,087	0,085	0,089	
	N/S-Verhältnis	11,4	11,2	12,2	12,1	11,3	9,4
Spurenelemente (mg/kg)	Cu	4,14	4,11	4,44	4,10	4,62	
	Mn	48,1	43,0	47,7	46,3	44,3	
	Zn	14,3	14,0	15,2	13,6	14,9	
	Fe	68,8	69,7	64,1	62,5	82,0	
	Al	34,1	25,9	30,9	27,7	31,8	
	B	2,39	2,23	2,21	2,02	2,25	
Ertrag	relativ	100	99	96	100	97	99
	dt/ha	70,0	69,4	67,3	69,8	68,1	69,2

Tabelle 12: Pflanzenanalyse Winterweizen, Osnabrück 2014

Osnabrück 2014							
Probenahme: 24.04.2014 (BBCH 32)							
	Nährstoff	ohne S-Düngung	Naturgips	Schwefellinse n (Elementarer Schwefel)	Schwefellinse n (25 kg S/ha) + Cera-Schwefal 700 (3 l/ha)	Kieserit	Kieserit (25 kg S/ha) + Epso Top (16 kg/ha)
			25 kg S/ha	25 kg S/ha		25 kg S/ha	
Makro-nährstoffe (%)	N	2,54	2,57	2,53	2,50	2,46	2,40
	S	0,175	0,287	0,209	0,223	0,224	0,243
	Ca	0,345	0,398	0,363	0,384	0,305	0,351
	P	0,375	0,432	0,379	0,379	0,357	0,386
	K	3,09	3,87	3,10	3,21	3,03	3,23
	Na	0,006	0,007	0,005	0,006	0,005	0,005
	Mg	0,088	0,096	0,089	0,093	0,082	0,092
	N/S-Verhältnis	14,5	8,9	12,1	11,2	11,0	9,9
Spuren-elemente (mg/kg)	Cu	5,03	5,39	4,86	5,06	4,85	5,20
	Mn	19,4	19,6	25,9	21,2	27,9	17,7
	Zn	20,5	22,3	20,7	20,6	21,8	19,7
	Fe	84,3	108,0	104,0	108,0	84,5	78,8
	Al	68,7	97,7	75,0	85,9	67,3	59,8
	B	1,98	2,19	1,96	2,24	1,95	1,95

Tabelle 13: Pflanzenanalyse Winterweizen, Wiebrechtshausen 2014

Wiebrechtshausen 2014							
Probenahme: 24.04.2014 (BBCH 32)							
	Nährstoff	ohne S-Düngung	Naturgips	Schwefellinse n (Elementarer Schwefel)	Schwefellinse n (25 kg S/ha) + Cera-Schwefal 700 (3 l/ha)	Kieserit	Kieserit (25 kg S/ha) + Epso Top (16 kg/ha)
			25 kg S/ha	25 kg S/ha		25 kg S/ha	
Makro-nährstoffe (%)	N	2,18	2,24	2,18	2,51	2,58	2,54
	S	0,200	0,217	0,208	0,235	0,220	0,234
	Ca	0,344	0,351	0,364	0,422	0,401	0,409
	P	0,357	0,359	0,364	0,381	0,381	0,394
	K	2,89	2,96	2,96	3,15	3,18	3,34
	Na	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,006
	Mg	0,075	0,079	0,078	0,086	0,086	0,089
	N/S-Verhältnis	10,9	10,3	10,5	10,7	11,7	10,9
Spuren-elemente (mg/kg)	Cu	4,34	4,26	4,27	4,57	4,60	4,75
	Mn	32,0	36,5	32,1	36,1	33,6	33,8
	Zn	14,2	15,4	14,8	16,5	16,1	16,9
	Fe	54,8	61,8	63,5	73,4	63,0	62,7
	Al	24,6	34,3	38,4	54,0	32,1	32,4
	B	1,92	2,01	1,93	2,38	2,01	2,35
Ertrag	relativ	100	97	101	101	101	102
	dt/ha	43,3	41,9	43,6	43,6	43,8	44,4