

## Wirkungen hoher Schwefelgaben auf Mineralstoffgehalte, Proteinfraktionen und Kleberqualität von Weizen aus biologisch-dynamischem Anbau

I. Hagel<sup>1</sup>, H. Wieser<sup>2</sup> und E. Schnug<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut für biologisch-dynamische Forschung, Brandschneise 5, D-64295 Darmstadt

<sup>2</sup>Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching

<sup>3</sup>Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

### Abstract

Biodynamically grown wheat (cultivar Bussard) was fertilized with quantities of 0, 50, 100, 200 und 400 kg/ha sulfur as potassium-magnesium-sulfate. Yields, N-, S-, K and Mg-contents of the whole grain differed not significantly. In contrast only 50 kg S/ha increased the S-content of the straw. Quantities from 200 and 400 kg S/ha decreased the HMW-glutenin content (whole grain) and the viscosity of the gluten, although RP-HPLC analysis found no differences in protein fractions of the endosperm flour.

### Einleitung

Große Teile des Schwefelbedarfs der Landwirtschaft wurden bis zu Beginn der 80er Jahre über SO<sub>2</sub>-Emissionen gedeckt. Durch die Installierung von Rauchgasentschwefelungsanlagen erfolgte eine drastische Reduzierung der Schwefeleinträge in landwirtschaftliche Ökosysteme (SCHNUG und HANEKLAUS 1994). Um Ertragsausfälle beim S-zehrenden Raps zu vermeiden, wird für die Anbaugebiete in Norddeutschland eine S-Düngung von mindestens 50 kg/ha empfohlen (Schnug 1991). Auch beim weniger bedürftigen Weizen wurden durch S-Mangel Ertragsverluste bis zu 30 % beobachtet (BLOEM et al. 1995). Neben ertraglichen Defiziten kommen beim Weizen vor allem qualitative Beeinflussungen durch S-Mangel in Betracht: Bei weiteren N:S-Verhältnissen des Mehls als 17:1 kann infolge zäherer Teige das Backvolumen sinken (BLOEM et al. 1995, BYERS et al. 1987, HANEKLAUS et al. 1992, WRIGLEY et al. 1984 b). Diese Veränderungen des Weizen könnten mit einer intensivierten Synthese hochmolekularer Proteine (HMW-Glutelin) zusammenhängen (WRIGLEY et al. 1984a, CASTLE und RANDALL 1987). HMW-Gluteline sind, ähnlich wie die  $\omega$ -Gliadine, infolge geringer Gehalte an Cystein und Methionin - im Vergleich zu den LMW-Glutelenen - schwefelarm (WIESER et al. 1991) und rheologisch besonders effizient (SCHROPP und WIESER 1994).

Durch eine S-Düngung wird unter S-Mangel-Verhältnissen ein zu stark ausgeprägter Dehnwiderstand der Teige verringert (MOSS et al. 1981) und das Backergebnis verbessert (SCHNUG et al. 1993, KNITTEL et al. 1998). In der vorgestellten Arbeit sollte geprüft werden, ob hohe S-Gaben den Dehnwiderstand des Klebers weiter verringern und welche Auswirkungen diese auf die Proteinfaktionen ausüben. Gleichzeitig sollte ein Beitrag zur S-Ernährung von Weizen unter biologisch-dynamischen Anbauverhältnissen geleistet werden.

## **Material und Methoden**

Auf einem Winterweizenschlag (Sorte Bussard) eines biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betriebes (Dottenfelderhof, Bad Vilbel) wurde 1998 zu Vegetationsbeginn ein Schwefeldüngungsversuch (0, 50, 100, 200, 400 kg S/ha als Kalimagnesia) angelegt (vier Wiederholungen, Parzellengröße 36 m<sup>2</sup>). Die Bestimmung der Mineralstoffgehalte von Korn und Stroh erfolgte röntgenfluoreszenzanalytisch (SCHNUG und HANEKLAUS 1992), die N-Bestimmung erfolgte nach Kjeldahl. Die Proteinfaktionen im Ganzkorn (Gliadin, Gesamt-Glutenin, HMW-Glutenin) wurde mit einer von WIESER (1996) entwickelten Extraktions- und Quantifizierungsmethode (Trübungsmessung nach Fällung) durchgeführt. Die Bestimmung des maximalen Dehnwiderstands des Feuchtklebers erfolgte nach KIEFFER (1981) mit einem SMS-Texture Analyzer. Die RP-HPLC-Analysen an Mischproben der Wiederholungen der fünf Düngungsvarianten wurden nach Wieser et al. (1998) durchgeführt.

Zur statistischen Verrechnung (F-Test, einfacher und multipler t-Test) wurden die Gehalte der Proteinfaktionen mit Hilfe der Regressionsgleichungen für gleiche N-Gehalte von 2,0 % berechnet.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Der Körnertrag lag mit Werten zwischen 47,7 und 49,9 dt/ha auf einem für Verhältnisse des ökologischen Landbaus befriedigenden Niveau (Tab. 1). Zwar entsprach die Ertragsdifferenz durch die Düngung in Höhe von 1,4-2,2 dt/ha in etwa denjenigen Ertragswirkungen von durchschnittlich 2 dt/ha, die KNITTEL et al. (1998) für S-Düngungsversuche im konventionellen Landbau fanden, jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant. Da die gewählte S-Düngerform (Kalimagnesia) auch K und Mg enthält, kann davon ausgegangen werden, daß auch diese Elemente keine Ertragswirksamkeit besaßen. Die N-Gehalte unterschieden sich kaum. Extreme S-Gaben von 100 - 400 kg/ha erhöhten den S-Gehalt des ganzen Kernes zwar tendenziell, aber nicht signifikant von 0,140 % (Kontrolle) auf 0,147-0,148 % S. Damit unterschieden sich auch die N:S-Verhältnisse mit Mittelwerten zwischen 13,3 (200 kg S/ha) und 14,0 (Kontrolle und 400 kg S/ha) nicht. Weder der K- noch der Mg-Gehalt des Korns wurde durch die Kalimagnesiagaben beeinflußt. Während selbst extreme S-Gaben von 400

kg S/ha den S-Gehalt des ganzen Korns nicht beeinflussten, genügte eine Gabe von 50 kg S/ha, um den S-Gehalt des Strohs von 0,087 % (Kontrolle) auf 0,131 % signifikant (um relativ 50,6 %) anzuheben (Tab. 2). Weitere Steigerungen der S-Gaben auf 200 und 400 kg S/ha steigerten die Gehalte noch einmal signifikant auf 0,150 bzw. 0,151 %. Schon eine S-Düngung von 50 kg/ha steigerte den S-Entzug von Korn + Stroh signifikant von 12,8 auf 17,2 kg/ha (Tab. 2). Dennoch wird aus diesen Zahlen deutlich, daß 1. die S-Aufnahme von Weizen angesichts der gedüngten S-Mengen marginal und ausgesprochen limitiert ist und 2. das Problem niedriger Korn-S-Gehalte von der Translokationsintensität mit bedingt ist. Die von HAGEL und SCHNUG (1997) und HAGEL et al. (1998) beobachtete Aufspaltung der Grundgesamtheit von Weizenproben aus der biologisch-dynamischen Praxis in weitere und engere N:S-Verhältnisse könnte somit nicht nur auf variierende S-Versorgung der Standorte hindeuten, sondern auch auf unterschiedliche S-Translokation (möglicherweise durch vorzeitiges Beenden der Translokation infolge N-Mangel). Die übrigen Mineralstoffgehalte des Strohs (P, Mg) wurden mit Ausnahme von K durch die Düngung nicht beeinflußt (Tab. 2).

Tab. 1: Körnerträge (dt/ha, 86 % TM), Mineralstoffgehalte (% TM) und N:S-Verhältnisse sowie Gehalte von Gliadin (GLI), Gesamt-Glutenin (GLUT) und HMW-Glutenin (HMW) von Weizen eines Schwefeldüngungsversuchs. Proteinfraktionen als Absorptionseinheiten, berechnet für gleiche N-Gehalte der Proben von 2,0 %. Die F-Teste für den multiplen t-Test waren nicht signifikant, die Signifikanzbuchstaben für HMW-Glutenin beziehen sich auf paarweisen Mittelwertsvergleich,  $\alpha=5\%$

kg S/ha	dt/ha	Ganzkorn							
		% N	% S	N:S	% K	% Mg	GLI	GLUT	HMW
0	47,7	1,96	0,140	14,0	0,38	0,083	1129	0,559	0,393 a
50	49,5	1,94	0,141	13,8	0,39	0,084	1120	0,559	0,386 ab
100	49,5	2,04	0,147	13,9	0,39	0,084	1120	0,553	0,373 ab
200	49,1	1,97	0,148	13,3	0,38	0,085	1136	0,537	0,361 b
400	49,9	2,07	0,148	14,0	0,38	0,089	1145	0,541	0,363 b

Tab. 2: Mineralstoffgehalte (% TM) von Stroh sowie S-Entzug (kg/ha) von Korn und Stroh (Ko+St), multipler t-Test,  $\alpha=5\%$

kg S/ha	Stroh				Ko+St
	% S	% P	% K	% Mg	S-Entzug
0	0,087 a	0,116	0,89 a	0,094	12,9 a
50	0,131 b	0,107	0,99 ab	0,091	17,2 b
100	0,135 bc	0,104	1,01 b	0,092	17,7 b
200	0,150 c	0,119	1,13 c	0,094	19,0 b
400	0,151 c	0,106	1,15 c	0,089	19,1 b

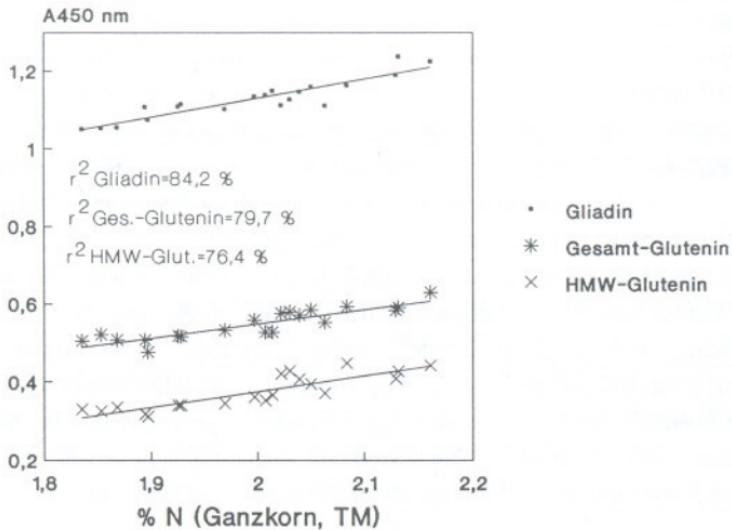


Abb. 1: Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn) eines Schwefeldüngungsversuchs. (0-400 kg S/ha), A 450 nm= Absorptionseinheiten

Die Proteinfraktionen Gliadin, Gesamt- und HMW-Glutenin wiesen starke Beziehungen zum N-Gehalt auf (Abb. 1). Der F-Test des multiplen t-Testes für die auf einen einheitlichen N-Gehalt des Korns von 2,0 % berechneten Fraktionen fiel negativ aus (Tab. 1). Der paarweise Mittelwertsvergleich für HMW-Glutenin ergab allerdings, daß das Korn der Düngungsstufen 200 und 400 kg S/ha mit Absorptionseinheiten von 0,361 und 0,363 signifikant niedrigere Werte als die Kontrolle mit 0,393 Absorptionseinheiten aufwiesen. Damit wird im Prinzip die von WRIGLEY et al. (1984 a) sowie CASTLE und RANDALL (1987) beobachteten Veränderungen der HMW-Gluteninsynthese dahingehend bestätigt, daß nicht nur S-Mangel höhere Gehalte dieses Proteins induzieren kann, sondern auch hohe S-Gaben senkend wirken.

Mit steigender S-Düngung ergaben sich von 0,54 (Kontrolle) auf 0,37 N (400 kg S/ha) sinkende Dehnwiderstände des Klebers. Abb. 2 zeigt exemplarisch die Extensogramme der S-Düngungsstufen 0 und 400 kg/ha. Es erscheint bedeutsam, daß sie sich - analog zu den HMW-Glutenin-Gehalten des Ganzkorns - erst ab einer S-Gabe von 200 kg/ha signifikant von der Kontrolle unterschieden (Tab. 3). Allerdings unterschieden sich gemäß RP-HPLC-Analyse an Mischproben der Endospermehle der Düngungsvarianten die Anteile an backtechnologisch wirksamem HMW-Glutenin nicht (Tab. 3). Auch die Anteile der anderen Glutenin- bzw. Gliadintypen, insbesondere die gewöhnlich Indikatorfunktion für S-Mangel besitzenden  $\omega$ -Gliadine, wurden durch die S-

Zufuhr nicht verändert (Tab. 3). In einer zukünftigen Arbeit soll deshalb geprüft werden, ob eventuell auch unterschiedliche Gehalte an freien Thiolverbindungen (Cystein, Glutathion) Ursache für die mit steigender S-Düngung sinkenden Dehnwiderstände sein könnten.

Tab. 3: N- und S-Gehalte, N:S-Verhältnisse von Endospermmehl und maximaler Dehnwiderstand (DW) von Kleber von Weizenproben eines Schwefeldüngungsversuchs. Multipler t-Test,  $\alpha = 5\%$ . RP-HPLC-Analysen von Mischproben (Endospermmehl) der Düngungsvarianten: Anteile (%) am Gesamtgliadin und -glutenin

kg S/ha	Endospermmehl											
	% N	% S	N:S	DW	Gliadin					Glutenin		
					$\omega_5$	$\omega_{1,2}$	$\Sigma \omega$	$\alpha$	$\gamma$	$\omega_b$	HMW	LMW
0	1,80	0,103	17,5	0,54 a	3,9	4,5	8,4	49,4	42,2	3,7	21,9	74,4
50	1,77	0,103	17,2	0,52 ab	3,6	4,2	7,8	47,9	44,3	3,7	20,6	75,7
100	1,86	0,107	17,4	0,44 ab	3,7	4,4	8,1	47,8	44,1	3,8	21,6	74,6
200	1,83	0,100	18,3	0,44 bc	3,6	4,2	7,8	48,0	44,2	3,4	21,4	75,2
400	1,95	0,105	18,6	0,37 c	3,6	4,3	7,9	49,0	43,1	3,6	22,7	73,7

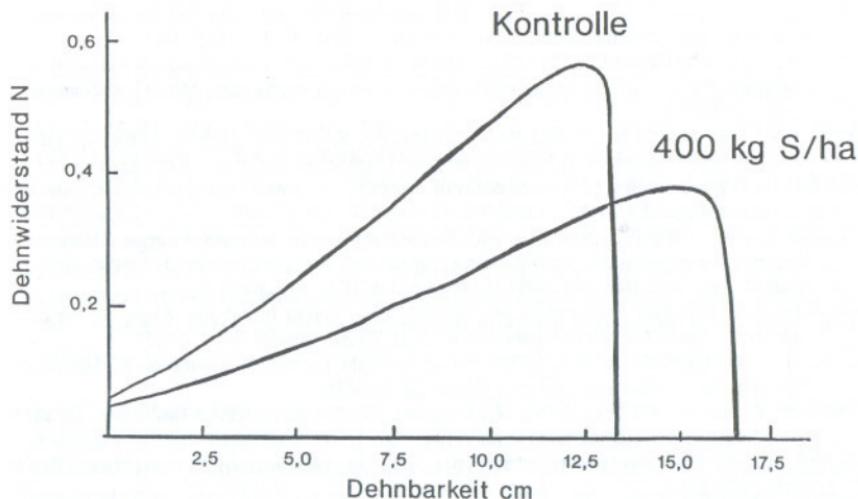


Abb. 2: Zugverhalten von Weizenklebern der Varianten 0 und 400 kg S/ha eines S-Düngungsversuchs

### Zusammenfassung

Weizen (Sorte Bussard) erhielt unter biologisch-dynamischen Anbauverhältnissen S-Gaben von 0, 50, 100, 200 und 400 kg/ha als Kalimagnesia. Erträge, N-, S-, K- und

Mg-Gehalte des Korns unterschieden sich nicht. Dagegen wurden die S-Gehalte des Strohs schon ab einer Gabe von 50 kg S/ha signifikant erhöht. Ab Mengen von 200 kg S/ha ergaben sich signifikant niedrigere Gehalte HMW-Glutenin sowie Dehnwiderstand des Klebers. Dagegen waren in der RP-HPLC-Analyse des Endospermmehls keine Unterschiede erkennbar.

## Literatur

- BLOEM, E., H. M. PAULSEN und E. SCHNUG (1995): Schwefelmangel nun auch in Getreide. DLG-Mitteilungen, Nr. 8, 18-19.
- BYERS, M., J. Franklin und S.J. SMITH (1987): The nitrogen and sulphur nutrition of wheat and its effect on the composition and baking quality of the grain. Aspects of Applied Biology, 15, Cereal Quality, 337-344.
- CASTLE, S.L. und P.J. RANDALL (1987): Effects of sulfur deficiency on the synthesis and accumulation of proteins in the developing wheat seed. Aust. J. Plant Physiol., 14, 503-516.
- HAGEL, I. und E. SCHNUG (1997): Schwefelgehalte in biologisch-dynamischem Weizen. Getreide, Mehl und Brot, 51, 201-202.
- HAGEL, I.; R. KIEFFER und E. SCHNUG (1998): Schwefelgehalte und Qualitätseigenschaften von Weizen aus biologisch-dynamischem und konventionellem Anbau. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., XXXIII. Vortragstagung, 23./24. März 1998, Dresden, 223-228.
- HANEKLAUS, S., E. EVANS und E. SCHNUG (1992): Baking quality and sulphur content of wheat. I. Influence of grain sulphur and protein concentrations on loaf volume. Sulphur in Agric. 16, 31-34.
- KIEFFER, R., GARNREITER, F., BELITZ, H.-D. (1981): Beurteilung von Teigeigenschaften durch Zugversuche im Mikromaßstab. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 172, 193-194.
- KNITTEL, H., G. PASDA und W. ZERULLA (1998): Einfluß der Schwefeldüngung mit Ammoniumsulfatpulver (ASS) auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 11, 99-100.
- MOSS, H.J., C.W. WRIGLEY, F. MacRITCHIE und P.J. RANDALL (1981): Sulfur and nitrogen fertilizer effects on wheat. II Influence on grain Quality. Aust. J. Agric. Res., 32, 213-226.
- SCHNUG, E. (1991): Sulphur nutritional status of european crops and consequences for agriculture. Sulphur in Agric. 15, 7-12.
- SCHNUG, E. und S. HANEKLAUS (1994 b): Sulphur Deficiency in brassica napus. Biochemistry-Symptomatology-Morphogenesis- Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode (FAL), Sonderheft 144.
- SCHNUG, E., S. HANEKLAUS und D. MURPHY (1993): Impact of sulphur supply on the baking quality of wheat. Aspects of Applied Biology 36, Cereal Quality III, 337-345.
- SCHNUG; E. und HANEKLAUS, S. (1992): Sulfur and light element determination in plant material by x-ray fluorescence spectroscopy. Phyton 32, 123-126.
- SCHROPP, P. und H. WIESER (1994): Wirkung von HMW-Untereinheiten des Glutenins auf die rheologischen Eigenschaften von Weizenkleber. DFA Bericht 1994, 136-146.
- WIESER, H. (1996): A turbidimetric determination of gluten protein types in wheat flour. DFA Bericht , 122-132.
- WIESER, H., W. SEILMEIER und H.-D. BELITZ (1991): Klassifizierung der Proteinkomponenten des Weizenklebers. Getreide, Mehl und Brot, 45, 35-38.
- WIESER, H., S. ANTES und W. SEILMEIER (1998): Quantitative determination of gluten protein types in wheat flour by reversed-phase high-performance liquid chromatography. Cereal Chem., 75, 664-650.
- WRIGLEY, C. W., D. L. DU CROS, J. G. FULLINGTON und D. D. KASARDA (1984a): Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulfur deficiency in wheat. J. Cereal Sci. 2, 15-24.
- WRIGLEY, D. L. DU CROS, H. J. MOSS, P. J. RANDALL, J. G. FULLINGTON und D. D. KASARDA (1984b): Effect of sulphur deficiency on wheat quality. Sulphur in Agric. 8, 2-7.