

# **Schwefeldüngung zur Verbesserung der Backeigenschaften im Winterweizen**

**FORUM ACKERBAU, 2010-11 bis 2012-13**

Kaspar Grünig, Inforama Rütli

Juni 2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung und Fragestellung</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>5</b>
3.1	Verfahren .....	5
3.2	Düngung .....	5
3.3	Erhebungen .....	6
3.4	Einschränkungen und Finanzen .....	6
<b>4</b>	<b>Resultate</b> .....	<b>7</b>
4.1	Schwefelschätzung nach GRUDAF .....	7
4.2	Smin nach Standorten.....	7
4.3	N-S-Verhältnis im Boden.....	8
4.4	Erträge gesamt und nach Sorten.....	9
4.5	Erträge nach Standorten .....	10
4.6	Proteingehalte gesamt und nach Sorten.....	11
4.7	Glutengehalte gesamt und nach Sorten .....	11
4.8	Glutengehalte nach Standorten.....	12
4.9	Glutenindex nach Sorten.....	14
4.10	Backpunkte nach Sorten .....	14
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>15</b>
5.1	Schwefelschätzung und Smin .....	15
5.2	N-S-Verhältnis.....	15
5.3	Erträge .....	15
5.4	Protein- und Glutengehalte.....	16
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Verdankung</b> .....	<b>17</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....		<b>17</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schwefelschätzung nach GRUDAF 2009.....	7
Abbildung 2:	Smin zu Vegetationsbeginn.....	7
Abbildung 3:	Smin im Stad. 37 nach Verfahren und Standorten .....	8
Abbildung 4:	Erträge nach Sorten.....	10
Abbildung 5:	Erträge nach Standorten .....	10
Abbildung 6:	Proteingehalte nach Sorten.....	11
Abbildung 7:	Glutengehalte nach Sorten.....	12
Abbildung 8:	Glutengehalte der Sorte Suretta nach Standorten.....	12
Abbildung 9:	Glutengehalte der Sorte Claro nach Standorten.....	13
Abbildung 10:	Glutengehalte der Sorte Zinal nach Standorten.....	13
Abbildung 11:	Glutenindex nach Sorten.....	14
Abbildung 12:	Backpunkte der Sorten.....	14
Abbildung 13:	Erträge in Zusammenhang mit den Smin-Gehalten (0-30 cm) im Stad. 37 und der Schwefelschätzung.....	16

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Verfahren .....	5
Tabelle 2:	Details zur Düngung.....	5

# 1 Zusammenfassung

In einem dreijährigen Feldversuch wurden auf sieben Standorten vier Brotweizensorten im ÖLN- und Extensoanbau mit und ohne Schwefeldüngung angebaut. Die Fragestellung des Versuchs war: Kann mit einer gezielten Schwefeldüngung die Backqualität, insbesondere der Feuchtglutengehalt und / oder das Backvolumen von Brotweizen verbessert werden? Hintergrund des Versuches ist die Tatsache, dass je nach Jahr, Standort und Sorte Feuchtgluten-Gehalte gemessen werden, die nicht den Anforderungen der modernen Backindustrie genügen.

Über alle Sorten konnten im ÖLN im Vergleich zum Extenso höhere Erträge erreicht werden. Diese statistisch gesicherten Unterschiede gelten für die Verfahren mit und ohne Schwefel. Im Vergleich des ÖLN-Verfahrens ohne Schwefel zu demjenigen mit Schwefel konnten keine signifikant unterschiedlichen Resultate gefunden werden. Tendenziell konnten im ÖLN mit S um 1,7 dt/ha (+2,4%) höhere Erträge erreicht werden. Im Extensoverfahren gab es keine Unterschiede. Insgesamt sind die Unterschiede nach Standorten und Sorten grösser als diejenigen zwischen ÖLN und Extenso und deutlich grösser als die Verfahrensunterschiede mit und ohne S.

Beim Protein konnten im ÖLN ohne S um 0,1 bis 0,4 Prozentpunkte höhere Gehalte als im ÖLN mit S gemessen werden. Beim Extenso wurden praktisch unveränderte Proteingehalte gemessen. Die Ergebnisse beim Gluten deuten in die gleiche Richtung, sind aber auch nicht signifikant verschieden: Mit S lagen die Glutengehalte im ÖLN um 1,0 Prozentpunkte tiefer als ohne S, während im Extenso minim höhere Gehalte gemessen wurden.

Bei den Backpunkten (Backfähigkeit des Teiges) zeigten sich die Sortenunterschiede, nicht aber Standorts- und Verfahrensunterschiede.

Wichtige Schlussfolgerungen aus dem Versuch sind:

- Die Protein- und Glutenversorgung kann mit Schwefel im Praxisanbau nicht positiv beeinflusst werden, da bei intensivem Anbau und entsprechender Stickstoffversorgung Mehrerträge das Protein „verdünnen“.
- Schwefel kann bei intensiver N-Düngung zu einem Mehrertrag führen.
- Zur Verbesserung des Proteingehalts im Weizen müssen andere Lösungen gesucht werden als die Schwefeldüngung. Neben der guten Stickstoffversorgung spielt unter anderem die Erhaltung gesunder, ertragreicher Böden mit genügend organischer Substanz eine wichtige Rolle.
- Die Backqualität kann durch die Schwefeldüngung im Praxisanbau nicht positiv beeinflusst werden.

## 2 Einleitung und Fragestellung

Begriffe wie Protein und Feuchtgluten sind in der aktuellen Entwicklung im Brotgetreide zu sehr wichtigen Begriffen geworden. Je nach Jahr, Standort und Sorte genügen die Feuchtglutengehalte heute nicht mehr den Anforderungen der modernen Backindustrie. Die Gründe können vielseitig sein, als Ursache diskutiert werden die eingeschränkte Stickstoffdüngung, welche zudem ertrags- statt qualitätsbetont durchgeführt wird, oder die fehlende Schwefeldüngung auf Standorten mit einem Schwefelmangel. Auf die Ernte 2015 wird ein Bezahlungssystem für Protein mit Bonus und Malus eingeführt. Damit wird es für die Produzenten noch wichtiger, bei der Brotweizenproduktion mögliche Verbesserungsmassnahmen für den Proteingehalt zu prüfen.

Feuchtgluten ist als Protein in Form eines Gerüsts im Teig wesentlich in den modernen Teigverarbeitungs- und Backprozessen, es ist unter anderem für luftige Teige verantwortlich. Feuchtgluten macht einen grossen Teil des Proteins im Mehl aus.

Das Protein ist massgeblich durch die zwei Elemente Stickstoff und Schwefel aufgebaut. Dass via Stickstoffzufuhr der Protein- und der Feuchtglutengehalt verbessern lassen, ist bekannt. Gleiches lässt sich auch für den Schwefel vermuten.

Schwefelmangelsymptome an den Pflanzen treten erst bei starkem S-Mangel auf. Dabei werden die jüngeren Blätter in der Schossphase heller. Mit Schwefel kann der Ertrag durch eine verbesserte Ausnutzung des Stickstoff erhöht werden (Pellet, Mercier, & Vuilloud). Laut (Schnug, Bloem, & Haneklaus, 2000) wird die Backqualität schon beeinträchtigt, bevor Ertragsverluste auftreten. Wichtig ist die Schwefelzufuhr bei Vegetationsbeginn bis Beginn Schossen.

Aus den vorliegenden Überlegungen wurde die Fragestellung durch das Forum Ackerbau abgeleitet:

**- Kann mit einer gezielten Schwefeldüngung die Backqualität, insbesondere der Feuchtglutengehalt und / oder das Backvolumen von Brotweizen verbessert werden?**

Der Versuch wird in Zusammenarbeit und/oder mit finanzieller Unterstützung von Delley Samen und Pflanzen AG, Delley (DSP), Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen (HAFL), swiss granum, Mühle Meyerhans-Hotz, Fachschule Richemont, Agroscope (ART und ACW), Landor, Schweizerischer Getreideproduzentenverband, Bern (SGPV), fenaco Getreide, Ölsaaten, Futtermittel (GOF) und IP-Suisse durchgeführt.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Verfahren

Mit einem an den Sortenversuch angehängten Zusatzversuch soll abgeklärt werden, ob mit einer Schwefeldüngung die Backqualität, insbesondere der Feuchtglutengehalt und / oder das Backvolumen von Brotweizen verbessert werden kann.

Der Exaktversuch mit drei Wiederholungen wurde in den Erntejahren 2011 bis 2013 an allen Forum-Ackerbau-Standorten (3052 Zollikofen BE, 4533 Wallierhof SO, 5722 Liebegg AG, 8212 Charlottenfeld SH, 8268 Arenenberg TG, 8315 Lindau ZH) sowie zusätzlich in Delley FR (DSP Delley) angelegt. Ausgewählt wurden die Sorten CH Claro, Zinal, Suretta und Forel, welche sowohl im Extenso- als auch im ÖLN-Verfahren getestet werden, und dies mit und ohne Schwefeldüngung. Aus der Versuchsdisposition mit 7 Standorten, 4 Verfahren, 4 Sorten, 3 Wiederholungen in drei Jahren ergeben sich über 1000 Datensätze. Die Verfahren sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht der Verfahren

Abkürzung	WW42	WW43	WW52	WW53
Stickstoff	156 – 175 kg N	111 – 140 kg N	156 – 175 kg N	111 – 140 kg N
Schwefel	kein Schwefel (Kali ausgeglichen)		35 kg S/ha als Kalisulfat zu Beginn Schossen	
Sorten	Claro, Zinal, Suretta, Forel (nur Ernteergebnisse)			
Versuchsjahre	2010-11, 2011-12, 2012-13			
Versuchsanlage	Die mit Schwefel gedüngten Parzellen wurden dem Sortenversuch von swiss granum angegliedert. Als Verfahren ohne Schwefel wurden die Resultate des Sortenversuchs herangezogen.			

Weitere versuchsrelevante Daten:

**Versuchsanordnung:** Exaktversuch, randomisiert, lat. Rechteck, 2 Verfahren, 3 Wiederholungen, entspricht 24 Kleinparzellen pro Versuch.

Die Saat erfolgte betriebs- und jahresspezifisch unterschiedlich, aber immer im Oktober. Die Saatmenge betrug immer 350 Körner pro m<sup>2</sup>.

#### 3.2 Düngung

Die P, K und vor allem die N-Düngung wurde gemäss Versuchsprotokoll der swiss granum Versuche durchgeführt (nach GRUDAF, plus 30 kg N im ÖLN). Der Pflanzenschutzmitteleinsatz erfolgte ebenfalls betriebsüblich. Im Versuch wurde zu Beginn Schossen 35 kg S/ha in Form von Kalisulfat gedüngt. Für die Verfahren ohne Schwefel werden die Ergebnisse aus den Sortenversuchen des Forum Ackerbau herangezogen (ausser beim Standort Delley). Damit sind die Parzellen mit S nicht mit denjenigen ohne S im Versuch gemischt, sondern separat am Rand des Versuchs.

Tabelle 2: Details zur Düngung

Verfahren	Zeitpunkt	ÖLN				Extenso			
		WW 42		WW 52		WW 43		WW 53	
		Dünger	Menge kg/a	Dünger	Menge kg/a	Dünger	Menge kg/a	Dünger	Menge kg/a
1. Gabe	Vegetationsbeginn	Ammonsalpeter (AS) mit Mg (27% N, 2,5 % Mg)	Schossetont, 4,5 - 5	Kalisulfat (50% K, 18% S)	2	AS mit Mg (27% N, 2,5 % Mg)	Schossetont, 3,5 - 4	Kalisulfat (50% K, 18% S)	2
2. Gabe	DC 29 - 31								
Schwefel	bis DC 29	--	--	--	--	--	--	--	--
Kali	--	Kali 60%	1.6 kg	--	--	--	1.6 kg	--	--
3. Gabe	DC 37-39	AS mit Mg (27% N, 2,5 % Mg)	1 - 1,5 kg/a						

### 3.3 Erhebungen

**Bonituren:** S<sub>min</sub>-Untersuchung (Vegetationsbeginn und DC 37); N<sub>min</sub>-Untersuchung (Vegetationsbeginn und DC 37); Krankheits- und Lagerbonituren, wenn bei einer Sorte Note 3 erreicht ist; Entwicklungsstadien zum Zeitpunkt der verschiedenen Pflegemassnahmen; Ertrag, HLG, Protein, Backqualität (Labor, Feuchtglutengehalt, und zum Teil Backversuch). Es wurden keine Pflanzensaftanalysen gemacht, ebenso wie Temperaturaufnahmen an den einzelnen Standorten.

### 3.4 Einschränkungen und Finanzen

Vor allem aus finanziellen Gründen konnten nicht für alle Datensätze alle Erhebungen durchgeführt werden. So wurden von der Sorte Forel keine Gluten-, Glutenindex und Backversuche gemacht, wohl aber die Ernteerhebungen Ertrag, Protein(via NIR) und Hektolitergewicht (HLG). So konnten die Kosten für die Vermahlung und die Analysen eingespart werden. Ebenfalls wurden keine Versuche in die Vermahlung und Laboruntersuchungen gegeben, die im Anbau von Unregelmässigkeiten betroffen waren (Hagel, Mäuseschäden, ...) Die Backversuche wurden ebenfalls aus finanziellen Gründen stark eingeschränkt. So wurden Untersuchungen zur Sorte Claro und Suretta gemacht, jedoch nur von ausgewählten Standorten. Die Gesamtkosten für den Versuch beliefen sich auf rund CHF 53600.-, wobei letzte Rechnungen noch ausstehend sind. Der grösste Teil konnte durch finanzielle Unterstützung der obengenannten Firmen, Eigenleistungen von DSP und Richemont, Rabatte von ART, Richemont und Meyerhans sowie Eigenleistungen von Studierenden im Labor (Daniel Widmer HAFL, Walter Ettl, HF Inforama) erbracht werden. Alle Anbau-, Auswertungs- und Erhebungsarbeiten im Feld wurden durch die Mitglieder des Forum Ackerbau mit Unterstützung der jeweiligen Versuchsbetriebe erbracht.

## 4 Resultate

### 4.1 Schwefelschätzung nach GRUDAF

Die Schätzung der Schwefelversorgung nach Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau zeigt, dass kein Mangelstandort vertreten ist (Abbildung 1). Gemäss den Empfehlungen der GRUDAF ist auf keinem der Standorte eine S-Düngung notwendig. Der Schwefelentzug beträgt 25 kg S/ha (Agroscope, 2009).

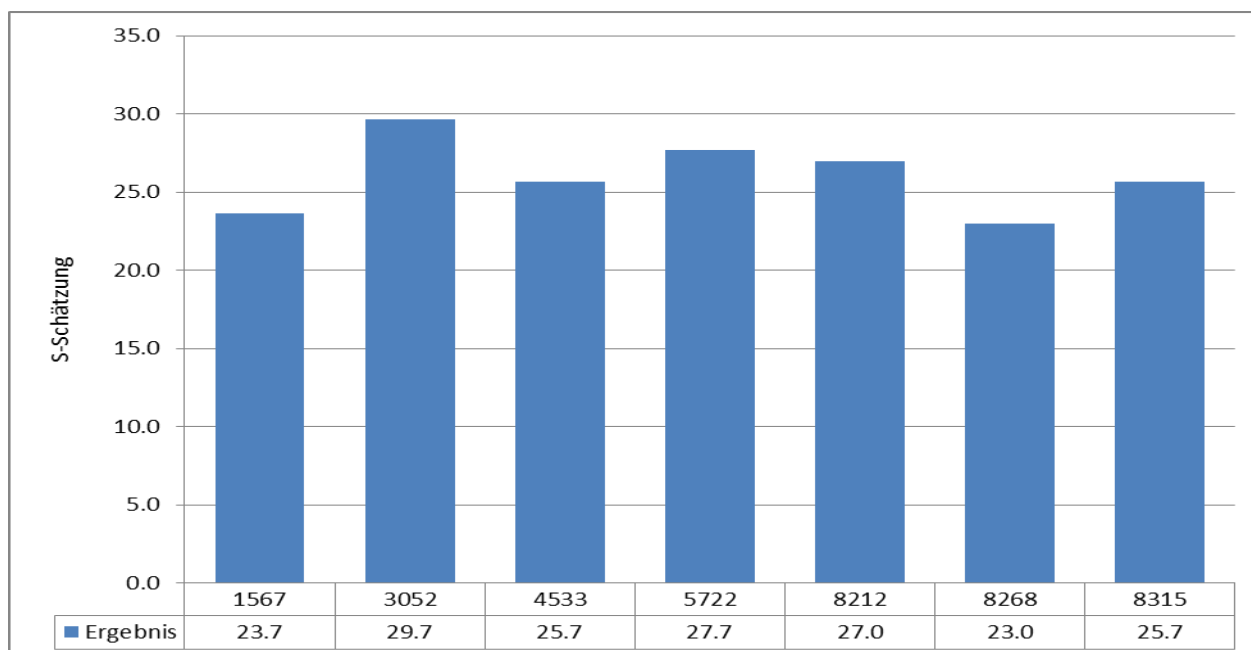


Abbildung 1: Schwefelschätzung nach GRUDAF 2009

### 4.2 Smin nach Standorten

Die Smin-Versorgung bei Vegetationsbeginn lag im Durchschnitt der Jahre zwischen 2 und 12 kg S/ha. Insbesondere an den Standorten Delley, Zollikofen und Arenenberg waren die Gehalte in allen Jahren tief (**Abbildung 2**).

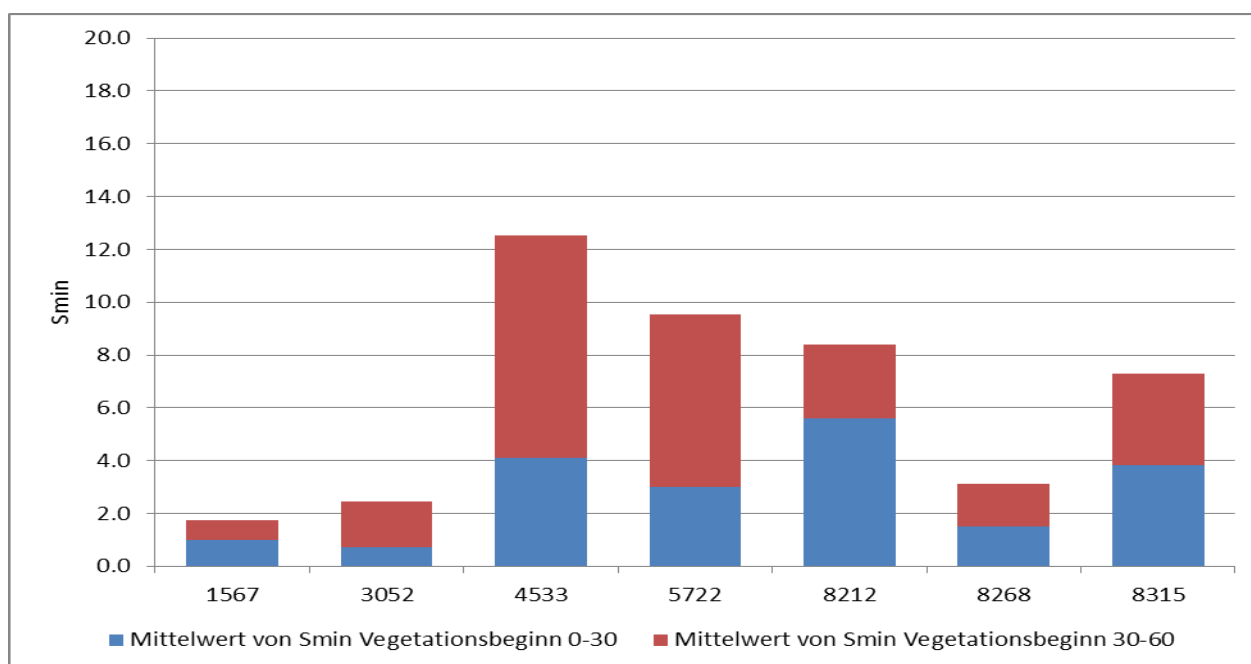


Abbildung 2: Smin zu Vegetationsbeginn

Die Smin-Versorgung im Stadium 37 (Fahnenblatt spitzt) zeigt, dass bei den mit S gedüngten Verfahren immer noch S zu finden war. S wurde zu Beginn Schossen gedüngt. Die Differenzen nach Standorten sind aber wie erwartet gross (Abbildung 3).

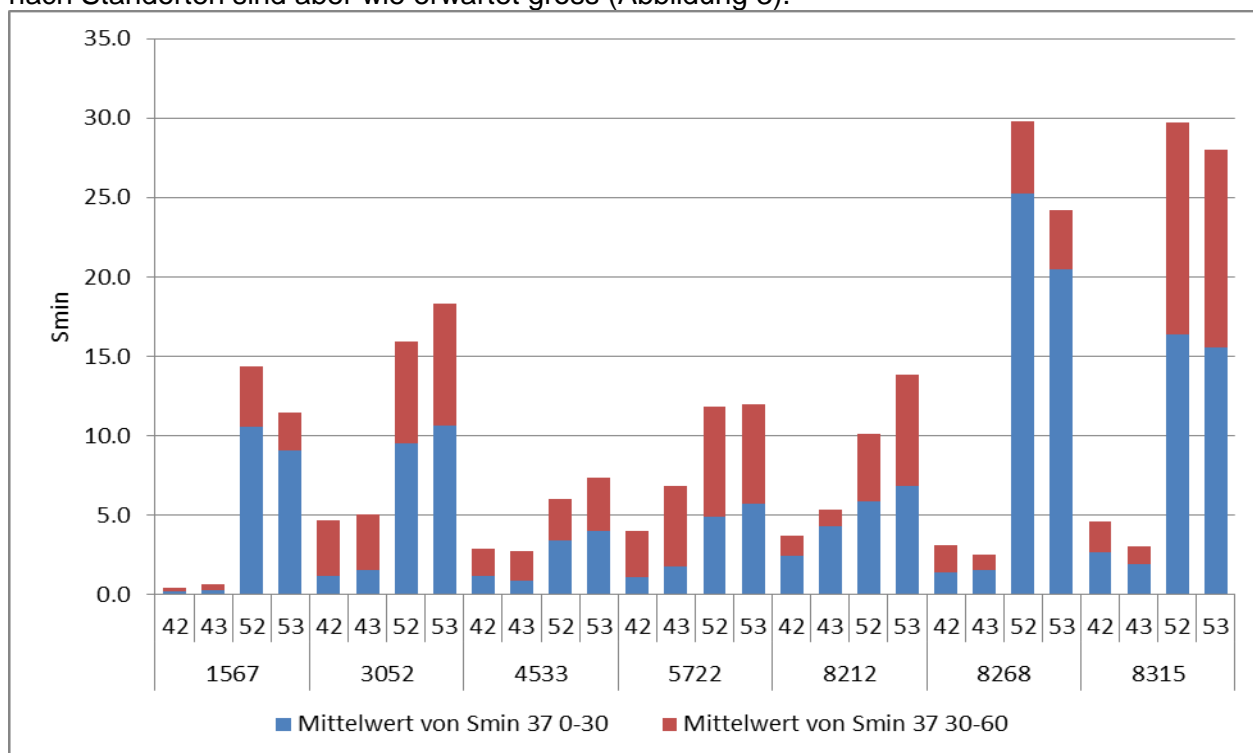


Abbildung 3: Smin im Stad. 37 nach Verfahren und Standorten

### 4.3 N-S-Verhältnis im Boden

Aus den Smin- und Nmin-Untersuchungen im Boden konnte ein N-S-Verhältnis der Nährstoffe im Boden zu Vegetationsbeginn und im Stadium 37 (Fahnenblatt spitzt) berechnet werden. Dieses zeigt bei den Standorten Delley, Zollikofen und Strickhof zu Vegetationsbeginn (vor der S-Düngung) Werte, die im aus der Literatur empfohlenen Bereich für Pflanzenanalysen (Deike, 2010) oder leicht darüber liegen (Abbildung 4).

Im Stadium 37 zeigen die gleichen Standorte hohe N-S-Verhältnisse in den ungedüngten Verfahren. In den mit S gedüngten Verfahren zeigten die Standorte Delley, Arenenberg und teilweise Strickhof und Schaffhausen tiefe Verhältnisse (Abbildung 5).

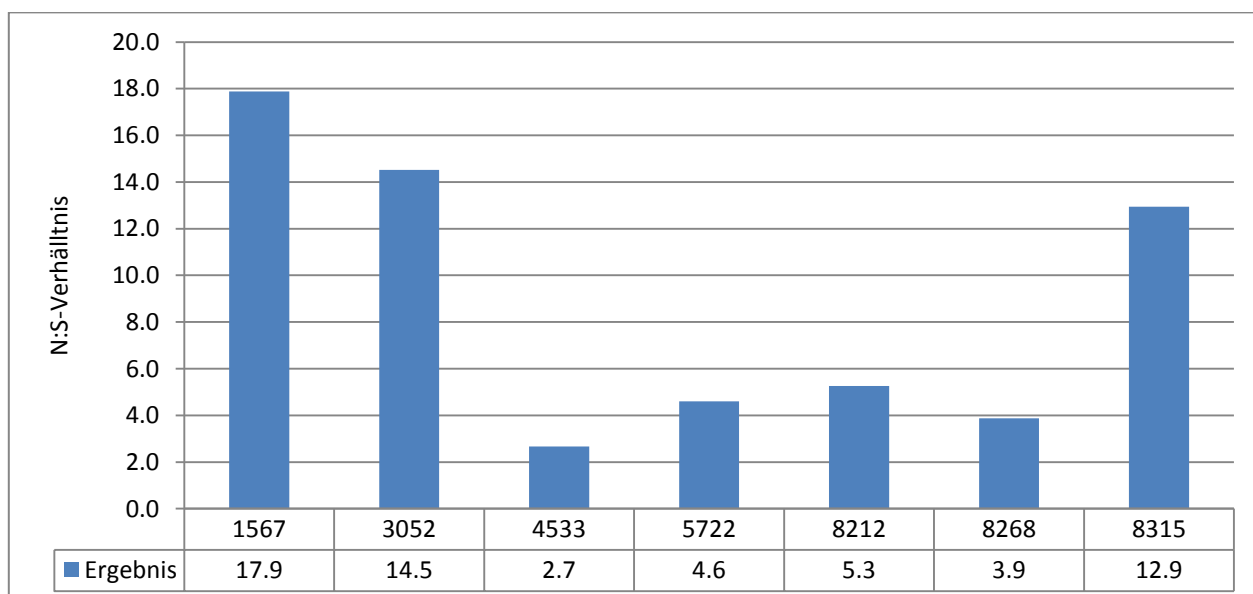


Abbildung 4: N-S-Verhältnis im Boden bei Vegetationsbeginn.



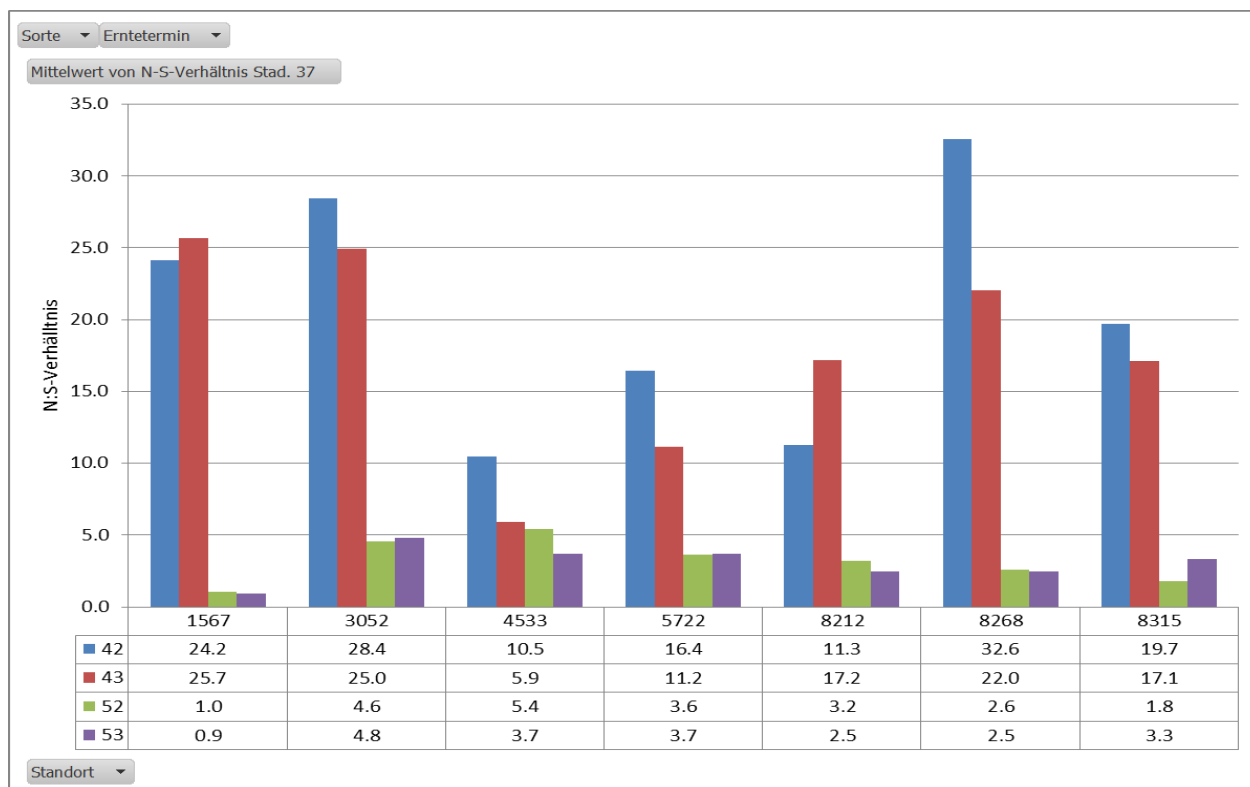


Abbildung 5: N-S-Verhältnis im Stadium 37 nach Verfahren.

#### 4.4 Erträge gesamt und nach Sorten

Über alle Standorte und alle Sorten konnten Erträge geerntet werden, die mit denjenigen aus dem swiss-granum-Sortenversuch vergleichbar waren. Insgesamt sind die Unterschiede nach Standorten und Sorten grösser als diejenigen zwischen ÖLN und Extenso und deutlich grösser als die Verfahrensunterschiede mit und ohne S.

Die Erträge im ÖLN ohne S lagen um 5,1 dt/ha höher als im Extenso ohne S, die Erträge im ÖLN mit S um 6,9 dt/ha höher als im Extenso mit S. Die Erträge im ÖLN ohne S lagen im Vergleich zu den Erträgen ÖLN mit S um 1,7 dt/ha tiefer. Beim Extenso wurden mit S 0,1 dt/ha tiefere Erträge gemessen (Abbildung 6). Es sind nur die Unterschiede zwischen ÖLN und Extenso statistisch signifikant.

Werden die Ergebnisse nach Sorten betrachtet, zeigen sich bei der Sorte Suretta die grössten Differenzen zwischen dem Verfahren ÖLN mit und ohne S. Allerdings sind auch diese Ergebnisse nicht signifikant.

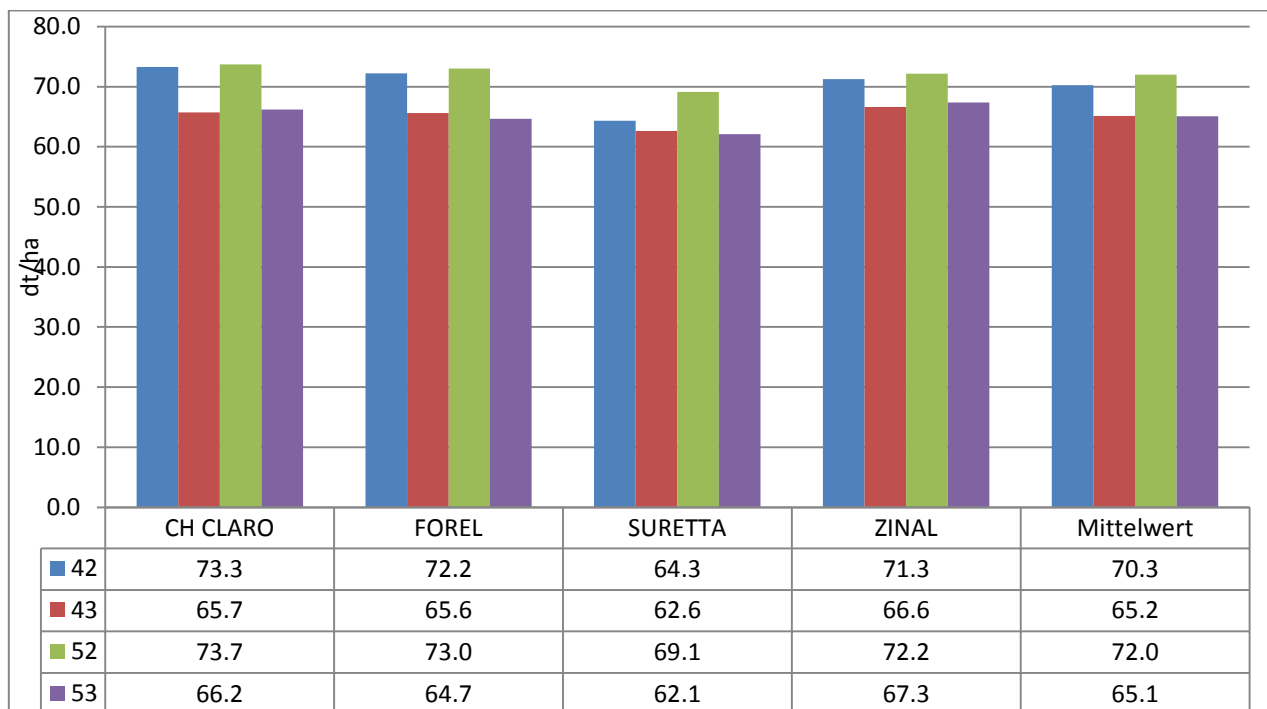


Abbildung 6: Erträge nach Sorten

### 4.5 Erträge nach Standorten

Die Unterschiede unter den Standorten sind viel grösser als diejenigen der Sorten und der Verfahren. Auch die Unterschiede der einzelnen Sorten an den Standorten waren grösser: Insgesamt an drei Standorten fielen die Erträge aus (Arenenberg und Liebegg 2011, v.a. Trockenheit, Strickhof 2012, Hagel). Von den Standorten, an denen keine Ausfälle zu verzeichnen waren, zeigten sich am Standort Wallierhof höhere Erträge ohne S (0,9 dt/ha im ÖLN, 3,9 dt/ha im Extenso). An den drei anderen Standorten (Delley, Zollikofen und Schaffhausen) wurden mit S höhere Erträge erreicht (2,4 bis 5,2 dt/ha im ÖLN, 0,6 bis 3,1 dt/ha im Extenso) (Abbildung 7).

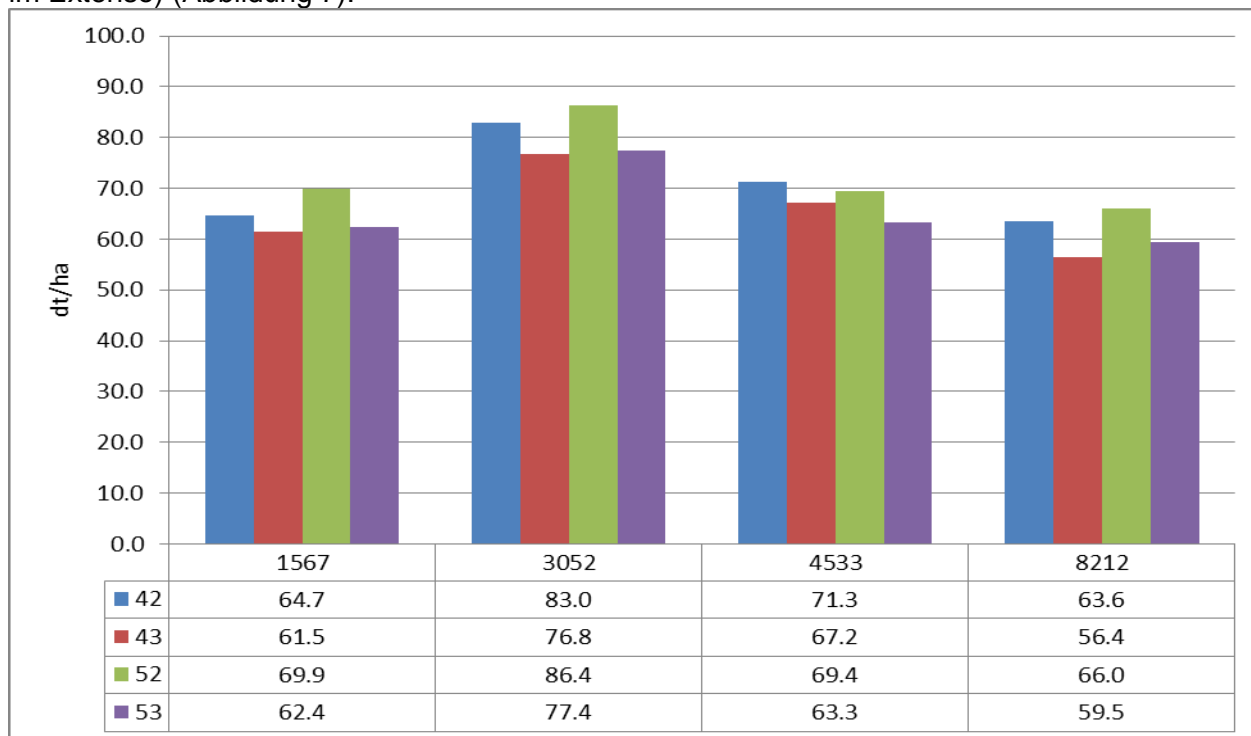


Abbildung 7: Erträge nach Standorten

#### 4.6 Proteingehalte gesamt und nach Sorten

Über alle Standorte und alle Sorten konnten Proteingehalte analysiert werden, die mit denjenigen aus dem swiss-granum-Sortenversuch vergleichbar waren. Die Gehalte im ÖLN ohne S lagen um 0,1 bis 0,4 Prozentpunkte höher als im ÖLN mit S. Beim Extenso wurden praktisch unveränderte Proteingehalte gemessen (Abbildung 8).

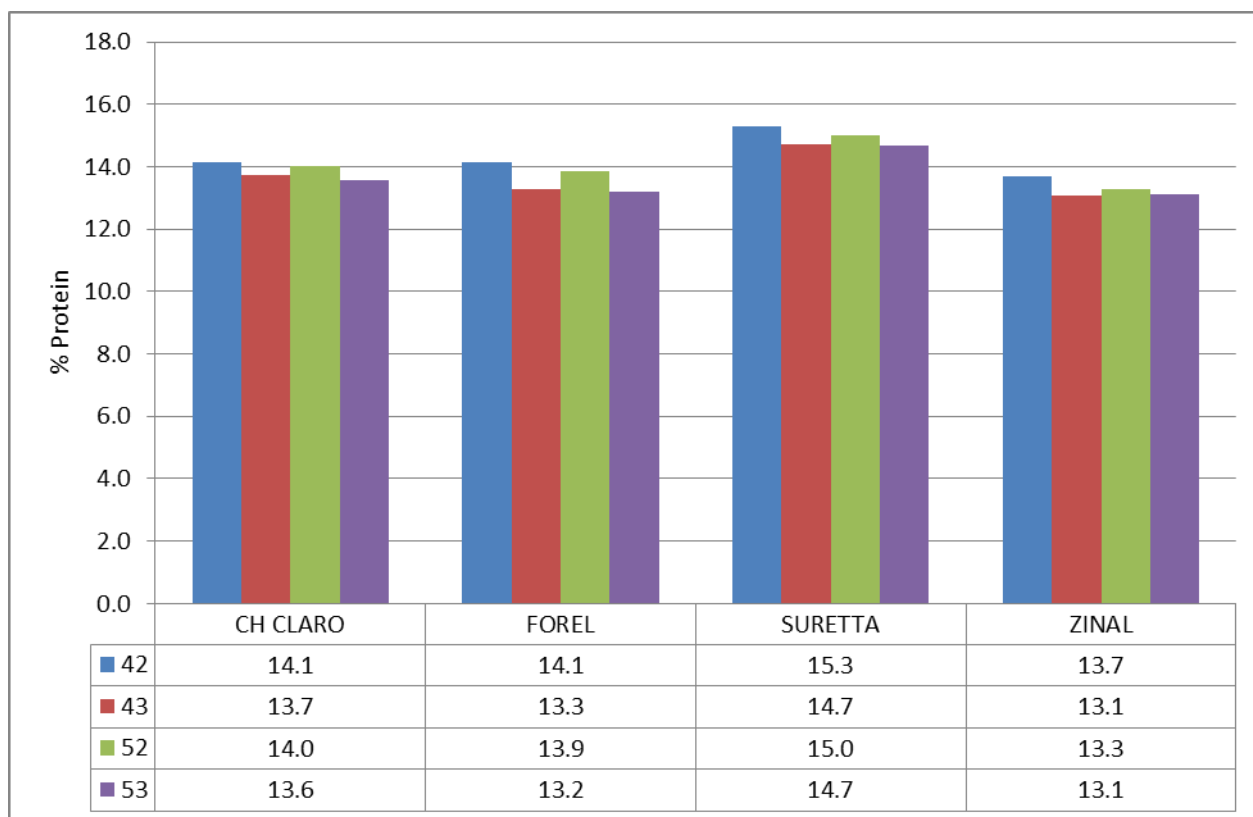


Abbildung 8: Proteingehalte nach Sorten

#### 4.7 Glutengehalte gesamt und nach Sorten

Über alle Standorte und alle Sorten konnten Glutengehalte analysiert werden, die mit denjenigen aus dem swiss-granum-Sortenversuch vergleichbar waren. Die Gehalte im ÖLN ohne S lagen um 2,4 Prozentpunkte höher als im Extenso ohne S, die Gehalte im ÖLN mit S um 1,0 Prozentpunkte höher als im Extenso mit S. Die Gehalte im ÖLN ohne S lagen im Vergleich zu denjenigen ÖLN mit S um 1,0 Prozentpunkte höher. Beim Extenso wurden mit S 0,4 Prozentpunkte höhere Gehalte gemessen (Abbildung 9). Es sind nur die Unterschiede zwischen ÖLN und Extenso ohne S bei den Sorten Claro und Suretta statistisch signifikant.

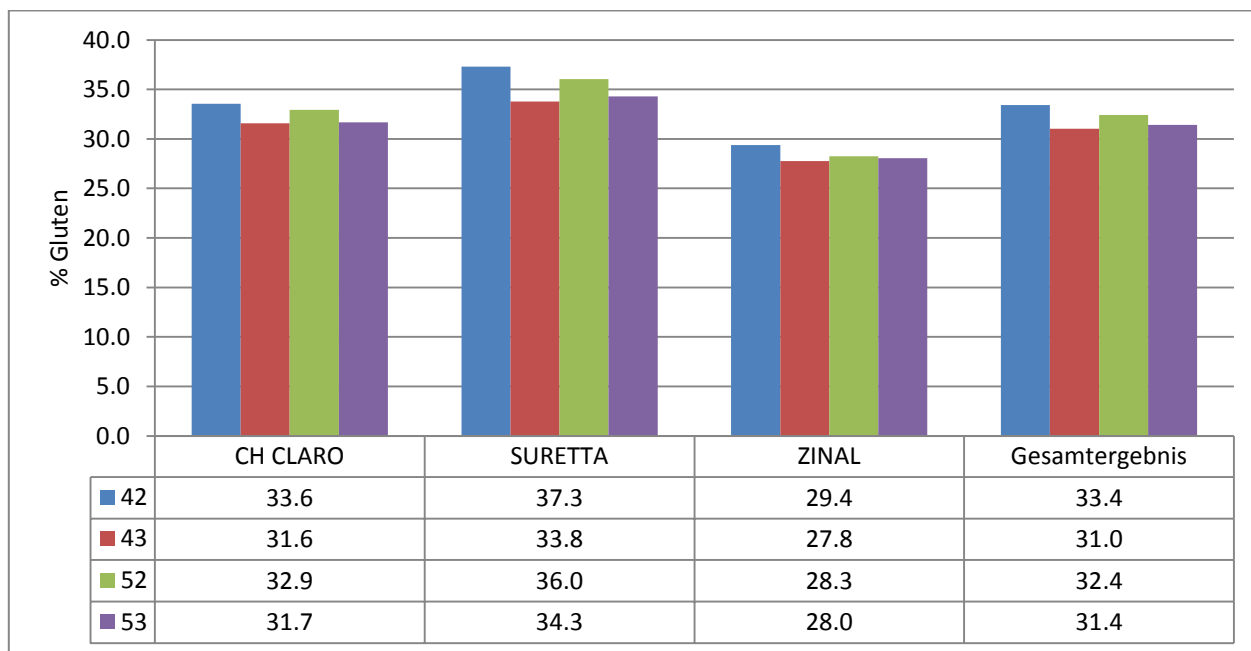


Abbildung 9: Glutengehalte nach Sorten

### 4.8 Glutengehalte nach Standorten

Berücksichtigt man die Standorte, von denen in allen drei Jahren Laboruntersuchungen gemacht wurden, so zeigt sich bei der Sorte Suretta, dass der Glutengehalt im ÖLN-Verfahren bei allen vier Standorten mit S geringer ist als ohne S. Im Extenso sieht das Bild ähnlich, wenn auch weniger deutlich aus. Einzig am Standort Liebegg wurden höhere Glutengehalte im Extenso mit S gemessen (Abbildung 10).

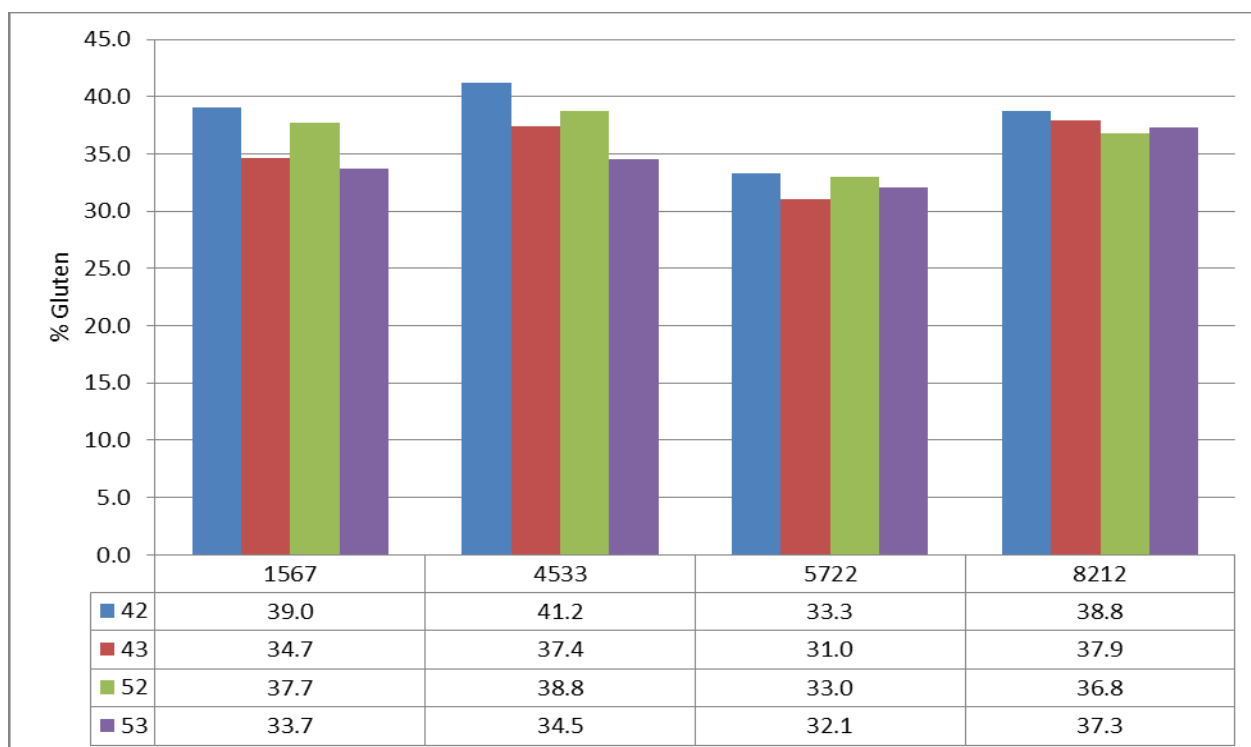


Abbildung 10: Glutengehalte der Sorte Suretta nach Standorten

Betrachtet man die Sorte Claro, so zeigt sich bei ÖLN ein ähnliches Bild mit tieferen Gehalten im Verfahren mit S, mit einem Ausreißer der Standortes Wallierhof. Im Extenso sind die

Unterschiede sehr gering (gleich oder leicht höher mit S), ebenfalls wieder mit einem Ausreisser in die andere Richtung beim Standort Wallierhof (Abbildung 11).

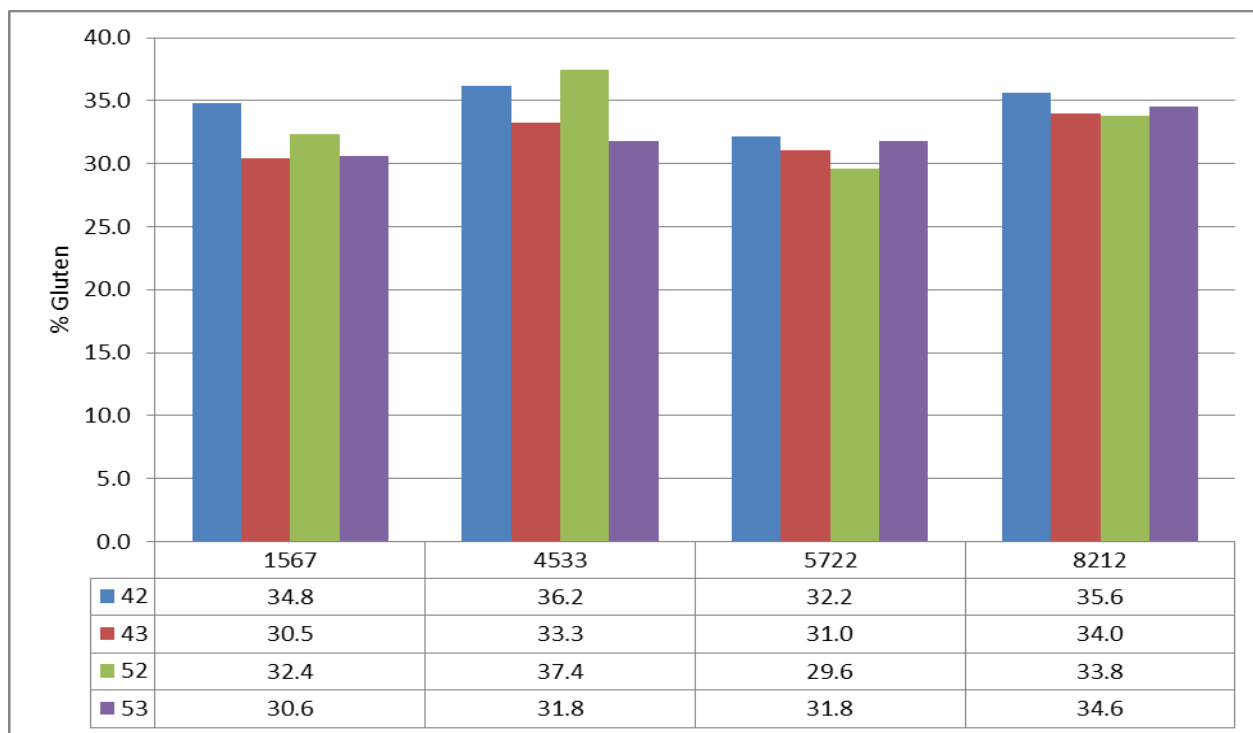


Abbildung 11: Glutengehalte der Sorte Claro nach Standorten

Betrachtet man die Sorte Zinal, so zeigt sich bei ÖLN ein gleiches Bild mit tieferen Gehalten im Verfahren mit S. Im Extenso ist eine Aussage schwierig, da die Werte des Extenso ohne S am Standort Liebegg deutlich abfallen und am Standort Schaffhausen erhöht sind (Abbildung 12).

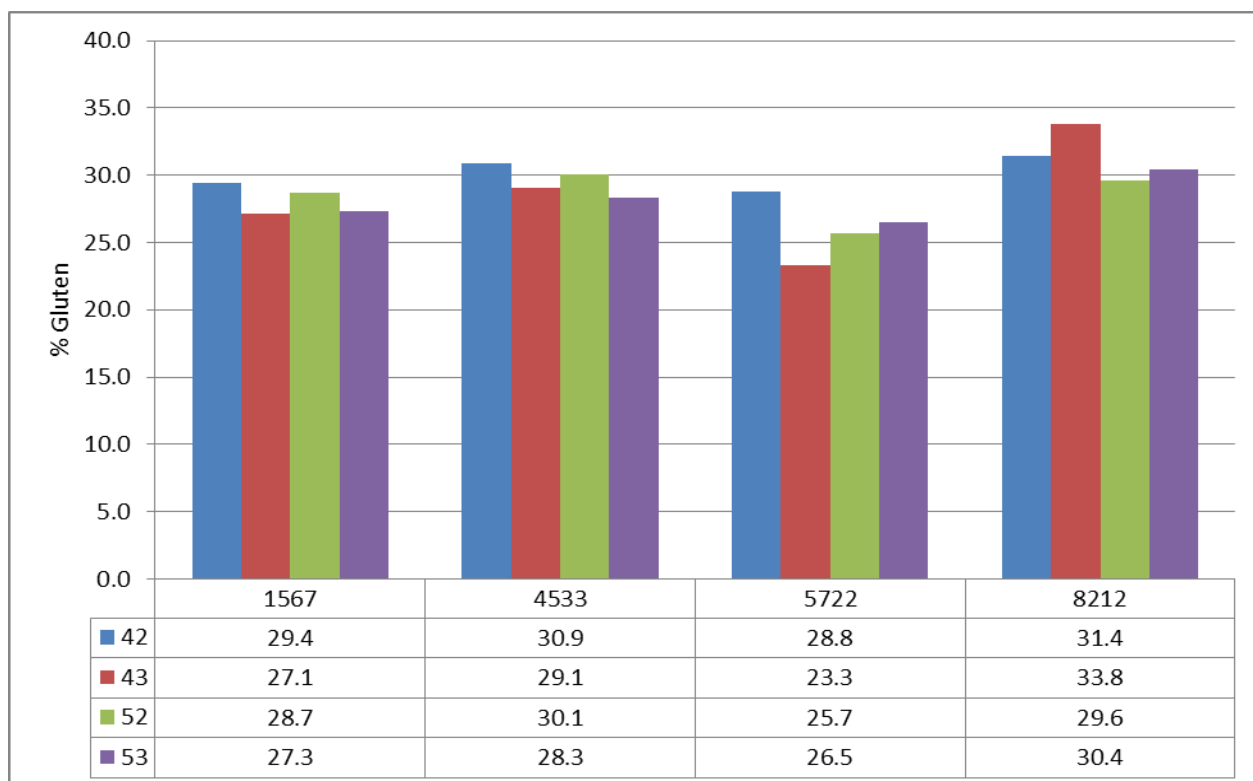


Abbildung 12: Glutengehalte der Sorte Zinal nach Standorten

## 4.9 Glutenindex nach Sorten

Der Glutenindex (nur zwei Jahre) zeigt praktisch keine Unterschiede zwischen den Verfahren, wohl aber zwischen den Sorten. Die Unterschiede entsprechen den bekannten Unterschieden aus der Sortenprüfung (Abbildung 13).



Abbildung 13: Glutenindex nach Sorten

## 4.10 Backpunkte nach Sorten

Von den Sorten Claro und Suretta wurden von ausgewählten Standorte Teige verbacken. Dabei zeigen sich kaum Verfahrensunterschiede, wohl aber Sortenunterschiede (Abbildung 14). Die Sortenunterschiede sind sortentypisch. Betrachtet man die Backpunkte nach Standorten, zeigt sich, dass sogar die Standortunterschiede gering sind.

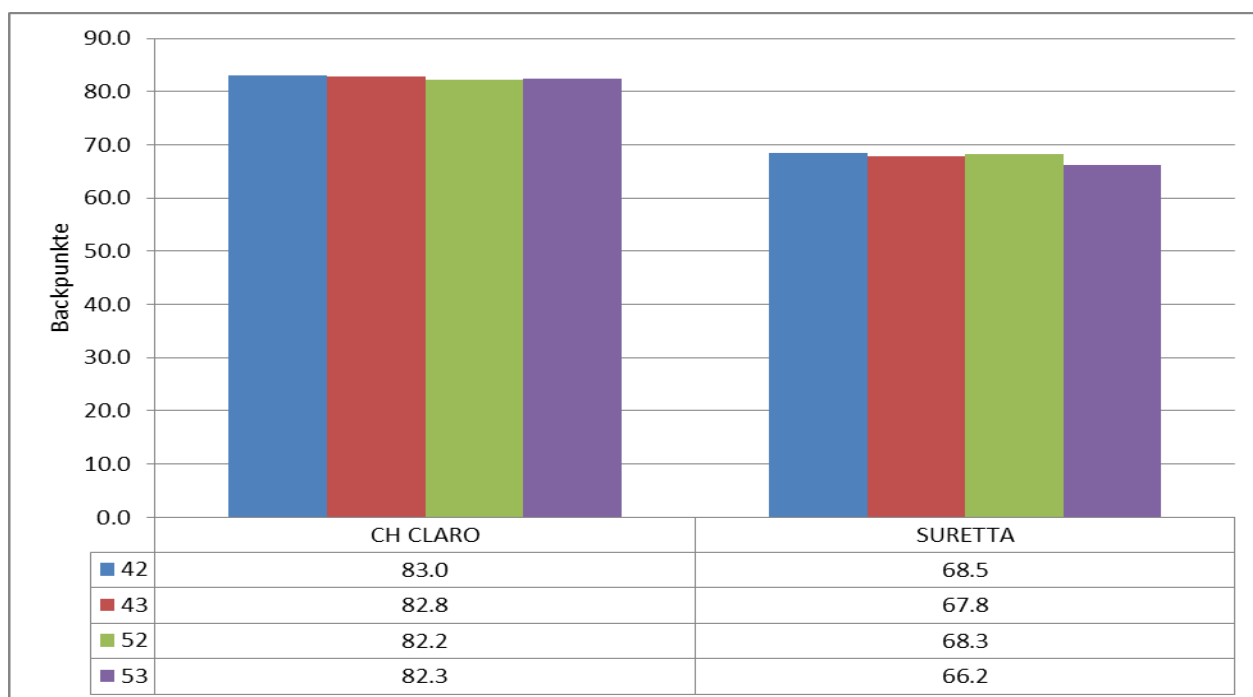


Abbildung 14: Backpunkte der Sorten

## 5 Diskussion

### 5.1 Schwefelschätzung und Smin

Die Schwefelschätzung zeigt, dass keine Mangelstandorte im Versuch vertreten waren. Gemäss Empfehlungen der GRUDAF (Agroscope, 2009) sollte auf solchen Standorten keine S-Düngung vorgesehen werden. Unter den Standorten sind solche mit Hofdüngern vertreten, sowie keine mit sehr leichten Böden.

Die Smin-Erhebungen zu Vegetationsbeginn zeigen aber zum Teil sehr tiefe S-Gehalte zu Vegetationsbeginn. Diese steigen ohne S-Düngung auch im vollen Vegetationswachstum nur wenig an. Ob der Bedarf dabei aus dem Boden gedeckt wird, kann nicht beantwortet werden. Unter den mit S gedüngten Parzellen konnten im Stadium 37 deutlich erhöhte Werte gemessen werden. Nur in Ausnahmefällen konnten dort aber auch ähnlich hohe Werte wie gedüngt gemessen werden (Standorte Arenenberg und Strickhof). Bei den mit S gedüngten Parzellen ist die Versorgung also sicher besser gewesen.

### 5.2 N-S-Verhältnis

Die Auswertungen der N-S-Verhältnisse im Boden sind nur bedingt aussagekräftig, da sich normalerweise solche Verhältnisse auf den Pflanzensaft beziehen, der in diesem Versuch nicht analysiert wurde. Sie lassen aber eine Einschätzung der Standorte zu. An den drei Standorten Delley, Zollkofen und Strickhof lagen die Werte zu Vegetationsbeginn hoch, das heisst, es lag im Verhältnis mehr N als S vor. Da Sulfat aber stark durch die Temperatur im Boden beeinflusst wird, könnte dieses Resultat auch zeigen, dass an diesen Standorten zum Zeitpunkt der Untersuchung noch wenig Schwefel zu Sulfat umgesetzt wurde.

Die Werte im Stadium 37 sind in den ungedüngten Verfahren an den gleichen Standorten sowie Arenenberg hoch. Das heisst, dass auch im Verlaufe der Vegetation an diesen Standorten weniger S mobilisiert wurde als an den anderen. An allen Standorten lagen die Verhältnisse in den gedüngten Verfahren tiefer, das heisst, dass die S-Düngung auch nach einer teilweisen Aufnahme resp. Auswaschung noch nachweisbar war. Die höchsten Verhältnisse lagen an den Standorten Zollkofen, Wallierhof und Liebegg vor. Das heisst, dass an diesen Standorten am wenigsten Schwefel im Boden vorlag. Im Verhältnis zum Stickstoff lag am Standort Delley noch am meisten Schwefel im Boden vor. Warum dieser noch da war, kann nicht beantwortet werden. Er könnte noch nicht aufgenommen oder weniger als an den anderen Standorten ausgewaschen worden sein. Allgemein lagen aber die Verhältnisse in den gedüngten Verfahren nahe beieinander und in einem Bereich, in dem sicher genügend Schwefel im Boden vorlag.

### 5.3 Erträge

Die Ernteergebnisse über alle Sorten und Standorte zeigen, dass im ÖLN-Anbau die Erträge der mit Schwefel gedüngten Parzellen minim höher ausfielen als diejenigen ohne Schwefel. Diese Differenz konnte für das erste Versuchsjahr in einer Bachelorarbeit der HAFL sogar statistisch signifikant nachgewiesen werden, im Gesamtversuch aber nicht. Im Extensoanbau konnte keine solche Tendenz gesehen werden. Es ist denkbar, dass die Effekte beim Ertrag mit dem Verhältnis Stickstoff zu Schwefel zusammenhängen könnte. Idealerweise liegt diese laut Literatur (Deike, 2010) bei rund 10:1. Wird der Pflanze mehr Stickstoff wie im ÖLN-Verfahren zugeführt, ist Schwefel eher im Mangel und es kann ein ertraglicher Effekt nachgewiesen werden. Deike zeigt aber auch, dass bezüglich Ertrag wie Qualität keine Wunder vom Schwefel erwartet werden sollten. Im Extenso wurden 30 kg N/ha weniger gedüngt, weshalb vermutet werden könnte, dass dieser Effekt weniger zum Tragen kommt. Warum dieser Effekt bei der Sorte Suretta stärker auftritt, kann nicht beantwortet werden. In die Versuchsjahre fällt auch das Jahr mit dem starken ertraglichen Einbruch der Sorte Suretta (2012-13), deren Ursache noch nicht geklärt ist. Unter Umständen ist hier eine Ursache zu finden.

Einen spannenden Zusammenhang zeigt Abbildung 15: Standorte mit erhöhten Smin-Gehalten im Stadium 37 in den mit S gedüngten Verfahren, zeigen eher höhere Erträge im ÖLN mit S im Vergleich mit ÖLN ohne S. Falls der Schwefel hier noch nicht oder nur ungenügend aufgenommen wurde, würde dies der Theorie widersprechen, dass Schwefel zu höheren Erträgen führen kann. Allerdings zeigen die N-S-Verhältnisse an den gleichen Standorten im ungedüngten Verfahren hohe Werte, was von viel N und im Verhältnis wenig S im Boden spricht.

Damit könnte gerade an diesen Standorten der Schwefel im Mangel gewesen sein und eine Wirkung erzielt haben. Dies umso mehr, als dass die gedüngte S-Menge den Bedarf von Weizen bei Weitem decken sollte.

Standorte, die zum Zeitpunkt Stadium 37 wenig S im Oberboden haben, haben nur geringe oder keine Mehrerträge des ÖLN-Verfahrens mit S im Vergleich zu demjenigen ohne S.

Alle diese Zusammenhänge sind nicht statistisch gesichert.

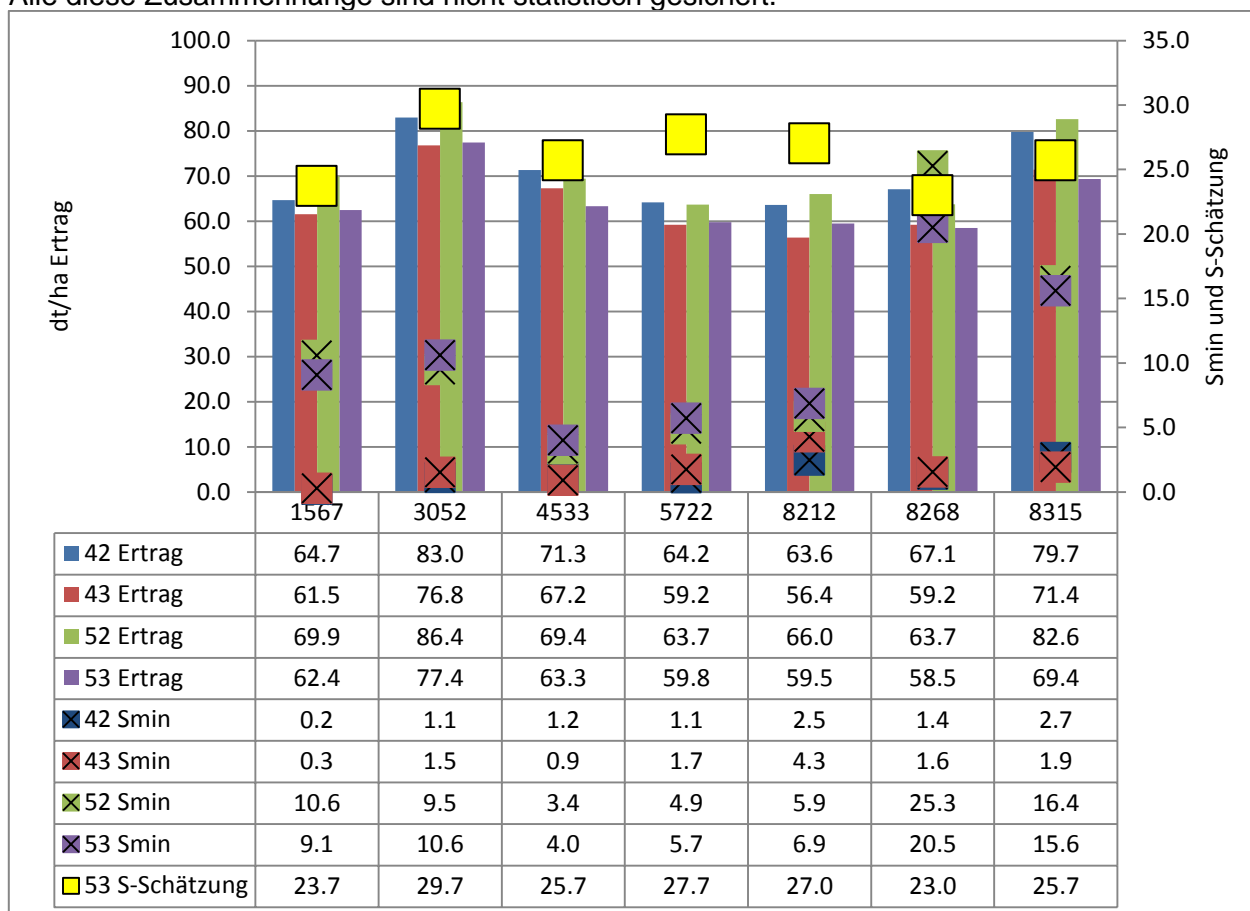


Abbildung 15: Erträge in Zusammenhang mit den Smin-Gehalten (0-30 cm) im Stad. 37 und der Schwefelschätzung.

## 5.4 Protein- und Glutengehalte

Beim Proteingehalt könnte der Verdünnungseffekt durch den Mehrertrag zum Tragen kommen: Das Protein „verdünnt“ sich so auf mehr Ertrag, was zu prozentual tieferen Gehalten führt. Diese Effekte zeigen sich auch bei Hohertragsorten im Vergleich zu Qualitätssorten mit tieferen Erträgen.

Insgesamt zeigen sich mit S minim tiefere Proteingehalte, die zwar nicht statistisch gesichert sind, aber verbreitet auftreten. Allerdings spielt bei den angesprochenen Effekten natürlich die Bodenversorgung eine Rolle. Diese Effekte widersprechen der Theorie, dass die Schwefeldüngung einen Beitrag zum Protein bringen können. Unter Umständen könnte gar die Vermutung aufkommen, dass die vermehrt durchgeführte Schwefeldüngung via die höheren Erträge zu tieferen Proteingehalten beiträgt.

Wie erwartet decken sich die Resultate der Glutenuntersuchungen recht gut mit den Proteingehalten. Es sind keine signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren mit und ohne Schwefel festzustellen. Das Verfahren ÖLN mit S ist aber im Durchschnitt bei jeder Sorte tiefer als ÖLN ohne S. Hier könnte wie beim Protein der besprochene Verdünnungseffekt zum Tragen kommen. Im Extenso spielt dieser Effekt nicht oder nur viel geringer. Diese Tendenz spielt bei der Sorte Suretta am stärksten, obwohl diese eigentlich das höchste genetische Potenzial für Protein resp. Gluten hätte.

Vergleicht man nur die Verfahren mit S miteinander, so sind im ÖLN mit S die Glutengehalte höher als im Extenso mit S. Diese Unterschiede konnten im Gegensatz zu den Unterschieden



ohne S nicht statistisch belegt werden. Es zeigt sich ein klar stärkerer Einfluss des Stickstoffs (im ÖLN 30 kg mehr als im Extenso) als des Schwefels.

Beim Glutenindex haben die Sorten den klar grössten Einfluss. Zwischen den Verfahren zeigt sich in der Tendenz leicht tiefere Indizes beim ÖLN als beim Extenso, was auf die höhere N-Menge zurückzuführen sein dürfte.

## 6 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die eingangs erwähnte Fragestellung aus Sicht dieses Versuchs verneint werden muss. Bei hohem Stickstoffeinsatz kann aber die S-Düngung eine ertragliche Wirkung haben. Dies gilt insbesondere auf Standorten, auf denen wenig S aus dem Boden nachgeliefert wird. Die Mehrerträge im intensiven Verfahren „verdünnen“ das Protein, so dass prozentual kein Effekt festgestellt werden kann.

Dass die Schwefeldüngung unter Umständen eine ertragliche Wirkung erzielen kann, ist beim heutigen Bezahlungssystem im Sinne der Produzenten. Die Proteinbezahlung, die auf die Ernte 2015 ab Sammelstelle für die Klasse Top eingeführt wird, kann diese Feststellung kaum beeinflussen. Zur Verbesserung des Proteingehalts im Weizen müssen andere Lösungen gesucht werden als die Schwefeldüngung. Unter anderem spielt hier die Erhaltung gesunder, ertragreicher Böden mit genügend organischer Substanz eine wichtige Rolle. Hofdünger erfüllen hier eine wichtige Aufgabe für den Boden, ebenso wie die Fruchtfolge. Der Wahl des Standorts fällt zudem eine bedeutende Rolle zu, sofern dieser durch den Landwirten überhaupt wählbar ist. Parzellen mit guten Bodenvoraussetzungen werden in erster Linie für wirtschaftlich interessante Kulturen genutzt. Im Vergleich zu diversen Kulturen steht der Brotweizenanbau hier schlechter da.

Im vorliegenden Versuch wurden der Schwefel zu Beginn Schossen eingesetzt. Es ist denkbar, dass bei einem späteren Einsatz des Nährstoffs eher eine Wirkung auf das Protein (ähnlich dem Stickstoff) erreicht werden kann. Hierzu ergäbe sich weiterer Forschungsbedarf.

## 7 Verdankung

An dieser Stelle sei den nachstehenden Institutionen herzlich gedankt, die den Versuch finanziell und / oder materiell unterstützt haben: Delley Samen und Pflanzen AG, Delley (DSP), Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen (HAFL), swiss granum, Mühle Meyerhans-Hotz, Fachschule Richemont, Agroscope (ART und ACW), Landor, Schweizerischer Getreideproduzentenverband, Bern (SGPV), fenaco Getreide, Ölsaaten, Futtermittel (GOF) und IP-Suisse durchgeführt.

Den Standorten mit den Versuchsbetrieben und deren Versuchsverantwortlichen sei herzlich gedankt für die Feld- und Bonitur- und Auswertungsarbeiten: DSP, Inforama Zollikofen BE, Wallierhof Riedholz SO, Liebegg Gränichen AG, Charlottenfels SH, Arenenberg Salenstein TG, Strickhof Lindau ZH.

*Kaspar Grünig, Inforama / Forum Ackerbau*

## Literaturverzeichnis

- Agroscope. (2009). Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF 2009). S. 47.
- Deike, S. (9 2010). Schwefel - Zeichen des Mangels. *DLG-Mitteilungen*.
- Pellet, D., Mercier, E., & Vuilloud, P. (kein Datum). Schwefel- und Stickstoffdüngung im Winterweizenanbau.
- Schnug, E., Bloem, E., & Haneklaus, S. (1 2000). Schwefelmangel in Getreide. *Getreide*, S. 60-61.