

Literatur

1. Shewry PR, Tatham AS, Forde J, Kreis M, Mifflin BJ (1986) J Cereal Sci 4:97
2. Wieser H, Seilmeier W, Belitz H-D (1991) Getreide Mehl Brot 2:35
3. Kasarda DD, Autran J-C, Lew EJ-L, Nimmo CC, Shewry PR (1983) Biochim Biophys Acta 747:138
- ✓ 4. Wieser H, Seilmeier W, Belitz H-D (1994) J Cereal Sci 19:149
5. Krause I, Müller U, Belitz H-D (1988) Z Lebensm Unters Forsch 186:398
6. Wieser H, Antes S, Seilmeier W (1998) Cereal Chem 75:644
7. Wieser H, Mödl A, Seilmeier W, Belitz H-D (1987) Z Lebensm Unters Forsch 185:317
8. Camafeita E, Alfonso P, Acevedo B, Mendez E (1997) J Mass Spectrom 32:444
9. Wieser H (1996) Bericht der DFA, S. 172

3.1.2.4 WIRKUNGEN EXTREMER SCHWEFELDÜNGUNG AUF MINERALSTOFFGEHALTE, PROTEINZUSAMMENSETZUNG UND KLEBEREIGENSCHAFTEN VON WEIZEN AUS BIOLOGISCH-DYNAMISCHEM ANBAU

(I. Hagel^a, E. Schnug^b und H. Wieser)

EINLEITUNG

Große Teile des Schwefelbedarfs im Ackerbau wurden bis zu Beginn der 80er Jahre über SO₂-Emissionen der Kohlekraftwerke gedeckt. Durch die Installierung von Rauchgasentschwefelungsanlagen erfolgte eine drastische Reduzierung der Schwefeleinträge in landwirtschaftliche Ökosysteme [1]. Um z.B. Ertragsausfälle beim S-zehrenden Raps zu vermeiden, wurde für die Anbauggebiete in Norddeutschland eine S-Düngung von mindestens 50 kg/ha empfohlen [2]. Auch beim wenig S-bedürftigen Weizen wurden durch S-Mangel Ertragsverluste bis zu 30 % beobachtet [3]. Neben ertraglichen Defiziten kommt beim Weizen eine qualitative Beeinträchtigung hinzu; so kann bei höheren N:S-Verhältnissen im Mehl als 17:1 infolge zäherer Teige das Backvolumen sinken [3-6]. Diese Veränderungen

^a Institut für biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt.

^b Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.

könnten mit einer intensiveren Synthese hochmolekularer (HMW-) Untereinheiten von Glutenin, die für die Festigkeit von Teig und Kleber von besonderer Bedeutung sind [7], zusammenhängen [8,9]. Die HMW-Untereinheiten sind nämlich, ähnlich wie ω -Gliadine, infolge geringer Gehalte an Cys und Met im Vergleich zu LMW-Untereinheiten, α - und γ -Gliadinen schwefelarm und daher von der S-Düngung weniger abhängig [10]. Mehrere Arbeitsgruppen haben gezeigt, dass bei zu geringen S-Gehalten im Boden durch eine gezielte S-Düngung ein zu stark ausgeprägter Dehnwiderstand der Teige verringert und das Backergebnis verbessert werden kann [11-13]. Es sollte in der vorliegenden Arbeit geprüft werden, ob stark erhöhte S-Gaben den Dehnwiderstand des Klebers weiter verringern, und welche Auswirkungen diese auf die quantitative Kleberproteinzusammensetzung haben. Gleichzeitig sollte ein Beitrag zur S-Ernährung von Weizen unter biologisch-dynamischen Anbauverhältnissen geleistet werden.

Material und Methoden

Auf einem Winterweizenschlag eines biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betriebes (Dottenfelderhof, Bad Vilbel) wurde 1998 mit der Sorte Bussard zu Vegetationsbeginn ein Schwefeldüngungsversuch (0,50, 100, 200, 400 kg S/ha als Kalimagnesia) angelegt (vier Parzellen mit je 36 m²). Die Bestimmung der Mineralstoffgehalte von Korn und Stroh erfolgte röntgenfluoreszenzanalytisch [14] und die N-Bestimmung nach Kjeldahl [15]. Die quantitative Analyse der Proteinfractionen im Ganzkorn (Gliadin, Glutenin, HMW-Untereinheiten) wurde mit einer kombinierten Extraktions- und Quantifizierungsmethode (Trübungsmessung nach Fällung) durchgeführt. [16]. Die Bestimmung des maximalen Dehnwiderstands des Feuchtklebers erfolgte nach [17] mit einem SMS-Texture Analyzer. Die RP-HPLC-Analysen an Endospermmehlen der fünf Düngungsvarianten wurden nach [18] durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem F-Test sowie dem einfachen und multiplen t-Test.

Ergebnisse und Diskussion

Untersuchungen am Ganzkorn und Stroh

Für die Untersuchungen am Ganzkorn bzw. Vollkornmehl wurden die Proben von vier Parzellen getrennt analysiert. Der Kornertrag lag mit Werten zwischen 47,7 und 49,9 dt/ha auf einem für Verhältnisse des ökologischen Landbaus befriedigenden Niveau (Tabelle 1).

Tabelle 1: Kornerträge, N-, S-, K- und Mg-Gehalte, N:S-Verhältnisse sowie relative Mengen von Gliadin (GLI), Glutenin (GLU) und HMW-Gluteninuntereinheiten (HMW) von Weizen (Ganzkorn) in Abhängigkeit von der S-Düngung^a

Düngung	Ertrag	% (TM)					AU ^b		
kg S/ha	dt/ha	N	S	N:S	K	Mg	GLI	GLU	HMW
0	47,7	1,96	0,140	14,0	0,38	0,083	1,106	0,548	0,385
50	49,5	1,94	0,141	13,8	0,39	0,084	1,086	0,542	0,374
100	49,5	2,04	0,147	13,9	0,39	0,084	1,142	0,564	0,380
200	49,1	1,97	0,148	13,3	0,38	0,085	1,119	0,529	0,356
400	49,9	2,07	0,148	14,0	0,38	0,089	1,185	0,560	0,376

^a Mittelwert von 4 Parzellen.

^b Absorptionseinheiten (450 nm) der Trübung [16].

Zwar entsprach die Ertragsdifferenz durch die Düngung in Höhe von 1,4-2,2 dt/ha in etwa der Steigerung um durchschnittlich 2 dt/ha, die Knittel et al. [13] für S-Düngungsversuche im konventionellen Landbau fanden, jedoch waren die Unterschiede nicht signifikant. Da die gewählte S-Düngerform (Kalimagnesia) auch K und Mg enthielt, kann anhand der Werte davon ausgegangen werden, dass auch diese Elemente keine Ertragswirksamkeit besaßen.

Die N-Gehalte des ganzen Kornes unterschieden sich kaum (1,96-2,07 %). Extreme S-Gaben von 100-400 kg/ha erhöhten den S-Gehalt zwar tendenziell, aber nicht signifikant von 0,140 % (Kontrolle) auf 0,147-0,148 %. 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 wesentlich. Weder der K- noch der Mg-Gehalt des Kornes wurde durch die Kalimagnesiagaben signifikant verändert.

Während selbst extreme S-Gaben von 400 kg S/ha den S-Gehalt des ganzen Kornes nicht beeinflussten, genügte eine Gabe von 50 kg S/ha, um den S-Gehalt des Strohes von 0,087 % (Kontrolle) auf 0,131 % signifikant (um relativ 50,6 %) anzuheben (Tabelle 2). Weitere Steigerungen der S-Gaben auf 200 und 400 kg S/ha erhöhten die Gehalte noch einmal signifikant auf 0,150 bzw. 0,151 %. Auch der K-Gehalt stieg signifikant von 0,89 auf

Tabelle 2: S-, P-, K- und Mg-Gehalte von Stroh in Abhängigkeit von der S-Düngung^a

Düngung	% (TM)			
kg S/ha	S	P	K	Mg
0	0,087 a	0,116	0,89 a	0,094
50	0,131 b	0,107	0,99 ab	0,091
100	0,135 bc	0,104	1,01 b	0,092
200	0,150 c	0,119	1,13 c	0,094
400	0,151 c	0,106	1,15 c	0,089

^a Mittelwert von 4 Parzellen; verschiedene Kleinbuchstaben hinter den Zahlen bedeuten signifikante Unterschiede (P > 95 %).

1,15 %. P- und Mg-Gehalte wurden hingegen von der Düngung nicht beeinflusst. Die über ein kombiniertes Extraktions/Turbidimetrie-Verfahren bestimmten Mengen von Gesamtgliadin, Gesamtglutenin und HMW-Untereinheiten zeigten trotz der relativ geringen Unterschiede eine hohe Korrelation mit dem N-Gehalt ($r = 0,76-0,84$) (Abb. 1). Doch wie beim N-Gehalt auch, ist bei keiner der drei Proteinfractionen eine signifikante Beziehung zur S-Düngung zu erkennen (Tabelle 1).

Untersuchungen am Endospermmehl

Für diese Untersuchungen wurden die entsprechenden Proben der vier Parzellen zusammengefasst und die Körner zur Mehlmtype 550 vermahlen. Wie beim Ganzkorn unterschieden sich weder die N- noch die S-Gehalte der Mehle signifikant (Tabelle 3). Die relativen Mengen von Gesamtgliadin und -glutenin und deren Proteintypen wurden mit Hilfe der RP-HPLC über die Absorptionseinheiten bei 210 nm bestimmt [18]. In Abb. 2 und 3 sind als Beispiele die Chromatogramme der Gliadin- und Gluteninextrakte der nicht gedüngten (0 kg S/ha) und der am stärksten gedüngten Probe (400 kg S/ha) gezeigt. In den jeweiligen Mustern ist auch im Detail kein signifikanter Unterschied zu erkennen. Die Mengen von Gliadin, Glutenin und der HMW-Untereinheiten lassen ebenfalls keine Tendenzen in Abhängigkeit von der S-Düngung erkennen (Tabelle 3). Auch die Abweichungen der prozentualen Anteile einzelner Gliadin- und Glutenintypen liegen innerhalb der Fehlergrenzen (Tabelle 4)

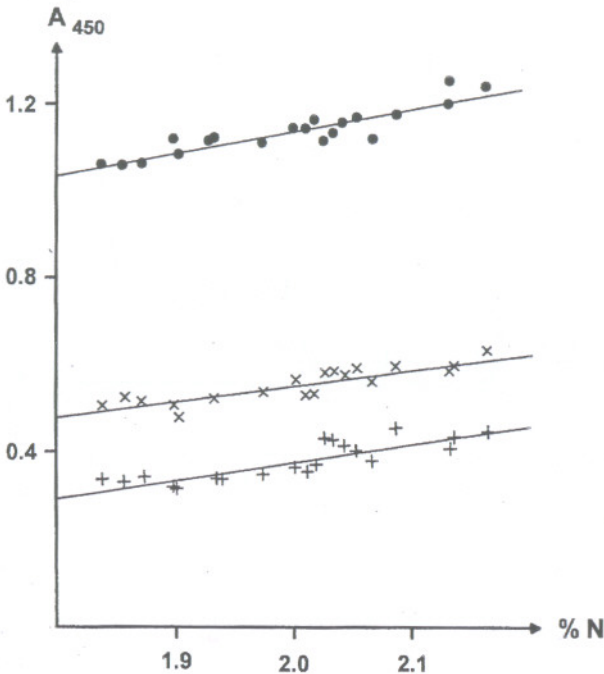


Abbildung 1: Beziehung zwischen N-Gehalt (%) und Werten der Trübungsmessung (A_{450}) von Gliadin (•), Gesamtglutelin (x) und HMW-Untereinheiten (+) aus Ganzkorn

Tabelle 3: N- und S-Gehalte, relative Mengen von Gliadin (GLI), Gesamtglutelin (GLU) und HMW-Untereinheiten (HMW) von Endospermmehl sowie Dehnwiderstand (DW) der Kleber in Abhängigkeit von der S-Düngung^a.

Düngung	N	S	N:S	GLI	GLU	HMW	DW
kg S/ha	%		-	AU ^a			N
0	1,80	0,103	17,5	786	280	61	0,54
50	1,77	0,103	17,2	753	299	62	0,52
100	1,86	0,107	17,4	782	276	60	0,44
200	1,83	0,100	18,3	794	276	59	0,44
400	1,95	0,105	18,6	800	283	64	0,37

^a Mittelwert aus mindestens zwei Bestimmungen

^b Absorptionseinheiten (210 nm) der RP-HPLC [17].

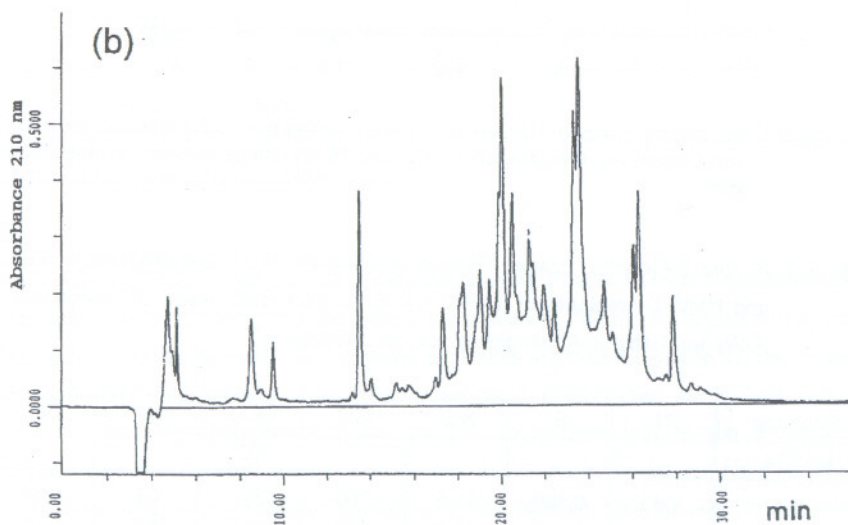
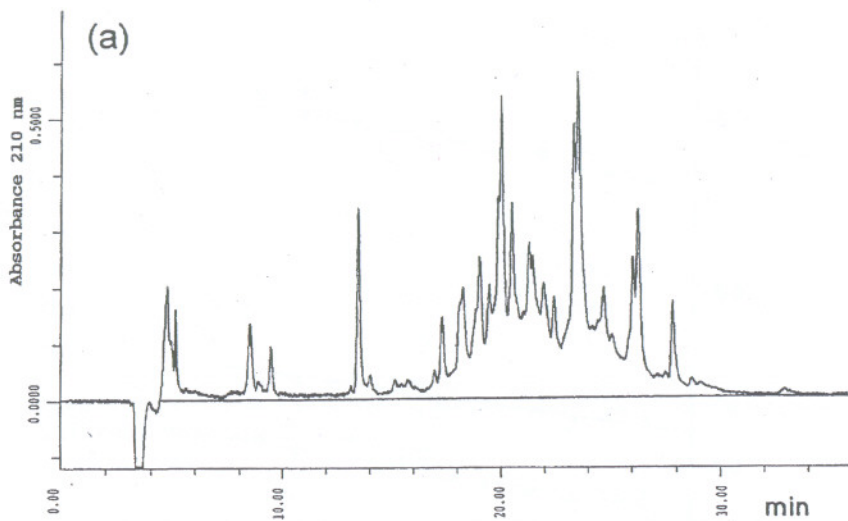


Abbildung 2: RP-HPLC der Gliadinextrakte von Endospermmehl; (a) 0 kg S/ha, (b) 400 kg S/ha

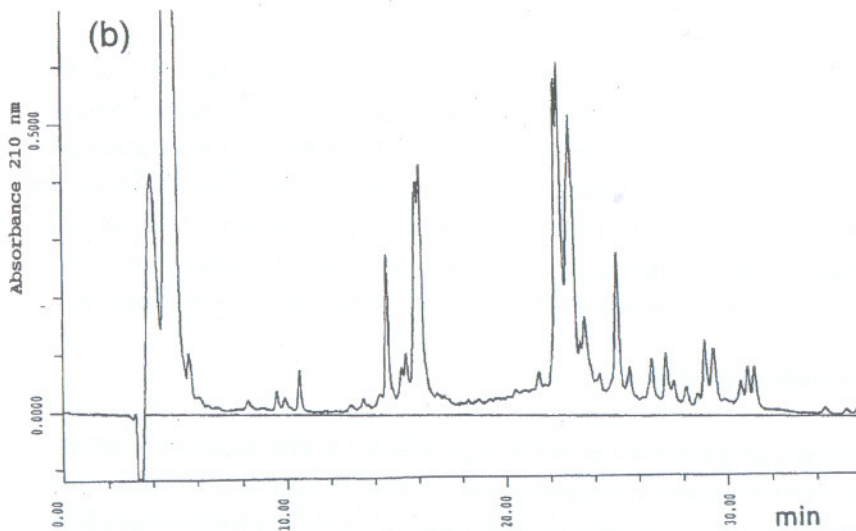
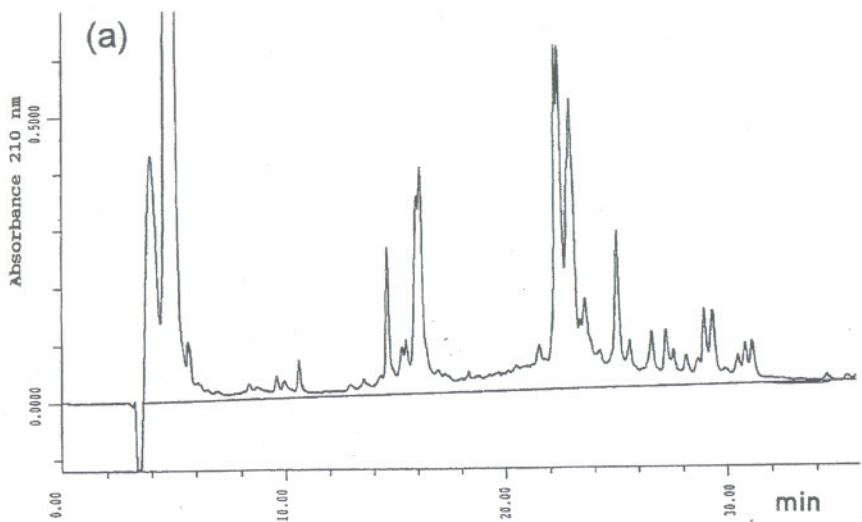


Abbildung 3: RP-HPLC der Gluteninextrakte von Endospermmehl: (a) 0 kg S/ha, (b) 400 kg S/ha

Tabelle 4: Prozentuale Anteile einzelner Gliadin- und Glutenintypen in Abhängigkeit von der S-Düngung^a

Düngung kg S/ha	Gliadin (= 100 %)					Glutenin (= 100 %)		
	$\omega 5$	$\omega 1,2$	$\Sigma \omega$	α	γ	ωb	HMW	LMW
0	3,9	4,5	8,4	49,4	42,2	3,7	21,9	74,4
50	3,6	4,2	7,6	47,9	44,3	3,7	20,6	75,7
100	3,7	4,4	8,1	47,8	44,1	3,8	21,6	74,6
200	3,6	4,2	7,8	48,0	44,2	3,4	21,4	75,2
400	3,6	4,3	7,9	49,0	43,1	3,6	22,7	73,7

^a Mittelwert aus 2 Bestimmungen.

Zur Untersuchung der rheologischen Eigenschaften der Kleber wurden die Mehle angefeuchtet und ausgewaschen; die Dehnwiderstände der erhaltenen Kleber wurden durch Zugversuche ermittelt. Die Extensogramme der beiden extremen Proben (0 und 400 kg S/ha) sind in Abb. 4 dargestellt. Die in Tabelle 3 zusammengefassten Werte zeigen, dass mit steigender S-Düngung der Dehnwiderstand kontinuierlich von 0,54 bis 0,37 N abnimmt, wobei die Unterschiede zwischen der Kontrolle (0 kg S) und den beiden höchsten Düngungsstufen (200 bzw. 400 kg S) signifikant sind ($P > 95\%$). Da Unterschiede in der quantitativen Kleberproteinzusammensetzung als Ursache für die Klebererweichung nicht in Frage kommen, soll in zukünftigen Arbeiten geprüft werden, ob Zusammenhänge zwischen der S-Düngung und dem Gehalt an freien Thiolverbindungen (Glutathion, Cystein) bestehen, die bekanntlich zur Teig- und Klebererweichung beitragen [19].

Schlussfolgerung

Während ein gravierender Schwefelmangel im Boden zu einer deutlichen Veränderung der quantitativen Kleberproteinzusammensetzung führt [8], hat eine Schwefelübersversorgung keinen Einfluss. Die bei hohen Schwefelgaben beobachtete Klebererweichung könnte ihre Ursache im Anstieg niedermolekularer Thiolverbindungen haben, was durch weiterführende Untersuchungen zu beweisen ist.

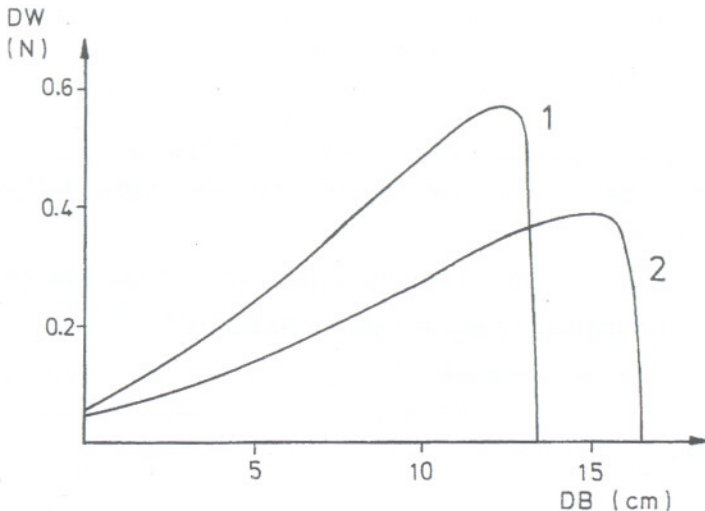


Abbildung 4: Zugversuch mit Kleber aus den Weizenproben mit 0 kg S/ha (1) und 400 kg S/ha (2) (DW = Dehnwiderstand, DB = Dehnbarkeit)

Literatur

1. Schnug E, Haneklaus S (1994) Biochemistry-Symptomatology-Morphogenesis-Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkerode (FAL), Sonderheft 144
2. Schnug E (1991) Sulphur in Agric 15:7-12
3. Bloem E, Paulsen HM, Schnug E (1995) DLG-Mitteilungen, Nr 8, 18-19
4. Byers M, Franklin J, Smith SJ (1987) Aspects of Applied Biology, Cereal Quality 15:337-344
5. Haneklaus S, Evans E, Schnug E (1992) Sulphur in Agric 16:31-34
6. Wrigley CW, DuCros DL, Moss HJ, Randall PJ, Fullington JG, Kasarda DD (1984) Sulphur in Agric 8:2-7
7. Schropp P, Wieser H (1996) Cereal Chem 73:410-413
8. Wrigley CW, DuCros DL, Fullington JG, Kasarda DD (1984) J Cereal Sci 2: 15-24
9. Castle SL, Randall PJ (1987) Aust J Plant Physiol 14:503-516
10. Wieser H, Seilmeier W, Belitz H-D (1991) Getreide Mehl Brot 45:35-38
11. Moss HJ, Wrigley CW, MacRitchie F, Randall PJ (1981) Aust J Agric Res 32:213-226
12. Schnug E, Haneklaus S, Murphy D (1993) Aspects of Applied Biology, Cereal Quality III, 36:337-345
13. Knittel H, Pasada G, Zerulla W (1998) Mitt Ges Pflanzenbauwiss 11:99-100

14. Schnug E, Haneklaus S (1992) *Phyton* 32:123-126
15. ICC-Standard No. 105/2, Verlag Schäfer, Detmold
16. Wieser H (1996) *DFA Bericht*, 122-132
17. Kieffer R, Wieser H, Henderson MN, Graveland A (1998) *J Cereal Sci* 27:53-60
18. Wieser H, Antes S, Seilmeier W (1998) *Cereal Chem* 75:664-650
19. Kieffer R, Kim J-J, Walther C, Laskawy G, Grosch W (1990) *J Cereal Sci* 11:143-152

Quellenangabe:

HAGEL, I., E. SCHNUG und H. WIESER (1999): Wirkungen extremer Schwefeldüngung auf Mineralstoffgehalte, Proteinzusammensetzung und Klebereigenschaften von Weizen aus biologisch-dynamischem Anbau. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching, Bericht 1999, 159-168.