

Ingo Hagel

**Auswirkungen einer Schwefeldüngung
auf Ertrag und Qualität von Weizen
schwefelmangelgefährdeter Standorte
des Ökologischen Landbaus**

Endbericht (Versuchsjahre 1998 und 1999) des Forschungsprojektes:

**Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualität von Weizen
schwefelmangelgefährdeter Standorte des Ökologischen Landbaus**

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert

durchgeführt am
Institut für Biologisch-Dynamische Forschung
Brandschneise 5
64295 Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	6
2.1 Standorte und allgemeine Angaben zur Versuchsdurchführung	6
2.2 Untersuchungsmethoden	8
2.2.1 Vermahlung	8
2.2.2 Bestimmung von Stickstoff	8
2.2.3 Bestimmung von Schwefel- und Mineralstoffen	8
2.2.4 Proteinfraktionierung	8
2.2.5 Backuntersuchungen	8
2.3 Statistische Auswertung	9
3 Ergebnisse	10
3.1 Ergebnisse des Versuchsjahres 1998	10
3.1.1 Versuchsstandort Bentfeld	10
3.1.2 Versuchsstandort Tröndel	19
3.2 Ergebnisse des Versuchsjahres 1999	27
3.2.1 Versuchsstandort Bentfeld	27
3.2.2 Versuchsstandort Tröndel	37
4 Diskussion	45
5 Zusammenfassung	57
6 Literatur	60
7 Anhang	65

1 Einleitung

Schwefel ist für das Gedeihen landwirtschaftlicher Kulturen ein wichtiges Element. Ausreichend hohe Gehalte in der Pflanze bewirken über die Regelung des Chlorophyllgehaltes der Chloroplasten (BURKE et al. 1986, DIETZ 1989) in erster Linie eine hohe Assimilationsleistung, die die Grundlage für den Ertrag darstellt. Aber auch der Eiweißstoffwechsel erfährt eine Intensivierung, was sich z.B. in der Verringerung des Nitratgehaltes niederschlägt (SCHNUG 1990). Ferner spielen phytosanitäre Aspekte wie pflanzliche Abwehr gegen Pilze durch H₂S-Produktion (SCHNUG und HANEKLAUS 1995), pflanzlicher Schutz gegen oxidativen Streß im Zusammenhang mit der Einwirkung von Ozon (SCHNUG und HANEKLAUS 1994 a), Entgiftung xenobiotischer Substanzen sowie Produktion von Phytochelatinen zum Schutz gegen durch Schwermetalle induzierten Streß eine Rolle (RENNENBERG und BRUNOLD 1994).

Große Teile des Schwefelbedarfs der Landwirtschaft wurden bis zu Beginn der 80er Jahre über SO₂-Emmissionen gedeckt. Durch die Installierung von Rauchgasentschwefelungsanlagen erfolgte eine drastische Reduzierung der Schwefeleinträge ins landwirtschaftliche Ökosystem. Noch 1980 betrug der durchschnittliche jährliche Schwefeleintrag in Norddeutschland 35 kg/ha x Jahr. Dieser Betrag sank bis 1990 um 60 %. Die Schwefelkonzentrationen in Rapsblättern sanken in derselben Zeit von 8 auf 3 mg/g. Beim Raps waren Anfang der 80er Jahre noch keine schweren und relativ wenige Fälle von verdecktem S-Mangel (24 % der untersuchten Proben) zu verzeichnen. Gegen Ende der 80er Jahre hatte sich die Situation so verändert, daß nur noch 1 % der untersuchten Rapsproben als ausreichend mit Schwefel versorgt bezeichnet werden konnten (SCHNUG und HANEKLAUS 1994 b). Um Ertragsausfälle durch S-Mangel zu vermeiden, wird für den Rapsanbau in Norddeutschland eine Schwefeldüngung von mindestens 50 kg S/ha empfohlen (SCHNUG 1991).

Auch beim Weizen ist Schwefelmangel mittlerweile zu einem Problem geworden, welcher zu Ertragsverlusten bis zu 30 % führen kann (BLOEM et al. 1995). Wie beim Raps kann S-Mangel beim Weizen nicht durch Blattspritzungen sulfathaltiger Dünger ausgeglichen werden (SCHNUG et al. 1993). Die Pflanze kann durch Blattspritzungen applizierte S-Gaben nur in sehr kleiner Menge für ihren aktiven Stoffwechsel nutzen und transportiert überschüssigen Schwefel in die Vakuolen, aus denen eine Retranslokation für das Protoplasma der Zelle und seiner Funktionen nur sehr mäßig

erfolgt (BELL et al. 1990, CRAM 1990, CLARKSON et al. 1993). So können durch eine Blattspritzung mit z.B. Bittersalz deutlich ausgeprägte Mangelsymptome zwar relativ schnell behoben werden. Allerdings reicht eine auf diesem Wege gegebene S-Zufuhr aufgrund der geringen wirksamen S-Mengen nicht zur Deckung des S-Bedarfs aus (MATTHEY et al. 1996). Wenn dann Mehl aus Körnern von unzureichend mit Schwefel versorgtem Weizen eine niedrigere als die anzustrebende Mindestkonzentration von 1,2 mg S/g Mehl (Trockensubstanz) und ein weiteres als das für ein befriedigendes Backergebnis notwendige N:S-Verhältnis von 17:1 aufweist, ist ein zäherer Teig und demzufolge ein geringeres Backvolumen die Folge (BLOEM et al. 1995, BYERS et al. 1987, HANEKLAUS et al. 1992, WRIGLEY et al. 1984 b).

Diese Veränderungen könnten damit zusammenhängen, daß unzureichend mit Schwefel versorger Weizen im Spektrum seiner kleberkonstituierenden Proteine eine Verschiebung in Richtung von Polypeptiden mit höheren Molekulgewichten aufweist (WRIGLEY 1984 a). CASTLE und RANDALL (1987) beobachteten neben einer Verfrühung des Beginns der Reserveproteinproduktion im sich entwickelnden Korn vom zehnten auf den achten Tag höhere Gehalte an HMW-Gluteninen (HMW=high molecular weight). HMW-Glutenine weisen im Vergleich zu den LMW-Gluteninen (LMW=low molecular weight) bedeutend höhere relative Molekulmassen auf (90.000-124.000 gegenüber 28.000-39.000) und sind - ähnlich wie die ω -Gliadine - infolge geringerer Gehalte an Cystein und Methionin schwefelarm (WIESER et al. 1991). Eine Untergruppe dieser HMW-Glutenine, die x-Glutenine, ist backtechnologisch besonders effizient. SEILMEIER et al. (1991) fanden in Teigextensogrammen verschiedener Weizensorten eine starke Beziehung ($r=0,89$) zwischen dem Gehalt an x-Gluteninen und dem maximalen Dehnwiderstand. Dagegen war die Beziehung des Gehaltes an HMW-Gluteninuntereinheiten des y-Typs zu diesem Untersuchungsparameter nicht stark ausgeprägt ($r=0,29$). Da die x- und y-Untereinheiten innerhalb des HMW-Glutenins meistens in einem Verhältnis von 2:1 vorliegen (WIESER et al. 1994), genügt zur indirekten Quantifizierung der backtechnologisch effizienten x-Glutenine die Bestimmung des HMW-Glutenins (WIESER 1996, persönliche Mitteilung). SCHROPP und WIESER (1994) bestätigten die backtechnologische Effizienz der HMW-Glutenine, indem sie zeigten, daß durch Zumischen von isoliertem und reoxidiertem HMW-Glutenin zu Mehl der Sorte Rektor der ursprüngliche Dehnwiderstand des Klebers im Extensogramm erhöht werden konnte. Teig- bzw.

Kleberextensogramme nach KIEFFER et al. (1981) sind hoch ($r=0,80$) mit dem Gebäckvolumen korreliert (KIEFFER 1995) und geben daher Auskunft über den zu erwartenden Stand des Teiges, sein Gashaltevermögen und die Gärtoleranz (BELITZ und GROSCH 1992). Ein bestimmtes Optimum der Teigzähigkeit darf allerdings nicht überschritten werden, da sonst eine Reduzierung des Gebäckvolumens die Folge ist. In klassischer Weise zeigen die Arbeiten von WRIGLEY et al. (1984 a) die Auswirkungen von Schwefelmangel bei Weizen auf das Extensogramm, indem sie demonstrieren, wie mit abnehmendem S-Gehalt des Korns linear der Dehnwiderstand zu- und die Dehnbarkeit abnimmt. Dagegen wird durch eine Schwefeldüngung ein zu stark ausgeprägter Dehnwiderstand der Teige verringert und dadurch das Backergebnis verbessert (MOSS et al. 1981, SCHNUG et al. 1993).

Bei britischem Weizen stellte Schwefelmangel noch 1992 eine Ausnahme dar (WITHERS und HODGSON 1993). Nur 0,11 % der Variabilität des Backergebnisses waren vom Schwefelgehalt der Kornprobe bestimmt (McGRATH et al. 1993). Nach Untersuchungen von HANEKLAUS et al. (1992) an 23 deutschen Weizensorten zehn verschiedener Standorte mit ihren im Vergleich zu britischem Weizen bedeutend höheren N:S-Verhältnissen waren dagegen 40 % der Variabilität des Backvolumens durch den S-Gehalt des Mehls zu erklären: Dabei ergaben niedrigere S-Gehalte niedrigere Backvolumina im Rapid Mix Test. Somit erlangen Umweltfaktoren, die den S-Gehalt des Korns beeinflussen, eine höhere Bedeutung als die genetischen Faktoren der Sorten (HANEKLAUS und SCHNUG 1992). Die Autoren berechneten, daß im Durchschnitt eine S-Düngung von 50 kg S/ha als Sulfat die S-Gehalte des Korns um 0,1 mg/g steigerte und zu einem um 50 ml gesteigerten Backvolumen im Rapid Mix Test führte.

Die o.a. Mindestgehalte für Schwefel im Weizenmehl (0,12 %) bzw. das kritische N:S-Verhältnis von 17:1 gelten für die Verhältnisse der konventionellen Landwirtschaft mit ihrem intensiven Einsatz von mineralischem Stickstoff. Dort wird also, wie u.a. die Arbeit von HANEKLAUS und SCHNUG (1992) zeigte, bedingt durch die Reduzierung der S-Einträge ins landwirtschaftliche Ökosystem sowie die hohe N-Düngung (mit der Folge niedrigerer S-Gehalte und weiterer N:S-Verhältnisse im Korn) das anzustrebende Optimum des backtechnologisch positiven Parameters der Kleber- bzw. Teigzugfestigkeit überschritten. STEWART und PORTER (1969) sowie

SAALBACH (1972) wiesen aber darauf hin, daß der kritische Schwefelgehalt bei geringerer Stickstoffversorgung auf einem niedrigeren Niveau liegt. Dabei dürfte die Schwefelversorgung ökologischer Betriebsflächen gering sein, da nur bei wenigen ökologischen Anbauverfahren S-haltige Mineraldünger (z.B. Kalimagnesia) gegeben werden und über den Leguminosenanbau zwar Stickstoff aber kein Schwefel ins System eingebunden wird. Die S-Versorgung über den wirtschaftseigenen Dünger ist gering (nur 1/15 dessen N-Menge (BLOEM et al. 1995). Bis jetzt existiert für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus mit dessen stark reduzierter N-Düngung keine Studie, die die für Müller und Bäcker relevanten Werte ermittelt hat. Für diesen Bereich muß durch Standardbackversuche rechtzeitig geprüft werden, ob durch einen S-Mangel zusätzlich zur schon durch den niedrigeren Proteingehalt der Mehle bedingten verringerten Knettoleranz und Volumenausbeute (BRÜMMER und SEIBEL 1992) mit weiteren Qualitätseinbußen gerechnet werden muß.

Zur Bestimmung der Ertrags- und Qualitätswirksamkeit des Schwefelangebotes wurden deshalb auf zwei ökologisch (organisch-biologisch bzw. biologisch-dynamisch) bewirtschafteten Betrieben Norddeutschlands Schwefelsteigerungsversuche (0, 20, 40 und 60 kg S/ha) angelegt. Als Versuchsflächen wurden nach Rücksprache mit Prof. Schnug (FAL Braunschweig) und einem Öko-Berater solche Flächen ausgewählt, auf denen S-Mangel schon beobachtet wurde oder zu erwarten ist. Die S-Düngungsversuche wurden in auf den Betrieben bestehende Weizenbestände hineingelegt. Neben der Ertragsanalyse wurden Korn und Stroh einer Mineralstoffanalyse unterzogen sowie Backversuche durchgeführt (Rapid-Mix-Test). Eine Quantifizierung der verschiedenen Proteinfraktionen (Albumine und Globuline, Gliadin, HMW- und LMW-Glutenin) sollte mengenmäßige Veränderungen der verschiedenen Proteine und besonders der backtechnologisch effizienten HMW-Glutene im Zusammenhang mit dem Schwefelstatus klären. Eine von WIESER (1996) ausgearbeitete Methode (fraktionierte Extraktion und Fällung mit anschließender Trübungsmessung) ersetzt dabei die kostenaufwendige RP-HPLC.

Die S-Düngung wurde mit elementarem Schwefel und Magnesiumsulfat zu Vegetationsbeginn durchgeführt. Magnesiumsulfat ist gut wasserlöslich, Bestandteil des auch im biologisch-dynamischen Landbau zugelassenen schwefelhaltigen (17 % S) K-Düngers Kalimagnesia und stellt somit einen praktikablen, praxisorientierten Ansatz zur Behebung von Schwefelmangel im Ökologischen Landbau dar. Elementarer

Schwefel hat zwar eine starke bodenversauernde Wirkung (FINCK 1979), ist aber sowohl als Dünge- bzw. Pflanzenschutzmittel im biologischen Landbau zugelassen und im Gebrauch. Zur Bestimmung des nicht durch den Schwefel, sondern durch das Magnesium bedingten Ertragsanteils wurden entsprechende Düngungsvarianten mit Magnesiumchlorid angelegt (SCHNUG et al. 1995).

2 Material und Methoden

2.1 Standorte und allgemeine Angaben zur Versuchsdurchführung

Nach Rücksprache mit Professor Schnug (FAL Braunschweig) wurden zwei ökologisch wirtschaftende Betriebe des östlichen Hügellandes (Ostholstein) gewählt, da in dieser Region Schwefelmangel durch niedrige atmosphärische S-Einträge häufig auftritt:

Betrieb 1: Dieter Hansen, Bentfeld

Betrieb 2: Henning Untiedt, Tröndel

Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt in dieser Region 650 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur 8,2° C.

Vor Anlegen der Versuche wurden Bodenproben (0-30 cm) gezogen. Die Analyse auf pH, P, K, Mg, Ca wurde von der Hessischen Versuchsanstalt, Kassel, durchgeführt (Tab. 1). Auf eine Bestimmung von N_t und N_{min} des Bodens wurde verzichtet, da das Düngungsmanagement des Ökologischen Landbaus sich generell nicht an den Aussagen dieser Parameter orientiert.

Tab. 1: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen (0-30 cm) der Betriebe Hansen und Untiedt, A - E = Versorgungsstufen

Jahr	Betrieb	pH	P_2O_5	K_2O	Mg
			mg/100 g Boden		
1998	Hansen	6,2 A	25 C	8 B	11 E
	Untiedt	5,5 A	27 D	9 B	15 E
1999	Hansen	6,0 A	23 D	12 C	12 D
	Untiedt	6,2 C	37 E	15 C	15 E

Im Untersuchungsjahr 1998 lag der pH-Wert auf dem Betrieb Untiedt (pH 5,5) zu niedrig. Die Versorgungswerte für P lagen in den Versorgungsklassen „Mittel“ bis „Sehr Hoch“, die für Mg durchweg in den Klassen „Hoch“ und „Sehr Hoch“. Die Gehalte für K lagen 1998 auf niedrigem, 1999 auf mittlerem Niveau. Freier Kalk (Salzsäureprobe) fand sich in den Proben nicht.

Die Düngungsversuche wurden Anfang April (1998) bzw. Ende März (1999) in bestehenden Winterweizenschlägen der Betriebe angelegt und jeweils in der zweiten

Augustwoche mit einem Parzellenmähdrescher gedroschen. Auf dem Betrieb Hansen (Versuchsstandort Bentfeld) wurde in beiden Jahren die Sorte BUSSARD (Qualitätsgruppe E) angebaut, auf dem Betrieb Untiedt (Versuchsstandort Tröndel) stand 1998 die Sorte RENAN (Qualitätsgruppe A), im Jahr 1999 die Sorte BELISAR (Qualitätsgruppe A). Um den im Ökologischen Landbau häufig zu niedrigen Protein-gehalten zu begegnen, war im Betrieb Hansen nach dem System „Weite Reihe“ ge-drillt worden (Abstand der Doppelreihen 60 cm) und diese Bestände wurden im Ve-getationsverlauf gehackt. In beiden Betrieben stand als Vorfrucht Kleegras.

Je Düngungsvariante wurden vier Wiederholungen im randomisierten Block ange-legt. Die Bruttonparzellengröße betrug 36 m², die Nettoparzelle zur Ernte 25 m². Fol-gende zehn Düngungsvarianten wurden angelegt:

- 1) Kontrolle: = ungedüngt
- 2) S-20 = 20 kg S/ha als elementarer Schwefel
- 3) S-40 = 40 kg S/ha als elementarer Schwefel
- 4) S-60 = 60 kg S/ha als elementarer Schwefel
- 5) SO₄-20 = 20 kg S/ha als MgSO₄·7H₂O (Bittersalz)
- 6) SO₄-40 = 40 kg S/ha als MgSO₄·7H₂O (Bittersalz)
- 7) SO₄-60 = 60 kg S/ha als MgSO₄·7H₂O (Bittersalz)
- 8) MgCl₂-1 = die in SO₄-20 enthaltene Mg-Menge als MgCl₂·6H₂O
- 9) MgCl₂-2 = die in SO₄-40 enthaltene Mg-Menge als MgCl₂·6H₂O
- 10) MgCl₂-3 = die in SO₄-60 enthaltene Mg-Menge als MgCl₂·6H₂O

Das Erntegut wurde auf einer Laborreinigungsanlage gereinigt, die Erträge wurden auf der Basis von 86 % TM angegeben. Die Stroherträge wurden über das anhand von Ganzpflanzenschnitten ermittelte Korn:Stroh-Verhältnis berechnet.

2.2 Untersuchungsmethoden

2.2.1 Vermahlung

Die Getreideproben (Ganzkorn) wurden für die weiteren Laboruntersuchungen (Proteinfaktionierung und Röntgenfluoreszenzanalyse) auf einer Ultrazentrifugalmühle ZM1 (Fa. Retsch), Siebgröße 0,12 mm vermahlen. Auf dieser Mühle wurden auch die Strohproben verarbeitet, nachdem sie auf einer Häckselmühle vorzerkleinert worden waren.

2.2.2 Bestimmung von Stickstoff

Die N-Bestimmung der Proben erfolgte nach Kjeldahl.

2.2.3 Bestimmung von Schwefel- und Mineralstoffen

Gemäß SCHNUG und HANEKLAUS (1992) wurden 1,1 g Probensubstanz in 4,4 g Hoechst Wachs C homogenisiert, unter 12,5 t Druck in Aluminiumschalen zu Tabletten gepreßt und die Mineralstoffgehalte röntgenfluoreszenzanalytisch (in Kooperation mit der FAL Völkenrode) bestimmt.

2.2.4 Proteinfaktionierung

Die Bestimmung von Albumin- und Globulin-N, Gliadin, Gesamt-, HMW- und LMW-Glutenin erfolgte durch nachfolgende Extraktionen des Kornmaterials mit verschiedenen Lösungsmitteln sowie Fällung und Quantifizierung der Proteine über eine Trübungsmessung (photometrische Absorptionsmessung bei 450 nm) nach WIESER (1996).

2.2.5 Backuntersuchungen

Die backtechnologische Untersuchung (Rapid-Mix-Test) des Erntegutes wurde von dem Institut für Getreideverarbeitung (IGV), Bergholz-Rehbrücke, gemäß den Richtlinien der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung, Detmold, nach entsprechender Vermahlung zu einem Mehl der Type 550 durchgeführt. Für die Bewertung der Backversuche gemäß den Backvolumina gilt folgendes Schema:

> 660 ml/100 g Mehl = sehr gut

631 – 660 ml/100 g Mehl = gut

601 – 630 ml/100 g Mehl = befriedigend

< 600 ml/100 g Mehl = nicht befriedigend

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels F-Test und gegebenenfalls nachfolgendem multiplen t-Test. Da die MgCl₂-Düngung die Erträge im Vergleich zur Kontrolle nicht signifikant beeinflußte, wurde davon abgesehen, den magnesiumbedingten Ertragsanteil aus den MgSO₄-Varianten herauszurechnen. Es erschien sinnvoll die MgCl₂-Varianten auch für die übrigen Parameter (Inhaltsstoffe von Korn und Stroh, Backqualität) als nicht Schwefel enthaltende Düngungsvarianten beizubehalten.

Da die Proteinfraktionen trotz der geringen Variabilität der N-Gehalte des Korns zu diesem Parameter starke Beziehungen aufwiesen, wurde dieser Einfluß eliminiert, indem über die Regressionsgleichungen eine Korrektur auf einen für alle Varianten gleichen N-Gehalt (Erntejahr 1998: 2,10 % N, Erntejahr 1999: 1,60 % N) vorgenommen wurde.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse des Versuchsjahres 1998

3.1.1 Versuchsstandort Bentfeld

Das mittlere Ertragsniveau der ungedüngten Kontrolle lag aufgrund des zur Steigerung der Proteingehalte durchgeföhrten Verfahrens „Weite Reihe“ sowie einem nassen Frühjahr mit geringer Sonneneinstrahlung im Sommer mit 28,6 dt/ha selbst für Ökobetriebe auf einem unterdurchschnittlichen Niveau. Die mittleren Erträge variierten (mit Ausnahme von MgCl₂-3: 24,8 dt/ha) wenig (zwischen 27,2 (MgCl₂-1) und 30,6 dt/ha (SO₄-60, Tab. 2)). Aufgrund zu großer Streuungen trotz gut entwickelter, gesunder und scheinbar gleichmäßiger Bestände waren die Unterschiede zwischen den Varianten jedoch nicht signifikant.

Tab. 2: Erträge (dt/ha, 86 % TM), Tausendkornmassen (TKM, g), N-Gehalte (TM), N:S-Verhältnisse sowie Ergebnisse des Rapid Mix Tests (ml/100 g Mehl) von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Standort Bentfeld, $\alpha = 5\%$

Variante	Ertrag	TKM	Ganzkorn		Mehl		RMT
			% N	N:S	% N	N:S	
Kontrolle	28,6 a	40,3 abc	2,14 def	14,1 bc	2,03 a	19,6 a	670 a
S-20	27,3 a	38,8 a	2,10 cde	13,3 a	2,01 a	17,8 a	682 a
S-40	29,3 a	40,6 abc	2,07 bc	13,4 ab	1,98 a	18,1 a	664 a
S-60	27,4 a	39,6 a	2,06 abc	12,8 a	1,99 a	18,3 a	642 a
SO4-20	28,3 a	40,2 ab	2,02 a	12,7 a	1,96 a	17,6 a	643 a
SO4-40	30,6 a	39,3 a	2,06 abc	13,2 a	1,96 a	17,2 a	681 a
SO4-60	27,7 a	40,8 abc	2,04 ab	12,8 a	1,96 a	18,0 a	659 a
MgCl ₂ -1	27,2 a	41,8 bc	2,16 f	14,4 c	2,07 a	20,8 a	662 a
MgCl ₂ -2	28,8 a	42,5 c	2,15 ef	14,7 c	2,06 a	20,0 a	653 a
MgCl ₂ -3	24,8 a	42,2 bc	2,09 bcd	14,6 c	2,02 a	19,0 a	666 a

Bemerkenswert ist, daß sich in den Düngungsstufen S-40 bzw. SO₄-40 mit 29,3 bzw. 30,6 dt/ha die höchsten mittleren Erträge fanden. Diese sanken jedoch bei weiterer Steigerung der S-Düngung (60 kg/ha) wieder auf 27,4 bzw. 27,7 dt/ha ab.

Bei den Tausendkornmassen lagen die Werte der MgCl₂-Varianten mit 41,8 - 42,5 g tendenziell, aber nicht signifikant höher als die Kontrolle (40,3 g, Tab. 2). Signifikant höhere Tausendkornmassen ergaben sich nur zwischen einzelnen Varianten der S- und der MgCl₂-Düngung .

Bezüglich der N-Gehalte (Ganzkorn) lagen mit Ausnahme der Variante S-20 sämtliche Werte der S-Varianten mit Werten zwischen 2,02 und 2,07 % geringfügig aber signifikant unter der Kontrolle mit 2,14 %. (Tab. 2). Dagegen unterschieden sich die mit MgCl₂ gedüngten Varianten nicht von der Kontrolle. Die N-Gehalte des Endospermmehls unterschieden sich mit Werten zwischen 1,96 und 2,06 % nicht und lagen nur geringfügig unter den Werten des ganzen Korns.

Die N:S-Verhältnisse des ganzen Korns lagen zwischen 12,7 (SO₄-20) und 14,7 (MgCl₂-3, Tab. 2). Erwartungsgemäß wiesen die mit S-gedüngten Proben fast ausnahmslos engere N:S-Verhältnisse auf als die Kontrolle (und die MgCl₂-Varianten). Die zwei S-Formen unterschieden sich in ihrer Wirkung nicht. - Die N:S-Verhältnisse der Endospermmehle lagen (bei wenig unterschiedlichen N-Gehalten) mit Werten zwischen 17,2 (SO₄-40) und 20,8 (MgCl₂-1) beträchtlich höher, variierten stärker als im Ganzkorn, unterschieden sich jedoch nicht signifikant.

Tab. 3: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor (Ganzkorn, TM) sowie S-Entzüge (Korn + Stroh) von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Standort Bentfeld, $\alpha = 5\%$

Variante	Ganzkorn					S-Entzug kg/ha
	% S	% P	% K	% Mg	ppm Cl	
Kontrolle	0,151 bcd	0,32 a	0,47 a	0,092 a	608 a	8,2 abcd
S-20	0,158 cde	0,31 a	0,48 a	0,088 a	634 a	8,5 bcde
S-40	0,154 bcde	0,31 a	0,47 a	0,088 a	634 a	9,3 cde
S-60	0,161 e	0,32 a	0,48 a	0,093 a	640 a	9,7 de
SO4-20	0,159 cde	0,32 a	0,48 a	0,090 a	589 a	9,3 cde
SO4-40	0,156 cde	0,30 a	0,48 a	0,090 a	604 a	10,0 e
SO4-60	0,160 de	0,31 a	0,49 a	0,086 a	609 a	9,1 bcde
MgCl2-1	0,151 abc	0,32 a	0,47 a	0,092 a	684 a	7,6 ab
MgCl2-2	0,146 bc	0,32 a	0,46 a	0,094 a	684 a	8,0 abc
MgCl2-3	0,143 a	0,31 a	0,46 a	0,093 a	661 a	6,8 a

Die S-Gehalte im Ganzkorn variierten mit Werten zwischen 0,143 (MgCl₂-3) und 0,161 % (S-60) insgesamt wenig (Tab. 3). Von den mit Schwefel gedüngten Varianten unterschied sich nur die Variante S-60 mit 0,161 % signifikant von der Kontrolle (0,151 %). Von den mit MgCl₂-gedüngten Varianten wies nur die Variante MgCl-3 mit 0,143 % signifikant niedrigere S-Gehalte als die Kontrolle auf.

Gewöhnlich besteht zwischen dem N- und dem S-Gehalt von Weizen eine starke positive Beziehung, da Schwefel Bestandteil des Proteins ist. Für die Proben dieses Standortes bestand allerdings vor allem aus Gründen zu geringer Variabilität der N-Gehalte keine Beziehung.

Die übrigen Mineralstoffe des ganzen Korns unterschieden sich in den einzelnen Düngungsvarianten mit Werten zwischen 0,30 und 0,32 (P), 0,46 und 0,49 (K) sowie 0,086 und 0,093 (Mg) nicht (Tab. 3). Die Cl-Gehalte der mit MgCl₂-gedüngten Varianten lagen mit Werten zwischen 661 und 684 ppm zwar tendenziell höher als die Kontrolle (608 ppm), die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Während die S-Gehalte des Ganzkorns sich nur in wenigen Fällen unterschieden, geht aus Tab. 4 hervor, daß sowohl eine S-Düngung mit elementarem S als auch mit SO₄-S die Gehalte im Stroh mit Werten zwischen 0,162 (S-40) und 0,190 % (S-60) signifikant zur Kontrolle (0,132 %) erhöhte. Nur die mit elementarem S niedrig gedüngte Variante S-20 unterschied sich mit 0,15 % nicht von der Kontrolle. Die MgCl₂-Düngung veränderte die S-Gehalte im Stroh nicht. Der S-Entzug (Korn + Stroh, Tab. 3) wies Werte zwischen 6,8 (MgCl₂-3) und 10,0 kg/ha (SO₄-40) auf. Auch bedingt durch eine hohe Streuung der Erträge unterschied sich nur der Entzug dieser Variante SO₄-40 signifikant von der Kontrolle mit 8,2 kg/ha.

Die Mineralstoffgehalte des Strohs unterschieden sich mit Werten zwischen 0,17 und 0,21 % P, 1,09 und 1,44 % K, 0,088 und 0,101 % Mg sowie 1,71 und 2,20 % Si nicht (Tab. 4). Dagegen erhöhte die Chloriddüngung die Cl-Gehalte des Strohs mit Werten zwischen 0,47 und 0,67 % signifikant zur Kontrolle (0,15 %) sowie den übrigen Düngungsvarianten.

Tab. 4: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor und Silizium von Weizenstroh eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Standort Bentfeld, $\alpha = 5\%$

Variante	% S	% P	% K	% Mg	% Cl	% Si
Kontrolle	0,132 a	0,19 a	1,21 a	0,09 a	0,15 a	1,71 a
S-20	0,150 ab	0,20 a	1,09 a	0,10 a	0,13 a	1,95 a
S-40	0,162 b	0,19 a	1,18 a	0,09 a	0,15 a	1,88 a
S-60	0,190 c	0,20 a	1,25 a	0,10 a	0,14 a	2,03 a
SO4-20	0,169 bc	0,21 a	1,25 a	0,10 a	0,15 a	2,03 a
SO4-40	0,170 bc	0,19 a	1,24 a	0,09 a	0,14 a	2,20 a
SO4-60	0,166 bc	0,17 a	1,15 a	0,10 a	0,14 a	2,06 a
MgCl2-1	0,128 a	0,20 a	1,24 a	0,10 a	0,47 b	2,02 a
MgCl2-2	0,128 a	0,19 a	1,44 a	0,09 a	0,62 c	2,17 a
MgCl2-3	0,129 a	0,21 a	1,40 a	0,09 a	0,67 c	2,13 a

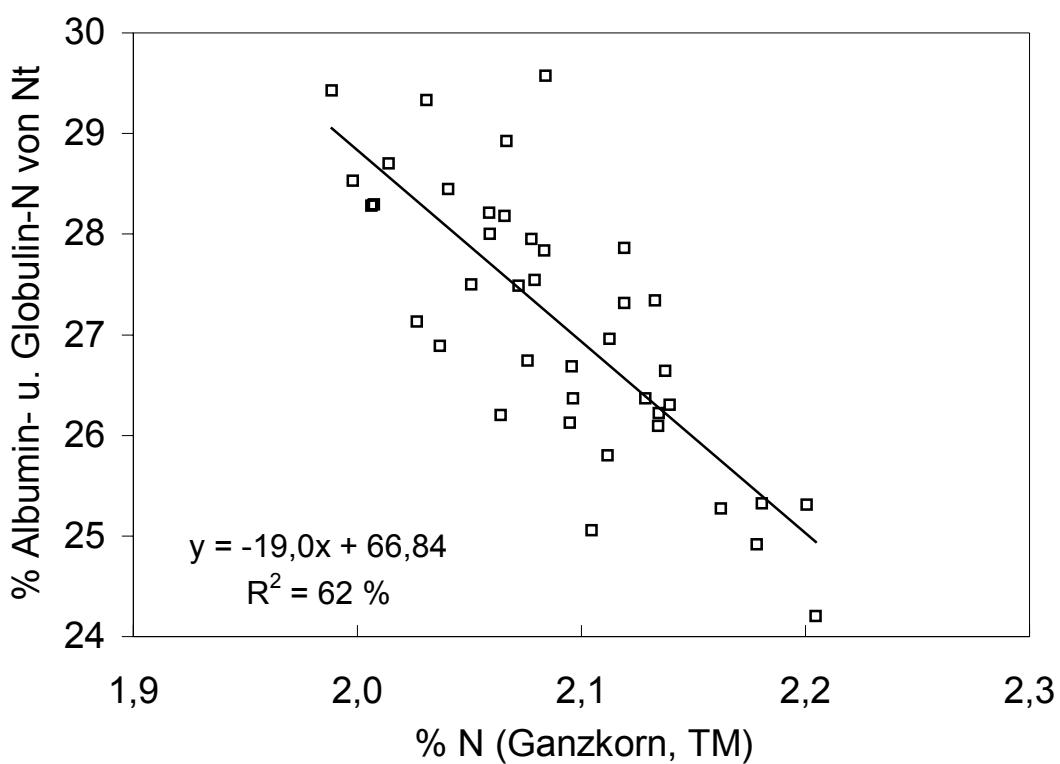


Abb. 1: Beziehung zwischen N-Gehalten und relativen Gehalten (%) Albumin- und Globulin-N von Nt von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld

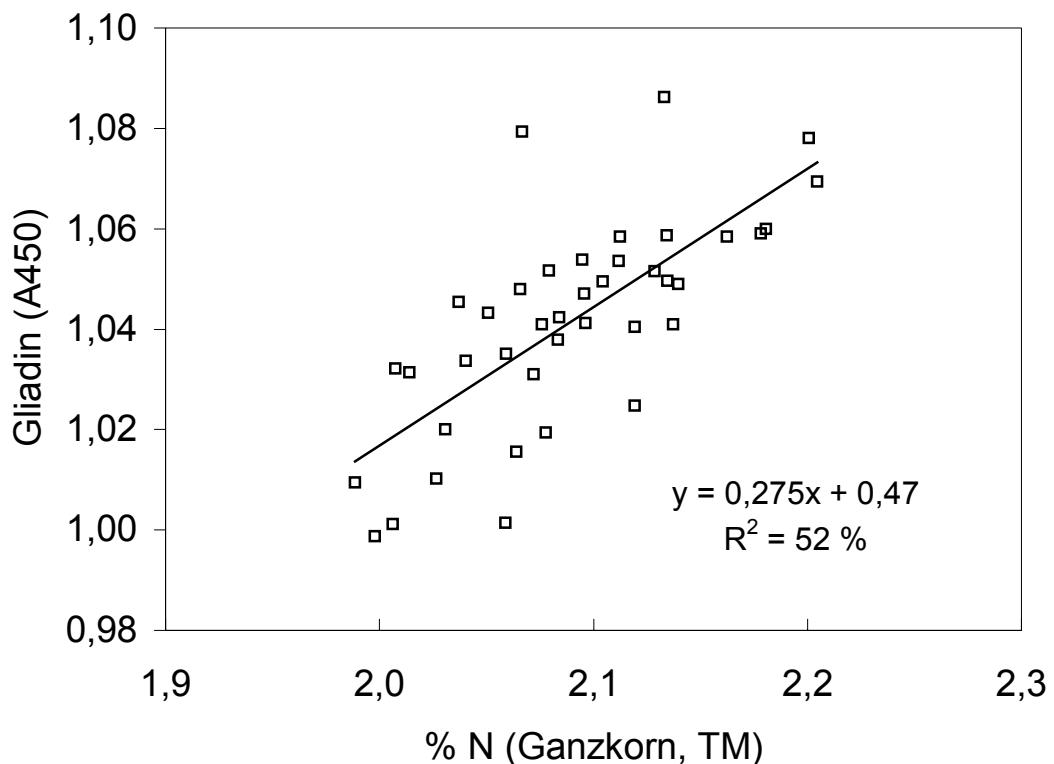


Abb. 2: Beziehungen zwischen N- und Gliadin-Gehalten von Winterweizen eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

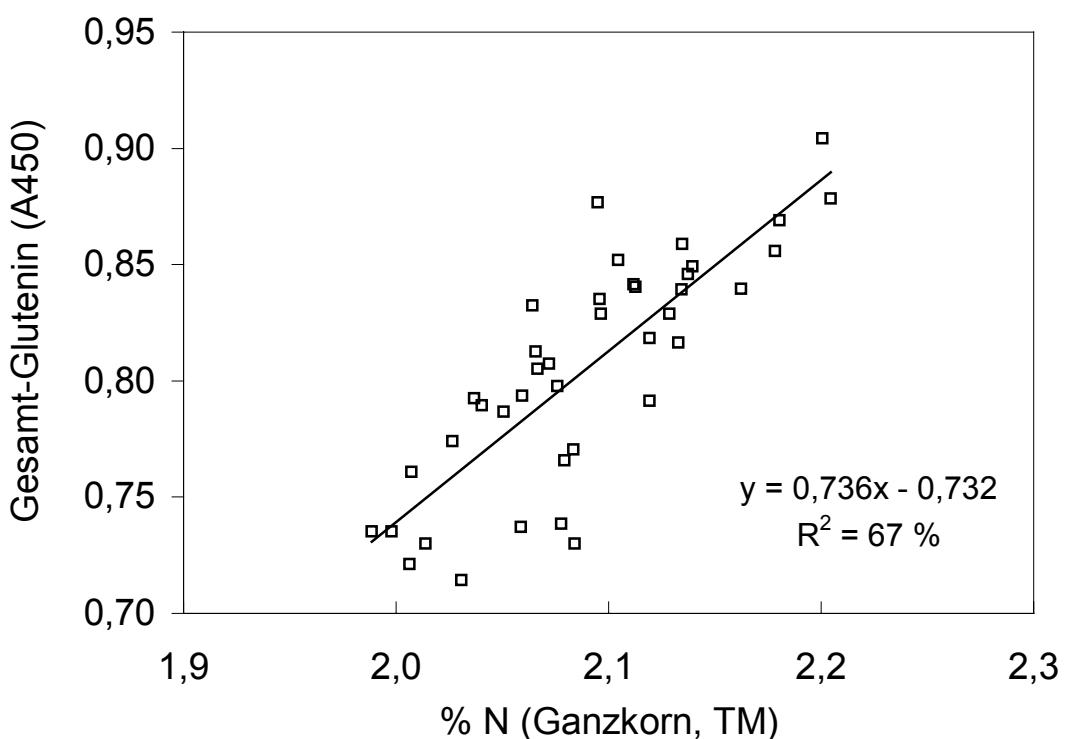


Abb. 3: Beziehungen zwischen N- und Gesamt-Glutelin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

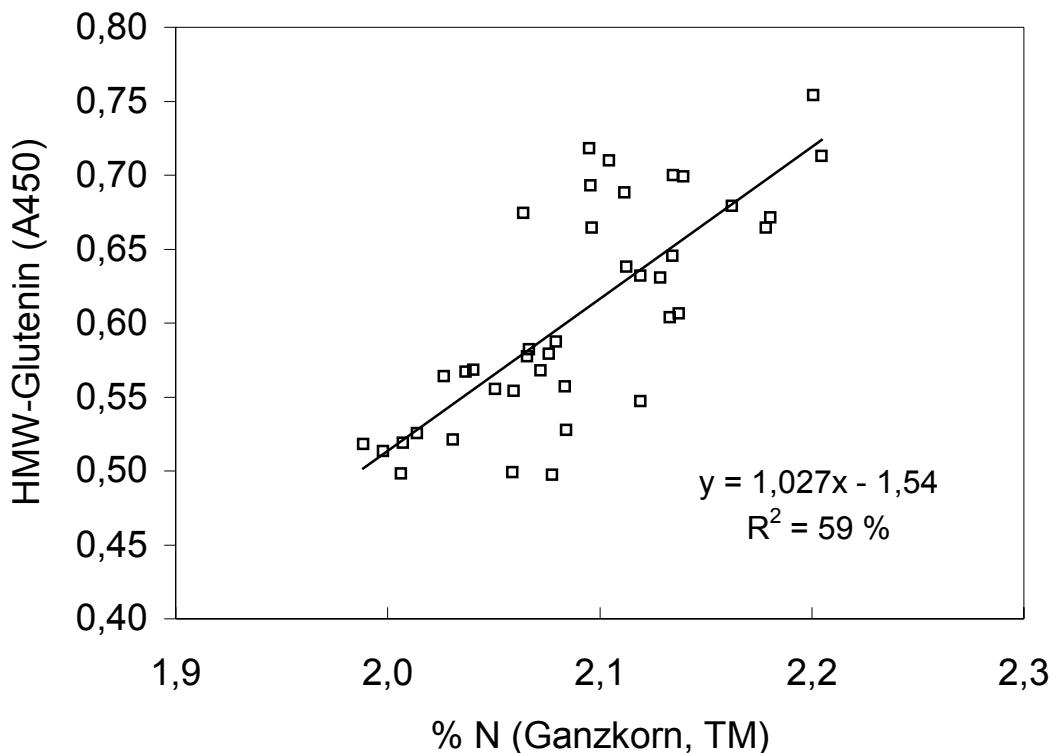


Abb. 4: Beziehungen zwischen N- und HMW-Glutelinin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

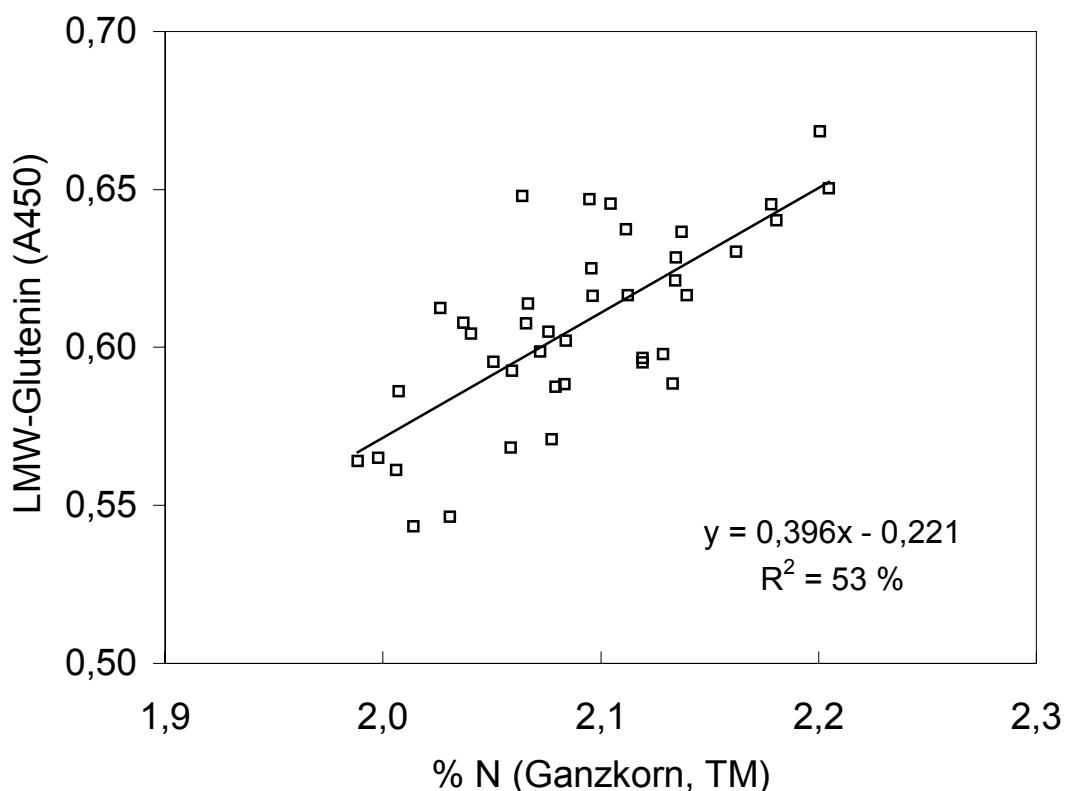


Abb. 5: Beziehungen zwischen N- und LMW-Glutelinin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

Tab. 5: Auf einen N-Gehalt von 2,1 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen sowie Schwefel von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t, A450 = Absorptionseinheiten

Variante	AG %	Gliadin A450	Gesamt- Glutenin A450	HMW- Glutenin A450	LMW- Glutenin A450
Kontrolle	27,5 bc	1,045 a	0,804 abc	0,593 ab	0,590 a
S-20	27,1 bc	1,044 a	0,825 c	0,597 ab	0,615 b
S-40	26,6 abc	1,045 a	0,813 bc	0,601 ab	0,611 ab
S-60	27,0 bc	1,049 a	0,813 bc	0,586 ab	0,609 ab
SO4-20	26,9 bc	1,043 a	0,818 bc	0,629 bc	0,614 ab
SO4-40	27,6 c	1,043 a	0,774 a	0,580 a	0,599 ab
SO4-60	27,6 c	1,045 a	0,790 ab	0,587 ab	0,596 ab
MgCl ₂ -1	26,6 abc	1,043 a	0,813 bc	0,630 bc	0,616 b
MgCl ₂ -2	26,5 ab	1,042 a	0,822 c	0,651 c	0,614 b
MgCl ₂ -3	25,8 a	1,044 a	0,857 d	0,709 d	0,645 c

Obwohl die N-Gehalte (Ganzkorn) der Proben des Standortes Bentfeld mit Werten zwischen 1,99 und 2,20 % (Anhang, Tab. A1) kaum variierten, ergaben sich mit Korrelationskoeffizienten zwischen 52,3 und 67,1 % relativ enge Beziehungen zu den Gehalten der verschiedenen Proteinfraktionen (Abb. 1 - 5). Mit steigenden N-Gehalten der Proben sanken die relativen Gehalte Albumin- und Globulin-N von N_t und stiegen die (absoluten) Gehalte an Gliadin, Gesamt-Glutenin, HMW- und LMW-Glutenin.

Der Einfluß des N-Gehaltes auf die quantitative Ausprägung der Proteinfraktionen wurde eliminiert, indem die Werte auf einen N-Gehalt von 2,10 % korrigiert wurden (Tab. 5). Nur die höchste MgCl₂-Düngung führte mit einem relativen Gehalt von 25,8 % Albumin- und Globulin-N von N_t zu einer signifikanten Reduzierung im Vergleich zur Kontrolle mit 27,5 %. Die verschiedenen S-Applikationen beeinflußten die Gehalte dieser Proteinfraktion nicht.

Die Gliadingehalte unterschieden sich mit Werten zwischen 1,042 und 1,049 Absorptionseinheiten nicht. Beim Gesamt-Glutenin wies nur die Variante MgCl₂-3 mit 0,857 Absorptionseinheiten einen signifikant höheren Wert als die Kontrolle mit 0,804 Absorptionseinheiten auf. Mit Blick auf das HMW-Glutenin wiesen ebenfalls

nur die Chloridvarianten $MgCl_2\text{-}2$ und $MgCl_2\text{-}3$ mit 0,651 bzw. 0,709 Absorptionseinheiten signifikant höhere Werte als die Kontrolle mit 0,593 Absorptionseinheiten. Beim backtechnologisch nicht bedeutsamen LMW-Glutelin lagen sämtliche Chloriddüngungsvarianten sowie die Variante S-20 geringfügig aber signifikant über dem Wert der Kontrolle.

Somit ergaben sich aus den proteinchemischen Kennwerten des Korns kaum Hinweise auf nennenswerte Veränderungen backtechnologisch bedeutsamer Parameter. Dies schlug sich auch in den Ergebnissen des Rapid-Mix-Tests nieder. Die Düngungsvarianten unterschieden sich mit Werten zwischen 642 (S-60) und 682 ml (S-20) nicht (Tab. 2). Eine signifikante Beziehung zwischen dem N-Gehalt des Mehls und dem RMT-Volumen existierte bei allerdings sehr geringer Variabilität der N-Gehalte außer für die Gruppe der mit Schwefel gedüngten Varianten (Abb. 6) für keine weitere Variantengruppe. Über einen Mittelwertsvergleich der Differenzen y_i Meßwert – y_i Regression „+ S“ wurde geprüft, ob, wie es sich in Abbildung 6 andeutet, die Proben der Kontrolle bzw. der mit $MgCl_2$ gedüngten Proben signifikant unter dem Versuchsdurchschnitt (Regression) der mit S gedüngten Probengruppe lagen. Dies traf allerdings nur für die $MgCl_2$ -Varianten zu, die trotz großer Streuungen im Mittel um 18,6 ml signifikant niedrigere Backvolumina aufwiesen. Die Proben der Kontrolle wiesen dagegen im Schnitt nur um 4,6 ml geringere Backvolumina als die Vergleichsgruppe auf und unterschieden sich nicht signifikant von dieser.

Interessant ist die Beziehung zwischen den N:S-Verhältnissen des Ganzkorns und den Backvolumina: Die in Abbildung 7 dargestellte Polynomregression weist ein Maximum im Bereich von N:S-Verhältnissen zwischen 13,5 und 14,0 auf. Sowohl niedrigere als auch höhere N:S-Verhältnisse führten zu einer verminderten technologischen Qualität. Eine Beziehung zwischen den N:S-Verhältnissen der Endospermehle (mit denen ja der Rapid-Mix-Test durchgeführt wurde) und den Backvolumina existierte allerdings nicht (o. Abb.).

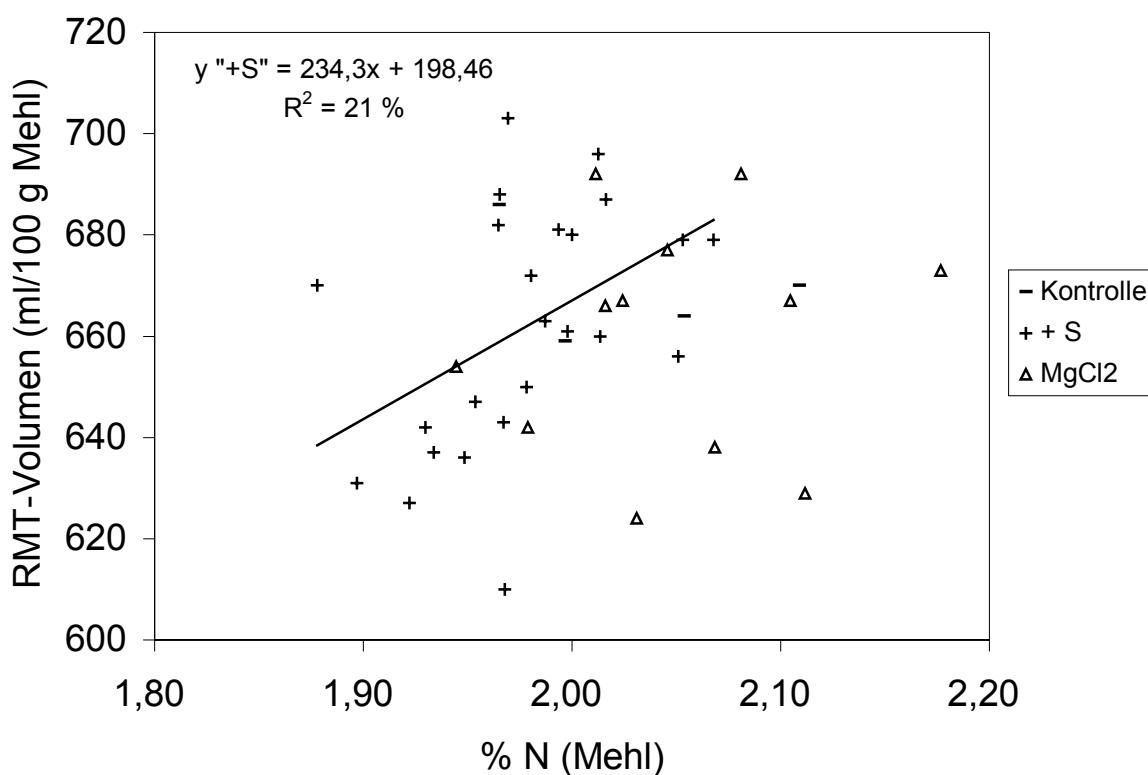
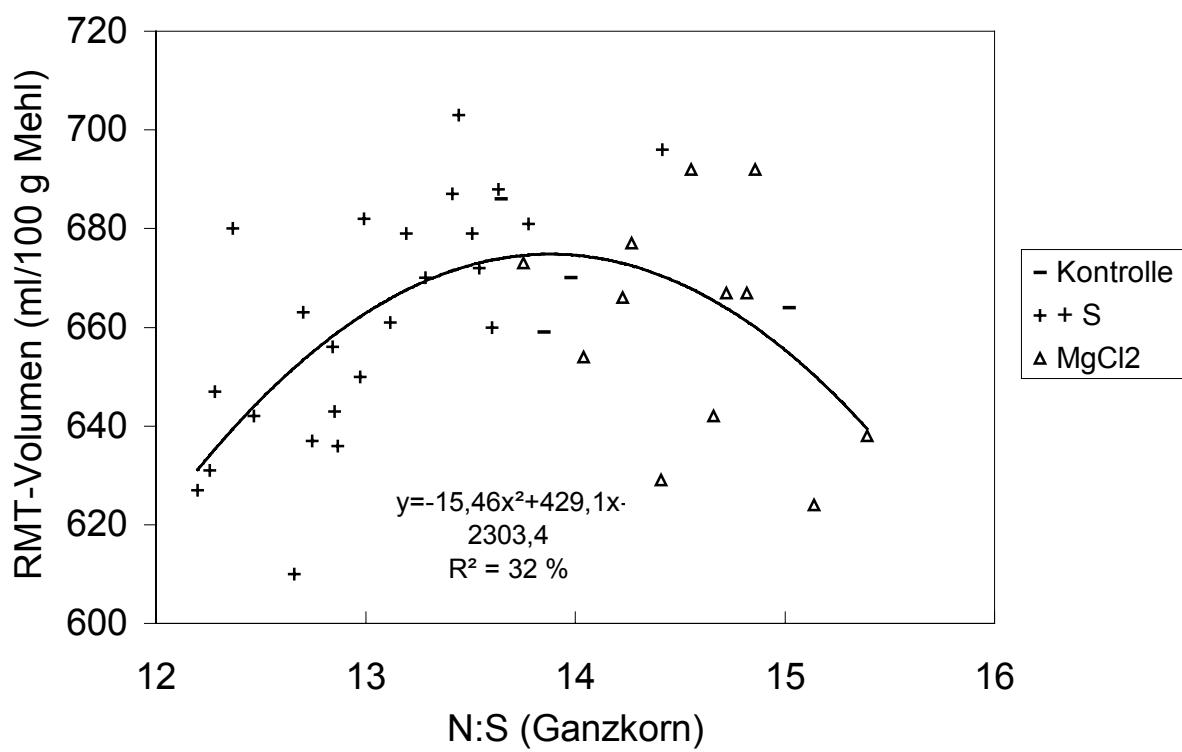


Abb. 6: Beziehungen zwischen N-Gehalt des Mehls und Backvolumen im Rapid-Mix-Test von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld.. + S = mit S-Düngung. Erläuterungen s. Text



3.1.2 Versuchsstandort Tröndel

Das Versuchsfeld des Standorts Tröndel wies zur Ernte starke Schäden durch Rotwild in Form von Wildwechselfäden sowie Liegeplätzen auf. Zusammen mit einer nicht unerheblichen Verunkrautung (Quecke) im ungleichmäßigen Bestand der kurzstrohigen Sorte RENAN ergab sich mit Erträgen zwischen 21,2 ($\text{SO}_4\text{-}60$) und 25,8 dt/ha ($\text{MgCl}_2\text{-}3$) ein sehr niedriges Leistungsiveau (Tab. 6). Tendenziell waren wie auf dem Standort Bentfeld in den Varianten S-40 und $\text{SO}_4\text{-}40$ (aber auch in S-20) höhere Erträge als in der Kontrolle. Allerdings unterschieden sich die Erträge der verschiedenen Varianten auch aufgrund der starken Streuung (Anhang, Tab. A7) nicht signifikant.

Tab. 6: Erträge (dt/ha, 86 % TM), Tausendkornmassen (TKM, g), N-Gehalte (TM), N:S-Verhältnisse sowie Ergebnisse des Rapid Mix Tests (ml/100 g Mehl) von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Standort Tröndel, $\alpha = 5\%$

Variante	Ertrag	TKM	Ganzkorn		Mehl		RMT
			% N	N:S	% N	N:S	
Kontrolle	22,5 a	50,1 a	2,14 a	15,4 e	1,92 a	19,8 a	614 a
S-20	23,4 a	48,4 a	2,06 a	14,8 cde	1,89 a	18,8 a	651 a
S-40	25,4 a	49,7 a	2,04 a	13,8 abc	1,89 a	18,9 a	664 a
S-60	21,9 a	49,4 a	2,07 a	13,7 a	1,91 a	19,6 a	648 a
$\text{SO}_4\text{-}20$	21,7 a	48,0 a	1,98 a	13,8 abc	1,83 a	20,5 a	628 a
$\text{SO}_4\text{-}40$	23,3 a	48,7 a	1,97 a	14,2 abcd	1,78 a	18,7 a	615 a
$\text{SO}_4\text{-}60$	21,2 a	49,7 a	2,00 a	13,7 ab	1,81 a	18,9 a	630 a
$\text{MgCl}_2\text{-}1$	24,0 a	50,2 a	2,06 a	15,3 de	1,89 a	19,7 a	628 a
$\text{MgCl}_2\text{-}2$	24,3 a	49,8 a	2,09 a	15,2 de	1,92 a	19,9 a	616 a
$\text{MgCl}_2\text{-}3$	25,8 a	51,9 a	2,06 a	14,8 bcde	1,93 a	20,9 a	630 a

Die Tausendkornmassen lagen mit Werten zwischen 48,0 ($\text{SO}_4\text{-}20$) und 51,9 ($\text{MgCl}_2\text{-}3$) auf einem hohen, aber für die Sorte RENAN nicht ungewöhnlichen Niveau (Tab. 6). Sämtliche Düngungsapplikationen senkten tendenziell den N-Gehalt des ganzen Korns. Allerdings waren die Unterschiede mit Werten zwischen 1,97 ($\text{SO}_4\text{-}40$) und 2,14 % (Kontrolle) nicht signifikant (Tab. 6). Dagegen wiesen die N:S-Verhältnisse (Ganzkorn) aller mit Schwefel gedüngten Varianten (Ausnahme: S-20) mit Werten zwischen 13,7 und 14,8 signifikant niedrigere Werte auf als die Kontrolle mit 15,4. Die MgCl_2 -Düngung beeinflußte das N:S-Verhältnis nicht.

Ergebnisse

Die N-Gehalte der Endospermmehl lagen etwas niedriger als die des ganzen Korns, unterschieden sich aber mit Werten zwischen 1,78 und 1,93 % ebenfalls nicht signifikant (Tab. 6). Die N:S-Verhältnisse der Endospermmehl lagen mit Werten zwischen 18,7 und 20,0 beträchtlich höher als beim Ganzkorn, unterschieden sich aber nicht signifikant.

Tab. 7: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor (Ganzkorn, TM) sowie Schwefelentzüge (Korn + Stroh) von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Standort Tröndel, $\alpha = 5\%$

Variante	Ganzkorn					S-Entzug kg/ha
	% S	% P	% K	% Mg	ppm Cl	
Kontrolle	0,139 abc	0,29 a	0,48 a	0,084 ab	602 ab	6,6 a
S-20	0,140 abc	0,29 a	0,49 a	0,080 a	580 a	6,8 a
S-40	0,148 cd	0,30 a	0,49 a	0,089 abc	564 a	8,0 a
S-60	0,152 e	0,31 a	0,49 a	0,102 d	623 abc	7,3 a
SO ₄ -20	0,145 abcd	0,31 a	0,49 a	0,102 d	660 bcd	6,8 a
SO ₄ -40	0,139 abc	0,30 a	0,49 a	0,099 cd	625 abc	7,5 a
SO ₄ -60	0,146 bcd	0,30 a	0,49 a	0,098 cd	628 abc	7,1 a
MgCl ₂ -1	0,135 a	0,29 a	0,49 a	0,097 cd	691 cd	6,3 a
MgCl ₂ -2	0,138 ab	0,30 a	0,48 a	0,095 bcd	686 cd	6,9 a
MgCl ₂ -3	0,140 abc	0,31 a	0,48 a	0,098 cd	721 d	6,6 a

Die Schwefelgehalte des ganzen Korns variierten mit Werten zwischen 0,135 (MgCl₂-1) und 0,152 % (S-60) wenig (Tab. 7). Von den mit schwefelgedüngten Varianten unterschied sich nur die Variante S-60 mit 0,152 % von der Kontrolle mit 0,139 %. Es bestand keine signifikante Beziehung zwischen dem N- und S-Gehalt des Korns. Die P- und K-Gehalte unterschieden sich mit Werten zwischen 0,29 - 0,31 % bzw. 0,48 - 0,49 % nicht (Tab. 7). Hinsichtlich des Magnesiums wiesen die dieses Nähr-element enthaltenden Düngungsvarianten mit Werten zwischen 0,095 (MgCl₂-2) und 0,102 (SO₄-20) ausnahmslos signifikant höhere Gehalte auf als die Kontrolle mit 0,084 %. Auch wiesen diese Varianten mit Cl-Gehalten von 686 (MgCl₂-2) bis 721 ppm (MgCl₂-3) signifikant höhere Werte auf als die Kontrolle mit 602 ppm (Tab. 7).

Erst ab einer S-Düngung von 40 kg/ha wurden mit Werten von 0,140 (SO₄-40) bis 0,143 % S (S-40) signifikant höhere Schwefelgehalte im Stroh als die Kontrolle (0,119 % S) erzielt (Tab. 8). Die S-Entzüge von Korn + Stroh der mit S-gedüngten

Varianten unterschieden sich aber mit Werten von 6,8 (S-20) bis 8,0 kg/ha (S-40) nicht signifikant von der Kontrolle mit 6,6 kg (Tab. 7). Auch die MgCl₂-Düngung beeinflußte den S-Entzug nicht.

Tab. 8: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor, Silizium von Weizenstroh eines Düngungsversuchs, Ernte 1998, Standort Tröndel, $\alpha = 5\%$

Variante	% S	% P	% K	% Mg	% Cl	% Si
Kontrolle	0,119 a	0,16 a	0,96 a	0,11 a	0,09 ab	1,38 a
S-20	0,128 abc	0,15 a	0,87 a	0,10 a	0,08 a	1,31 a
S-40	0,143 c	0,16 a	0,99 a	0,11 a	0,10 ab	1,26 a
S-60	0,142 c	0,14 a	0,98 a	0,10 a	0,11 ab	1,48 a
SO ₄ -20	0,128 abc	0,16 a	0,90 a	0,10 a	0,11 ab	1,44 a
SO ₄ -40	0,140 bc	0,17 a	0,97 a	0,11 a	0,12 b	1,51 a
SO ₄ -60	0,141 bc	0,16 a	0,94 a	0,10 a	0,13 b	1,51 a
MgCl ₂ -1	0,110 a	0,15 a	0,90 a	0,10 a	0,20 c	1,32 a
MgCl ₂ -2	0,123 ab	0,16 a	0,98 a	0,11 a	0,28 d	1,23 a
MgCl ₂ -3	0,119 a	0,16 a	0,98 a	0,10 a	0,32 e	1,47 a

Die Mineralstoffgehalte des Strohs wurden mit Werten von 0,14 - 0,17 % P, 0,87 - 0,99 % K, 0,10 - 0,11 % Mg sowie 1,23 - 1,51 % Si durch die verschiedenen Düngungsvarianten nicht beeinflußt (Tab. 8). Nur die Cl-Gehalte der MgCl₂-Varianten unterschieden sich mit Werten von 0,20 – 0,32 % deutlich und signifikant von der Kontrolle mit 0,09 %.

Auch auf diesem Versuchsstandort beeinflußten die unterschiedlichen N-Gehalte des Korns die Werte der Proteinfraktionen in prägnanter Weise. Mit steigendem N-Gehalt sank der relative Gehalt Albumin- und Globulin-N von N_t (Abb. 8) und stiegen die absoluten Gehalte an Gliadin (Abb. 9), Gesamt-Glutenin (Abb. 10), HMW-Glutenin (Abb. 11) und LMW-Glutenin (Abb. 12). Um den Einfluß des N-Gehaltes mit Blick auf eine Beurteilung der verschiedenen Düngerwirkungen zu eliminieren, wurden die Werte der Proteinfraktionierungen unter Einbeziehung der Regressionsgleichungen auf einen N-Gehalt von 2,10 % korrigiert (Tab. 9). Ab einer S-Düngung von 40 kg/ha wurden unabhängig von der Düngungsform die relativen Gehalte an Albu

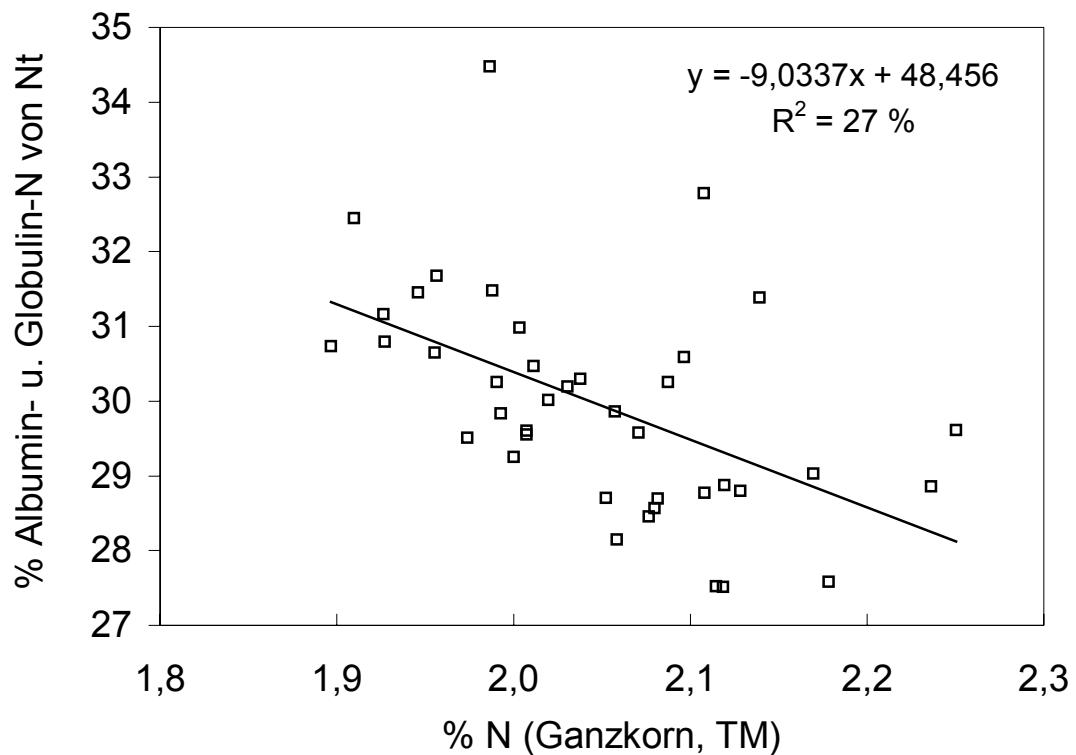


Abb. 8: Beziehung zwischen N-Gehalten und relativen Gehalten (%) Albumin- und Globulin-N von N_t von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel

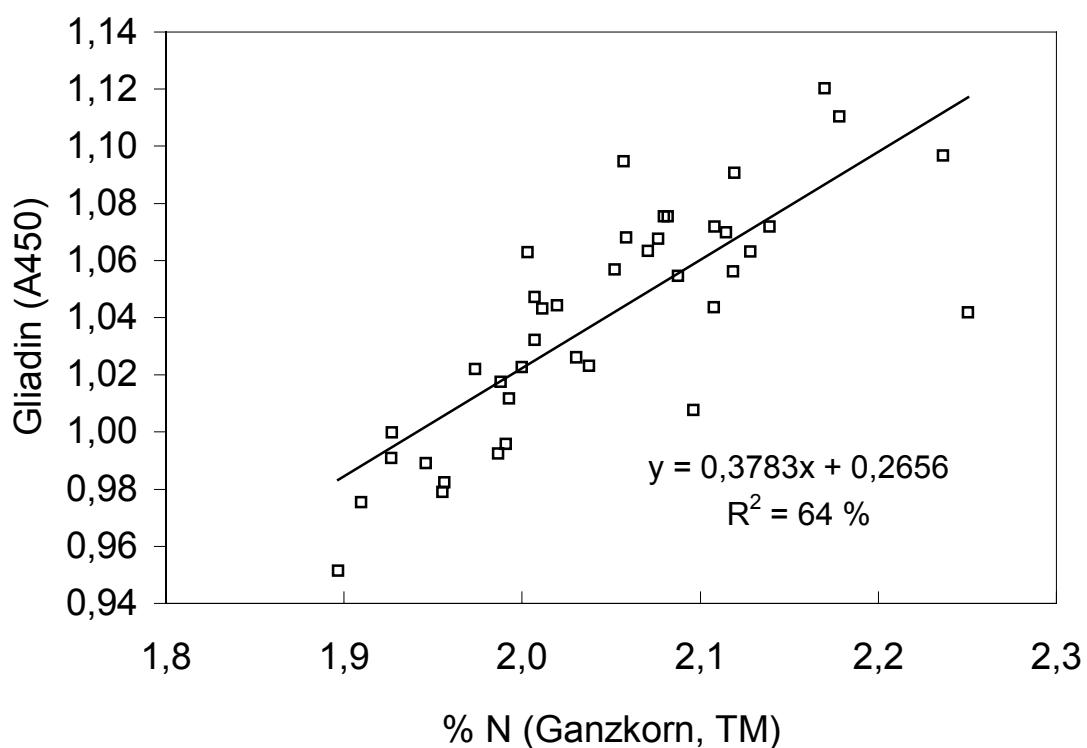


Abb. 9: Beziehung zwischen N- und Gliadin-Gehalten von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel, A450 = Absorptionseinheiten

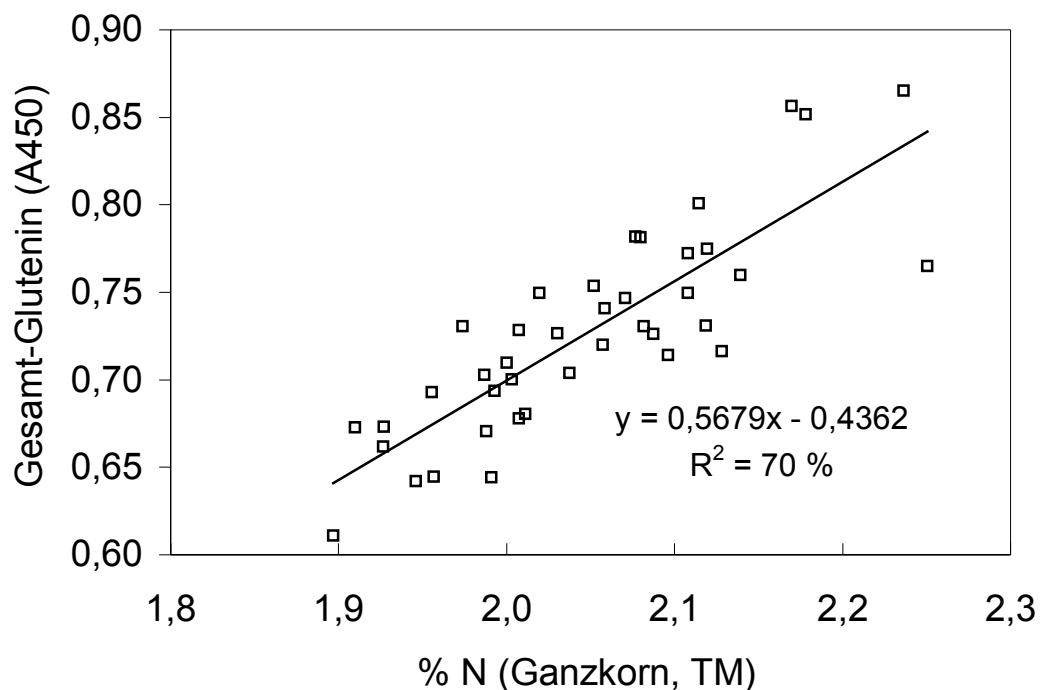


Abb.10: Beziehung zwischen N- und Gesamt-Glutenin-Gehalten von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel, A450 = Absorptionseinheiten

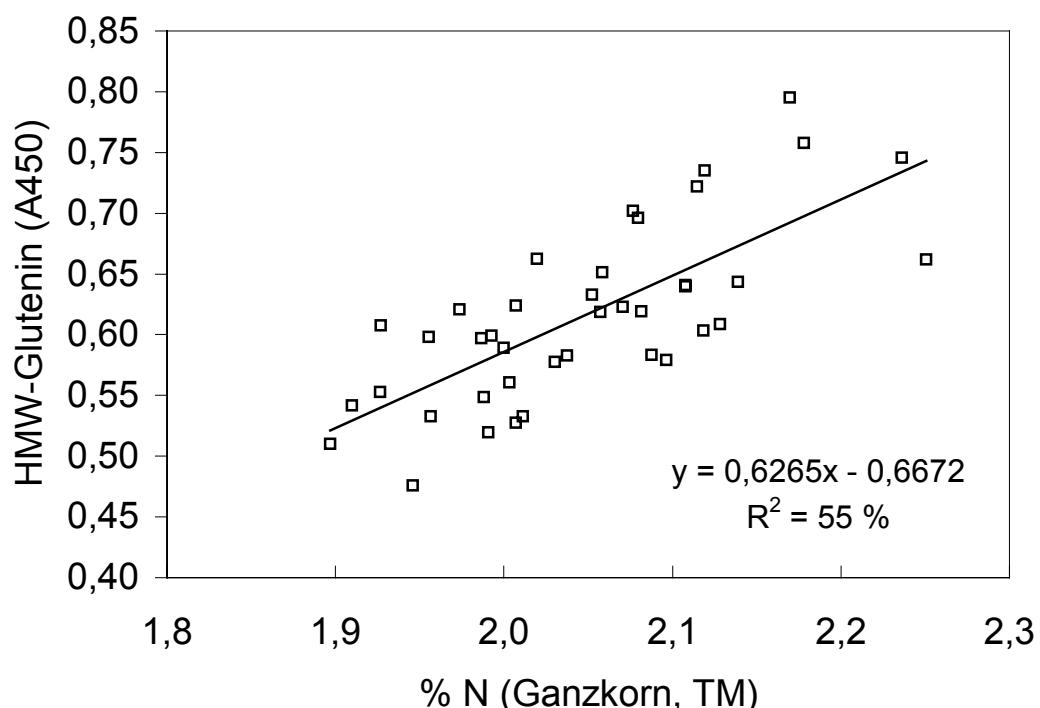


Abb. 11: Beziehung zwischen N- und HMW-Glutenin-Gehalten von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel, A450 = Absorptionseinheiten

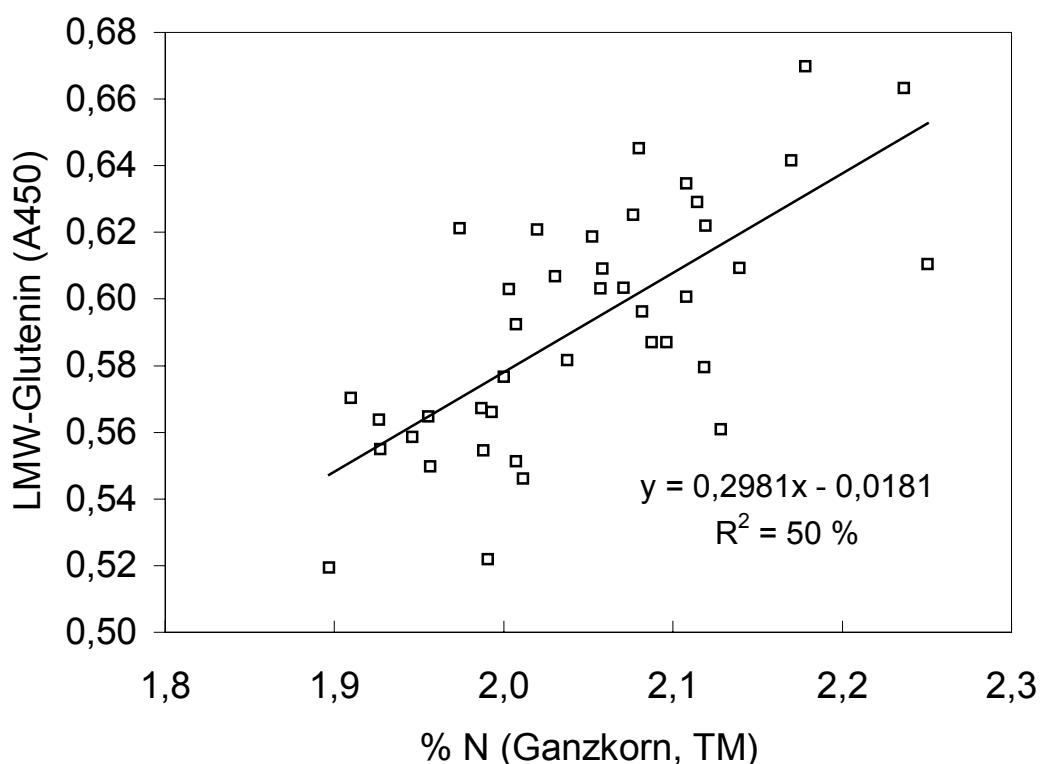


Abb. 12: Beziehung zwischen N- und LMW-Glutelin-Gehalten von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel, A450 = Absorptions-einheiten

Tab. 9: Auf einen N-Gehalt (Ganzkorn) von 2,10 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfaktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Variante	AG %	Gliadin A450	Gesamt-Glutelin A450	HMW-Glutelin A450	LMW-Glutelin A450
Kontrolle	31,3 d	1,017 a	0,738 ab	0,62 abc	0,59 ab
S-20	30,4 cd	1,056 bc	0,745 abc	0,62 abc	0,60 ab
S-40	29,2 abc	1,066 bc	0,735 ab	0,61 ab	0,59 a
S-60	29,2 abc	1,050 b	0,721 a	0,59 a	0,58 a
SO4-20	29,8 bcd	1,045 ab	0,765 bcd	0,65 bc	0,62 bcd
SO4-40	29,7 abc	1,067 bc	0,751 abc	0,66 cd	0,61 abc
SO4-60	29,6 abc	1,064 bc	0,746 abc	0,63 abc	0,61 abc
MgCl ₂ -1	28,6 ab	1,079 c	0,776 cd	0,69 de	0,63 cd
MgCl ₂ -2	28,3 a	1,069 bc	0,787 d	0,70 de	0,63 cd
MgCl ₂ -3	28,8 ab	1,082 c	0,798 d	0,71 e	0,64 d

min- und Globulin-N von N_t mit Werten von 29,2 (S-40, S-60) bis 29,7 % (SO₄-S) gegenüber der Kontrolle mit 31,3 % signifikant gesenkt. Auch eine MgCl₂-Düngung reduzierte mit Werten zwischen 28,3 (MgCl₂-2) und 28,8 % (MgCl₂-3) den Anteil dieser Eiweißfraktion am Gesamtprotein.

Die Gliadingeinhalte der sowohl mit Schwefel (Ausnahme: SO₄-20) als auch mit MgCl₂ gedüngten Varianten waren mit Werten von 1,050 (S-60) bis 1,082 Absorptionseinheiten (MgCl₂-3) gegenüber der Kontrolle (1,017 Absorptionseinheiten) signifikant erhöht (Tab. 9). Dagegen wiesen beim Gesamt-Glutenin nur die mit MgCl₂ gedüngten Varianten mit Absorptionseinheiten von 0,776 (MgCl₂-1) bis 0,798 (MgCl₂-3) signifikant höhere Werte auf als die Kontrolle (0,738 Absorptionseinheiten, Tab. 9). Auch beim HMW- bzw. LMW-Glutenin wiesen nur die Chloridvarianten signifikant höhere Werte auf als die Kontrolle.

Obwohl die mit S gedüngten Varianten mit Backvolumina zwischen 615 und 664 ml durchweg bessere Ergebnisse aufwiesen als die Kontrolle mit 614 ml, fiel der F-Test für den Rapid-Mix-Test negativ aus (Tab. 6). Dennoch zeigte sich, indem die Ergebnisse des Backversuchs in Beziehung gesetzt wurden zum N-Gehalt der Mehle, daß zwischen den Proben mit bzw. ohne S-Düngung erhebliche Qualitätsunterschiede vorlagen: Die mit S gedüngten Proben wiesen innerhalb des engen Bereichs der N-Gehalte des Mehls von 1,70 bis 1,98 % Backvolumina von 588 bis 695 ml auf (Anhang, Tab. A7) und lagen bei vergleichbaren N-Gehalten im Mittel auf höherem Niveau als die Proben, die keine S-Düngung (Kontrolle) bzw. eine MgCl₂-Düngung erhalten hatten (Abb. 13). Aus der Regressionsfunktion zweiten Grades dieser Probengruppe oben eine S-Düngung geht auch hervor, daß an N-Gehalten von rund 2,0 % wieder sinkende Backvolumina auftraten und damit größer werdende Unterschiede zur mit S gedüngten Gruppe. Dies zeigt, daß die Wirkungen der unterschiedlichen Dünger auf das Backergebnis sehr differenziert betrachtet werden müssen, da eine summarische Bewertung der RMT-Volumina (s. Tab. 6) ohne Einbeziehung der N-Gehalte die Beurteilung verfälscht.

Die Beziehungen des N:S-Verhältnisses sowohl des Ganzkorns als auch des Endospermehls zum Backvolumen waren sämtlich nicht signifikant.

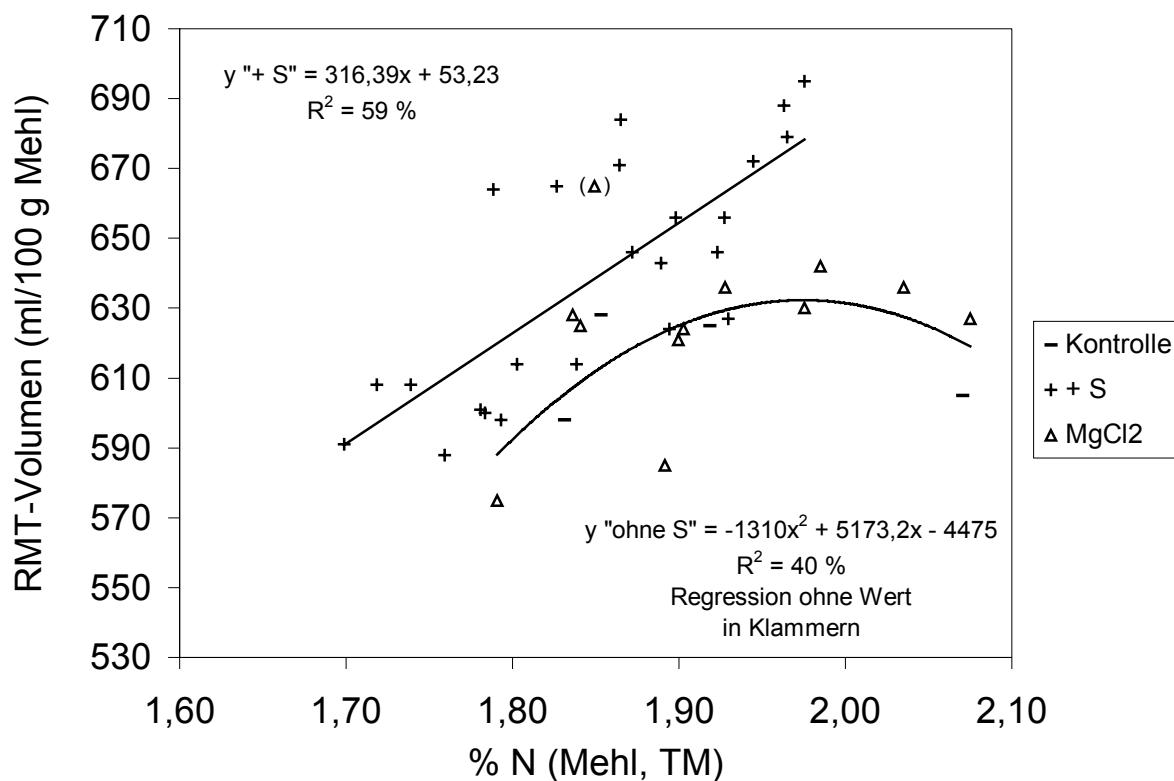


Abb. 13: Beziehung zwischen N-Gehalten des Mehls und Backvolumina im Rapid-Mix-Test von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Düngungsversuchs. Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel

3.2 Ergebnisse der Versuchsjahres 1999

3.2.1 Versuchsstandort Bentfeld

Auch der Weizenbestand des Versuchsjahres 1999 war zur Erzielung höherer Proteingehalte wieder nach dem System „Weite Reihe“ angebaut worden. Allerdings wies der Schlag eine starke Verunkrautung vor allem an Kornblumen auf. Es wurden sehr niedrige Körnerträge zwischen 19,1 und 25,6 dt/ha erzielt, die sich aufgrund sehr starker Streuungen nicht signifikant unterschieden (Tab. 10). Auch die Tausendkornmassen unterschieden sich mit Werten zwischen 47,2 und 48,1 g nicht (Tab. 10). Die N-Gehalte des ganzen Korns variierten innerhalb der Varianten mit Werten zwischen 1,62 und 1,67 % (entsprechend 9,2 und 9,5 % Rohprotein (TM)) kaum (Tab. 10). Die N-Gehalte des Typenmehls lagen mit Werten zwischen 1,53 bis 1,63 % geringfügig unter denen des Ganzkorns (Tab. 10). Die verschiedenen Dünger beeinflussten weder die N-Gehalte des ganzen Korns noch des Mehls.

Tab. 10: Erträge (dt/ha, 86 % TM), Tausendkornmassen (TKM, g), N-Gehalte (TM), N:S-Verhältnisse sowie Ergebnisse des Rapid Mix Tests (ml/100 g Mehl) von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Standort Bentfeld, $\alpha = 5\%$

Variante	Ertrag	TKM	Ganzkorn		Mehl		RMT
			% N	N:S	% N	N:S	
Kontrolle	21,3 a	47,2 a	1,63 a	12,3 def	1,58 a	14,1 bcd	535 cd
S-20	22,4 a	47,1 a	1,62 a	11,9 cd	1,53 a	13,1 abc	533 cd
S-40	25,0 a	48,1 a	1,67 a	12,0 cde	1,62 a	14,3 bcd	536 cd
S-60	20,7 a	47,4 a	1,62 a	11,3 bc	1,55 a	12,8 ab	492 ab
SO4-20	20,9 a	47,8 a	1,66 a	11,3 bc	1,60 a	12,7 ab	551 d
SO4-40	19,1 a	47,4 a	1,62 a	10,5 a	1,55 a	12,3 a	478 a
SO4-60	25,6 a	48,2 a	1,64 a	10,8 ab	1,59 a	12,4 a	501 abc
MgCl ₂ -1	21,4 a	47,4 a	1,62 a	12,6 ef	1,58 a	14,8 cd	524 bcd
MgCl ₂ -2	22,8 a	48,0 a	1,65 a	12,9 f	1,59 a	15,6 d	534 cd
MgCl ₂ -3	21,2 a	47,2 a	1,66 a	12,9 f	1,63 a	14,9 d	564 d

Dagegen beeinflußte die S-Düngung das N:S-Verhältnis des ganzen Korns. Allerdings senkte bei Düngung mit elementarem Schwefel erst eine Gabe von 60 kg S/ha den Ausgangswert von 12,3 (Kontrolle) signifikant auf 11,3 (Tab. 10). Wesentlich

Ergebnisse

wirksamer war dagegen die Anwendung von SO₄-S: Alle drei Applikationsmengen 20, 40 und 60 kg S/ha induzierten mit Werten von 11,3 bis 10,5 signifikant niedrigere N:S-Verhältnisse. Eine Chloriddüngung beeinflußte die N:S-Verhältnisse nicht.

Die N:S-Verhältnisse des Mehls lagen mit Werten zwischen 12,3 und 15,6 wesentlich weiter als die des ganzen Korns. Hier unterschieden sich nur die mit SO₄-S gedüngten Varianten SO₄-40 und SO₄-60 mit Werten von 12,3 und 12,4 signifikant von der Kontrolle mit einem Wert von 14,1 (Tab. 10).

Die S-Gehalte des ganzen Korns gestalteten sich entsprechend den N:S-Verhältnissen: In der mit elementarem Schwefel gedüngten Gruppe unterschied sich nur die Variante SO₄-60 mit einem Gehalt von 0,144 % Schwefel signifikant von der Kontrolle (0,133 % S), während sich alle Varianten der SO₄-S-Gruppe mit Gehalten zwischen 0,147 und 0,154 % S von der Kontrolle unterschieden (Tab. 11). Es bestand keine signifikante Beziehung zwischen den N- und S-Gehalten des Korns.

Tab. 11: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor (Ganzkorn, TM) sowie Schwefelentzüge (Korn + Stroh) von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Standort Bentfeld, $\alpha = 5\%$

Variante	Ganzkorn					Korn + Stroh kg/ha	
	% S	% P	% K	% Mg	ppm Cl	S-Entzug	
Kontrolle	0,133 abc	0,30 a	0,45 a	0,091 a	684 bc	5,1 ab	
S-20	0,137 bcd	0,31 a	0,45 a	0,091 a	604 a	5,8 abcd	
S-40	0,140 cde	0,30 a	0,46 a	0,088 a	617 ab	6,9 cd	
S-60	0,144 de	0,31 a	0,45 a	0,095 a	618 ab	6,2 abcd	
SO4-20	0,147 ef	0,31 a	0,45 a	0,090 a	611 ab	6,6 bcd	
SO4-40	0,154 f	0,30 a	0,46 a	0,090 a	625 ab	7,2 d	
SO4-60	0,153 f	0,30 a	0,45 a	0,096 a	616 ab	9,7 e	
MgCl ₂ -1	0,128 ab	0,31 a	0,45 a	0,091 a	703 c	4,9 a	
MgCl ₂ -2	0,128 a	0,31 a	0,45 a	0,088 a	758 c	5,2 abc	
MgCl ₂ -3	0,129 ab	0,30 a	0,44 a	0,093 a	713 c	4,8 a	

Ebenfalls keine Unterschiede ergaben sich innerhalb der Düngungsvarianten hinsichtlich der Gehalte des ganzen Korns an P, K und Mg (Tab. 11). Dagegen unterschieden sich die Cl-Gehalte aller mit $MgCl_2$ gedüngten Varianten mit Werten zwischen 703 und 758 ppm signifikant von der Kontrolle (684 ppm).

Auch in diesem Untersuchungsjahr schlügen sich die verschiedenen S-Applikationen sehr viel deutlicher in den S-Gehalten des Strohs als des Korns nieder. Schon eine Gabe von nur 20 kg/ha an elementarem S genügte, um den S-Gehalt der Kontrolle (0,107 % S) signifikant auf 0,135 % zu steigern (Tab. 12). Höhere Gaben dieser Düngerart steigerten den S-Gehalt des Strohs bis auf 0,169 %. Im Vergleich zu elementarem Schwefel erwies sich eine Düngung mit SO_4 -S mit Blick auf die Aufnahme in die Pflanze als wesentlich wirksamer: Schon eine Gabe von nur 20 kg/ha SO_4 -S steigerte den S-Gehalt des Strohs im Vergleich zur mit elementarem S gedüngten Variante S-20 (0,146 % S, Tab. 12) signifikant auf 0,183 %. Eine Düngung mit $MgCl_2$ veränderte den S-Gehalt des Strohs nicht.

Tab. 12: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor und Silizium von Weizenstroh eines Düngungsversuchs, Ernte 1999, Standort Bentfeld, $\alpha = 5\%$

Variante	% S	% P	% K	% Mg	% Cl	% Si
Kontrolle	0,107 a	0,18 a	1,38 a	0,09 a	0,17 a	1,14 a
S-20	0,135 b	0,19 a	1,37 a	0,10 a	0,17 a	1,41 a
S-40	0,146 bc	0,18 a	1,43 ab	0,10 a	0,21 a	1,43 a
S-60	0,169 cd	0,19 a	1,38 a	0,09 a	0,21 a	1,35 a
SO_4 -20	0,183 d	0,18 a	1,46 ab	0,09 a	0,22 a	1,30 a
SO_4 -40	0,240 e	0,18 a	1,39 a	0,09 a	0,22 a	1,20 a
SO_4 -60	0,244 e	0,17 a	1,42 ab	0,09 a	0,25 a	1,48 a
$MgCl_2$ -1	0,106 a	0,19 a	1,62 bc	0,09 a	0,93 b	1,37 a
$MgCl_2$ -2	0,109 a	0,19 a	1,81 cd	0,10 a	1,23 c	1,46 a
$MgCl_2$ -3	0,105 a	0,17 a	1,86 d	0,10 a	1,38 d	1,31 a

Die S-Entzüge (Korn und Stroh) wiesen Werte zwischen 4,8 und 9,7 kg/ha auf (Tab. 11). Auch die über ein ermitteltes Korn:Stroh-Verhältnis von 0,93 berechneten Stroherträge variierten wie die Kornerträge stark (Anhang Tab. A16). So lagen nur die S-Entzüge (Korn und Stroh) der Variante S-40 (nicht aber von der Variante S-60)

sowie der Variante SO₄-40 und SO₄-60 mit Werten von 6,9, 7,2 und 9,7 kg/ha signifikant über dem der Kontrolle mit 5,1 kg/ha (Tab. 11).

Die Gehalte des Strohs an P, Mg und Si unterschieden sich in den verschiedenen Varianten nicht (Tab. 12). Dagegen wurde durch die Anwendung von MgCl₂ der K-Gehalt mit Werten zwischen 1,62 und 1,86 % im Vergleich zur Kontrolle (1,38 % K) signifikant erhöht. Das Stroh der mit MgCl₂ gedüngten Varianten wies mit Cl-Gehalten zwischen 0,93 und 1,38 % ein Vielfaches des Gehaltes der Kontrolle (0,17 %) auf.

Mit steigenden N-Gehalten des Korns ergaben sich sinkende relative Gehalte Albumin- und Globulin-N von N_t (Abb. 14) sowie steigende Gehalte an Gliadin (Abb. 15), Gesamt-Glutenin (Abb. 16), HMW- und LMW-Glutenin (Abb. 17 und 18). Da die Ausprägung der Proteinfraktionen vom N-Gehalt der Probe abhängig war, wurde letzterer Einfluß eliminiert, indem über die Regressionsgleichungen die Gehalte der verschiedenen Proteine auf einen gleichen N-Gehalt von 1,60 % korrigiert wurden. (Tab. 13).

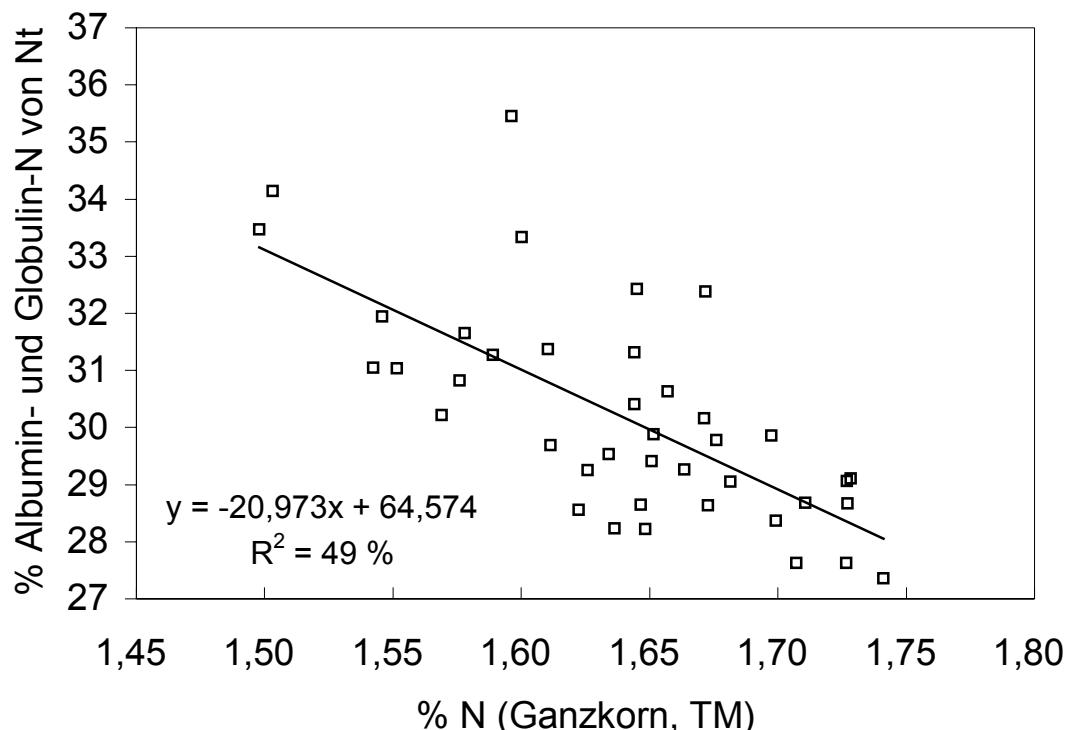


Abb. 14: Beziehung zwischen N-Gehalten und relativen Gehalten (%) Albumin- und Globulin-N von N_t von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld

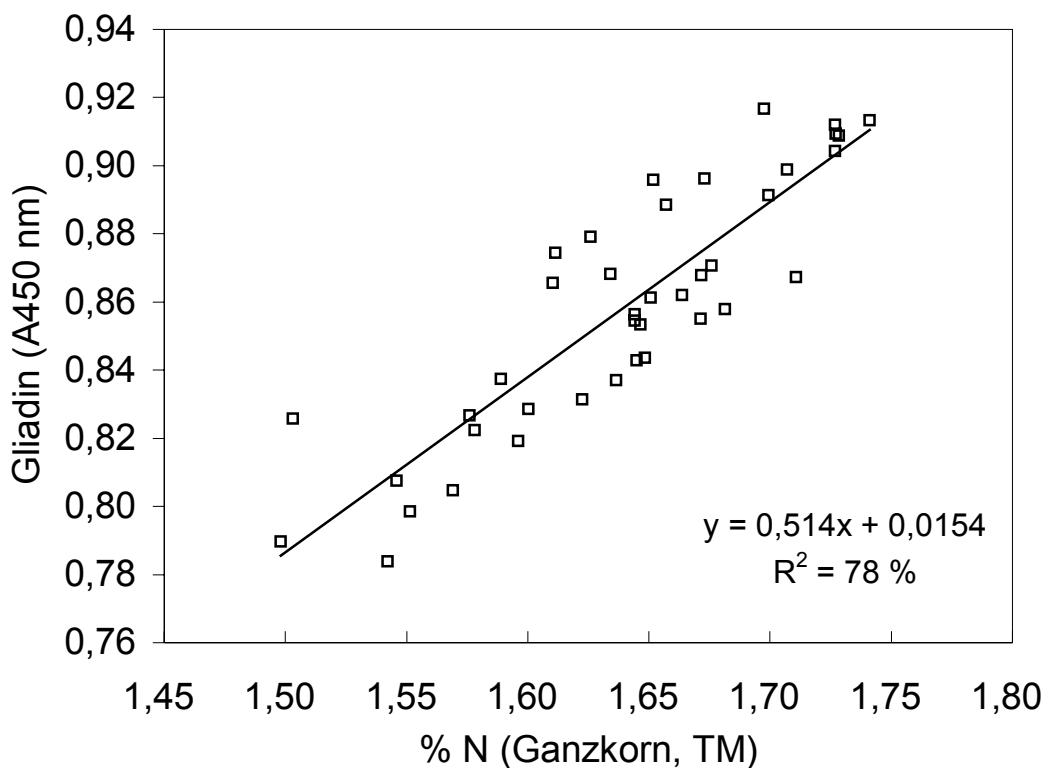


Abb. 15: Beziehungen zwischen N- und Gliadin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

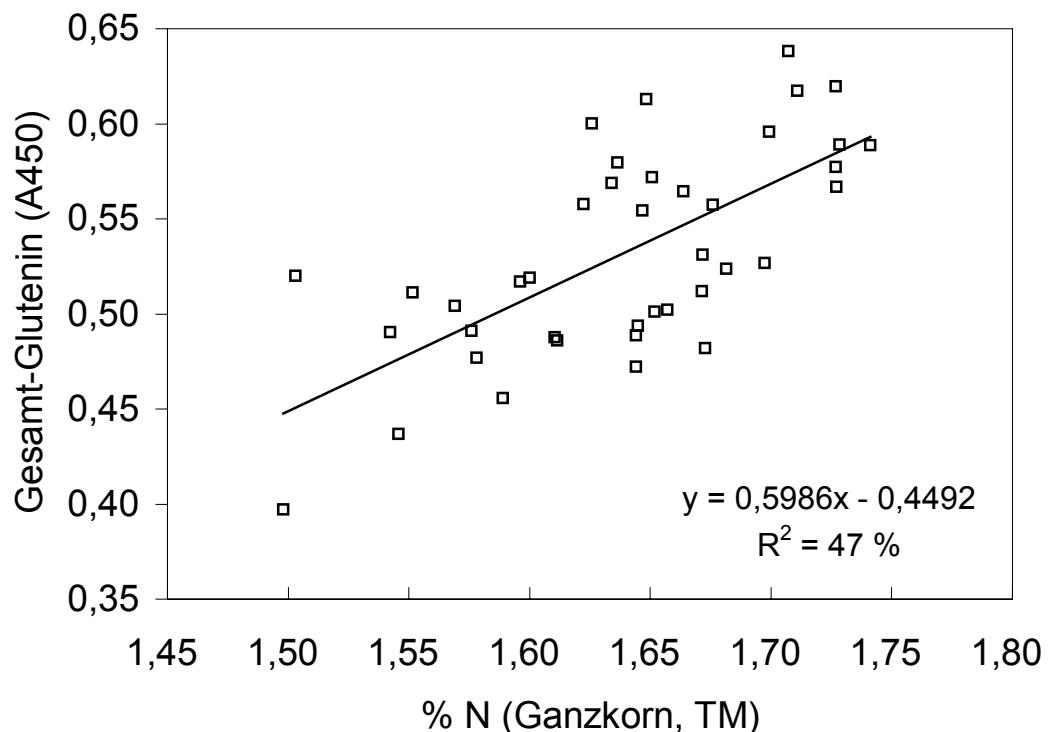


Abb. 16: Beziehungen zwischen N- und Gesamt-Glutelin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

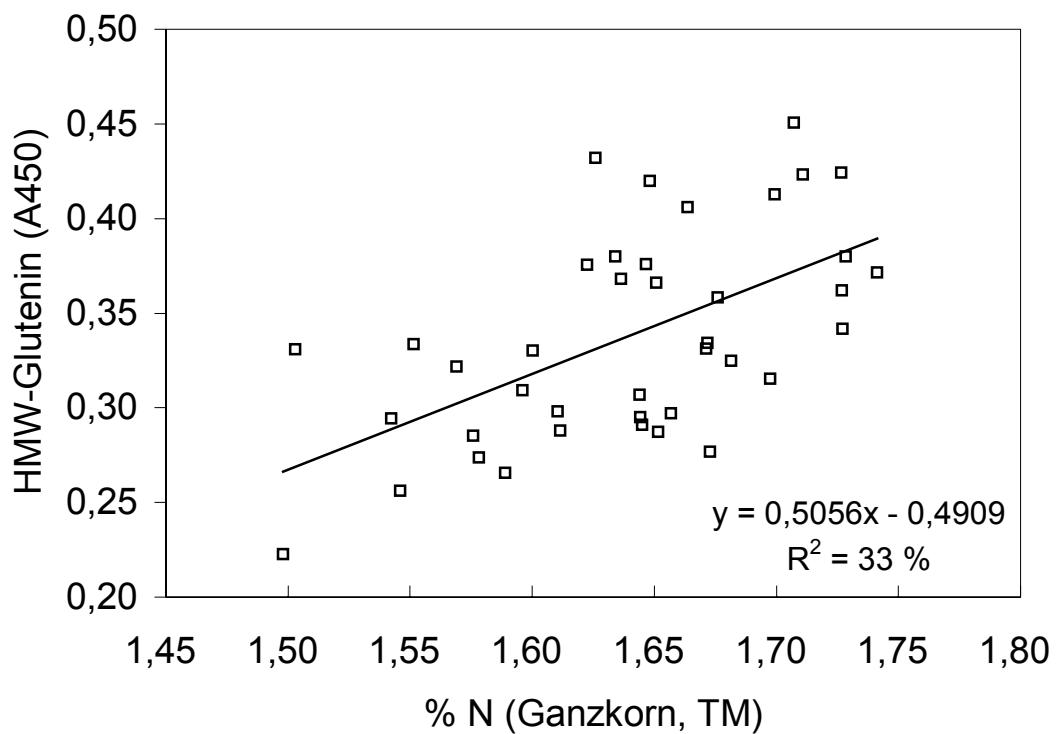


Abb. 17: Beziehungen zwischen N- und HMW-Glutelin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

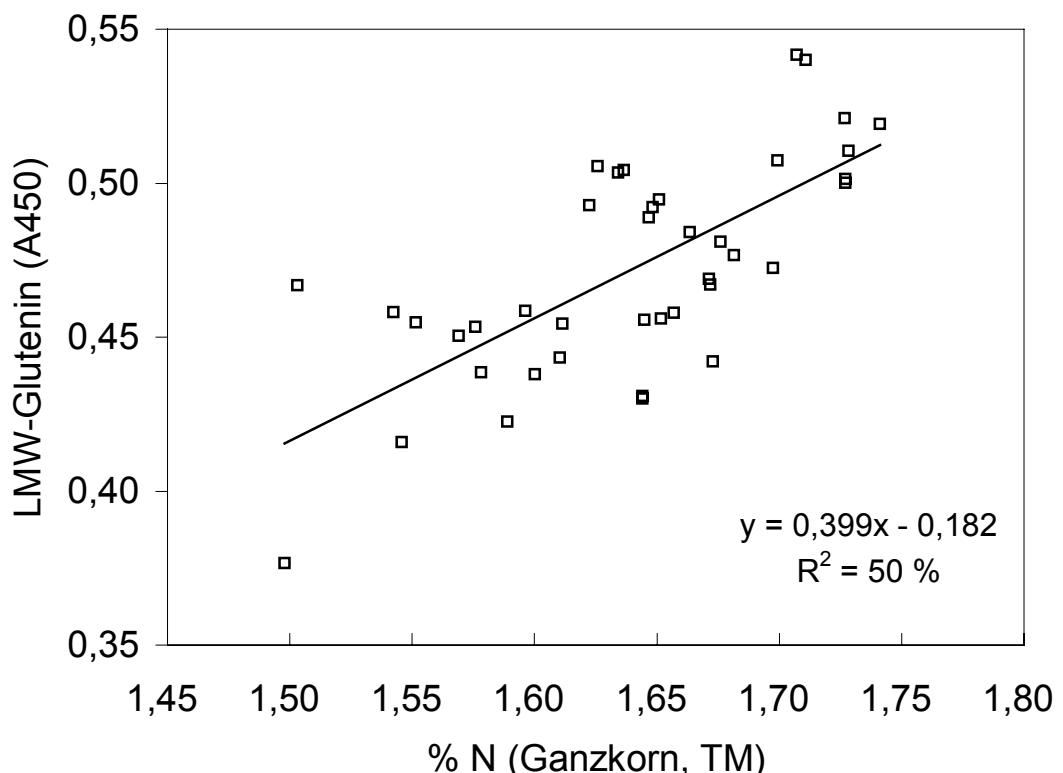


Abb. 18: Beziehungen zwischen N- und LMW-Glutelin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BUSSARD) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld. A450 = Absorptionseinheiten

Tab. 13: Auf einen N-Gehalt von 1,60 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen sowie Schwefel von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld
AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t, A450 = Absorptionseinheiten

Variante	AG %	Gliadin A450	Gesamt-Glutenin A450	HMW-Glutenin A450	LMW-Glutenin A450
Kontrolle	31,4 a	0,830 a	0,524 d	0,327 d	0,463 de
S-20	30,9 a	0,830 a	0,511 d	0,321 d	0,459 cd
S-40	32,0 a	0,827 a	0,503 cd	0,304 cd	0,454 bcd
S-60	31,2 a	0,836 a	0,478 bc	0,283 abc	0,437 ab
SO ₄ -20	32,1 a	0,836 a	0,480 bc	0,289 bc	0,442 bc
SO ₄ -40	31,4 a	0,848 a	0,453 a	0,264 a	0,420 a
SO ₄ -60	31,0 a	0,862 a	0,470 ab	0,270 ab	0,436 ab
MgCl ₂ -1	30,4 a	0,846 a	0,555 e	0,363 e	0,488 f
MgCl ₂ -2	29,8 a	0,832 a	0,551 e	0,370 ef	0,482 ef
MgCl ₂ -3	30,2 a	0,831 a	0,561 e	0,389 f	0,481 ef

Durch die verschiedenen Düngerapplikationen wurden die auf einen einheitlichen N-Gehalt von 1,60 % N des Korns korrigierten Gehalte an Albumin und Globulin und Gliadin nicht beeinflußt. (Tab. 13) Dagegen senkten die S-Applikationen im Vergleich zur Kontrolle alle Glutenin-Fraktionen, wobei bei Anwendung von elementarem Schwefel jeweils nur die höchste Düngungsstufe S-60 wirksam war, bei Anwendung von SO₄-S jedoch schon die niedrigste Stufe SO₄-20. Interessanterweise führte die Anwendung von MgCl₂ grundsätzlich zu signifikant höheren Gehalten an Gesamt- und HMW-Glutenin als die Kontrolle. Damit lagen nicht nur für das ganze Korn (o. Abb), sondern auch für das Mehl die Glutenin:Gliadin-Verhältnisse der Proben ohne S-Applikation (Kontrolle, MgCl₂-Varianten) im Vergleich zu den Proben mit einer S-Düngung auf deutlich höherem Niveau (Abb. 19).

Aus Tabelle 10 ist ersichtlich, daß das Backvolumen im Rapid-Mix-Test erst durch die Anwendung von 60 kg/ha elementarem S signifikant von 535 ml (Kontrolle) auf 492 ml reduziert wurde. Bei Anwendung von SO₄-S war zwar schon eine Applikation von 40 kg S/ha ausreichend, um das Backvolumen auf 478 ml zu senken.

Eine Anwendung von 60 kg/ha SO₄-S unterschied sich mit 501 ml allerdings nicht mehr von der Kontrolle. Die MgCl₂-Düngungen beeinflußten trotz höherer Glute-

nin:Gliadin-Verhältnisse (Abb. 19) das Backergebnis nicht. Da eine schwache ($R^2 = 17\%$) aber signifikante Abhängigkeit des RMT-Volumens vom N-Gehalt des Mehls gegeben war (Abb. 20), wurden die Backvolumina über die Polynomregression auf einen einheitlichen N-Gehalt des Mehls von 1,60 % korrigiert und erneut statistisch geprüft. Durch diese Operation ergaben sich allerdings gegenüber den in Tabelle 10 dargestellten Resultaten keine veränderten Gewichtungen (Abb. 21).

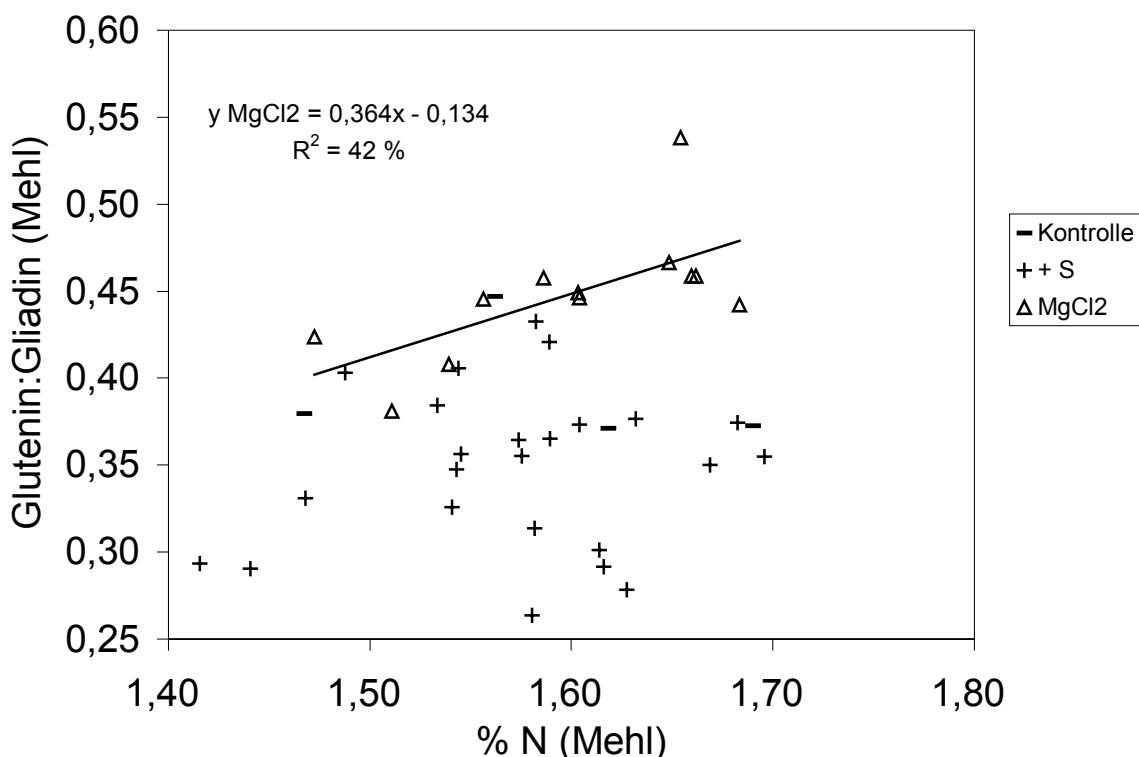


Abb. 19: Beziehungen zwischen N-Gehalten und Glutenin:Gliadin-Verhältnissen von Weizen eines Düngungsversuchs (Ernte 1999), Versuchsstandort Bentfeld.
„- S“ = ohne S-Düngung, „+ S“ = mit S-Düngung

Mit einem Bestimmtheitsmaß von 28 % fiel die Beziehung der Glutenin:Gliadin-Verhältnisse des Mehls zum Backvolumen stärker als die der N-Gehalte des Mehls zum Backergebnis aus (Abb. 22). Das schlechtere Backergebnis bei Anwendung SO₄-S-haltiger Dünger erklärt sich hier aus den niedrigeren Glutenin:Gliadin-Verhältnissen dieser Proben. Erwähnenswert ist, daß das Backvolumen sehr viel stärker ($R^2= 35\%$) zum N:S-Verhältnis des ganzen Korns in einer Beziehung stand (Abb. 23) als zu dem des Mehls ($R^2= 11\%$, o. Abb.). Weitere N:S-Verhältnisse führten zu höheren Backvolumina.

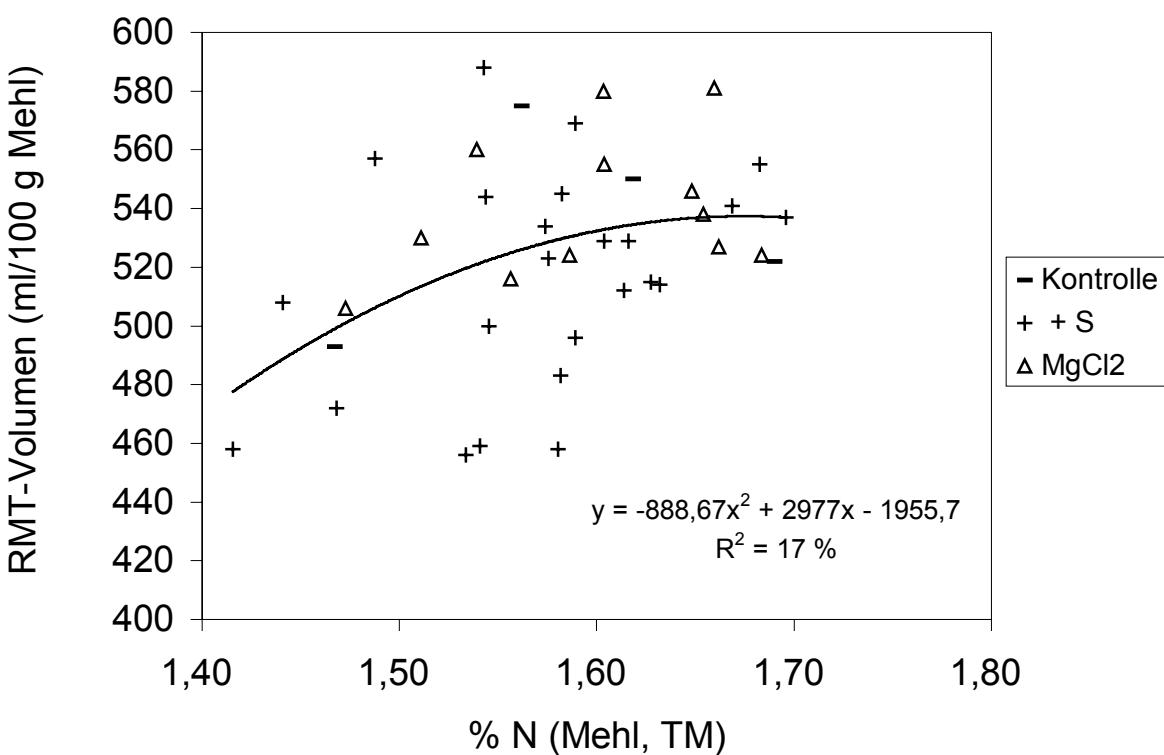


Abb. 20: Beziehung zwischen N-Gehalten des Mehls und Backvolumina im Rapid-Mix-Test von Weizen eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld

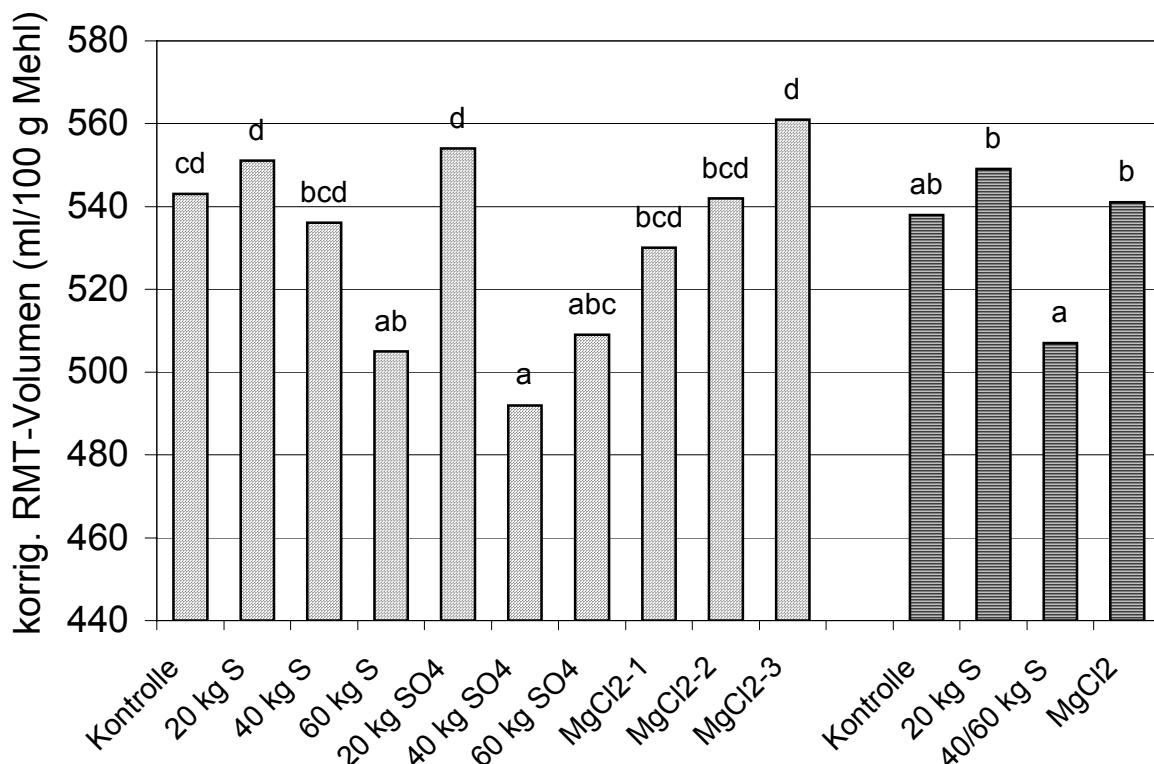


Abb. 21: Über die Polynomregression (s. Abb. 20) auf einen einheitlichen N-Gehalt des Mehls von 1,60 % korrigierte Backvolumina im Rapid-Mix-Test. Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede im Multiple-Range-Test, $\alpha = 5\%$

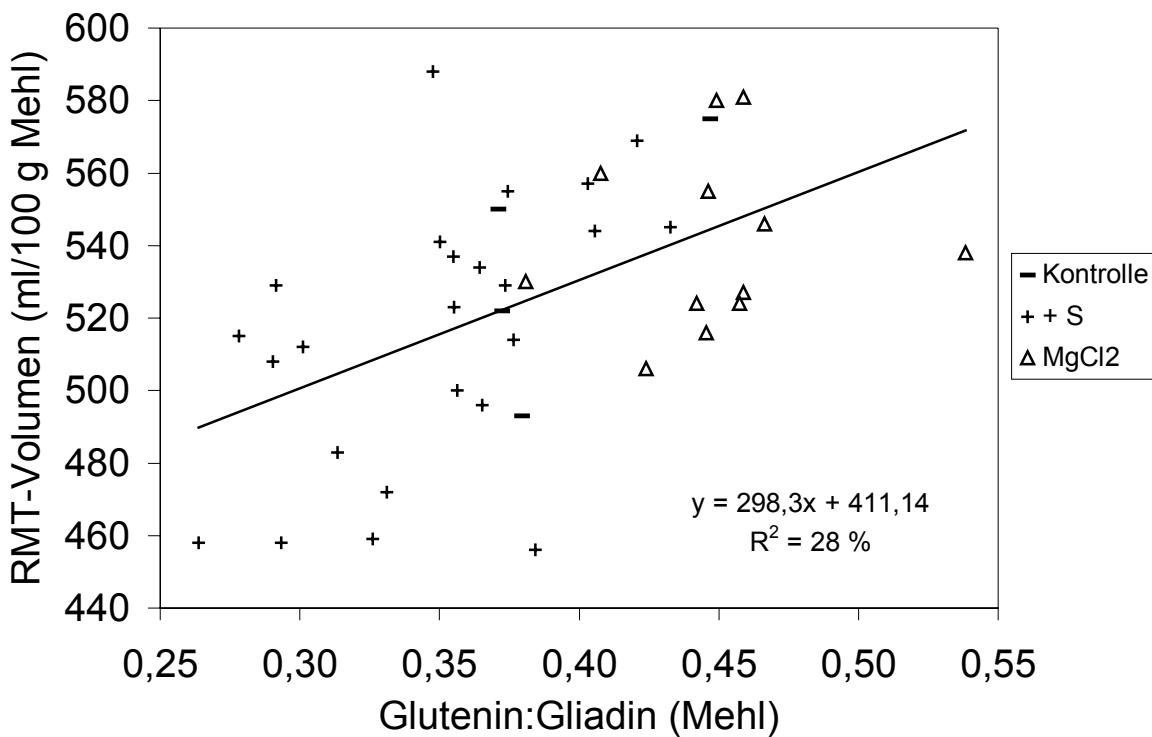


Abb. 22: Beziehung zwischen Glutenin:Gliadin-Verhältnissen (Ganzkorn) und Backvolumina im Rapid-Mix-Test von Weizen eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld

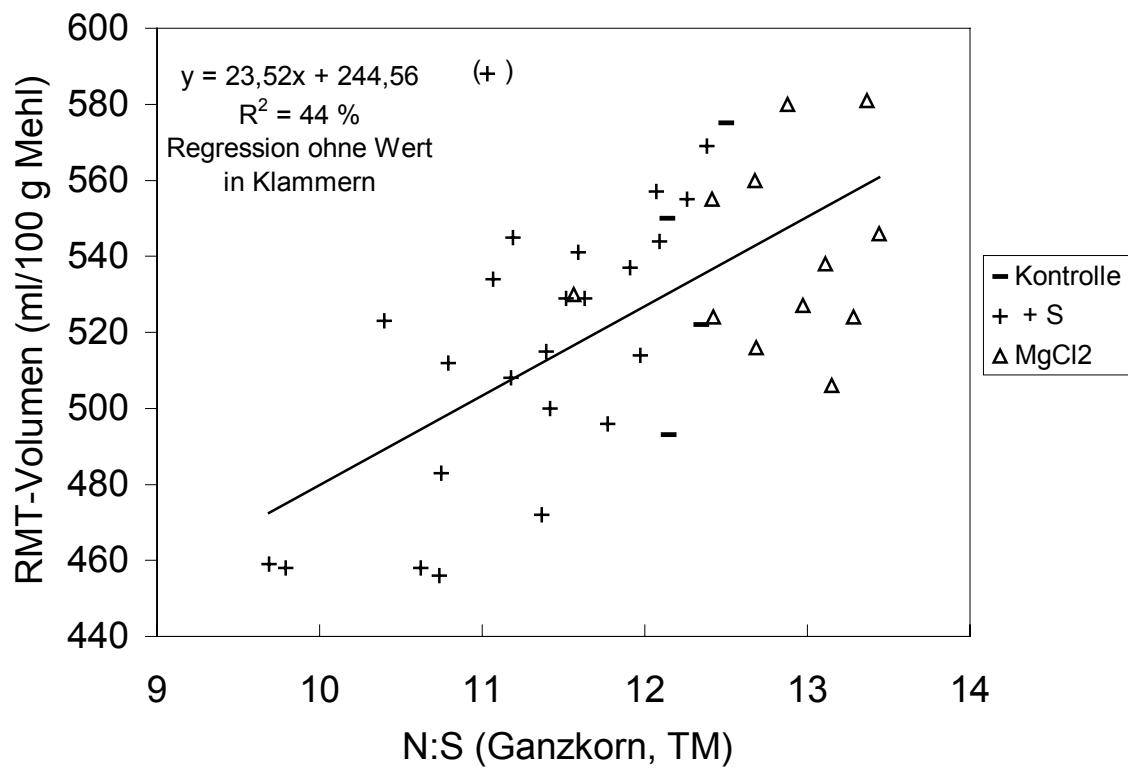


Abb. 23: Beziehung zwischen N:S-Verhältnissen und Backvolumina im Rapid-Mix-Test von Weizen (Ganzkorn) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld

3.2.2 Versuchsstandort Tröndel

Auf dem Versuchsstandort Tröndel wurden im Untersuchungsjahr 1999 mit einem mittleren Ertrag von 48,3 dt/ha ein für die Verhältnisse des Ökologischen Landbaus gutes Ergebnis erzielt. Allerdings unterschieden sich aufgrund zu großer Inhomogenität des Bestandes die Erträge in den einzelnen Varianten nicht signifikant (Tab. 14). Die Tausendkornmassen variierten mit Werten zwischen 46,4 und 47,8 g dagegen wie die N-Gehalte des ganzen Korns mit Werten zwischen 1,57 und 1,68 % kaum (Tab. 14). Beide Parameter unterschieden sich innerhalb der Düngungsvarianten nicht signifikant. Tendenziell führten jedoch im Vergleich zur Kontrolle steigende S-Gaben zu niedrigeren N-Gehalten des ganzen Korns und des Mehls. Hinsichtlich der N:S-Verhältnisse unterschieden sich nur die beiden Varianten mit den höchsten S-Applikationen mit Werten von 12,3 (S-60) und 11,9 (SO₄-60) signifikant von der Kontrolle mit 13,0. Die N:S-Verhältnisse des Mehls fielen mit Werten zwischen 13,3 und 15,9 durchweg weiter aus als die des ganzen Korns. Hier unterschied sich allerdings nur noch die Variante SO₄-60 mit 13,3 von der Kontrolle mit 14,9. Die N-Gehalte des Mehls unterschieden sich mit Werten zwischen 1,46 und 1,59 % nicht.

Tab. 14: Erträge (dt/ha, 86 % TM), Tausendkornmassen (TKM, g), N-Gehalte (TM), N:S-Verhältnisse sowie Ergebnisse des Rapid Mix Tests (ml/100 g Mehl) von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Standort Tröndel, $\alpha = 5\%$

Variante	Ertrag	TKM	Ganzkorn		Mehl		RMT
			% N	N:S	% N	N:S	
Kontrolle	53,0 a	47,5 a	1,68 a	13,0 bc	1,59 a	14,9 bcd	531 a
S-20	49,9 a	47,8 a	1,65 a	12,6 abc	1,55 a	14,2 abc	527 a
S-40	48,6 a	46,6 a	1,60 a	12,7 abc	1,46 a	14,2 abc	500 a
S-60	46,9 a	47,0 a	1,59 a	12,3 a	1,46 a	13,5 ab	512 a
SO ₄ -20	50,4 a	46,4 a	1,60 a	12,3 ab	1,49 a	14,0 abc	501 a
SO ₄ -40	52,4 a	47,3 a	1,63 a	12,3 ab	1,52 a	13,9 abc	515 a
SO ₄ -60	47,4 a	46,4 a	1,57 a	11,9 a	1,47 a	13,3 a	510 a
MgCl ₂ -1	46,7 a	47,2 a	1,63 a	13,3 c	1,51 a	14,8 bcd	511 a
MgCl ₂ -2	49,1 a	47,3 a	1,64 a	13,2 c	1,51 a	15,0 cd	516 a
MgCl ₂ -3	38,3 a	47,6 a	1,60 a	13,1 bc	1,49 a	15,9 d	502 a

Die S-Gehalte des ganzen Korns unterschieden sich mit Werten zwischen 0,122 und 0,133 % nicht (Tab. 15). Da bei den Proben dieses Standorts eine signifikante Beziehung zwischen N- und S-Gehalt bestand (Abb. 23), wurde der Einfluß des N-Gehaltes eliminiert, indem die S-Gehalte über die Regressionsgleichung auf einem einheitlichen N-Gehalt von 1,60 % berechnet wurden (Tab. 17). Allerdings unterschieden sich auch nach dieser Operation die mit S gedüngten Varianten nicht von den S-Gehalten der Kontrolle. Die Varianten S-60 sowie alle SO_4 -Varianten wiesen signifikant höhere S-Gehalte als die mit MgCl_2 gedüngten Versuchsglieder auf.

Tab. 15: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor (Ganzkorn, TM) sowie Schwefelentzüge (Korn + Stroh) von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Standort Tröndel, $\alpha = 5\%$

Variante	Ganzkorn					Korn + Stroh kg/ha
	% S	% P	% K	% Mg	ppm Cl	S-Entzug
Kontrolle	0,130 a	0,32 a	0,45 a	0,08 a	492 ab	9,7 bc
S-20	0,131 a	0,32 a	0,47 a	0,08 a	460 a	9,5 bc
S-40	0,127 a	0,31 a	0,48 a	0,08 a	457 a	9,9 bc
S-60	0,132 a	0,32 a	0,48 a	0,09 a	491 ab	10,6 cd
SO_4 -20	0,130 a	0,32 a	0,47 a	0,09 a	471 ab	11,5 cd
SO_4 -40	0,133 a	0,31 a	0,47 a	0,08 a	468 ab	12,5 d
SO_4 -60	0,132 a	0,31 a	0,47 a	0,08 a	504 abc	11,8 cd
MgCl_2 -1	0,123 a	0,33 a	0,48 a	0,08 a	503 abc	8,1 ab
MgCl_2 -2	0,125 a	0,34 a	0,48 a	0,08 a	514 bc	8,2 ab
MgCl_2 -3	0,122 a	0,33 a	0,48 a	0,09 a	549 c	6,1 a

Die P-, K- und Mg-Gehalte des Korns unterschieden sich mit Werten zwischen 0,31 und 0,34 % (P), 0,45 und 0,48 % (K) und 0,08 und 0,09 % (Mg) nicht (Tab. 15). Nur die Variante MgCl_2 -3 wies mit 549 ppm Cl im Korn einen signifikant höheren Wert auf als die Kontrolle (492 ppm).

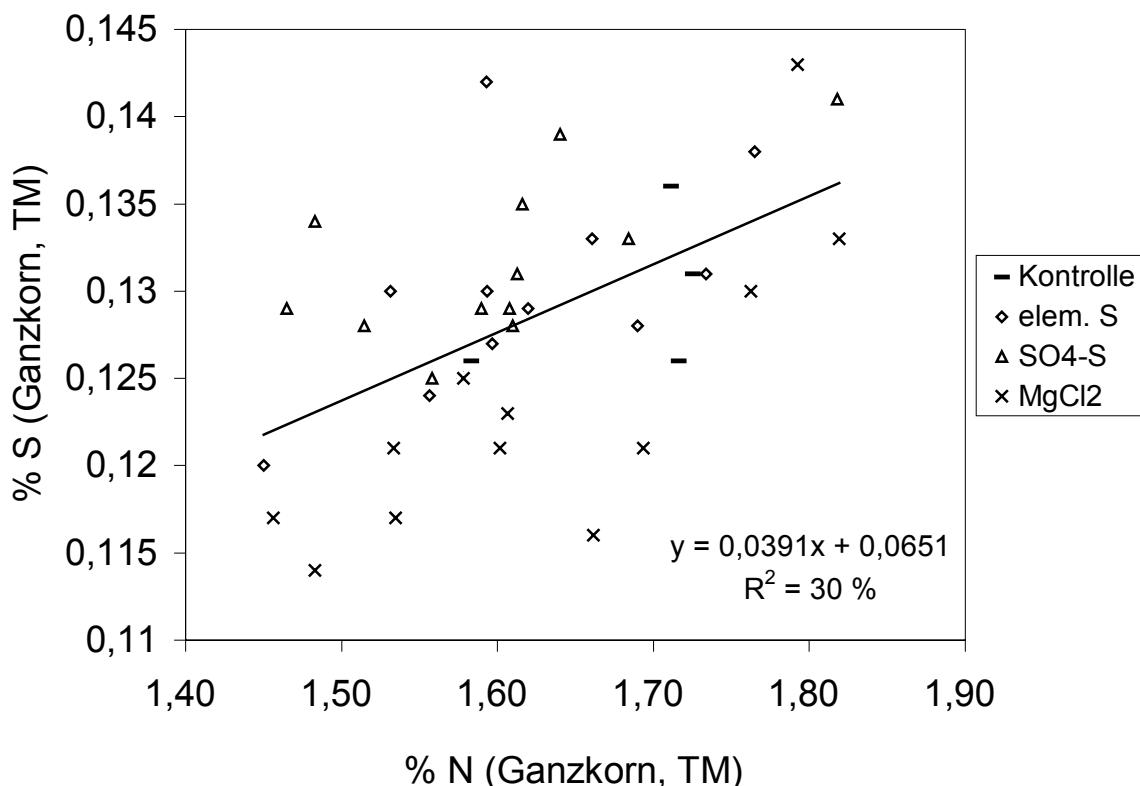


Abb. 23: Beziehung zwischen N- und S-Gehalten von Winterweizen (Sorte BELI-SAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel

Mit Blick auf die S-Gehalte des Strohs unterschieden sich bei Düngung mit elementarem Schwefel nur die Stufen S-40 und S-60 mit Werten von 0,117 und 0,143 % S von der Kontrolle (0,087 % S, Tab. 16) Dagegen übertraf bei Anwendung von SO₄-S auch die Stufe SO₄-20 mit 0,146 % den S-Gehalt der Kontrolle. In jeder der drei Düngungsstufen war gemessen an den S-Gehalten des Strohs die Applikation von SO₄-S der Anwendung von elementarem Schwefel signifikant überlegen.

Hinsichtlich der S-Entzüge (Korn und Stroh) unterschied sich von den S-Düngungsvarianten aufgrund zu großer Streuungen der Körnerträge (und damit auch der aufgrund eines ermittelten Korn:Stroh-Verhältnisses von 0,94 errechneten Stroherträge nur die Variante SO₄-40 mit einem Entzug von 12,5 kg S/ha von der Kontrolle mit 9,7 kg S/ha (Tab. 15).

Mit steigenden N-Gehalten des Korns sanken die relativen Gehalte Albumin- und Globulin-N von N_t (Abb. 24), und stiegen die absoluten Gehalten an Gliadin (Abb. 25), Gesamt-; HMW- und LMW-Glutelin (Abb. 26 - 28).

Tab. 16: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor und Silizium von Weizenstroh eines Düngungsversuchs, Ernte 1999, Standort Tröndel, $\alpha = 5\%$

Variante	% S	% P	% K	% Mg	% Cl	% Si
Kontrolle	0,087 ab	0,12 a	1,03 ab	0,08 a	0,16 a	2,21 a
S-20	0,098 bc	0,12 a	1,11 bcd	0,08 a	0,17 a	2,04 a
S-40	0,117 c	0,13 a	1,02 a	0,09 a	0,17 a	2,18 a
S-60	0,143 d	0,14 a	1,05 abc	0,09 a	0,15 a	2,25 a
SO4-20	0,146 d	0,12 a	1,07 abc	0,09 a	0,16 a	2,15 a
SO4-40	0,156 de	0,13 a	1,05 ab	0,09 a	0,16 a	2,26 a
SO4-60	0,172 e	0,12 a	1,06 abc	0,09 a	0,17 a	2,25 a
MgCl ₂ -1	0,085 ab	0,14 a	1,13 cd	0,09 a	0,38 b	2,23 a
MgCl ₂ -2	0,074 ab	0,13 a	1,22 e	0,09 a	0,55 c	2,10 a
MgCl ₂ -3	0,070 a	0,13 a	1,19 de	0,09 a	0,56 c	2,26 a

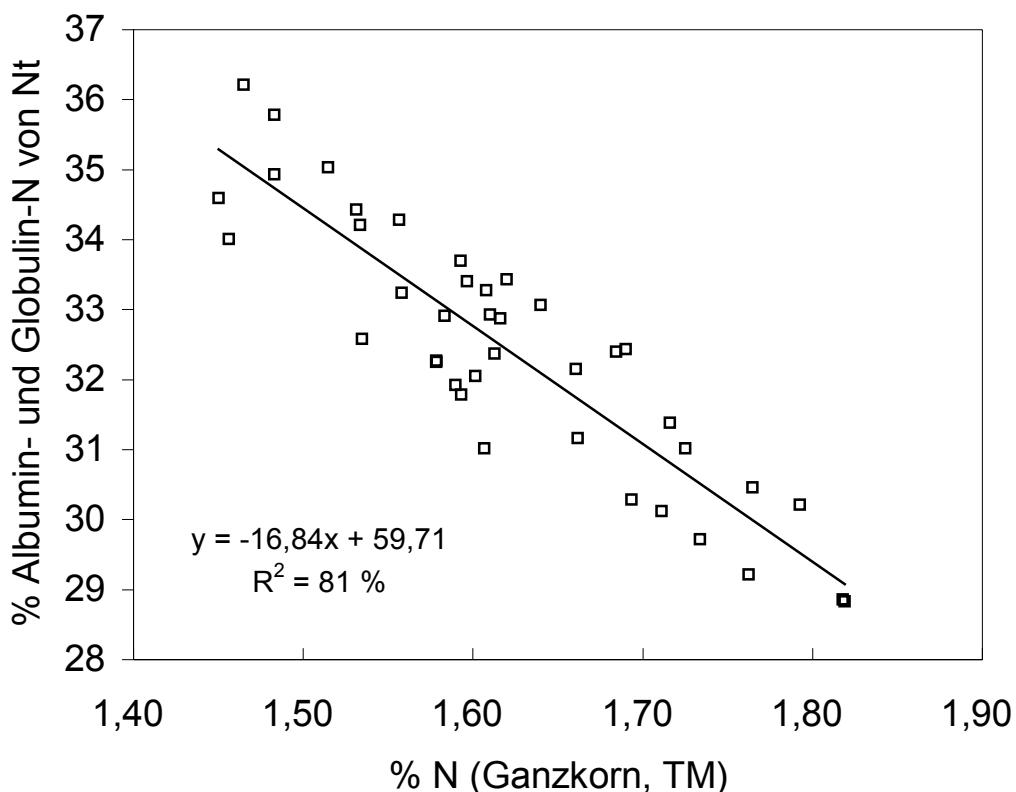


Abb. 24: Beziehung zwischen N-Gehalten und relativen Gehalten (%) Albumin- und Globulin-N von N_t von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel

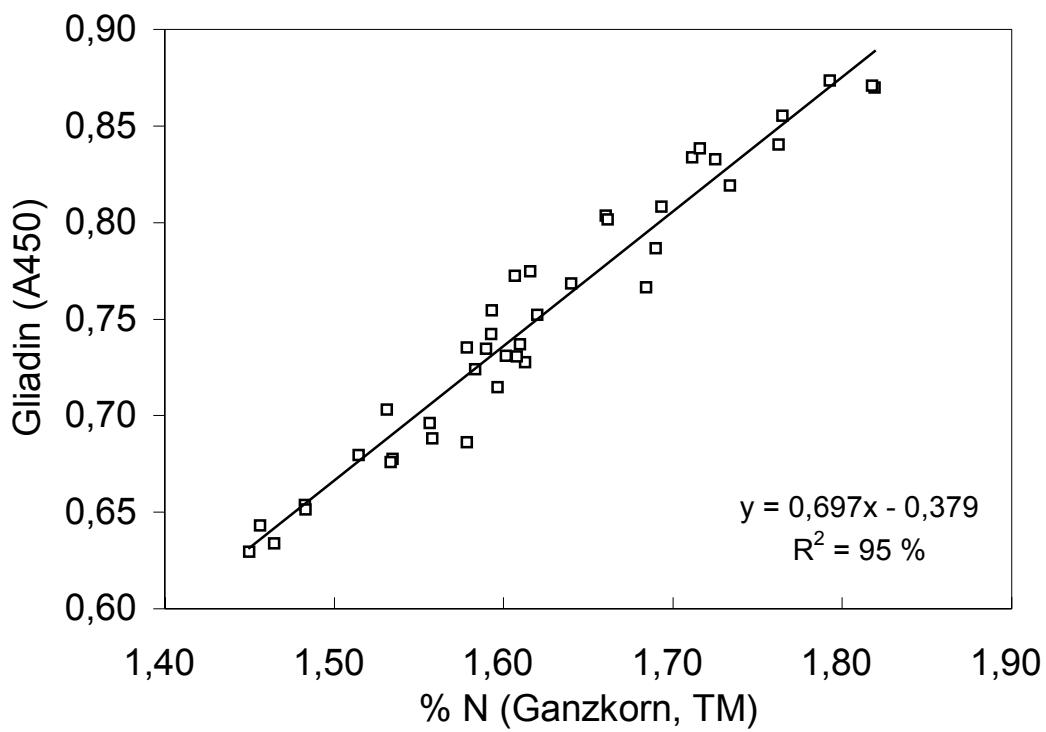


Abb. 25: Beziehungen zwischen N- und Gliadin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. A450 = Absorptionseinheiten

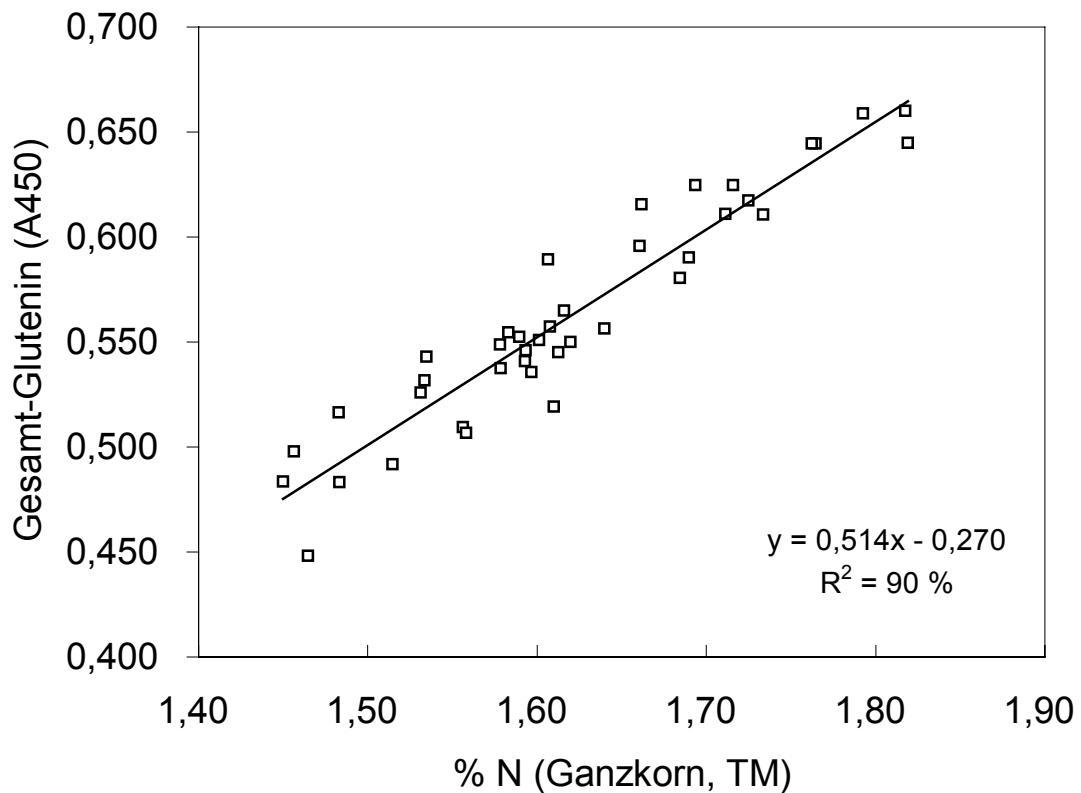


Abb. 26: Beziehungen zwischen N- und Gesamt-Glutenin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. A450 = Absorptionseinheiten

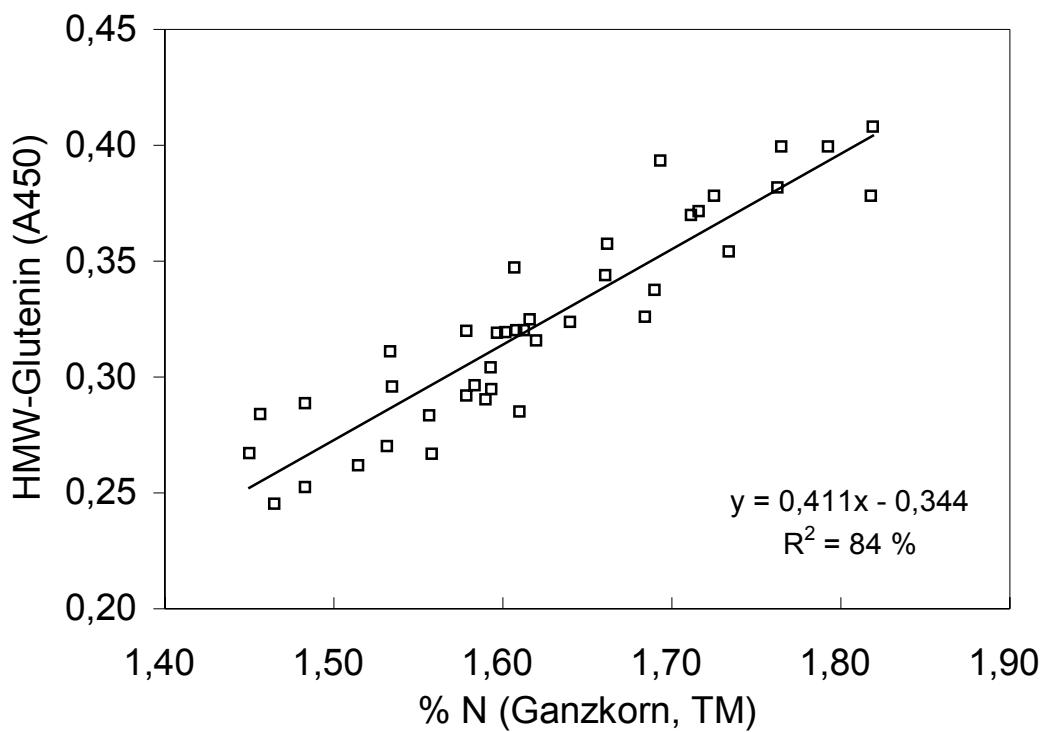


Abb. 27: Beziehungen zwischen N- und HMW-Glutelinin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. A450 = Absorptionseinheiten

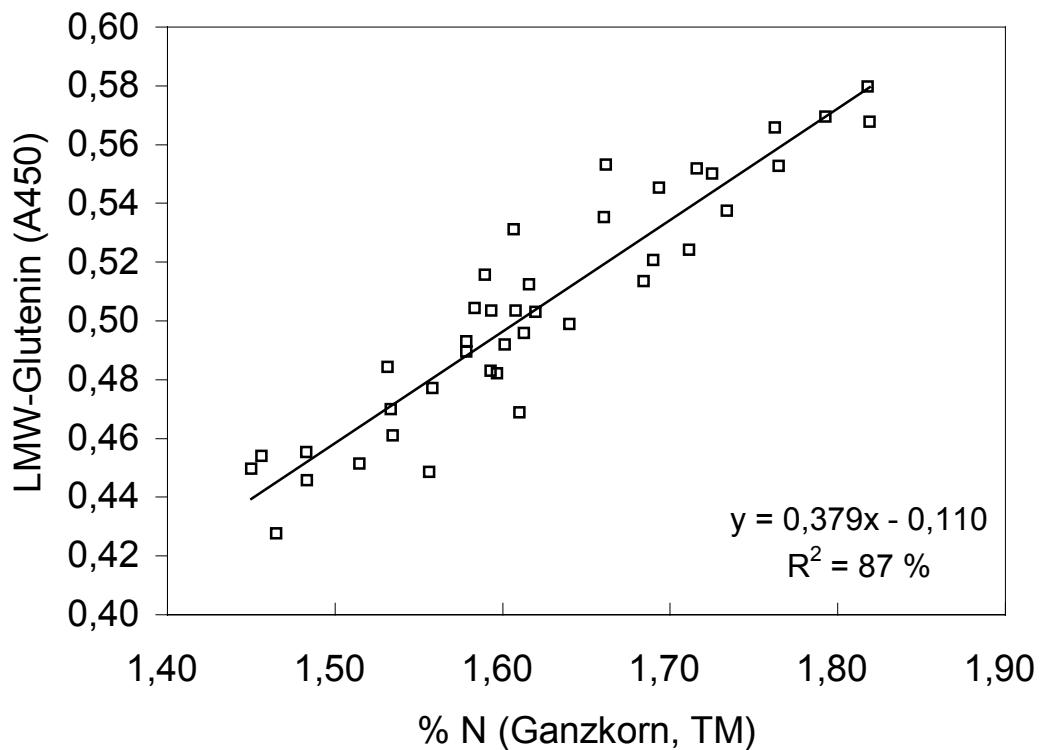


Abb. 28: Beziehungen zwischen N- und LMW-Glutelinin-Gehalten von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. A450 = Absorptionseinheiten

Zur statistischen Prüfung wurden die Gehalte der Proteinfraktionen über die verschiedenen Regressionen (s. Abb. 24 - 28) auf einen einheitlichen N-Gehalt von 1,60 % berechnet (Tab. 17):

Tab. 17: Auf einen N-Gehalt von 1,6 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen und Schwefel (Ganzkorn, TM) sowie Backvolumen im Rapid-Mix-Test von Winterweizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t, A450 = Absorptionseinheiten

Variante	AG %	Gliadin A450	Gesamt- Glutenin A450	HMW- Glutenin A450	LMW- Glutenin A450	S %	RMT ml
Kontrolle	32,8 bc	0,749 a	0,559 bc	0,297 a	0,501 a	0,126 ab	532 a
S-20	32,6 abc	0,740 a	0,557 bc	0,299 a	0,499 a	0,128 ab	538 a
S-40	32,8 bc	0,728 a	0,544 ab	0,300 a	0,489 a	0,127 ab	530 a
S-60	33,5 c	0,738 a	0,546 ab	0,303 ab	0,494 a	0,133 b	542 a
SO4-20	32,9 bc	0,727 a	0,542 ab	0,308 ab	0,494 a	0,130 b	526 a
SO4-40	33,2 bc	0,727 a	0,540 ab	0,319 bc	0,488 a	0,132 b	532 a
SO4-60	33,3 c	0,737 a	0,535 a	0,320 bc	0,490 a	0,133 b	540 a
MgCl ₂ -1	32,3 ab	0,740 a	0,568 c	0,329 c	0,508 a	0,122 a	530 a
MgCl ₂ -2	32,6 abc	0,737 a	0,566 c	0,332 c	0,499 a	0,123 a	535 a
MgCl ₂ -3	31,7 a	0,738 a	0,567 c	0,333 c	0,502 a	0,122 a	526 a

Hinsichtlich der Fraktion der salzlöslichen Proteine führte nur die höchste MgCl₃-Applikation mit 31,7 % Albumin- und Globulin-N von N_t zu gegenüber der Kontrolle (32,8 %) signifikant niedrigeren Gehalten. Die Gliadin-Gehalte unterschieden sich ebensowenig wie die LMW-Glutenin-Gehalte. Beim Gesamt-Glutenin führte eine S-Düngung nur bei der Variante SO₄-60 mit 0,535 Absorptionseinheiten zu gegenüber der Kontrolle (0,559 Absorptionseinheiten) signifikant niedrigeren Gehalten. Beim HMW-Glutenin fielen dagegen die Gehalte der Varianten SO₄-40 und SO₄-60 mit Werten von 0,319 und 0,320 Absorptionseinheiten signifikant höher aus als die Kontrolle mit 0,297 Absorptionseinheiten. Eine Anwendung von MgCl₂ führte in allen drei Düngungsstufen zu höheren Gehalten HMW-Glutenin als die Kontrolle.

Die Backvolumina im Rapid-Mix-Test variierten mit Werten zwischen 500 und 531 ml kaum und unterschieden sich innerhalb der Varianten nicht (Tab. 14). Mit einem Bestimmtheitsmaß von 52 % standen sie in einer verhältnismäßig starken Beziehung zum N-Gehalt (Abb. 29).

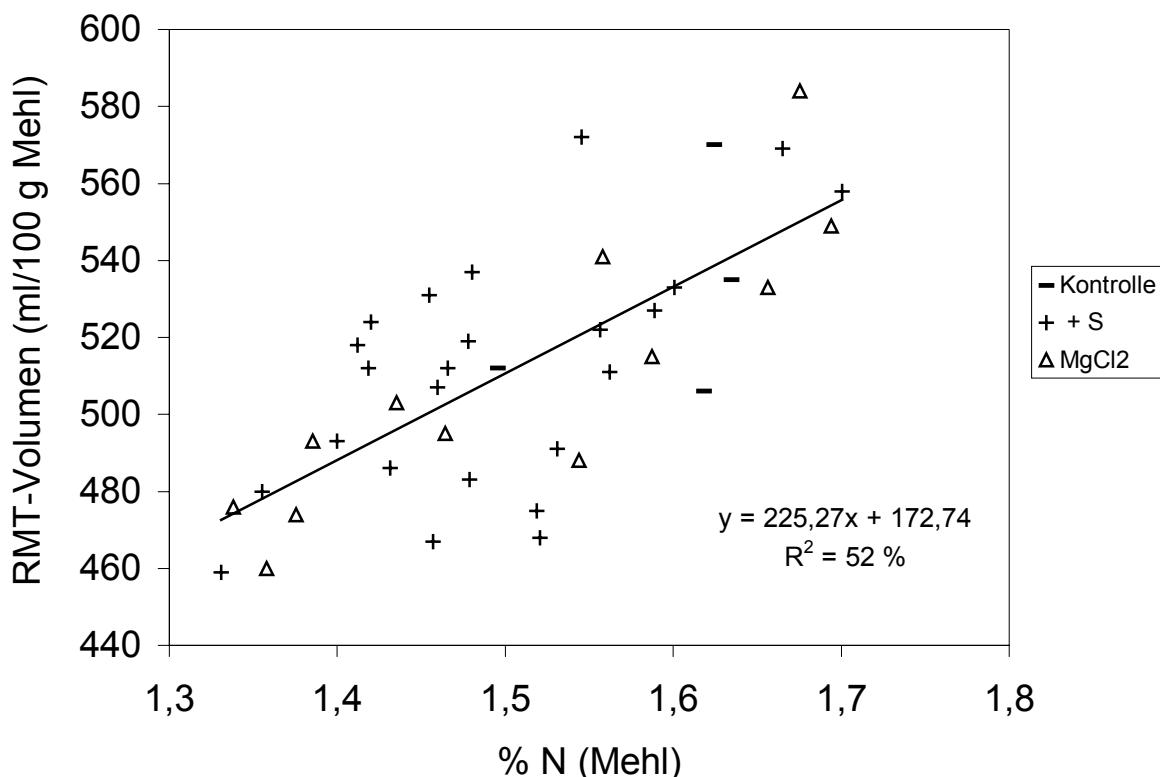


Abb. 29: Beziehung zwischen N-Gehalten und Backvolumina im Rapid-Mix-Test von Weizen (Sorte BELISAR) eines Düngungsversuchs. Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. „- S“ = ohne S-Düngung, „+ S“ = mit S-Düngung

Über die in Abb. 29 dargestellte Regression wurden die Backvolumina auf einen einheitlichen N-Gehalt von 1,60 % berechnet (Tab. 17). Mit Werten zwischen 526 und 542 ml Backvolumen variierten die Werte allerdings noch geringer als vor Ausschaltung des Einflusses des N-Gehaltes. Keiner der angewandten Dünger beeinflußte das Backergebnis. Auch bestanden keine Beziehungen der N:S-Verhältnisse weder des ganzen Korns noch des Mehls zum Backvolumen.

4 Diskussion

Erträge

Da der F-Test zur Prüfung der Erträge auf allen Versuchsstandorten beider Jahre 1998 und 1999 negativ ausfiel, d. h. auch der Mg-Anteil der $MgCl_2$ -Varianten nicht ertragswirksam war, erschien es nicht sinnvoll, etwaige Ertragsunterschiede dieser Varianten zur Kontrolle von den $MgSO_4$ -Varianten abzuziehen. Stattdessen wurden die $MgCl_2$ -Varianten besonders mit Blick auf die Backuntersuchungen als nicht mit Schwefel behandelte Variantengruppe beibehalten.

Das Niveau der gereinigten Erträge beider Standorte des Jahres 1998 lag mit Erträgen zwischen 21,2 und 30,6 dt/ha (Tab. 2 und 6) weit unterhalb des als langjährigem Mittelwert für Weizen des Ökologischen Landbaus geltenden Durchschnitts von rund 43 dt/ha (BMELF 1999). Angesichts dieses niedrigen Ertragsniveaus erscheint eine ertragswirksame Mangelsituation für Schwefel unwahrscheinlich (SAALBACH 1972), offensichtlich lag dagegen eine solche für N vor. Auch sind bei einem S-Gehalt des Korns von über 0,12 % (der von keiner der ungedüngten Varianten in einem der beiden Versuchsjahre unterschritten wurde) Ertragseffekte durch eine S-Düngung zu erwarten (RANDALL 1981, WRIGLEY et al. 1984 b). Dennoch wurden auf dem Versuchsstandort Bentfeld durch eine S-Düngung von 40 kg/ha sowohl als elementarem S als auch als SO_4 -S mit 29,3 bzw. 30,6 dt/ha tendenziell höhere Erträge erzielt als in der Kontrolle mit 28,6 dt/ha. Eine weitere Steigerung der S-Düngung auf 60 kg/ha reduzierte die Erträge allerdings wieder. Diese tendenzielle Steigerung der Erträge durch eine S-Düngung von 40 kg/ha war auch auf dem Versuchsstandort Tröndel zu beobachten, allerdings trägt das Ergebnis dieses Standortes aufgrund der durch Wildschaden und ungleichmäßigem Bestand induzierten großen Streuungen einen noch stärkeren hypothetischen Charakter als auf dem Standort Bentfeld.

Auch im Versuchsjahr 1999 wurde am Standort Bentfeld mit Erträgen zwischen 19,1 und 25,6 dt/ha nur ein unterdurchschnittliches Ergebnis erzielt (Tab. 10). Dagegen wurden auf dem Standort Tröndel gute Erträge bis zu 53,0 dt/ha gedroschen (Tab. 14), die allerdings wie in den anderen Versuchen zu stark variierten. Mit Blick auf die Erträge dürfte somit N- und nicht S-Mangel als hauptlimitierender Faktor dieser Versuche anzusehen sein. Trotz sehr unterschiedlichen Leistungsniveaus lagen die S-Gehalte des Korns dieser beiden Standorte mit Werten zwischen 0,130 und 0,133,

so daß auch hier die Voraussetzungen für eine ertragswirksame S-Düngung nicht gegeben waren. Auch die N:S-Verhältnisse des ganzen Korns lagen immer unter dem S-Mangel anzeigen den Wert von 17:1, was neben der Inhomogenität der Bestände eine mögliche Ertragswirksamkeit der S-Düngung weiter einschränkte. Allerdings fand auch PAULSEN (1998) nach S-Applikationen zu Getreide (Weizen, Roggen, Gerste) des mit N bedeutend höher versorgten konventionellen Landbaus (im Gegensatz zu z.B. KNITTEL et al. (1998)) keine signifikanten Ertragsunterschiede.

Mineralstoffgehalte

In beiden Untersuchungsjahren wurde nur eine mäßige Wirkung der S-Applikationen auf den S-Gehalt des Korns beobachtet. Im Jahr 1998 wiesen die mit S gedüngten Varianten des Standorts Bentfeld nur in einer Variante (S-60) mit 0,161 % S einen geringfügig, aber signifikant höheren Wert auf als die Kontrolle mit 0,151 % S. Auch auf dem Versuchsstandort Tröndel war es 1998 nur die mit elementarem Schwefel höchstgedüngte Variante S-60, die mit 0,152 % gegenüber der Kontrolle (0,139 %) einen signifikant höheren Wert aufwies. Auch 1999 steigerte auf dem Standort Bentfeld bei Anwendung von elementarem S erst eine hohe Gabe von 60 kg/ha den S-Gehalt gegenüber der Kontrolle signifikant. Dagegen führten alle drei SO₄-S-Gaben zu höheren S-Gehalten. In Tröndel führte im Jahr 1999 dagegen keine der verschiedenen S-Formen und -Mengen zu einer signifikanten Veränderung der S-Gehalte des Korns. Die geringe Wirkung der S-Gaben auf die S-Gehalte des Korns dürfte neben der bekannt schlechten Translokation von S ins Korn (s.u.) auch damit zusammenhängen, daß in keinem der vier Feldversuche die S-Gehalte des Korns unterhalb des Grenzwertes von 0,12 % lagen.

Die Analysen des Strohs zeigen, daß die verschiedenen S-Düngungen die S-Gehalte im Vergleich zur Kontrolle um bis zu 128 % erhöhten, während die S-Gehalte des Korns nur bis maximal 16 % gesteigert wurden (Tab. 18). Dies bestätigen die Ergebnisse von u. a. HANEKLAUS und SCHNUG (1992) sowie PAULSEN (1998), wonach die S-Gehalte des Korns auf eine S-Düngung schwächer als die des Strohs mit einer Zunahme reagieren. Somit liegt die geringe Wirksamkeit einer S-Düngung auf den S-Gehalt des Korns nicht nur in einer ungenügenden S-Aufnahme der Pflanze, sondern auch in einer mangelnden Translokation begründet. Diese ist aus der Literatur

bekannt: Während das Verhältnis der N-Gehalte von Korn und Stroh des Weizens bei ca. 5:1 und höher liegt, liegt das Verhältnis der S-Gehalte von Korn und Stroh bei ca. 2:1 (FINCK 1979). Die Gründe für eine derart schlechte S-Verlagerung ins Korn sind unbekannt.

Eine S-Düngung führte auf dem Standort Bentfeld nur in 1998 zu einer geringfügigen und überwiegend signifikanten Senkung der N-Gehalte des ganzen Korns (Tab. 2). Auch auf dem Standort Tröndel war in beiden Untersuchungsjahren eine tendenzielle, jedoch nicht signifikante Reduzierung zu beobachten (Tab. 6 und 14). Somit waren für die durch eine S-Düngung induzierten z.T. signifikant engeren N:S-Verhältnisse nicht unbedingt nur höhere S-Gehalte des Korns verantwortlich, sondern teilweise auch niedrigere N-Gehalte des Korns. Besonders deutlich wird dies an den N- und S-Gehalten der mit S gedüngten Varianten des Versuchsstandortes Tröndel (1999), die sich sämtlich nicht signifikant von der Kontrolle unterschieden, während alle Varianten tendenziell und die Variante S-60 und SO₄-60 signifikant niedrigere N:S-Verhältnisse aufwiesen (Tab. 14).

Tab. 18: Relative Differenzen (%, gerundet) der S-Gehalte von Korn und Stroh von Weizen der mit S gedüngten Varianten im Vergleich zur Kontrolle. Düngungsversuchen der Standorte Bentfeld und Tröndel, Versuchsjahre 1998 und 1999

Variante	1998				1999			
	Bentfeld		Tröndel		Bentfeld		Tröndel	
	Korn	Stroh	Korn	Stroh	Korn	Stroh	Korn	Stroh
S-20	5	14	1	8	3	26	1	13
S-40	2	23	6	20	5	36	-2	34
S-60	7	44	9	19	8	58	2	64
SO ₄ -20	5	28	4	8	11	71	0	68
SO ₄ -40	3	29	0	18	16	124	2	79
SO ₄ -60	6	26	5	18	15	128	2	98

Da Endospermehle im Vergleich zum Ganzkorn proteinchemisch geprägt sind von höheren Anteilen S-armer bis S-freier Kleberproteine (HMW-Glutelin, ω -Gliadin), lagen die N:S-Verhältnisse in dieser Mahlfaktion mit Werten zwischen 12,3 und 20,9 bedeutend weiter als im ganzen Korn (10,5 - 15,4), unterschieden sich aber nur im Versuchsjahr 1999 und nur bei höheren Gaben SO₄-S signifikant von der Kontrolle.

Daß trotzdem die Ergebnisse der (mit Endospermmehl durchgeführten) Backversuche deutliche qualitative Differenzierungen zwischen den Proben mit bzw. ohne S-Düngung aufwiesen (s. u.), unterstreicht diesbezüglich die Bedeutung der Nährstoffsituation der ganzen Pflanze.

Die S-Entzüge von Korn und Stroh der mit S-gedüngten Varianten lagen mit Werten zwischen 5,8 und 12,5 kg/ha angesichts der gedüngten S-Mengen (bis 60 kg/ha) ausgesprochen niedrig (Tab. 3, 7, 11 und 15). In 1998 unterschied sich nur die Variante SO₄-40 (Bentfeld) signifikant von der Kontrolle (Tab. 3). In 1999 traten geringfügig deutlichere Differenzierungen auf. Diese geringen S-Entzüge illustrieren nicht nur den im Vergleich zu Leguminosen und Cruciferen stark reduzierten S-Bedarf der Gramineen (MARSCHNER 1995), sondern ebenfalls die auch unter Verhältnissen des Ökologischen Landbaus im Vergleich zu den gedüngten S-Mengen nur wenig zu beeinflussende S-Aufnahme ins Korn. Dabei muß berücksichtigt werden, daß im organischen Landbau die Verfügbarkeit von S und/oder seine Translokation ins Korn je nach Standort sehr unterschiedlich ausfallen kann (HAGEL und SCHNUG 1997, HAGEL et al. 1998).

Die P-, Mg- und Si-Gehalte des Strohs wurden auf keinem der Standorte durch eine der Düngungsvarianten beeinflußt. Daß nur auf einem Standort (Tröndel) die Mg-haltigen Dünger die Mg-Gehalte des Korns geringfügig aber signifikant steigerten, dürfte auf den hohen Mg-Gehalten des Bodens (Versorgungsstufe E) beruhen. Die Gehalte an Mg und auch K des Strohs entsprachen auf beiden Standorten mit Werten zwischen 0,08 - 0,11 % (Mg) sowie 0,87 - 1,86 % (K) den bekannten Werten aus der Praxis. Dagegen lagen die P-Gehalte des Strohs mit Werten zwischen 0,12 - 0,21 % deutlich über den von FINCK (1979) mit 0,04 - 0,08 % angegebenen Durchschnittswerten. Dies ist angesichts der durch die Bodenanalyse (Tab. 1) gefundenen mittleren bis sehr hohen Versorgungsstufen nur teilweise verständlich. Da Phosphor in hohem Grade aus dem Stroh ins Korn verlagert wird, könnten diese hohen P-Gehalte des Strohs auf vorzeitig abgebrochene Reife- (und damit Verlagerungs-) -vorgänge deuten. Biologisch-dynamischen Züchtern ist diese Erscheinung bei modernen Weizensorten, die unter ökologischen Verhältnissen angebaut wurden, bekannt. Sie beruhen auf ungenügender N-Versorgung (P. KUNZ 1998, pers. Mitteilung). Möglicherweise akkumulierten die Pflanzen aber auch bedeutend mehr P, als

schließlich für die Verlagerung in die schwachen Körnerträge sinnvoll genutzt werden konnte. Diese Vermutung wird durch die im Vergleich zu den anderen Standorten mit 0,12 - 0,14 % P vergleichsweise niedrigeren Gehalte des Strohs des Standorts Tröndel (in 1999) bestätigt, die eben durch eine gesteigerte Translokation in den einzigen guten Körnertrag dieser Versuche zustande gekommen sein könnten.

Eine S-Düngung beeinflußte weder die P- und K-Gehalte des Korns noch des Strohs (Tab. 4, 8, 12 und 16). Jedoch steigerten die MgCl₂-Anwendungen nicht die Mg- sondern die K-Gehalte des Strohs auf beiden Standorten des Jahres 1999. Dies ist aus der Praxis mit Versuchen K- und Mg-haltiger Dünger (Z.B. Kalimagnesia) bekannt (SPIESS 2000, persönliche Mitteilung) und beruht auf einem Ionenumtausch (MENGEL 1979). Dabei können z.B. die zweiwertigen Mg-Ionen einwertige K-Ionen von den Austauschoberflächen in die Bodenlösung verdrängen und damit für die Pflanzen verfügbar machen. Auch in 1998 führte diese Düngung auf dem Standort Bentfeld zu tendenziell höheren Gehalten. Die Chloriddüngungen erhöhten immer den Cl-Gehalt des Strohs, aber nur vereinzelt den des ganzen Korns.

Die P- und K-Gehalte des ganzen Korns wurden durch die verschiedenen Dünger nicht beeinflußt. Bezuglich Mg erfolgte nur in 1998 eine Steigerung durch sowohl S- als auch Mg-Dünger.

Proteinfraktionen

Da die Ergebnisse der Proteinfraktionierung in starker Beziehung zum N-Gehalt der Proben standen, wurden sie über die Regressionsgleichungen auf jeweils konstante N-Gehalte von 2,10 % bzw. 1,60 % berechnet und statistisch geprüft. Die relativen Gehalte an Albumin- und Globulin-N von N_t wurden in 1998 nur auf dem Standort Tröndel bzw. bei der dort angebauten Sorte RENAN bei S-Applikationen ab 40 kg/ha unabhängig von der Düngungsform gesenkt (Tab. 19). In 1999 unterschied sich nur die mit MgCl₂ am höchsten gedüngte Variante MgCl₂-3 mit einem niedrigeren Wert von der Kontrolle, so daß unter den vorliegenden Versuchsbedingungen der Gehalt dieser ernährungsphysiologisch wertvollen Proteinfraktion durch eine S-Düngung nicht und durch eine MgCl₂-Düngung nur in einem von vier Versuchen ungünstig beeinflußt wurde. Da allerdings die Verwendung der für die üppigen Nährstoffver-

hältnisse des konventionellen Landbaus gezüchteten modernen Weizensorten im ökologischen Anbau zu Reduzierungen dieser ernährungsphysiologisch wertvollen Eiweißfraktion führen kann (HAGEL et al. 1998 c, HAGEL und SCHNUG 1999), wäre generell für den Ökologischen Landbau die Züchtung und Verwendung spezieller Sorten mit höheren Gehalten Albumin und Globulin zu empfehlen (HAGEL et al. 1998 b).

Aus der die Ergebnisse der Proteinfraktionierung zusammenfassenden Tabelle 19 geht hervor, daß in 1998 auf beiden Versuchsstandorten bzw. bei beiden untersuchten Sorten BUSSARD und RENAN die Ausprägung der Gehalte an Gesamt-, HMW- und LMW-Glutelin durch eine S-Düngung nicht beeinflußt wurde. Dagegen erhöhte in der Mehrzahl der Fälle eine Chloriddüngung den Gehalt dieser Fraktionen. Bei der Sorte RENAN (Tröndel) wurden niedrigere Gehalte an Albumin- und Globulin-N durch höhere Gehalte an Gliadin kompensiert, woraus sich aber keine signifikanten Veränderungen im Backversuch ergaben (Tab. 6).

Auf dem Standort Bentfeld (Sorte BUSSARD) senkte in 1999 eine hohe Gabe von 60 kg/ha an elementarem S oder eine SO₄-S-Anwendung gegenüber der Kontrolle die Gehalte an sowohl Gesamt- als auch HMW-Glutelin (Tab. 19). Auf dem Standort Tröndel (Sorte BELISAR) senkte dagegen nur eine Gabe von 60 kg/ha SO₄-S den Gesamt-Glutelin-Gehalt. Dagegen wurden die HMW-Glutelin-Gehalte in den Varianten SO₄-40 und SO₄-60 gesteigert, was zu einem veränderten Verhältnis LMW-:HMW-Glutelin führt. Auch in 1999 erhöhten die MgCl₂-Anwendungen in rund der Hälfte der Fälle die Gehalte der verschiedenen Glutelin-Fraktionen (Tab. 19).

Diskussion

Tab. 19: Auswirkungen verschiedener Dünger auf die Proteinfraktionen von Weizen (berechnet für konstante N-Gehalte von 2,10 % (1998) bzw. 1,60 % (1999)) im Vergleich zur Kontrolle. Versuchsstandorte und Sorten in den Untersuchungsjahren 1998 und 1999: BF = Bentfeld (1998 und 1999: Sorte BUSSARD); TR = Tröndel (1998: Sorte RENAN, 1999: Sorte BELISAR). AG = % Albumin und Globulin-N; > = Steigerung ($\alpha = 5\%$), < = Reduzierung ($\alpha = 5\%$), n.s. = nicht signifikant.

Variante	1998									
	AG		Gliadin		Gesamt-Glutenin		HMW-Glutenin		LMW-Glutenin	
	BF	TR	BF	TR	BF	TR	BF	TR	BF	TR
S-20	n.s.	n.s.	n.s.	>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	>	n.s.
S-40	n.s.	<	n.s.	>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S-60	n.s.	<	n.s.	>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
SO4-20	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
SO4-40	n.s.	<	n.s.	>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
SO4-60	n.s.	<	n.s.	>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MgCl2-1	n.s.	<	n.s.	>	n.s.	>	n.s.	>	>	>
MgCl2-2	n.s.	<	n.s.	>	n.s.	>	>	>	>	>
MgCl2-3	<	<	n.s.	>	>	>	>	>	>	>

Variante	1999									
	AG		Gliadin		Gesamt-Glutenin		HMW-Glutenin		LMW-Glutenin	
	BF	TR	BF	TR	BF	TR	BF	TR	BF	TR
S-20	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S-40	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
S-60	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<	n.s.	<	n.s.	<	n.s.
SO4-20	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<	n.s.	<	n.s.	<	n.s.
SO4-40	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<	n.s.	<	>	<	n.s.
SO4-60	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<	<	<	>	<	n.s.
MgCl2-1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	>	n.s.	>	>	>	n.s.
MgCl2-2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	>	n.s.	>	>	n.s.	n.s.
MgCl2-3	n.s.	<	n.s.	n.s.	>	n.s.	>	>	n.s.	n.s.

Diese Untersuchungen bestätigen prinzipiell, jedoch nicht durchgehend die von WRIGLEY et al. (1984) und CASTLE und RANDALL (1987) beobachteten und durch S-Mangel induzierten proteinchemischen Veränderungen (höhere Gehalte hochmolekularer Glutenine) dahingehend, daß S-Applikationen auf den Gehalt vor allem an backtechnologisch bedeutsamem Protein (Gesamt- und HMW-Glutenin) senkend wirken können. Dies bestätigt Ergebnisse von HAGEL et al. (1999), wonach (mit 200 - 400 kg/ha allerdings sehr hohe) S-Gaben den Gehalt an HMW-Glutenin ebenfalls senkten.

Backversuche

Die Backvolumina lagen im Untersuchungsjahr 1998 auf höherem Niveau als in 1999. 70 % der Proben des Jahres 1998 wiesen Backvolumina von über 630 ml auf und wurden damit als „gut“ bis „sehr gut“ bewertet. In 1999 lagen alle Proben unter einem RMT-Volumen von 600 ml und wurden damit als „nicht befriedigend“ eingestuft. Ursache dafür waren die in 1998 höheren N-Gehalte des Korns (Abb. 30).

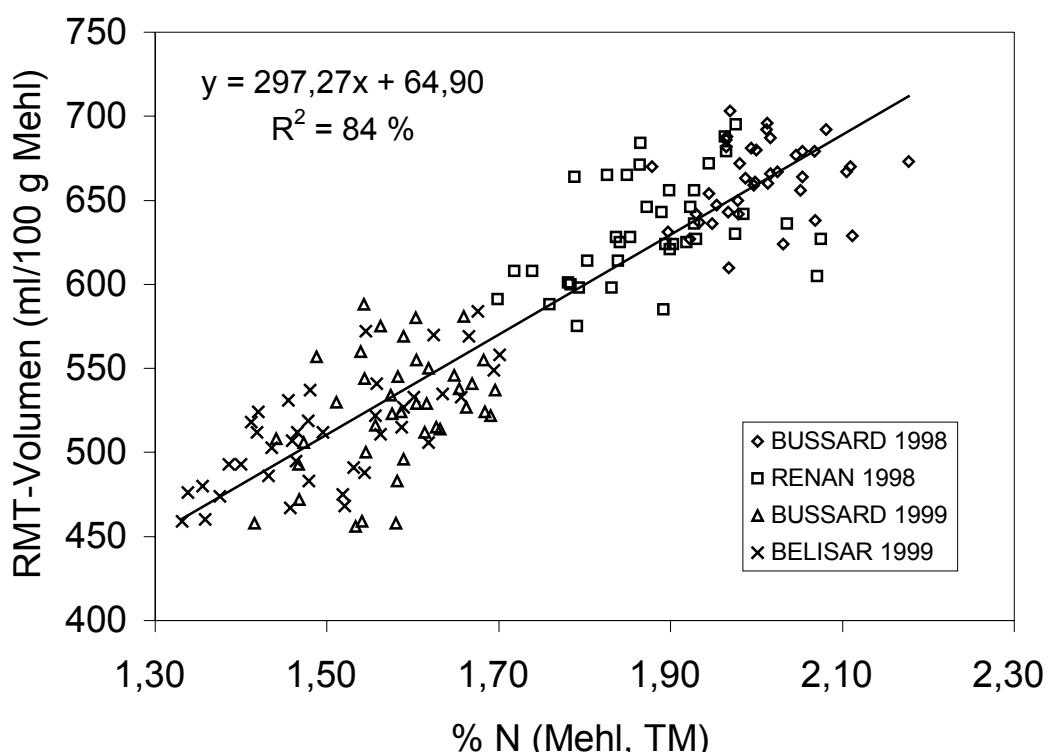


Abb. 30: Beziehungen zwischen N-Gehalten und Backvolumina im Rapid-Mix-Test von Weizen (Sorten BUSSARD, RENAN und BELISAR) verschiedener Düngungsversuche (Jahre 1998 und 1999)

Hinsichtlich der Beurteilung der Wirkungen der verschiedenen Dünger auf das Backergebnis müssen verschiedene Gesichtspunkte unterschieden werden. So unterschieden sich in 1998 für den Standort Bentfeld (Sorte BUSSARD) die gemittelten Backergebnisse der verschiedenen Düngevarianten nicht signifikant (Tab. 2). Wurde dagegen das RMT-Volumen in Beziehung gesetzt zum N-Gehalt des Mehls, so wurden deutliche Differenzierungen zwischen den mit und ohne S gedüngten Proben sichtbar (Abb. 6). Eine andere Beziehung stellt Abbildung 7 dar: Demnach war ein gutes Backergebnis von einem optimalen N:S-Verhältnis des Korns abhängig.

Auch auf dem Standort Tröndel (Sorte RENAN) fiel in 1998 der F-Test für den Backversuch der verschieden gedüngten Proben nicht signifikant aus (Tab. 6). Auch hier traten allerdings deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Variantengruppen auf, wenn der N-Gehalt des Mehls in die Betrachtung mit einbezogen wurde (Abb. 13): Nur bei Anwendung einer S-Düngung ergaben sich mit steigenden N-Gehalten der Mehle auch durchwegs höhere Backvolumina, während ohne eine S-Düngung das Backergebnis ab einem N-Gehalt von rund 2,0 % wieder sank.

Im Untersuchungsjahr 1999 dagegen ergaben sich bei der Sorte BUSSARD (Versuchsstandort Bentfeld) für die Varianten S-60 und SO₄-40 im Vergleich zur Kontrolle signifikant niedrigere Backvolumina (Tab. 10). Die Beziehung des N-Gehaltes des Mehls zum RMT-Volumen fiel für die Sorte BUSSARD dieses Versuchsjahres 1999 schwach aus ($R^2 = 17\%$, Abb. 20). Eine stärkere Beziehung ($R^2 = 28\%$) bestand dagegen zwischen dem Glutenin:Gliadin-Verhältnis und dem Backergebnis (Abb. 22). Auch die Beziehung zwischen dem N:S-Verhältnis des Korns und der Backqualität fiel mit einem Bestimmtheitsmaß von 44 % stärker aus (Abb. 23). Dagegen ergaben sich für die Sorte BELISAR in 1999 keine signifikanten Beziehungen des N:S-Verhältnisses weder des Korns noch des Mehls zum Backvolumen. Und anders als im Versuchsjahr 1998 ergab im Jahr 1999 eine Berechnung der RMT-Volumina auf gleiche N-Gehalte des Mehls keine von den in den Tabellen 10 und 14 dargestellten Ergebnissen abweichende Bewertung (Abb. 21, Tab. 17). Alle diese Befunde unterstreichen die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Untersuchungsparameter für die Beurteilung der technologischen Qualität.

Daß nicht nur eine S- sondern auch eine MgCl₂-Düngung sowohl die Proteinfraktionen (Tab. 10) auch das Backergebnis (Abb. 6) beeinflussen kann, unterstreicht neben einer grundsätzlichen Bedeutung der genetischen Veranlagung den Einfluß der Umwelt für die Backqualität. Die durch eine MgCl₂-Düngung induzierten Wirkungen sollten dazu führen, in S-Düngungsversuchen zu Weizen mit anschließenden Qualitätsuntersuchungen einen evt. nötigen Mg-Ausgleich nicht wie üblich direkt zu den S-Varianten zu geben, sondern trotz des nötigen Mehraufwandes in gesonderte Parzellen zu applizieren.

Die S-Applikationen hatten gemäß den vorliegenden Untersuchungen bei alleiniger Betrachtung der technologischen Qualität des Erntegutes (d.h. bei Ausblendung anderer Faktoren (N-Gehalt des Mehls, N:S-Verhältnisse etc.) also keinen steigernden Effekt auf das Backvolumen (Tab. 2, 6 und 14). Vielmehr reduzierten sie dieses in einem von vier Versuchen (Tab. 10). Vom rein praktischen Gesichtspunkt des Müllers oder Bäckers scheint eine S-Düngung zu Weizen des Ökologischen Landbaus daher keine Vorteile zu bieten. Sicher kommen in erster Linie Qualitätsverbesserungen dieses Rohstoffs durch Anhebungen dessen N-Gehaltes in Betracht (vgl. Abb. 30).

Daß bei rein summarischer Betrachtung (Tab. 2, 6, 10, 14) eine S-Düngung zu Weizen des Ökologischen Landbaus keinen positiven Effekt auf das Backergebnis ausübte, steht in Widerspruch zu den Darstellungen von BLOEM et al. (1995), BYERS et al. (1987), HANEKLAUS et al. (1992), SCHNUG et al. (1992) und WRIGLEY et al. (1984 b). Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Versuche dieser Autoren immer unter Bedingungen ausreichender (mineralischer) N-Versorgung durchgeführt wurden, was zu einem höheren Ertragspotential führt und damit einen höheren S-Bedarf zur Folge hat.

Aber auch die Beobachtungen bei der Sorte BUSSARD, wonach nicht mit enger sondern mit weiter werdenden N:S-Verhältnissen das Backvolumen steigt (Abb. 7 und 23) stehen in Widerspruch zu o.a. Autoren. Zur Erklärung kommt zum einen in Betracht, daß Abhängigkeiten des Backergebnisses vom N-Gehalt des Mehls berücksichtigt werden müssen (Abb. 6 und 13). Zum anderen ergaben sich im Untersuchungsjahr 1999 auch dann keine positiven Wirkungen einer S-Düngung auf das

Backergebnis, wenn der N-Gehalt des Mehls in die Überlegungen einbezogen wurde (Abb. 21, Tab. 17). Möglicherweise waren in diesem Versuchsjahr 1999 die N:S-Verhältnisse des Korns der Kontrollvarianten mit Werten von 12,3 (Bentfeld, Tab. 10) und 13,0 (Tröndel, Tab. 14) nicht weit genug (im Jahr 1998 dagegen fielen diese Werte mit 14,1 (Bentfeld, Tab. 2) bzw. 15,4 (Tröndel, Tab. 8) weiter aus), um über zu zähe Teige das Backergebnis zu mindern (BYERS et al. 1987, HANEKLAUS et al. 1992, SCHNUG et al. 1992). Deshalb konnte dann eine S-Düngung den Teig auch nicht wieder mit dem Effekt weicher machen, daß diese die backtechnologische Qualität mindernde Wirkung eines weiten N:S-Verhältnisses hätte kompensiert werden können. Stattdessen dürfte eine über die S-Düngung induzierte Erweichung des Klebers (HAGEL et al. 1999) und damit auch der Teige (besonders bei der Sorte BUSSARD des Versuchsjahres 1999 mit ihrem schon infolge N-Mangels schlechteren Backergebnis) zu einer weiteren Verschlechterung der Backqualität geführt haben. Diese Hypothese wird durch die bis zu einem N:S-Verhältnis von 13,5 steigenden RMT-Volumina der Sorte BUSSARD des Jahres 1999 (Abb. 23) belegt. Daß von weiteren N:S-Verhältnissen allerdings auch wieder negative Auswirkungen auf das Backergebnis ausgehen können, wird durch das Probenmaterial dieser Sorte des Jahres 1998 belegt (Abb. 7).

Bei der nur in 1998 angebauten Sorte RENAN ergaben sich im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle durch eine S-Düngung höhere Backvolumina, wenn diese in Beziehung zum N-Gehalt betrachtet wurden (Abb. 13). Mit Blick auf eine für Weizen des Ökologischen Landbaus anzustrebende Steigerung des Proteingehaltes wäre aufgrund dieses Versuchsergebnisses zu erwarten, daß Verbesserungen der backtechnologischen Qualität infolge einer anzustrebenden Erhöhung der N-Gehalte (evt. über Jaucheapplikationen (STEIN-BACHINGER und WERNER 1992)) erfolgreicher im Zusammenhang mit einer S-Düngung zu erzielen sind. Ähnliche Beziehungen fanden sich allerdings im zweiten Versuchsjahr 1999 (vermutlich bedingt durch niedrigere Proteingehalte, s.o.) nicht (Abb. 21 und 29).

Aus den Ergebnissen dieser S-Düngungsversuche an Weizen des Ökologischen Landbaus können vorläufig mit Blick auf eine Verbesserung der technologischen Qualität weder aus den N:S-Verhältnissen des ganzen Korns noch des Mehls allgemein gültige Empfehlungen abgeleitet werden. Einzelne Resultate deuten an, daß

eine S-Düngung dort vorteilhaft wirken könnte, wo durch Anbau- oder Düngungsmaßnahmen höhere Proteingehalte werden, da damit immer weitere N:S-Verhältnisse (mit den entsprechenden negativen Auswirkungen auf das Backergebnis) verbunden sind. Für die Verhältnisse des Ökologischen Landbaus wäre aber auch zu berücksichtigen, daß bei niedrigeren Proteingehalten des Korns weiter wendende N:S-Verhältnisse (vermutlich über zähre Teige) auch zu einer Verbesserung der Backqualität führen können. Diese Frage sollte in kombinierten N- und S-Düngungsversuchen geprüft werden.

5 Zusammenfassung

Durch die Reduzierung der S-Einträge in landwirtschaftliche Ökosysteme infolge der notwendigen Installierung von Rauchgasentschwefelungsanlagen kommt es nicht nur bei S-bedürftigen Kulturen wie Raps sondern auch bei Weizen zu Ertragsausfällen sowie Verschlechterungen der Backqualität. Da für die Verhältnisse des Ökologischen Landbaus keine Feldversuchsdaten zur Frage der Wirkung einer S-Düngung auf Ertrags- und Qualitätsparameter vorliegen, sollte dazu mit dieser Arbeit ein Beitrag geleistet werden.

Dazu wurden in zwei Untersuchungsjahren (1998 und 1999) auf je zwei Winterweizenschlägen (Sorten BUSSARD, RENAN und BELISAR) ökologisch wirtschaftender Betriebe in S-Mangel gefährdeten Gebieten Ost-Holsteins Schwefeldüngungsversuche angelegt. Gedüngt wurde mit elementarem Schwefel und Magnesiumsulfat in S-Mengen von je 20, 40 und 60 kg S/ha. Zur Ermittlung einer Mg-bedingten Ertragsdifferenz wurden Varianten mit $MgCl_2$ angelegt.

Das Ertragsniveau lag in drei der vier Versuche mit Werten von 19,1 bis 30,6 dt/ha auch für Verhältnisse der Ökologischen Landbaus sehr niedrig. Nur auf dem Standort Tröndel wurde im zweiten Versuchsjahr mit Erträgen zwischen 38,3 und 53,0 dt/ha ein gutes Ergebnis erzielt. Die N-Gehalte des ganzen Korns lagen im ersten Versuchsjahr 1998 mit Gehalten zwischen 1,97 und 2,16 % auf bedeutend höherem Niveau als in 1999 (1,57 - 1,68 % N). Nur im Versuchsjahr 1998 konnten auf beiden Betrieben tendenziell durch eine S-Düngung Ertragserhöhungen beobachtet werden. Jedoch unterschieden sich die Erträge sowohl der mit S- als auch der mit $MgCl_2$ gedüngten Varianten nicht signifikant von der Kontrolle. Die Tausendkornmassen wurden durch die verschiedenen Dünger nicht beeinflußt. Geringfügig aber signifikant niedrigere N-Gehalte des Korns infolge einer S-Düngung ergaben sich nur in 1998 auf dem Standort Bentfeld, tendenziell war dieses Phänomen in beiden Untersuchungsjahren allerdings auch auf dem Standort Tröndel zu beobachten. Die N:S-Verhältnisse des Ganzkorns wiesen in 1998 Werte zwischen 12,7 und 14,7 (Bentfeld) sowie 13,7 und 15,4 (Tröndel) auf. Im Versuchsjahr lagen sie mit Werten zwischen 10,5 und 12,9 (Bentfeld) sowie 11,9 und 13,3 (Tröndel) dagegen bedeutend enger. Mit Ausnahme einer einzigen Variante senkten in 1998 alle S-Mengen unabhängig von der Düngungsform die N:S-Verhältnisse im Vergleich zur Kontrolle signi-

fikant. Im zweiten Versuchsjahr ergaben diesbezüglich bei Anwendung von elementarem S nur Gaben von 60 kg S/ha signifikant niedrigere Werte als die Kontrolle. Bei SO₄-S-Applikation waren dagegen nur auf dem Standort Bentfeld auch Gaben von 20 und 40 kg S/ha wirksam. Die N:S-Verhältnisse des Endospermehls lagen grundsätzlich weiter als die des ganzen Korns, wurden allerdings durch die verschiedenen S-Dünger bedeutend geringer differenziert.

Aus den fast durchgängig signifikant höheren S-Gehalten des Strohs der mit S gedüngten Varianten wird deutlich, daß die geringe Beeinflußbarkeit der S-Gehalte des Korns weniger ein Problem der Aufnahme in die Pflanze als der Translokation ins Korn darstellt. Während im ersten Untersuchungsjahr 1998 mit Blick auf die S-Gehalte des Strohs die zwei geprüften S-Formen sich nicht unterschieden, war im zweiten Untersuchungsjahr 1999 SO₄-S in jeder Düngungsstufe und an jedem Standort der Anwendung von elementarem S überlegen. Die S-Entzüge (Korn + Stroh) der Kontrollen lagen bedingt durch das niedrige Ertragsniveau mit Werten zwischen 5,1 - 9,7 kg/ha sehr niedrig und wurden durch eine S-Düngung angesichts der gedüngten z. T. hohen S-Mengen nur geringfügig beeinflußt. Aufgrund hoher Streuungen der Korn- und damit auch der Stroherträge ergaben sich nur in Ausnahmefällen signifikant höhere Entzüge als in der Kontrolle.

Bezogen auf einheitliche N-Gehalte des Korns beeinflußte eine S-Düngung in 1998 nur die Gliadin-Gehalte der Sorte RENAN (Tröndel), indem sie deren höhere Gehalte durch niedrige Gehalte an Albumin- und Globulin-N kompensierte. In 1999 senkte nur auf dem Standort Bentfeld (Sorte BUSSARD) vor allem die SO₄-S-Düngung sowohl die Gesamt- als auch die HMW-Glutelin-Gehalte. Bei der Sorte BELISAR (Standort Tröndel) ergaben sich nur wenig ausgeprägte Veränderungen der Glutelinfraktionen.

Die Backvolumina im Rapid-Mix-Test lagen im ersten Untersuchungsjahr aufgrund höherer N-Gehalte mit Werten zwischen 614 und 682 ml bedeutend höher als im zweiten Versuchsjahr (478 - 564 ml). Eine S-Applikation führte in keinem der Versuche zu einer Verbesserung der Backqualität. Dagegen senkte sie in 1999 bei der Sorte BUSSARD vereinzelt sogar das Backergebnis. Teilweise ergaben sich positive

Einflüsse durch eine S-Düngung, wenn die Backvolumina zu den N-Gehalten und N:S-Verhältnissen des Korns in Beziehung gesetzt wurden.

6 Literatur

- BELITZ, H. D. und W. GROSCH (1992): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Kapitel 15: Getreide und Getreideprodukte; Springer Verlag, Berlin
- BELL, C.I., W.J. CRAM und D.T. CLARKSON (1990): Turnover of sulfate in leaf vacuoles limits retranslocation under sulfur stress. In: RENNENBERG, H. et al. (Hrsg.): Sulfur nutrition and sulfur assimilation in higher plants, SPB academic Publishing bv. The Hague, The Netherlands, 163-165.
- BLOEM, E., H. M. PAULSEN und E. SCHNUG (1995): Schwefelmangel nun auch in Getreide. DLG-Mitteilungen, Nr. 8, 18-19.
- BMELF (1999): Ökobauern verdienten 1997/98 mehr als konventionelle Kollegen. BMELF-Informationen Nr. 8, 2-3.
- BRÜMMER, J. M. und W. SEIBEL (1991): Verarbeitungseigenschaften von Weizen aus extensiviertem Anbau. Getreide, Mehl und Brot, 45, 336-341.
- BRÜMMER, J. M. und W. SEIBEL (1992): Extensivierter Weizenanbau und seine Auswirkungen auf Verarbeitungseigenschaften und Gebäckqualität. Getreide, Mehl und Brot, 46, 187-191.
- BURKE, J. J., P. HOLLOWAY und M. J. DALLING (1986): The effect of sulfur deficiency on the organization and photosynthetic capability of wheat leaves. J. Plant Physiol., 125, 371-375.
- 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.
- CLARKSON, D.T., M.J. HAWKESFORD und J.-C. DAVIDIAN (1993): Membrane and long distance transport of sulfate. In: De KOK, L.J. et al. (Hrsg.): Sulfur nutrition and sulfur assimilation in higher plants, SPB academic Publishing bv. The Hague, The Netherlands, 3-19.
- CRAM, W. J. (1990): Uptake and transport of sulphate. In: H. RENNENBERG et al. (Hrsg.): Sulphur nutrition and sulphur assimilation in higher plants. SPB Academic Publishing, Den Haag, Niederlande, S. 3-13.
- DIETZ, K. J. (1989): Recovery of spinach leaves from sulfate and phosphate deficiency. J. Plant Physiol., 134, 551-557.

- FINCK, A. (1979): Dünger und Düngung. - Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. Verlag Chemie, Weinheim, New York.
- HAGEL, I.; SCHNUG, E. (1997): Schwefelgehalte in biologisch-dynamischem Weizen. Getreide, Mehl und Brot 51; 201-202.
- HAGEL, I.; R. KIEFFER und E. SCHNUG (1998 a): Schwefelgehalte und Qualitäts-eigenschaften von Weizen aus biologisch-dynamischem und konventionellem Anbau. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungs-mittel) e.V., XXXIII. Vortragstagung, 23./24. März 1998, Dresden, 223-228.
- HAGEL, I., H. SPIESS und E. SCHNUG (1998 b): Steigerung des ernährungsphy-siologischen Wertes von Weizen für Ökologischen Landbau. 110. VDLUFA-Kongreß, 14.-18.9.1998, Gießen, 235-238.
- HAGEL, I., J. RAUPP und E. SCHNUG (1998 c): Proteinfraktionierung von Weizen eines Langzeitversuches mit mineralischer und organischer Düngung sowie Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate. 110. VDLUFA-Kongreß, 14.-18.9.1998, Gießen, 231-234.
- HAGEL, I. und E. SCHNUG (1999): Proteinfraktionierung zur Differenzierung von Winterweizen aus konventionellem und biologisch-dynamischem Anbau. 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Berlin, 23. - 25.2.1999, 530 - 533.
- HAGEL, I. H. WIESER und E. SCHNUG (1999): Wirkungen hoher Schwefelgaben auf Mineralstoffgehalte, Proteinfraktionen und Kleberqualität von Weizen aus biologisch-dynamischem Anbau. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsfor-schung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., 34. Vortragstagung, 22./23. März 1999, Freising-Weihenstephan, 329-334.
- HANEKLAUS, S. und E. SCHNUG (1992): Baking quality and sulphur content of wheat. II. Evaluation of the relative importance of genetics and environ-ment including sulphur fertilization. Sulphur in Agric. 16, 35- 38.
- 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. (1995): Direkter Vergleich des Dehnverhaltens von Weizenteig und -kleber durch Mikrozugversuche. Food Technologie Magazin, Nr.6, 28-31.
- KIEFFER, R., J.-J. KIM und H.-D. BELITZ (1981): Zugversuche mit Weizenkleber im Mikromaßstab. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 172, 190-192.

- KNITTEL, H., G. PASDA und W. ZERULLA (1998): Einfluß der Schwefeldüngung mit Ammonsulfatsalpeter (ASS) auf den Ertrag und die Qualität von Winterweizen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 11, 99-100.
- MARSCHNER, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, 2. Auflage, 261.
- MATTHEY, J., W. SAUERMANN und M. FINCK (1996): Schwefeldüngung zu Raps auf dem Weg zum Standard. Raps, 14, 26-29.
- McGRATH, S.P., F. ZHAO und A.R. CROSLAND (1993): Sulphur status of british wheat grain and its relationship with quality parameters. Aspects of Applied Biology 36, Cereal Quality III, 317-326.
- 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.
- PAULSEN, H. M. (1999): Produktionstechnische und ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Verwertung von Schwefel aus industriellen Prozessen. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 197.
- RANDALL, P.J., K. SPENCER and J.R. FRENEY (1981): Sulfur and nitrogen fertilizer effects on wheat. I Concentrations of sulfur and nitrogen and the nitrogen to sulfur ratio in grain, in relation to the yield response. Aust. J. Agric. Res. 32, 203-212.
- RENNENBERG, H. und C. BRUNOLD (1994): Significance of glutathione metabolism in plants under stress. Progress in Botany, 55, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- SAALBACH, E. (1972): Über den Schwefelbedarf landwirtschaftlicher Nutzpflanzen. Landwirtschaftliche Forschung, 27/1, Sonderheft, 224-228.
- SCHNUG, E. (1990): Sulphur nutrition and quality of vegetables. Sulphur in Agriculture, 14, 3-7.
- SCHNUG, E. (1991): Sulphur nutritional status of european crops and consequences for agriculture. Sulphur in Agric. 15, 7-12.
- SCHNUG; E. und HANEKLAUS, S. (1992): Sulfur and light element determination in plant material by x-ray fluorescence spectroscopy. Phyton 32, 123-126.
- SCHNUG, E. und S. HANEKLAUS (1994 a): The ecological importance of sulphur. Norwegian J. Agric. Sci., Suppl. 15, 149-156.

- 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. und S. HANEKLAUS (1995): Sulphur supply and stress resistance in oilseed rape. Proceedings of the ninth international rapeseed congress: Rapeseed today and tomorrow, 4.-7. Juli 1995, Cambridge, England, 1, 229-231.
- SCHNUG, E., H.-M. PAULSEN, H. UNTIED und S. HANEKLAUS (1995): Fate and physiology of foliar applied sulphur compounds in Brassica Napus. Manuscript for IAOPN Symposium on Foliar Fertilisation, Cairo.
- 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.
- SCHROPP, P. und H. WIESER (1994): Wirkung von HMW-Untereinheiten des Glutenins auf die rheologischen Eigenschaften von Weizenkleber. DFA Bericht 1994, 136-146.
- SEILMEIER, W., H.-D. BELITZ und H. WIESER (1991): Separation and quantitative determination oh high-molecular-weight subunits of glutenin from different wheat varieties and genetic variants of the variety sicco. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 192, 124-129.
- STEIN-BACHINGER, K. und W. WERNER (1992): Untersuchungen zur optimalen Wirtschaftsdüngeranwendung im Organischen Landbau. VDLUFA Schriftenreihe (Kongreßband 1992) 35, 218-221.
- STEWART, B. A. und L. K. PORTER (1969): Nitrogen-sulfur relationships in wheat (*Triticum Aestivum L.*), corn (*Zea mays*), and beans (*Phaseolus vulgaris*). Agron. J., 61, 267-271.
- WIESER, H. (1996): A turbidimetric determination of gluten proteinotypes in wheat flour. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie München, Bericht 1996.
- WIESER, H., W. SEILMEIER und H.-D. BELITZ (1991): Klassifizierung der Proteinkomponenten des Weizenklebers. Getreide, Mehl und Brot, 45, 35-38.
- WIESER, H., W. SEILMEIER und H.-D. BELITZ (1994): Use of RP-HPLC for a better understanding of the structure and functionality of wheat gluten proteins.

- In: KRUGER, J.E. und J.A. BIETZ (Hrsg.): High-performance liquid chromatography of Cereal and Legume Proteins. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- WITHERS, P.J.A. und I.H. HODGSON (1993): Variation in grain sulphur concentrations in wheat and barley. *Aspects of Applied Biology* 36, Cereal Quality III, 327-335.
- 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.

7 Anhang

Tab. A1: N-Gehalte (Ganzkorn, TM), Rapid-Mix-Test-Volumen, Tausendkornmasse, Erträge und S-Entzüge von Weizen eines Düngungsversuchs, Ernte 1998, Standort Bentfeld

Nr.	Variante	Wdh	N %	RMT- Volumen ml	TKM g	Ertrag Korn, dt/ha 86 % TM	S-Entzug Korn+Stroh kg/ha
1	Kontrolle	a	2,13	664	38,6	26,7	7,3
2		b	2,13	686	40,1	32,1	9,2
3		c	2,12	659	40,5	31,2	9,1
4		d	2,18	670	42,2	24,5	7,1
5	S-20	a	2,07	682	37,1	25,9	7,7
6		b	2,14	679	37,7	27,5	9,3
7		c	2,07	688	39,6	26,8	8,0
8		d	2,13	679	40,9	29,2	9,0
9	S-40	a	2,06	636	38,9	26,7	9,2
10		b	2,11	672	40,6	34,2	10,7
11		c	2,08	696	39,3	29,6	9,0
12		d	2,04	650	43,7	26,8	8,5
13	S-60	a	2,12	656	37,4	21,8	7,7
14		b	2,01	642	38,5	33,7	11,5
15		c	2,06	661	40,3	25,1	7,9
16		d	2,05	610	42,1	28,9	11,7
17	SO4-20	a	2,01	647	37,6	27,0	8,8
18		b	1,99	627	39,1	24,5	8,3
19		c	2,04	660	41,5	32,5	10,5
20		d	2,03	637	42,5	29,2	9,8
21	SO4-40	a	2,08	703	38,1	36,2	11,1
22		b	2,08	663	39,4	28,9	10,8
23		c	2,01	670	39,1	27,2	8,5
24		d	2,08	687	40,7	30,1	9,7
25	SO4-60	a	2,03	643	40,1	27,2	9,2
26		b	2,00	631	40,7	31,0	10,5
27		c	2,08	680	41,1	25,7	8,4
28		d	2,07	681	41,4	26,8	8,3
29	MgCl2-1	a	2,10	642	41,1	26,7	7,1
30		b	2,20	673	41,3	27,0	8,3
31		c	2,18	667	42,3	26,8	7,1
32		d	2,16	666	42,5	28,2	8,0
33	MgCl2-2	a	2,14	638	42,3	32,3	8,4
34		b	2,20	629	42,4	29,1	9,0
35		c	2,13	667	43,0	28,2	7,5
36		d	2,11	677	42,3	25,7	7,0
37	MgCl2-3	a	2,10	624	42,6	25,1	6,8
38		b	2,06	654	40,5	23,5	6,4
39		c	2,09	692	42,4	24,6	6,5
40		d	2,10	692	43,4	26,1	7,5

Tab. A2: Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor sowie N:S-Verhältnisse von Weizen (Ganzkorn) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Standort Bentfeld

Nr.	Ca %	K %	P %	S %	Mg %	Cl ppm	N:S
1	0,023	0,465	0,285	0,142	0,091	615,5	15,0
2	0,028	0,477	0,331	0,156	0,100	617,4	13,6
3	0,029	0,488	0,319	0,153	0,091	599,1	13,9
4	0,028	0,455	0,325	0,156	0,085	598,1	14,0
5	0,029	0,480	0,316	0,159	0,094	654,1	13,0
6	0,030	0,495	0,331	0,162	0,093	663,7	13,2
7	0,023	0,469	0,296	0,152	0,084	563,4	13,6
8	0,028	0,490	0,310	0,158	0,081	653,1	13,5
9	0,026	0,494	0,327	0,160	0,091	607,8	12,9
10	0,030	0,494	0,315	0,156	0,087	740,9	13,5
11	0,023	0,447	0,268	0,144	0,080	589,4	14,4
12	0,023	0,454	0,312	0,157	0,093	597,1	13,0
13	0,028	0,501	0,336	0,165	0,100	638,6	12,8
14	0,027	0,491	0,326	0,161	0,088	688,8	12,5
15	0,027	0,464	0,310	0,157	0,085	624,2	13,1
16	0,026	0,482	0,313	0,162	0,098	606,8	12,7
17	0,026	0,511	0,326	0,164	0,085	636,7	12,3
18	0,027	0,496	0,342	0,163	0,095	625,1	12,2
19	0,026	0,470	0,316	0,150	0,094	541,2	13,6
20	0,024	0,447	0,308	0,159	0,087	554,7	12,7
21	0,026	0,478	0,282	0,155	0,088	550,9	13,4
22	0,030	0,491	0,316	0,164	0,086	702,3	12,7
23	0,025	0,475	0,301	0,151	0,095	529,6	13,3
24	0,027	0,467	0,313	0,155	0,091	633,8	13,4
25	0,026	0,493	0,301	0,158	0,083	540,2	12,9
26	0,030	0,498	0,318	0,163	0,095	655,0	12,3
27	0,028	0,485	0,318	0,168	0,090	646,3	12,4
28	0,027	0,468	0,283	0,150	0,074	593,3	13,8
29	0,027	0,468	0,300	0,143	0,079	637,7	14,7
30	0,031	0,478	0,329	0,160	0,096	751,5	13,8
31	0,029	0,449	0,314	0,147	0,094	679,1	14,8
32	0,027	0,471	0,329	0,152	0,098	669,5	14,2
33	0,026	0,447	0,295	0,139	0,092	609,7	15,4
34	0,031	0,480	0,326	0,153	0,093	710,0	14,4
35	0,029	0,450	0,314	0,145	0,095	697,5	14,7
36	0,028	0,465	0,333	0,148	0,097	719,6	14,3
37	0,028	0,435	0,308	0,139	0,085	540,3	15,1
38	0,031	0,460	0,314	0,147	0,100	726,3	14,0
39	0,030	0,462	0,303	0,141	0,098	646,3	14,9
40	0,028	0,471	0,303	0,144	0,090	729,1	14,6

Tab. A3: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor (TM) sowie N:S-Verhältnisse von Weizen (Endospermehl) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Standort Bentfeld

Nr.	N %	K N:S	P %	S %	Mg %	Cl ppm
1	2,05	21,6	0,143	0,046	0,095	0,043
2	1,97	17,2	0,157	0,070	0,114	0,044
3	2,00	20,0	0,149	0,058	0,100	0,049
4	2,11	19,7	0,143	0,065	0,107	0,044
5	1,96	14,6	0,171	0,079	0,135	0,050
6	2,07	19,5	0,150	0,067	0,106	0,043
7	1,97	18,7	0,151	0,062	0,105	0,043
8	2,05	18,3	0,153	0,062	0,112	0,049
9	1,95	17,2	0,158	0,064	0,113	0,052
10	1,98	18,9	0,157	0,066	0,105	0,043
11	2,01	17,8	0,150	0,058	0,113	0,046
12	1,98	18,7	0,148	0,060	0,106	0,043
13	2,05	19,5	0,158	0,065	0,105	0,049
14	1,93	16,9	0,165	0,066	0,114	0,047
15	2,00	19,2	0,153	0,049	0,104	0,049
16	1,97	17,6	0,166	0,057	0,112	0,048
17	1,95	16,4	0,171	0,069	0,119	0,048
18	1,92	16,7	0,162	0,068	0,115	0,044
19	2,01	19,2	0,145	0,055	0,105	0,042
20	1,93	17,9	0,143	0,062	0,108	0,044
21	1,97	17,1	0,157	0,067	0,115	0,043
22	1,99	18,6	0,159	0,061	0,107	0,042
23	1,88	16,8	0,162	0,063	0,112	0,048
24	2,02	16,5	0,161	0,062	0,122	0,040
25	1,97	18,6	0,161	0,062	0,106	0,045
26	1,90	16,8	0,161	0,062	0,113	0,043
27	2,00	17,9	0,157	0,062	0,112	0,031
28	1,99	18,8	0,143	0,047	0,106	0,038
29	1,98	16,2	0,163	0,071	0,122	0,034
30	2,18	22,2	0,141	0,062	0,098	0,040
31	2,10	23,1	0,129	0,060	0,091	0,032
32	2,02	21,4	0,136	0,062	0,094	0,034
33	2,07	20,9	0,145	0,059	0,099	0,036
34	2,11	19,9	0,151	0,074	0,106	0,033
35	2,02	19,5	0,147	0,061	0,104	0,036
36	2,05	19,9	0,146	0,056	0,103	0,043
37	2,03	20,1	0,145	0,060	0,010	0,030
38	1,94	19,1	0,144	0,059	0,102	0,027
39	2,08	20,6	0,147	0,063	0,101	0,040
40	2,01	16,4	0,163	0,075	0,123	0,037

Tab. A4: Gehalte an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor, Silizium von Weizenstroh eines Düngungsversuchs, Ernte 1998, Standort Bentfeld

Nr.	Ertrag dt/ha	S %	Ca %	K %	P %	Mg %	Cl ppm	Si ppm
1	27,2	0,131	0,308	1,17	0,18	0,09	1707	13874
2	32,6	0,128	0,250	1,16	0,22	0,09	1506	20645
3	31,7	0,135	0,307	1,22	0,18	0,10	1418	17851
4	24,9	0,132	0,287	1,27	0,20	0,10	1503	16032
5	26,3	0,135	0,191	0,96	0,20	0,10	929	18522
6	28,0	0,173	0,313	1,25	0,20	0,11	1764	20902
7	27,2	0,146	0,197	1,03	0,20	0,10	965	18257
8	29,7	0,147	0,277	1,11	0,21	0,10	1565	20315
9	27,1	0,180	0,234	1,17	0,21	0,09	1243	16251
10	34,8	0,154	0,227	1,17	0,17	0,09	1857	23333
11	30,1	0,156	0,246	1,15	0,19	0,09	1095	19334
12	27,2	0,157	0,338	1,23	0,20	0,10	1618	16143
13	22,2	0,186	0,280	1,10	0,21	0,09	1167	18814
14	34,2	0,178	0,223	1,05	0,20	0,10	974	22825
15	25,5	0,154	0,267	1,13	0,18	0,09	1231	20754
16	29,4	0,240	0,514	1,71	0,23	0,12	2134	18820
17	27,5	0,158	0,210	1,04	0,18	0,09	964	17324
18	24,9	0,173	0,316	1,15	0,22	0,09	1601	27363
19	33,1	0,169	0,313	1,22	0,19	0,10	1377	18725
20	29,7	0,175	0,495	1,59	0,24	0,12	2157	17704
21	36,8	0,149	0,200	1,09	0,16	0,08	771	19865
22	29,3	0,207	0,333	1,47	0,23	0,10	1959	28455
23	27,7	0,159	0,199	1,00	0,18	0,09	1210	22902
24	30,6	0,165	0,338	1,41	0,19	0,10	1580	17141
25	27,6	0,176	0,257	1,16	0,20	0,10	1083	22787
26	31,5	0,174	0,280	1,10	0,17	0,10	1544	26337
27	26,1	0,158	0,257	0,94	0,17	0,09	1072	17347
28	27,3	0,155	0,279	1,39	0,15	0,10	2019	15807
29	27,1	0,121	0,295	1,22	0,20	0,10	4107	21958
30	27,5	0,146	0,384	1,34	0,21	0,11	5121	16514
31	27,3	0,115	0,201	1,15	0,21	0,09	5006	22702
32	28,7	0,128	0,242	1,25	0,18	0,09	4410	19487
33	32,9	0,119	0,267	1,44	0,19	0,08	6036	18473
34	29,5	0,153	0,351	1,61	0,18	0,10	6434	33834
35	28,6	0,118	0,349	1,43	0,19	0,09	6385	17520
36	26,1	0,123	0,197	1,29	0,20	0,08	5989	17059
37	25,5	0,129	0,417	1,44	0,23	0,10	5808	16849
38	23,8	0,123	0,194	1,22	0,23	0,08	6922	27355
39	25,0	0,123	0,280	1,40	0,17	0,08	6625	19542
40	26,6	0,139	0,294	1,53	0,21	0,09	7637	21368

Tab. A5: Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr.	AG %	Gliadin A450	Glutenin A450	HMW A450	LMW A450
1	27,34	1,086	0,816	0,604	0,589
2	26,37	1,052	0,829	0,631	0,598
3	27,86	1,025	0,818	0,632	0,597
4	25,32	1,060	0,869	0,672	0,640
5	28,18	1,048	0,813	0,577	0,608
6	26,64	1,041	0,846	0,606	0,637
7	27,49	1,031	0,807	0,568	0,599
8	26,09	1,059	0,839	0,646	0,621
9	28,21	1,001	0,737	0,499	0,568
10	26,96	1,058	0,840	0,638	0,617
11	26,74	1,041	0,798	0,579	0,605
12	26,89	1,045	0,793	0,567	0,608
13	27,32	1,040	0,791	0,547	0,595
14	28,30	1,032	0,761	0,519	0,586
15	28,00	1,035	0,794	0,554	0,593
16	27,50	1,043	0,787	0,555	0,595
17	28,70	1,031	0,730	0,526	0,543
18	29,43	1,009	0,735	0,518	0,564
19	28,45	1,034	0,789	0,569	0,604
20	27,13	1,010	0,774	0,564	0,612
21	29,57	1,042	0,730	0,528	0,602
22	27,83	1,038	0,771	0,557	0,588
23	28,28	1,001	0,721	0,498	0,561
24	27,54	1,052	0,766	0,587	0,587
25	29,33	1,020	0,714	0,521	0,546
26	28,53	0,999	0,735	0,513	0,565
27	27,95	1,019	0,738	0,497	0,571
28	28,92	1,079	0,805	0,582	0,614
29	26,37	1,041	0,829	0,665	0,616
30	25,31	1,078	0,904	0,754	0,668
31	24,92	1,059	0,856	0,665	0,645
32	25,27	1,058	0,840	0,679	0,630
33	26,30	1,049	0,849	0,699	0,616
34	24,20	1,069	0,879	0,713	0,650
35	26,22	1,050	0,859	0,700	0,628
36	25,80	1,054	0,842	0,688	0,637
37	25,06	1,049	0,852	0,710	0,645
38	26,20	1,016	0,832	0,674	0,648
39	26,12	1,054	0,877	0,718	0,647
40	26,68	1,047	0,835	0,693	0,625

Tab. A6: Auf einen N-Gehalt (Ganzkorn) von 2,1 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfaktionsen und Schwefel von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Versuchsstandort Bentfeld. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr.	AG %	Gliadin A450	Glutenin A450	HMW A450	LMW A450	S %
1	28,0	1,077	0,792	0,570	0,576	0,141
2	26,9	1,044	0,808	0,601	0,587	0,155
3	28,2	1,019	0,804	0,612	0,589	0,152
4	26,9	1,038	0,810	0,589	0,608	0,153
5	27,5	1,057	0,838	0,613	0,621	0,160
6	27,3	1,031	0,818	0,568	0,622	0,160
7	27,0	1,039	0,828	0,596	0,610	0,153
8	26,7	1,049	0,814	0,610	0,608	0,157
9	27,4	1,013	0,767	0,541	0,585	0,162
10	27,2	1,055	0,831	0,625	0,612	0,155
11	26,3	1,048	0,815	0,604	0,614	0,145
12	25,7	1,063	0,839	0,632	0,633	0,160
13	27,7	1,035	0,777	0,527	0,588	0,164
14	26,5	1,058	0,829	0,614	0,623	0,165
15	27,2	1,046	0,824	0,596	0,609	0,159
16	26,6	1,057	0,823	0,606	0,615	0,164
17	27,1	1,055	0,793	0,614	0,577	0,168
18	27,3	1,040	0,817	0,633	0,608	0,168
19	27,3	1,050	0,833	0,630	0,628	0,153
20	25,7	1,030	0,828	0,639	0,641	0,162
21	29,3	1,047	0,742	0,544	0,608	0,156
22	27,5	1,042	0,783	0,574	0,595	0,165
23	26,5	1,027	0,790	0,595	0,598	0,155
24	27,1	1,057	0,781	0,609	0,596	0,156
25	28,0	1,039	0,765	0,592	0,574	0,161
26	26,6	1,027	0,810	0,618	0,605	0,167
27	27,5	1,026	0,755	0,520	0,580	0,169
28	28,3	1,089	0,830	0,616	0,627	0,151
29	26,3	1,042	0,831	0,668	0,618	0,143
30	27,2	1,050	0,830	0,651	0,629	0,156
31	26,4	1,037	0,798	0,584	0,614	0,144
32	26,5	1,041	0,794	0,615	0,606	0,149
33	27,1	1,038	0,820	0,659	0,601	0,137
34	26,2	1,041	0,802	0,606	0,609	0,148
35	26,9	1,040	0,833	0,664	0,615	0,144
36	26,0	1,050	0,833	0,676	0,633	0,147
37	25,1	1,048	0,849	0,705	0,644	0,139
38	25,5	1,025	0,859	0,711	0,662	0,149
39	26,0	1,055	0,880	0,723	0,649	0,141
40	26,6	1,048	0,838	0,697	0,627	0,144

Tab. A7: N-Gehalte (Ganzkorn, TM), Rapid-Mix-Test-Volumen, Tausendkornmasse, Erträge und S-Entzüge von Weizen eines Düngungsversuchs, Ernte 1998, Standort Tröndel

Nr.	Variante	Wdh	RMT-		Ertrag Korn, dt/ha 86 % TM	S-Entzug Korn+Stroh kg/ha
			N %	Volumen ml		
1	Kontrolle	a	2,24	605	49,2	22,0
2		b	2,25	625	48,4	18,7
3		c	1,99	598	51,7	22,9
4		d	2,10	628	51,3	26,2
5	S-20	a	2,14	695	46,4	24,4
6		b	2,11	624	50,3	28,5
7		c	2,00	614	47,5	17,5
8		d	2,01	671	49,6	23,1
9	S-40	a	2,08	688	50,0	21,1
10		b	2,07	656	49,6	30,6
11		c	2,01	646	49,3	25,4
12		d	1,99	664	50,0	24,6
13	S-60	a	2,13	672	48,5	15,1
14		b	2,12	627	49,8	29,4
15		c	2,09	679	49,3	21,2
16		d	1,95	614	49,9	22,0
17	SO4-20	a	1,96	598	48,7	23,3
18		b	2,04	646	45,8	11,8
19		c	2,03	665	47,9	21,2
20		d	1,91	601	49,5	30,8
21	SO4-40	a	1,93	600	47,1	31,6
22		b	1,93	608	48,1	17,2
23		c	2,06	643	49,1	21,2
24		d	1,96	608	50,4	23,1
25	SO4-60	a	1,90	591	47,2	18,8
26		b	2,11	656	51,3	20,8
27		c	2,00	684	50,1	16,9
28		d	1,99	588	50,5	28,2
29	MgCl2-1	a	2,02	624	53,6	26,8
30		b	2,12	636	46,7	21,2
31		c	2,06	585	49,6	21,7
32		d	2,05	665	50,9	26,3
33	MgCl2-2	a	1,99	575	46,4	24,1
34		b	2,18	636	50,8	19,7
35		c	2,08	630	51,8	24,5
36		d	2,11	621	50,4	28,8
37	MgCl2-3	a	1,97	625	52,0	32,2
38		b	2,17	627	52,3	23,0
39		c	2,08	642	51,1	24,3
40		d	2,01	628	52,4	23,6
						6,8

Tab. A8: Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor, N:S-Verhältnisse von Weizen (Ganzkorn) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Standort Tröndel

Nr.	Ca %	K %	P %	S %	Mg %	Cl ppm	N:S
1	0,03	0,470	0,273	0,137	0,083	634,2	16,3
2	0,03	0,491	0,285	0,140	0,081	553,1	16,1
3	0,03	0,497	0,288	0,135	0,085	627,6	14,7
4	0,03	0,476	0,299	0,143	0,087	592,7	14,7
5	0,03	0,500	0,288	0,142	0,079	506,9	15,1
6	0,03	0,484	0,292	0,139	0,080	649,3	15,2
7	0,03	0,496	0,275	0,135	0,081	584,2	14,8
8	0,03	0,483	0,305	0,143	0,081	578,6	14,0
9	0,03	0,476	0,274	0,142	0,076	577,6	14,7
10	0,03	0,489	0,302	0,153	0,086	566,3	13,5
11	0,03	0,474	0,296	0,147	0,087	470,1	13,7
12	0,03	0,501	0,317	0,150	0,107	643,3	13,3
13	0,02	0,498	0,305	0,146	0,098	634,9	14,6
14	0,03	0,498	0,314	0,151	0,098	691,1	14,0
15	0,03	0,469	0,291	0,148	0,099	570,2	14,1
16	0,03	0,480	0,317	0,161	0,113	596,5	12,1
17	0,03	0,481	0,266	0,128	0,087	687,4	15,3
18	0,03	0,505	0,317	0,152	0,103	683,6	13,4
19	0,02	0,496	0,328	0,151	0,109	616,1	13,4
20	0,03	0,478	0,317	0,147	0,109	654,6	13,0
21	0,03	0,488	0,273	0,126	0,089	679,9	15,3
22	0,03	0,503	0,310	0,141	0,099	633,0	13,7
23	0,03	0,480	0,297	0,144	0,101	549,6	14,3
24	0,02	0,486	0,302	0,144	0,106	638,6	13,6
25	0,03	0,513	0,294	0,137	0,093	685,5	13,8
26	0,03	0,489	0,302	0,147	0,091	664,9	14,3
27	0,03	0,491	0,296	0,146	0,105	587,1	13,7
28	0,03	0,485	0,308	0,154	0,101	575,8	12,9
29	0,03	0,472	0,299	0,132	0,091	675,2	15,3
30	0,03	0,515	0,297	0,142	0,098	709,0	14,9
31	0,03	0,483	0,276	0,129	0,091	711,8	16,0
32	0,03	0,482	0,298	0,138	0,108	667,7	14,9
33	0,03	0,478	0,297	0,132	0,091	625,5	15,1
34	0,03	0,473	0,293	0,142	0,089	676,1	15,3
35	0,03	0,474	0,303	0,134	0,100	705,2	15,5
36	0,03	0,494	0,317	0,143	0,101	738,0	14,8
37	0,03	0,490	0,309	0,137	0,099	780,2	14,4
38	0,03	0,474	0,304	0,145	0,102	719,3	15,0
39	0,03	0,469	0,298	0,134	0,093	644,3	15,5
40	0,03	0,496	0,322	0,142	0,098	740,8	14,1

Tab. A9: Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor sowie N:S-Verhältnisse von Weizen (Endospermehl, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Standort Tröndel

Nr.	N %	K N:S %	P %	S %	Mg %	Cl ppm
1	2,07	21,3	0,179	0,067	0,097	0,035
2	1,92	19,6	0,189	0,067	0,098	0,029
3	1,83	19,3	0,189	0,075	0,095	0,029
4	1,85	18,9	0,175	0,065	0,098	0,036
5	1,98	17,8	0,189	0,070	0,111	0,034
6	1,89	20,4	0,172	0,067	0,093	0,039
7	1,84	19,0	0,190	0,066	0,097	0,033
8	1,86	18,1	0,189	0,077	0,103	0,034
9	1,96	19,8	0,179	0,071	0,099	0,031
10	1,93	20,9	0,175	0,069	0,092	0,031
11	1,87	16,9	0,182	0,065	0,111	0,024
12	1,79	17,9	0,178	0,071	0,100	0,036
13	1,94	21,4	0,171	0,054	0,091	0,041
14	1,93	20,1	0,179	0,066	0,096	0,043
15	1,97	20,5	0,169	0,055	0,096	0,047
16	1,80	16,5	0,181	0,066	0,109	0,048
17	1,79	19,9	0,188	0,054	0,090	0,046
18	1,92	21,9	0,173	0,059	0,088	0,047
19	1,83	21,0	0,164	0,056	0,087	0,044
20	1,78	19,1	0,165	0,064	0,093	0,047
21	1,78	21,2	0,183	0,056	0,084	0,041
22	1,72	17,7	0,181	0,066	0,097	0,045
23	1,89	18,2	0,182	0,065	0,104	0,046
24	1,74	17,7	0,179	0,067	0,098	0,044
25	1,70	19,3	0,181	0,053	0,088	0,048
26	1,90	19,4	0,173	0,058	0,098	0,045
27	1,87	19,6	0,175	0,053	0,095	0,044
28	1,76	17,4	0,174	0,066	0,101	0,046
29	1,90	17,6	0,193	0,072	0,108	0,047
30	1,93	21,0	0,181	0,064	0,092	0,047
31	1,89	20,1	0,181	0,062	0,094	0,052
32	1,85	20,1	0,171	0,058	0,092	0,045
33	1,79	19,9	0,176	0,063	0,090	0,050
34	2,04	22,6	0,161	0,059	0,090	0,046
35	1,98	17,2	0,195	0,083	0,115	0,046
36	1,90	19,8	0,172	0,058	0,096	0,044
37	1,84	22,7	0,161	0,053	0,081	0,049
38	2,08	20,3	0,171	0,071	0,102	0,044
39	1,99	20,5	0,186	0,063	0,097	0,047
40	1,84	20,0	0,182	0,069	0,092	0,044

Tab. A10: Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor, Silizium sowie Erträge (86 % TM) von Weizenstroh eines Düngungsversuchs, Ernte 1998, Standort Tröndel

Nr.	Ertrag dt/ha	S %	Ca %	K %	P %	Mg %	Cl ppm	Si ppm
1	27,2	0,121	0,218	1,053	0,150	0,105	1030	15356
2	32,6	0,133	0,237	0,967	0,182	0,097	992	13228
3	31,7	0,100	0,281	0,815	0,136	0,117	721	12549
4	24,9	0,121	0,213	0,996	0,162	0,108	1054	13886
5	26,3	0,142	0,233	0,980	0,160	0,102	822	13879
6	28,0	0,135	0,211	0,892	0,159	0,101	911	13799
7	27,2	0,102	0,193	0,736	0,128	0,090	577	13760
8	29,7	0,133	0,214	0,881	0,158	0,109	761	10923
9	27,1	0,134	0,236	1,008	0,147	0,102	1115	11186
10	34,8	0,136	0,225	0,963	0,161	0,110	991	14217
11	30,1	0,151	0,325	0,955	0,179	0,120	796	9694
12	27,2	0,151	0,249	1,021	0,170	0,110	1098	15168
13	22,2	0,133	0,238	0,956	0,130	0,105	894	13222
14	34,2	0,134	0,203	0,893	0,126	0,095	1291	21160
15	25,5	0,154	0,230	1,136	0,153	0,103	1270	11467
16	29,4	0,146	0,222	0,952	0,153	0,110	963	13278
17	27,5	0,114	0,210	0,736	0,149	0,094	1066	18234
18	24,9	0,147	0,225	1,037	0,191	0,106	1286	13455
19	33,1	0,123	0,229	0,866	0,137	0,105	674	11881
20	29,7	0,129	0,218	0,978	0,172	0,104	1210	14017
21	36,8	0,118	0,254	0,935	0,132	0,102	1387	17090
22	29,3	0,156	0,285	1,031	0,195	0,113	1336	16418
23	27,7	0,145	0,257	0,955	0,178	0,105	1053	13499
24	30,6	0,139	0,234	0,974	0,166	0,110	1079	13335
25	27,6	0,125	0,244	0,868	0,140	0,094	986	11132
26	31,5	0,149	0,263	0,990	0,167	0,103	1861	16281
27	26,1	0,127	0,211	0,869	0,139	0,100	809	12877
28	27,3	0,161	0,254	1,031	0,188	0,106	1430	12608
29	27,1	0,113	0,233	0,938	0,156	0,098	2434	9527
30	27,5	0,106	0,207	0,894	0,127	0,096	1684	9966
31	27,3	0,102	0,213	0,836	0,135	0,084	2114	19095
32	28,7	0,119	0,208	0,940	0,166	0,107	1943	12723
33	32,9	0,121	0,236	0,899	0,170	0,103	2447	12065
34	29,5	0,130	0,217	1,086	0,162	0,103	2930	16224
35	28,6	0,106	0,212	0,941	0,151	0,106	3000	15733
36	26,1	0,133	0,242	1,000	0,170	0,118	2672	15289
37	25,5	0,112	0,225	0,971	0,173	0,101	3052	13231
38	23,8	0,116	0,185	0,949	0,148	0,109	2840	16604
39	25,0	0,119	0,234	1,006	0,152	0,099	3199	13360
40	26,6	0,128	0,252	0,990	0,164	0,105	3598	15428

Tab. A11: Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr.	AG %	Gliadin	Glutenin	HMW	LMW
		A450	A450	A450	A450
1	28,86	1,097	0,865	0,746	0,663
2	29,62	1,042	0,765	0,662	0,610
3	34,47	0,993	0,703	0,597	0,567
4	30,59	1,008	0,714	0,579	0,587
5	31,38	1,072	0,760	0,644	0,609
6	32,78	1,044	0,750	0,641	0,601
7	29,26	1,023	0,710	0,589	0,577
8	29,55	1,032	0,678	0,528	0,551
9	28,70	1,075	0,731	0,619	0,596
10	29,58	1,063	0,747	0,623	0,603
11	30,47	1,043	0,681	0,533	0,546
12	30,25	0,996	0,644	0,520	0,522
13	28,80	1,063	0,716	0,609	0,561
14	27,52	1,056	0,731	0,603	0,580
15	30,25	1,054	0,726	0,584	0,587
16	31,46	0,989	0,642	0,476	0,559
17	30,65	0,979	0,693	0,598	0,565
18	30,29	1,023	0,704	0,583	0,582
19	30,19	1,026	0,727	0,577	0,607
20	32,44	0,975	0,673	0,542	0,570
21	30,80	1,000	0,673	0,608	0,555
22	31,16	0,991	0,662	0,553	0,564
23	29,86	1,095	0,720	0,619	0,603
24	31,67	0,982	0,645	0,533	0,550
25	30,73	0,952	0,611	0,510	0,519
26	28,77	1,072	0,772	0,640	0,635
27	30,99	1,063	0,700	0,561	0,603
28	31,48	1,018	0,671	0,549	0,554
29	30,02	1,044	0,750	0,663	0,621
30	28,88	1,091	0,775	0,735	0,622
31	28,14	1,068	0,741	0,651	0,609
32	28,70	1,057	0,754	0,633	0,619
33	29,83	1,012	0,694	0,599	0,566
34	27,58	1,110	0,852	0,758	0,670
35	28,46	1,068	0,782	0,702	0,625
36	27,52	1,070	0,801	0,722	0,629
37	29,51	1,022	0,731	0,621	0,621
38	29,03	1,120	0,856	0,795	0,642
39	28,57	1,075	0,781	0,696	0,645
40	29,60	1,047	0,728	0,624	0,592

Tab. A12: Auf einen N-Gehalt (Ganzkorn) von 2,1 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1998, Versuchsstandort Tröndel. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr.	AG %	Gliadin A450	Glutenin A450	HMW A450	LMW A450
1	30,1	1,045	0,788	0,660	0,623
2	31,0	0,985	0,680	0,568	0,566
3	33,5	1,035	0,767	0,668	0,601
4	30,6	1,009	0,716	0,581	0,588
5	31,7	1,057	0,738	0,619	0,598
6	32,9	1,041	0,745	0,636	0,598
7	28,4	1,061	0,767	0,652	0,606
8	28,7	1,067	0,731	0,586	0,579
9	28,5	1,082	0,741	0,631	0,602
10	29,3	1,075	0,763	0,642	0,612
11	29,7	1,077	0,731	0,588	0,573
12	29,3	1,037	0,706	0,588	0,554
13	29,1	1,053	0,700	0,591	0,552
14	27,7	1,049	0,720	0,592	0,574
15	30,1	1,059	0,733	0,591	0,591
16	30,1	1,047	0,730	0,572	0,604
17	29,3	1,034	0,775	0,689	0,608
18	29,7	1,047	0,739	0,622	0,600
19	29,6	1,052	0,766	0,621	0,628
20	30,7	1,047	0,781	0,661	0,627
21	29,2	1,065	0,771	0,716	0,607
22	29,6	1,056	0,760	0,662	0,615
23	29,5	1,111	0,744	0,646	0,616
24	30,4	1,037	0,726	0,623	0,593
25	28,9	1,028	0,727	0,638	0,580
26	28,8	1,069	0,768	0,635	0,632
27	30,1	1,100	0,755	0,621	0,632
28	30,5	1,060	0,734	0,619	0,588
29	29,3	1,075	0,795	0,713	0,645
30	29,0	1,083	0,764	0,723	0,616
31	27,8	1,084	0,765	0,677	0,622
32	28,3	1,075	0,781	0,663	0,633
33	28,9	1,052	0,754	0,667	0,598
34	28,3	1,081	0,807	0,709	0,646
35	28,2	1,077	0,795	0,717	0,632
36	27,6	1,064	0,793	0,713	0,625
37	28,4	1,070	0,802	0,700	0,659
38	29,7	1,094	0,817	0,751	0,621
39	28,4	1,083	0,793	0,709	0,651
40	28,8	1,082	0,781	0,682	0,620

Tab. A13: N-Gehalte (Ganzkorn, TM), Rapid-Mix-Test-Volumen, Tausendkornmasse, Erträge und S-Entzüge von Weizen eines Düngungsversuchs, Ernte 1999, Standort Bentfeld

Nr	Variante	Wdh	RMT-		TKM	Ertrag Korn, dt/ha 86 % TM	S-Entzug Korn+Stroh kg/ha
			N %	Volumen ml			
1	Kontrolle	a	1,54	493	46,9	24,5	5,3
2		b	1,65	550	48,5	18,6	4,1
3		c	1,73	522	46,5	22,2	6,0
4		d	1,60	575	47,1	19,9	4,9
5	S-20	a	1,57	557	47,9	31,6	7,9
6		b	1,58	508	47,5	15,8	4,6
7		c	1,67	496	46,3	20,2	5,3
8		d	1,65	569	46,6	21,9	5,3
9	S-40	a	1,74	555	49,2	33,3	9,2
10		b	1,68	529	48,1	18,6	5,5
11		c	1,68	514	48,7	28,1	7,8
12		d	1,60	544	46,5	19,9	5,1
13	S-60	a	1,55	472	48,5	24,3	6,8
14		b	1,58	456	46,8	19,0	5,6
15		c	1,64	500	47,5	22,4	6,8
16		d	1,73	541	46,6	17,2	5,6
17	SO4-20	a	1,61	588	49,4	22,1	6,5
18		b	1,67	534	47,1	15,5	5,3
19		c	1,73	537	46,9	26,8	8,4
20		d	1,64	545	47,9	19,0	6,1
21	SO4-40	a	1,50	458	48,0	22,2	8,2
22		b	1,64	483	48,2	19,6	7,7
23		c	1,66	458	46,9	18,3	6,8
24		d	1,67	512	46,5	16,3	6,1
25	SO4-60	a	1,65	529	48,0	28,1	10,8
26		b	1,59	459	48,5	23,3	9,4
27		c	1,70	515	48,4	30,5	10,7
28		d	1,61	523	47,9	20,6	7,9
29	MgCl2-1	a	1,50	530	48,0	24,7	5,2
30		b	1,64	516	46,9	20,7	5,3
31		c	1,70	527	46,4	20,5	4,6
32		d	1,63	524	48,5	19,9	4,3
33	MgCl2-2	a	1,55	506	47,4	23,0	4,6
34		b	1,62	560	48,2	19,8	4,6
35		c	1,73	524	48,3	27,8	6,9
36		d	1,71	546	48,3	20,6	4,9
37	MgCl2-3	a	1,66	555	48,1	23,1	5,2
38		b	1,65	580	45,5	20,2	4,7
39		c	1,63	538	47,4	20,0	4,3
40		d	1,71	581	47,9	21,5	5,1

Tab. A14: Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor sowie N:S-Verhältnisse von Weizen (Ganzkorn) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Standort Bentfeld

Nr	Ca %	K %	P %	S %	Mg %	Cl ppm	N:S
1	0,026	0,461	0,321	0,127	0,082	678,7	12,1
2	0,019	0,442	0,309	0,136	0,095	629,1	12,1
3	0,026	0,524	0,380	0,140	0,101	726,9	10,3
4	0,022	0,460	0,287	0,128	0,087	702,1	12,5
5	0,028	0,467	0,319	0,130	0,093	665,3	12,1
6	0,022	0,459	0,309	0,141	0,092	558,9	11,2
7	0,023	0,448	0,314	0,142	0,099	607,2	11,8
8	0,022	0,443	0,301	0,133	0,094	585,4	12,4
9	0,024	0,443	0,301	0,142	0,089	607,2	12,3
10	0,024	0,463	0,325	0,146	0,090	618,7	11,5
11	0,025	0,467	0,307	0,140	0,093	634,9	12,0
12	0,021	0,461	0,278	0,132	0,079	606,6	12,1
13	0,023	0,435	0,293	0,136	0,087	636,0	11,4
14	0,024	0,442	0,319	0,147	0,105	624,5	10,7
15	0,024	0,438	0,299	0,144	0,092	576,1	11,4
16	0,022	0,472	0,310	0,149	0,096	636,1	11,6
17	0,026	0,459	0,315	0,146	0,094	670,9	11,0
18	0,023	0,455	0,315	0,151	0,093	548,5	11,1
19	0,024	0,447	0,300	0,145	0,084	610,1	11,9
20	0,021	0,460	0,295	0,147	0,088	616,0	11,2
21	0,031	0,477	0,321	0,153	0,076	736,6	9,8
22	0,026	0,445	0,297	0,153	0,095	527,8	10,7
23	0,023	0,452	0,299	0,156	0,099	563,5	10,6
24	0,027	0,476	0,302	0,155	0,090	670,2	10,8
25	0,022	0,430	0,287	0,142	0,094	579,6	11,6
26	0,025	0,459	0,319	0,164	0,103	654,4	9,7
27	0,026	0,459	0,299	0,149	0,091	626,6	11,4
28	0,024	0,455	0,311	0,155	0,095	603,0	10,4
29	0,028	0,474	0,339	0,130	0,087	774,5	11,6
30	0,027	0,441	0,312	0,129	0,091	649,8	12,7
31	0,027	0,450	0,304	0,131	0,092	683,2	13,0
32	0,023	0,435	0,285	0,123	0,093	706,8	13,3
33	0,023	0,445	0,290	0,118	0,081	660,1	13,1
34	0,024	0,435	0,299	0,128	0,080	829,3	12,7
35	0,027	0,455	0,324	0,139	0,098	761,0	12,4
36	0,025	0,464	0,313	0,127	0,091	779,9	13,4
37	0,029	0,452	0,291	0,134	0,091	700,0	12,4
38	0,023	0,449	0,315	0,128	0,088	740,7	12,9
39	0,024	0,429	0,302	0,124	0,098	680,9	13,1
40	0,025	0,449	0,295	0,128	0,097	730,4	13,4

Tab. A15: Gehalte (TM) an Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor, Proteinfraktionen (Gliadin, Gesamt- und HMW-Glutelin) sowie N:S-Verhältnisse von Weizen (Endospermehl) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Standort Bentfeld

Nr	N %	N:S	S %	P %	K %	Mg %	Cl Ppm	Gliadin A450	Glutenin A450	HMW A450
1	1,47	13,5	0,109	0,098	0,186	0,029	488,4	0,925	0,351	0,259
2	1,62	15,0	0,108	0,097	0,175	0,038	526,6	1,066	0,395	0,307
3	1,69	14,3	0,118	0,113	0,176	0,039	516,3	1,085	0,404	0,305
4	1,56	13,7	0,114	0,097	0,196	0,034	628,6	1,031	0,461	0,305
5	1,49	13,3	0,112	0,101	0,197	0,048	537,6	0,947	0,382	0,296
6	1,44	14,3	0,101	0,075	0,150	0,027	442,5	0,993	0,288	0,210
7	1,59	12,0	0,132	0,122	0,197	0,033	679,7	1,016	0,371	0,283
8	1,59	12,9	0,123	0,111	0,192	0,036	635,2	1,001	0,421	0,322
9	1,68	16,2	0,104	0,091	0,176	0,031	420,1	1,084	0,406	0,312
10	1,60	13,9	0,115	0,096	0,177	0,035	527,8	1,027	0,383	0,282
11	1,63	13,5	0,121	0,109	0,182	0,035	611,8	1,043	0,393	0,293
12	1,54	13,4	0,115	0,106	0,198	0,029	541,6	0,983	0,399	0,276
13	1,47	14,4	0,102	0,083	0,178	0,028	481,7	0,959	0,318	0,215
14	1,53	13,6	0,113	0,099	0,191	0,029	471,6	0,946	0,364	0,249
15	1,55	10,4	0,148	0,127	0,212	0,026	650,9	1,017	0,363	0,265
16	1,67	12,8	0,130	0,105	0,199	0,036	589,6	1,077	0,377	0,262
17	1,54	13,4	0,115	0,092	0,188	0,036	508,5	1,020	0,355	0,260
18	1,57	12,4	0,127	0,110	0,182	0,037	538,1	1,028	0,375	0,277
19	1,70	13,1	0,129	0,115	0,182	0,033	591,1	1,092	0,388	0,290
20	1,58	12,0	0,132	0,101	0,201	0,044	509,3	0,992	0,429	0,274
21	1,42	11,3	0,125	0,089	0,195	0,032	524,2	0,941	0,276	0,191
22	1,58	13,0	0,122	0,098	0,172	0,037	484,0	1,026	0,322	0,227
23	1,58	13,2	0,120	0,103	0,178	0,033	539,3	1,068	0,282	0,204
24	1,61	11,7	0,138	0,100	0,196	0,036	558,4	1,068	0,322	0,222
25	1,62	13,7	0,118	0,094	0,195	0,029	449,2	1,096	0,319	0,226
26	1,54	11,9	0,130	0,113	0,201	0,039	447,0	0,982	0,320	0,226
27	1,63	12,0	0,136	0,104	0,180	0,036	530,1	1,167	0,325	0,238
28	1,58	12,1	0,130	0,100	0,195	0,036	574,0	1,022	0,363	0,240
29	1,51	12,9	0,117	0,115	0,198	0,034	552,2	0,967	0,368	0,285
30	1,56	16,9	0,092	0,095	0,171	0,037	570,3	0,994	0,443	0,342
31	1,66	14,0	0,119	0,115	0,179	0,042	639,4	1,057	0,485	0,394
32	1,59	15,3	0,104	0,094	0,178	0,035	588,4	0,996	0,456	0,301
33	1,47	16,2	0,091	0,088	0,182	0,035	483,9	0,920	0,390	0,298
34	1,54	17,3	0,089	0,084	0,175	0,033	516,4	0,984	0,401	0,324
35	1,68	13,9	0,121	0,132	0,189	0,038	654,4	1,067	0,472	0,405
36	1,65	14,8	0,111	0,100	0,181	0,031	594,0	1,033	0,482	0,402
37	1,60	14,9	0,108	0,093	0,187	0,031	530,9	1,039	0,464	0,398
38	1,60	14,7	0,109	0,114	0,183	0,036	586,5	1,011	0,454	0,356
39	1,65	15,8	0,105	0,088	0,183	0,032	586,2	1,026	0,552	0,426
40	1,66	14,3	0,116	0,122	0,194	0,038	685,4	1,000	0,459	0,364

Tab. A16: Erträge (dt/ha, 86 % TM) sowie Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Chlor und Silizium von Weizenstroh eines Düngungsversuchs, Ernte 1999, Standort Bentfeld

Nr	Ertrag dt/ha	S %	Ca %	K %	P %	Mg %	Cl %	Si %
1	26,3	0,098	0,313	1,20	0,185	0,091	0,190	1,52
2	20,0	0,091	0,232	1,26	0,161	0,085	0,234	1,07
3	23,9	0,111	0,236	1,41	0,179	0,080	0,200	1,09
4	21,4	0,126	0,768	1,65	0,195	0,117	0,370	0,90
5	34,0	0,130	0,320	1,22	0,147	0,104	0,276	1,95
6	17,0	0,164	0,268	1,46	0,230	0,101	0,188	1,27
7	21,7	0,127	0,237	1,43	0,181	0,093	0,196	1,11
8	23,5	0,119	0,189	1,34	0,195	0,087	0,218	1,31
9	35,8	0,143	0,331	1,42	0,146	0,099	0,243	1,74
10	20,0	0,159	0,229	1,39	0,208	0,094	0,171	1,51
11	30,3	0,148	0,212	1,52	0,176	0,088	0,226	1,39
12	21,4	0,132	0,300	1,39	0,171	0,099	0,238	1,07
13	26,2	0,155	0,252	1,25	0,191	0,097	0,197	1,34
14	20,4	0,157	0,220	1,22	0,192	0,094	0,107	1,27
15	24,1	0,172	0,212	1,52	0,186	0,088	0,173	1,16
16	18,5	0,191	0,211	1,54	0,210	0,096	0,187	1,23
17	23,8	0,158	0,262	1,31	0,166	0,095	0,146	1,16
18	16,6	0,203	0,237	1,51	0,198	0,093	0,209	1,49
19	28,9	0,182	0,203	1,60	0,170	0,088	0,269	1,53
20	20,4	0,187	0,274	1,42	0,185	0,088	0,215	1,02
21	23,8	0,232	0,251	1,19	0,167	0,097	0,140	1,19
22	21,1	0,259	0,232	1,43	0,203	0,096	0,171	1,28
23	19,7	0,231	0,192	1,46	0,169	0,080	0,161	1,25
24	17,6	0,237	0,183	1,49	0,179	0,088	0,228	1,10
25	30,2	0,259	0,230	1,39	0,168	0,088	0,163	1,66
26	25,1	0,256	0,269	1,33	0,167	0,102	0,222	1,63
27	32,8	0,215	0,208	1,48	0,161	0,083	0,235	1,20
28	22,1	0,245	0,239	1,49	0,174	0,088	0,217	1,42
29	26,5	0,089	0,361	1,51	0,171	0,093	0,967	1,47
30	22,3	0,135	0,345	1,63	0,194	0,105	0,860	1,33
31	22,0	0,100	0,212	1,70	0,194	0,097	0,998	1,22
32	21,4	0,101	0,211	1,65	0,185	0,082	0,878	1,47
33	24,8	0,089	0,322	1,46	0,182	0,098	1,025	1,60
34	21,3	0,114	0,277	1,83	0,193	0,102	1,312	1,54
35	29,9	0,117	0,248	1,87	0,165	0,095	1,266	1,54
36	22,1	0,117	0,277	2,06	0,200	0,101	1,341	1,17
37	24,8	0,097	0,302	1,72	0,168	0,099	1,307	1,53
38	21,7	0,113	0,215	1,94	0,177	0,091	1,344	1,25
39	21,5	0,095	0,220	1,88	0,155	0,088	1,411	1,22
40	23,2	0,116	0,236	1,90	0,180	0,103	1,459	1,23

Tab. A17: Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr	AG %	Gliadin A 450	Glutenin A 450	HMW A 450	LMW A 450
1	31,0	0,784	0,490	0,294	0,458
2	29,4	0,861	0,572	0,366	0,495
3	29,1	0,909	0,589	0,380	0,510
4	33,3	0,828	0,519	0,330	0,438
5	30,2	0,805	0,504	0,322	0,450
6	30,8	0,827	0,491	0,285	0,453
7	32,4	0,868	0,531	0,334	0,467
8	28,7	0,853	0,555	0,376	0,489
9	27,4	0,913	0,589	0,372	0,519
10	29,1	0,858	0,524	0,325	0,477
11	29,8	0,871	0,557	0,358	0,481
12	35,5	0,819	0,517	0,309	0,458
13	31,9	0,808	0,437	0,256	0,416
14	31,7	0,822	0,477	0,274	0,439
15	30,4	0,854	0,489	0,307	0,430
16	28,7	0,909	0,567	0,342	0,500
17	31,4	0,866	0,488	0,298	0,443
18	30,2	0,855	0,512	0,331	0,469
19	29,1	0,912	0,577	0,362	0,501
20	32,4	0,843	0,494	0,291	0,456
21	33,5	0,790	0,397	0,223	0,377
22	31,3	0,856	0,472	0,295	0,431
23	30,6	0,889	0,502	0,297	0,458
24	28,6	0,896	0,482	0,277	0,442
25	29,9	0,896	0,501	0,287	0,456
26	31,3	0,837	0,456	0,266	0,423
27	29,9	0,917	0,527	0,315	0,472
28	29,7	0,874	0,486	0,288	0,454
29	34,1	0,826	0,520	0,331	0,467
30	28,2	0,837	0,580	0,368	0,504
31	28,4	0,891	0,596	0,413	0,507
32	29,5	0,868	0,569	0,380	0,503
33	31,0	0,799	0,511	0,334	0,455
34	28,6	0,831	0,558	0,376	0,493
35	27,6	0,904	0,620	0,424	0,521
36	27,6	0,899	0,638	0,450	0,542
37	29,3	0,862	0,565	0,406	0,484
38	28,2	0,844	0,613	0,420	0,492
39	29,2	0,879	0,600	0,432	0,505
40	28,7	0,867	0,6173	0,423	0,54007

Tab. A18: Auf einen N-Gehalt von 1,6 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Versuchsstandort Bentfeld. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr	AG %	Gliadin A 450	Glutenin A 450	HMW A 450	LMW A 450
1	29,84	0,814	0,525	0,324	0,481
2	30,47	0,835	0,541	0,340	0,474
3	31,80	0,843	0,512	0,315	0,459
4	33,34	0,828	0,519	0,330	0,438
5	29,57	0,821	0,523	0,337	0,463
6	30,32	0,839	0,505	0,297	0,463
7	33,89	0,831	0,488	0,298	0,438
8	29,63	0,829	0,527	0,352	0,470
9	30,32	0,841	0,504	0,300	0,463
10	30,76	0,816	0,475	0,283	0,444
11	31,37	0,832	0,512	0,320	0,451
12	35,38	0,821	0,519	0,311	0,460
13	30,81	0,835	0,469	0,284	0,437
14	31,20	0,834	0,490	0,285	0,447
15	31,33	0,832	0,462	0,285	0,413
16	31,33	0,844	0,491	0,277	0,449
17	31,59	0,860	0,481	0,293	0,439
18	31,65	0,818	0,469	0,295	0,440
19	31,72	0,847	0,501	0,298	0,451
20	33,37	0,820	0,467	0,268	0,438
21	31,33	0,842	0,458	0,274	0,417
22	32,24	0,834	0,446	0,273	0,413
23	31,82	0,859	0,468	0,268	0,435
24	30,16	0,859	0,438	0,240	0,413
25	30,97	0,869	0,470	0,261	0,435
26	31,04	0,843	0,462	0,271	0,427
27	31,90	0,867	0,468	0,266	0,434
28	29,93	0,868	0,479	0,282	0,450
29	32,10	0,876	0,578	0,380	0,506
30	29,00	0,818	0,558	0,349	0,490
31	30,45	0,840	0,536	0,362	0,468
32	30,25	0,851	0,549	0,363	0,490
33	30,02	0,824	0,540	0,358	0,474
34	29,03	0,820	0,544	0,364	0,484
35	30,28	0,839	0,544	0,360	0,471
36	29,87	0,844	0,574	0,396	0,499
37	30,59	0,829	0,526	0,374	0,459
38	29,24	0,819	0,584	0,395	0,473
39	29,79	0,866	0,585	0,419	0,495
40	31,01	0,810	0,551	0,367	0,496

Tab. A19: N-Gehalte (Ganzkorn, TM), Rapid-Mix-Test-Volumen, Tausendkornmasse, Erträge und S-Entzüge von Weizen eines Düngungsversuchs, Ernte 1999, Standort Tröndel

Nr	Variante	Wdh	RMT-			Ertrag Korn, dt/ha 86 % TM	S-Entzug Korn+Stroh kg/ha
			N %	Volumen ml	TKM g		
1	Kontrolle	a	1,73	535	51,0	57,5	10,9
2		b	1,72	570	50,3	52,1	9,0
3		c	1,71	506	51,0	54,5	9,8
4		d	1,58	512	49,7	47,8	8,6
5	S-20	a	1,66	527	51,7	61,4	11,2
6		b	1,73	533	51,7	56,4	9,8
7		c	1,76	569	50,0	51,6	10,5
8		d	1,45	480	49,7	40,2	6,7
9	S-40	a	1,69	511	49,7	57,4	12,2
10		b	1,59	483	51,0	51,6	10,4
11		c	1,58	493	49,3	46,4	8,2
12		d	1,56	512	48,3	42,4	8,8
13	S-60	a	1,62	537	50,7	54,8	11,6
14		b	1,53	467	50,3	56,5	11,5
15		c	1,60	512	49,7	43,5	9,7
16		d	1,59	531	49,3	41,8	9,8
17	SO4-20	a	1,59	468	50,3	47,6	10,6
18		b	1,68	491	49,7	57,5	13,0
19		c	1,61	519	50,0	53,6	11,3
20		d	1,51	524	47,7	46,5	11,1
21	SO4-40	a	1,61	475	50,3	50,7	11,4
22		b	1,82	558	53,0	67,6	15,4
23		c	1,61	507	50,7	56,1	13,4
24		d	1,48	518	47,3	42,1	9,8
25	SO4-60	a	1,64	572	50,3	51,6	11,2
26		b	1,62	522	49,7	51,5	12,1
27		c	1,46	459	48,7	51,6	14,1
28		d	1,56	486	49,0	41,2	9,9
29	MgCl2-1	a	1,66	541	50,0	53,8	9,1
30		b	1,76	533	52,3	51,9	8,9
31		c	1,53	474	48,3	48,4	7,5
32		d	1,58	495	50,0	42,0	6,8
33	MgCl2-2	a	1,79	584	50,7	61,0	10,6
34		b	1,69	515	51,7	50,0	8,6
35		c	1,60	503	51,0	57,4	8,6
36		d	1,48	460	47,7	37,3	5,2
37	MgCl2-3	a	1,61	488	51,7	49,9	7,8
38		b	1,82	549	53,0	27,8	5,0
39		c	1,46	476	49,3	41,0	6,0
40		d	1,53	493	48,3	38,7	5,8

Tab. A20: Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor sowie N:S-Verhältnisse von Weizen (Ganzkorn) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Standort Tröndel

Nr	Ca %	K %	P %	S %	Mg %	Cl ppm	N:S
1	0,013	0,445	0,328	0,131	0,093	521,6	13,2
2	0,014	0,440	0,301	0,126	0,076	482,6	13,6
3	0,015	0,448	0,326	0,136	0,086	487,0	12,6
4	0,015	0,477	0,309	0,126	0,071	477,0	12,6
5	0,015	0,464	0,319	0,133	0,086	431,3	12,5
6	0,018	0,484	0,320	0,131	0,076	453,6	13,2
7	0,017	0,461	0,337	0,138	0,078	496,0	12,8
8	0,014	0,485	0,307	0,120	0,078	458,1	12,1
9	0,015	0,462	0,300	0,128	0,078	435,8	13,2
10	0,017	0,482	0,318	0,130	0,086	440,2	12,3
11	0,016	0,491	0,317	0,125	0,073	504,9	12,6
12	0,012	0,473	0,310	0,124	0,081	446,9	12,6
13	0,014	0,466	0,315	0,129	0,088	526,0	12,6
14	0,014	0,477	0,314	0,130	0,082	467,0	11,8
15	0,018	0,473	0,305	0,127	0,077	440,2	12,6
16	0,018	0,493	0,356	0,142	0,100	531,6	11,2
17	0,014	0,477	0,326	0,129	0,084	423,5	12,3
18	0,017	0,463	0,306	0,133	0,094	475,9	12,7
19	0,014	0,476	0,323	0,131	0,084	506,0	12,3
20	0,013	0,468	0,306	0,128	0,083	478,1	11,8
21	0,015	0,474	0,306	0,129	0,084	426,9	12,5
22	0,017	0,450	0,331	0,141	0,074	461,4	12,9
23	0,016	0,461	0,295	0,128	0,083	514,9	12,6
24	0,016	0,482	0,321	0,134	0,080	470,3	11,1
25	0,017	0,470	0,313	0,139	0,087	551,7	11,8
26	0,015	0,462	0,322	0,135	0,088	556,1	12,0
27	0,017	0,474	0,300	0,129	0,079	453,6	11,4
28	0,017	0,487	0,313	0,125	0,080	458,1	12,5
29	0,013	0,454	0,311	0,116	0,084	526,0	14,3
30	0,017	0,470	0,330	0,130	0,088	487,0	13,6
31	0,015	0,491	0,331	0,121	0,093	507,1	12,7
32	0,016	0,496	0,333	0,125	0,084	490,4	12,6
33	0,019	0,498	0,370	0,143	0,081	521,6	12,5
34	0,016	0,453	0,320	0,121	0,084	496,0	14,0
35	0,016	0,475	0,318	0,121	0,080	500,4	13,2
36	0,016	0,500	0,339	0,114	0,082	537,2	13,0
37	0,016	0,470	0,337	0,123	0,092	504,9	13,1
38	0,017	0,461	0,334	0,133	0,086	542,8	13,7
39	0,014	0,485	0,331	0,117	0,091	537,2	12,4
40	0,015	0,484	0,314	0,117	0,080	613,0	13,1

Tab. A21: Gehalte (TM) an Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor sowie N:S-Verhältnisse von Weizen (Endospermmehl) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Standort Tröndel

Nr	N %	S N:S	P %	K %	Mg %	Cl ppm
1	1,63	14,9	0,110	0,128	0,225	0,042
2	1,62	15,6	0,104	0,102	0,205	0,036
3	1,62	14,7	0,110	0,107	0,203	0,038
4	1,50	14,2	0,105	0,108	0,230	0,037
5	1,59	14,3	0,111	0,100	0,205	0,028
6	1,60	14,4	0,111	0,096	0,217	0,037
7	1,67	14,7	0,113	0,104	0,209	0,039
8	1,36	13,3	0,102	0,099	0,226	0,032
9	1,56	15,5	0,101	0,086	0,193	0,027
10	1,48	13,9	0,106	0,101	0,206	0,031
11	1,40	14,0	0,100	0,094	0,183	0,031
12	1,42	13,5	0,105	0,094	0,203	0,031
13	1,48	14,8	0,100	0,090	0,199	0,032
14	1,46	13,6	0,107	0,104	0,232	0,033
15	1,47	13,1	0,112	0,094	0,190	0,032
16	1,45	12,7	0,115	0,097	0,217	0,032
17	1,52	15,5	0,098	0,108	0,208	0,044
18	1,53	14,3	0,107	0,105	0,204	0,038
19	1,48	13,3	0,111	0,097	0,217	0,032
20	1,42	12,8	0,111	0,112	0,243	0,034
21	1,52	13,8	0,110	0,114	0,236	0,041
22	1,70	14,8	0,115	0,107	0,184	0,040
23	1,46	14,0	0,104	0,082	0,199	0,030
24	1,41	12,8	0,110	0,081	0,206	0,032
25	1,55	13,1	0,118	0,094	0,207	0,030
26	1,56	14,1	0,110	0,098	0,216	0,039
27	1,33	12,3	0,108	0,094	0,226	0,035
28	1,43	13,5	0,106	0,108	0,213	0,037
29	1,56	15,4	0,101	0,091	0,203	0,035
30	1,66	15,2	0,109	0,112	0,225	0,039
31	1,38	14,0	0,098	0,095	0,224	0,031
32	1,46	14,6	0,100	0,109	0,193	0,042
33	1,68	16,0	0,105	0,094	0,196	0,028
34	1,59	14,2	0,112	0,104	0,192	0,045
35	1,44	14,4	0,100	0,094	0,213	0,035
36	1,36	15,6	0,087	0,086	0,205	0,028
37	1,54	17,2	0,090	0,108	0,198	0,036
38	1,69	17,5	0,097	0,108	0,189	0,032
39	1,34	14,2	0,094	0,103	0,216	0,036
40	1,39	14,6	0,095	0,087	0,211	0,028

Tab. A22: Gehalte (TM) an Schwefel, Phosphor, Kalium, Magnesium, Chlor, Silizium (%, TM) sowie Erträge (dt/ha, 86 % TM) von Weizenstroh eines Düngungsversuchs, Ernte 1999, Standort Tröndel

Nr	Ertrag dt/ha	S %	Ca %	K %	P %	Mg %	Cl %	Si %
1	53,5	0,097	0,186	1,043	0,110	0,077	0,134	2,18
2	48,5	0,081	0,188	1,052	0,128	0,089	0,179	2,47
3	50,7	0,079	0,203	1,014	0,107	0,081	0,176	2,01
4	44,5	0,090	0,147	1,030	0,133	0,086	0,134	2,20
5	54,3	0,096	0,183	1,095	0,115	0,079	0,149	2,06
6	48,9	0,092	0,207	1,200	0,111	0,084	0,212	2,07
7	48,0	0,106	0,228	1,132	0,116	0,087	0,185	2,13
8	34,3	0,098	0,164	1,006	0,123	0,086	0,154	1,92
9	53,4	0,127	0,176	1,027	0,129	0,101	0,152	2,10
10	48,0	0,111	0,184	1,042	0,122	0,096	0,149	1,98
11	40,0	0,103	0,177	1,001	0,124	0,090	0,253	2,61
12	39,4	0,127	0,167	1,020	0,127	0,092	0,118	2,04
13	48,4	0,139	0,188	1,075	0,142	0,096	0,183	2,50
14	49,5	0,130	0,163	1,080	0,117	0,089	0,122	1,81
15	40,4	0,141	0,197	1,008	0,152	0,086	0,131	2,19
16	36,3	0,161	0,184	1,016	0,134	0,102	0,154	2,51
17	44,2	0,140	0,169	0,979	0,142	0,091	0,150	2,31
18	53,5	0,140	0,183	1,119	0,095	0,089	0,169	1,73
19	46,4	0,142	0,213	1,104	0,126	0,100	0,173	2,26
20	43,3	0,160	0,159	1,070	0,128	0,096	0,162	2,31
21	47,2	0,142	0,154	1,040	0,125	0,082	0,127	2,15
22	59,9	0,148	0,211	1,109	0,113	0,086	0,199	2,43
23	52,1	0,161	0,195	1,022	0,110	0,096	0,176	2,01
24	35,7	0,174	0,152	1,014	0,168	0,095	0,152	2,45
25	48,0	0,122	0,210	1,110	0,124	0,090	0,184	2,16
26	47,9	0,149	0,197	1,076	0,098	0,083	0,188	2,05
27	44,9	0,226	0,149	1,046	0,126	0,094	0,128	1,94
28	35,3	0,192	0,172	1,026	0,142	0,107	0,167	2,85
29	50,0	0,086	0,201	1,193	0,134	0,097	0,396	2,36
30	45,1	0,091	0,197	1,192	0,135	0,093	0,434	2,46
31	42,1	0,078	0,155	1,053	0,141	0,093	0,281	1,87
32	36,3	0,084	0,170	1,079	0,131	0,089	0,406	2,24
33	54,4	0,072	0,185	1,305	0,101	0,078	0,563	2,19
34	46,5	0,084	0,187	1,256	0,156	0,090	0,567	2,22
35	50,3	0,069	0,164	1,198	0,123	0,085	0,571	1,87
36	31,4	0,069	0,136	1,124	0,150	0,095	0,509	2,11
37	44,4	0,071	0,174	1,203	0,135	0,092	0,665	2,17
38	25,9	0,082	0,199	1,217	0,125	0,091	0,488	2,53
39	36,4	0,065	0,157	1,218	0,134	0,094	0,664	2,14
40	35,9	0,063	0,171	1,106	0,119	0,081	0,536	2,20

Tab. A23: Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr	AG %	Gliadin A 450	Glutenin A 450	HMW A 450	LMW A 450
1	31,0	0,833	0,617	0,378	0,550
2	31,4	0,838	0,625	0,371	0,552
3	30,1	0,834	0,611	0,370	0,524
4	32,9	0,724	0,555	0,296	0,504
5	32,2	0,803	0,596	0,344	0,535
6	29,7	0,819	0,611	0,354	0,537
7	30,5	0,855	0,645	0,399	0,553
8	34,6	0,630	0,484	0,267	0,450
9	32,4	0,787	0,590	0,338	0,521
10	31,8	0,754	0,546	0,295	0,503
11	32,3	0,686	0,538	0,292	0,490
12	34,3	0,696	0,510	0,283	0,449
13	33,4	0,752	0,550	0,316	0,503
14	34,4	0,703	0,526	0,270	0,484
15	33,4	0,715	0,536	0,319	0,482
16	33,7	0,742	0,541	0,304	0,483
17	31,9	0,735	0,553	0,290	0,516
18	32,4	0,766	0,580	0,326	0,514
19	32,4	0,728	0,545	0,320	0,496
20	35,0	0,680	0,492	0,262	0,451
21	33,3	0,731	0,557	0,320	0,503
22	28,9	0,871	0,660	0,378	0,580
23	32,9	0,737	0,519	0,285	0,469
24	35,8	0,651	0,483	0,252	0,446
25	33,1	0,768	0,556	0,324	0,499
26	32,9	0,775	0,565	0,325	0,512
27	36,2	0,634	0,448	0,245	0,428
28	33,2	0,688	0,507	0,267	0,477
29	31,2	0,802	0,616	0,357	0,553
30	29,2	0,840	0,644	0,382	0,566
31	34,2	0,676	0,532	0,311	0,470
32	32,3	0,735	0,549	0,320	0,493
33	30,2	0,873	0,659	0,400	0,569
34	30,3	0,808	0,625	0,393	0,545
35	32,1	0,731	0,551	0,319	0,492
36	34,9	0,654	0,516	0,289	0,455
37	31,0	0,772	0,589	0,347	0,531
38	28,8	0,870	0,645	0,408	0,568
39	34,0	0,643	0,498	0,284	0,454
40	32,6	0,678	0,543	0,296	0,461

Tab. A24: Auf einen N-Gehalt (Ganzkorn) von 1,6 % korrigierte Gehalte der verschiedenen Proteinfraktionen von Weizen (Ganzkorn, TM) eines Düngungsversuches, Ernte 1999, Versuchsstandort Tröndel. AG = % Albumin- und Globulin-N von N_t

Nr	AG %	Gliadin A 450	Glutenin A 450	HMW A 450	LMW A 450
1	33,1	0,746	0,553	0,327	0,503
2	33,3	0,757	0,565	0,324	0,508
3	32,0	0,756	0,554	0,324	0,482
4	32,6	0,736	0,563	0,303	0,511
5	33,2	0,761	0,565	0,319	0,512
6	32,0	0,726	0,542	0,299	0,487
7	33,2	0,740	0,560	0,332	0,490
8	32,1	0,734	0,561	0,329	0,507
9	34,0	0,724	0,544	0,301	0,487
10	31,7	0,759	0,550	0,297	0,506
11	31,9	0,701	0,549	0,301	0,498
12	33,6	0,727	0,532	0,301	0,465
13	33,8	0,738	0,540	0,308	0,496
14	33,3	0,751	0,561	0,298	0,510
15	33,3	0,717	0,538	0,320	0,483
16	33,6	0,747	0,545	0,307	0,486
17	31,7	0,742	0,558	0,295	0,520
18	33,8	0,708	0,537	0,291	0,482
19	32,6	0,719	0,538	0,315	0,491
20	33,6	0,739	0,536	0,297	0,484
21	33,4	0,725	0,553	0,317	0,500
22	32,5	0,719	0,548	0,289	0,497
23	33,1	0,730	0,514	0,281	0,465
24	33,8	0,733	0,543	0,300	0,490
25	33,7	0,741	0,536	0,307	0,484
26	33,1	0,764	0,557	0,318	0,506
27	33,9	0,728	0,518	0,301	0,479
28	32,5	0,718	0,528	0,284	0,493
29	32,2	0,759	0,584	0,332	0,530
30	32,0	0,727	0,561	0,315	0,504
31	33,1	0,722	0,566	0,339	0,495
32	31,9	0,750	0,560	0,329	0,501
33	33,5	0,739	0,560	0,320	0,497
34	31,9	0,743	0,577	0,355	0,510
35	32,1	0,730	0,550	0,319	0,491
36	33,0	0,735	0,576	0,337	0,500
37	31,1	0,768	0,586	0,344	0,529
38	32,5	0,717	0,532	0,318	0,485
39	31,6	0,743	0,572	0,343	0,508
40	31,5	0,723	0,577	0,323	0,486

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt u.a. folgenden Menschen, ohne deren Hilfe das Projekt nicht realisiert worden wäre:

- Prof. Dr. Dr. E. Schug (FAL Völkenrode) danke ich für die Anregung zu diesem Projekt und seine Unterstützung
- Dr. Silvia Haneklaus (FAL Völkenrode) danke ich für die Röntgenfluoreszenzanalysen und wertvolle Hinweise
- Den Landwirten Detlev Hansen und Henning Untiedt danke ich für die Möglichkeit der Durchführung der Versuche auf ihren Betrieben sowie für ihre logistische Unterstützung
- Meiner Frau Stella und Herrn Michael Fleck danke ich für ihren Einsatz in Wind und Wetter bei Anlage und Ernte der Versuche
- Herrn Seehusen (Lehr- und Versuchsanstalt Futterkamp) danke ich für seine freundliche Unterstützung und die Überlassung eines Parzellenmähdreschers, Tiefladers und Unimogs
- Frau Zobida Chamrikh danke ich für die Hilfe bei der Aufarbeitung des Materials im Labor

Dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten danke ich für die Finanzierung des Projekts