

## Weizenzüchtung auf hohe technologische Qualität durch induzierten Schwefelmangel?

I. Hagel

Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Darmstadt

*Wheat Breeding for high Baking Quality via induced Sulfur Deficiency*

Abstract Several phenomena reveal the excellent technological quality of modern E- and A-wheat cultivars as adaptions to sulfur deficient plant types by breeding.

I. Hagel, Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Brandschneise 5, D-64295 Darmstadt

### Einleitung

Die meisten Betriebe des Ökologischen Landbaus haben mit der Zeit die älteren Weizensorten (z.B. Jubilar, Diplomat, Progreß etc.) durch sogenannte moderne E- und A-Sorten ersetzt. Einer der Gründe dafür ist deren exzellente technologische (Back-) Qualität. Sie erzielen im Standardbackversuch, der grundsätzlich mit Auszugsmehl durchgeführt wird, standfeste Gebäcke mit hohen Volumina. Diese Veränderung erfolgte über eine Verfestigung des Proteins (des Klebers). Da die Vermittlung allen Lebens an das Eiweiß gebunden ist, wurde auch mit Blick auf die Frage der Nahrungsqualität von Weizen (speziell des Ökologischen Landbaus) diese Entwicklung zu immer festerem Eiweiß kritisch hinterfragt (HAGEL 2000 a).

### Ergebnisse und Diskussion

Der Rohproteingehalt des Weizens gibt die Summe der vier Eiweißgruppen Albumine, Globuline, Gliadine und Glutenine an. Die Stoffwechselvorgänge des keimenden Kornes werden über die (deshalb auch als Enzymeiweiße bezeichneten) wasser- und salzlöslichen Albumine und Globuline mobilisiert. Gliadin und Glutenin sind dagegen nur durch wässrige Alkohole sowie verschiedene Chemikalien in Lösung zu bringen. Sie besitzen für die werdende neue Pflanze außer der Speicherung von Aminosäuren keine weiteren Funktionen – daher ihr Name: Reserveproteine. Allerdings bedingen sie die backtechnologischen Eigenschaften einer Weizensorte: Gliadin macht Kleber und Teig weich und dehnbar. Glutenin dagegen strafft das Kleberprotein und damit auch den Teig. Während Albumine und Globuline hohe Gehalte sowohl an den schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin sowie der essentiellen Aminosäure Lysin aufweisen und damit deutliche Bezüge zu stoffwechselaktiven und aufbauenden Lebensvorgängen aufweisen, sind Gliadin und Glutenin hinsichtlich dieser Aspekte erheblich reduziert. Und besonders das Glutenin weist statt Lebensprozesse tragender Funktionen ausprägte Charakteristika der starren, toten Mechanik auf: Zum einen bildet dessen

hochmolekulare Komponente (HMW-Glutelin) durch eine spezielle Abfolge hauptsächlich der Aminosäuren Glutamin und Prolin spiralige und dadurch elastisch wirkende Makromoleküle (sogenannte  $\beta$ -spirals), die als ein Hauptgrund für die elastischen Eigenschaften des Klebers angesehen werden (TATHAM et al. 1985). Zum anderen bewirken die wenigen aber effektiven Disulfidbrücken eine Polymerisierung zu sehr langen Makromolekülen. Wie das Stahlgerüst im Stahlbeton der Baumsasse Stabilität nicht nur auf Druck sondern auch auf Zug verleiht, so stabilisieren diese feinen Proteinfäden den Teig. Auf diese Weise verhindern sie ein zu starkes Entweichen der Gärgerüste aus dem zu fertigenden Gebäck und bewirken eine Steigerung des Backvolumens. Der Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Glutelin und der Backqualität wurde erstmalig vor 30 Jahren entdeckt (ORTH und BUSHUK 1972) und seitdem biochemisch konsequent weiterentwickelt und züchterisch umgesetzt.

Das Wachstum des Weizens wird durch den Schwefel (S) insofern ähnlich vitalisiert wie durch den Stickstoff, indem auf S-Mangelstandorten die mit Schwefel gedüngten Parzellen grün statt gelb aussehen und die Erträge um bis zu 30 % höher ausfallen. Bemerkenswerterweise beschränkt sich die entvitalisierende Wirkung eines S-Mangels aber nicht nur auf pflanzenbauliche Aspekte des Weizens, sondern beeinflusst über eine verringerte Dehnbarkeit und einen erhöhten Dehnwiderstand des Teiges auch dessen technologische Eigenschaften (WRIGLEY et al. 1984, Abb. 1).

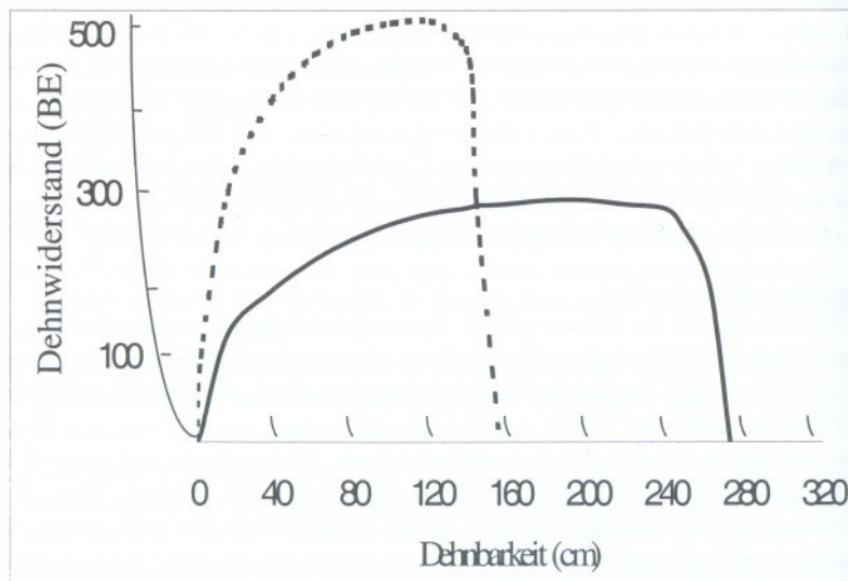


Abb. 1: Extensogrammkurven für Mehle (Sorte OLYMPIC) mit unterschiedlichen Schwefelgehalten. Kontrolle (—): 0,146 % S, 1,82 % N, N:S-Verhältnis: 12,5. Mehl mit niedrigem S-Gehalt (---): 0,089 % S, 1,72 % N, N:S-Verhältnis: 19,3 (WRIGLEY et al. 1984)

In mehreren Untersuchungen wurden bei S-Mangel höhere Anteile des backtechnologisch besonders wirksamen HMW-Glutelins gefunden (WRIGLEY et al. 1984, CASTLE und RANDALL

1987, MACRITCHIE und GUPTA 1993, SEILMEIER et al. 2001). Auch dies ist für die sachgemäße Beurteilung der modernen Weizensorten mit ihren hohen Gluteningehalten bedeutsam. Denn gerade diese Weizentypen mit Eigenschaften, wie sie unter S-Mangel auftreten (feste Proteinstruktur (Abb. 1) und hohe HMW-Gluteningehalte) wurden und werden von der Wissenschaft entwickelt, vom Bäcker gefordert und von der Züchtung selektiert. Verständlicherweise führte diese Entwicklung gerade in dem Moment zu erheblichen backtechnologischen Problemen, als es tatsächlich infolge der Verringerung der atmosphärischen S-Einträge (saurer Regen) seit Anfang der 80er Jahre infolge einer flächendeckenden Installierung von Rauchgasentschwefelungsanlagen etc. (Abb. 2) zu S-Mangel nicht nur beim schwefelbedürftigen Raps (SCHNUG und HANEKLAUS 1994) sondern auch beim Weizen kam.

## Schwefelversorgung von Raps in Norddeutschland

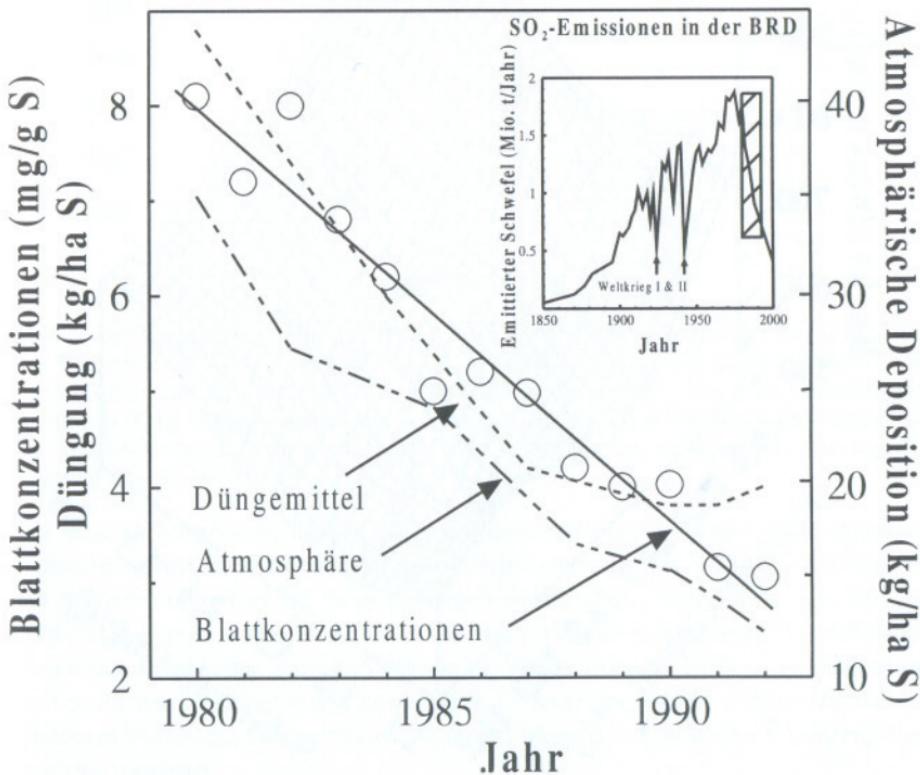


Abb. 2: Entwicklung der Einträge an atmosphärischem SO<sub>2</sub>-S, Anwendung S-enthaltender Dünger und S-Gehalten in Blättern von Raps (*Brassica napus*) in Norddeutschland (SCHNUG und HANEKLAUS 1994)

Diese Minderung der technologischen Qualität ist spätestens ab N:S-Verhältnissen über 17:1 bzw. S-Gehalten unter 0,12 % zu erwarten und beruht nicht – wie vor 50 Jahren – auf zu weichen, sondern auf zu *festen* Teigen! Offenbar hatten die mit Blick auf ein höheres Backvolumen angestrebten züchterischen Veränderungen der Weizenproteine in Richtung einer Verfe-

stigung schon Anfang der 80er Jahre ein Optimum erreicht. Die ökologisch-historische bedingte Absenkung der S-Einträge in die landwirtschaftlichen Nutzflächen bewirkte nun eine zusätzliche Entvitalisierung und damit Verfestigung des Weizenproteins. Teige aus Mehlen von unzureichend mit Schwefel versorgten Pflanzen setzen den Gärgasen plötzlich zu viel Widerstand entgegen, was eine Reduzierung des Backvolumens zur Folge hat. Eine S-Düngung führt dann durch eine *Erweichung* der Teige nicht zu niedrigeren sondern zu höheren Backvolumina (Abb. 3). Die prinzipiell die Kleberstruktur erweichende Wirkung einer S-Düngung wurde auch bei ausreichender natürlicher Versorgung des Standortes mit diesem Element bestätigt, wenn die S-Gabe (mit mindestens 200 kg/ha) nur hoch genug ausfiel (HAGEL et al. 1999).

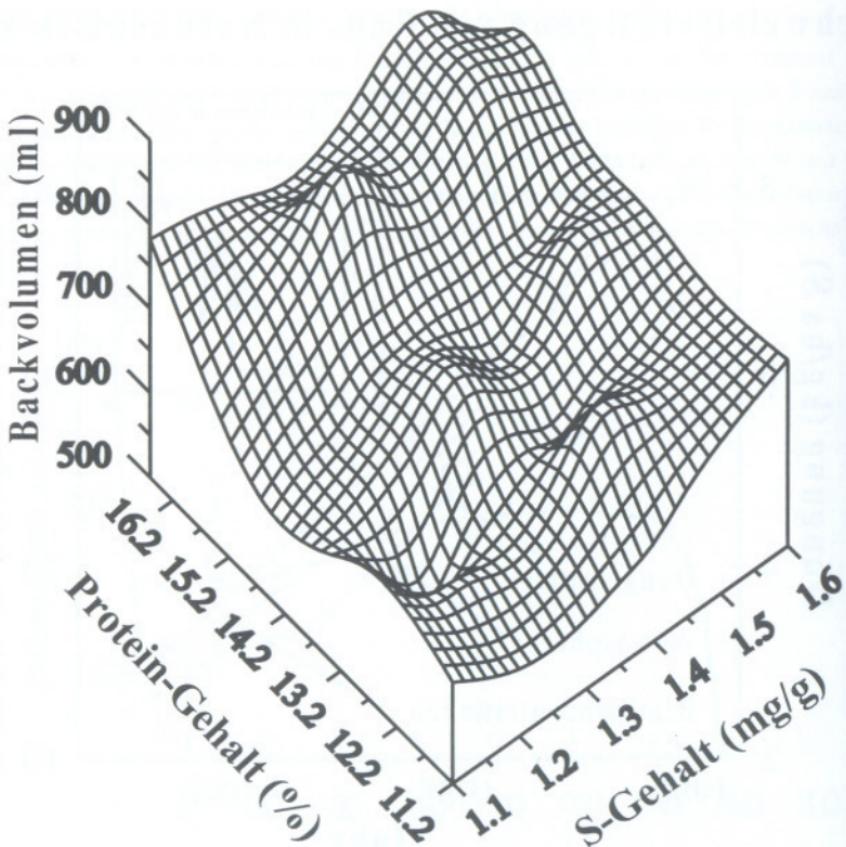
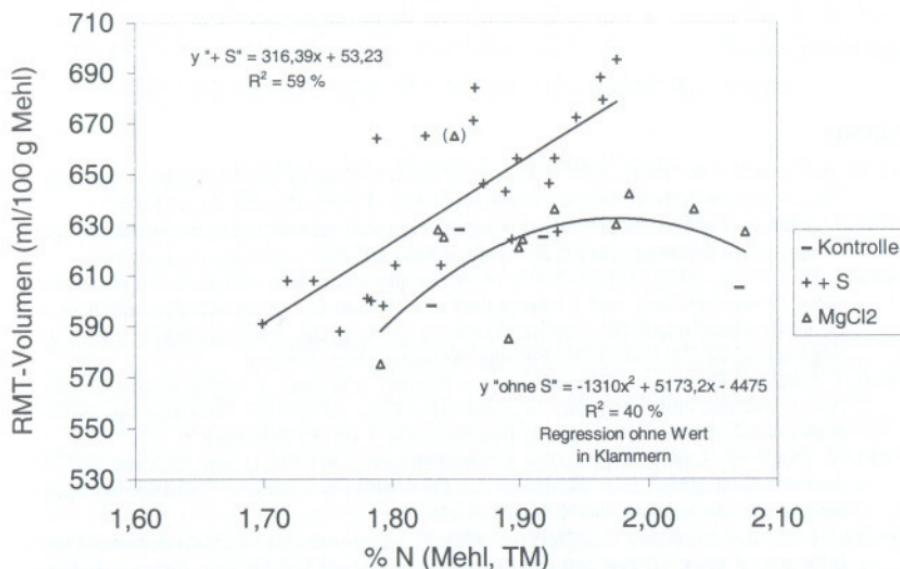


Abb. 3: Beziehungen zwischen Protein- und Schwefelgehalten sowie dem Backvolumen 23 verschiedener deutscher Weizensorten (Ernte 1989) (HANEKLAUS et al. 1992)

S-Düngungsversuche auf Betrieben des Ökologischen Landbaus schwefelmangelgefährdeter Standorte demonstrierten ebenfalls die besondere Bedeutung einer Schwefeldüngung für die Backqualität (HAGEL 2000 b, Abb. 4). Die nicht mit Schwefel gedüngten Varianten (Kontrolle und Magnesiumchloriddüngung) wiesen mit steigenden N-Gehalten nach einem Optimum wieder sinkende Backvolumina auf. Allerdings konnten proteinschwache Weizenchar-

gen mit Gehalten unter 1,70 % N (TM) (entsprechend 8,3 % Rohprotein (86 % TM)) durch die zusätzliche Verfestigung der Eiweißstruktur eine Verbesserung des schlechten Backvolumens erfahren. Selbstverständlich stellt es aber kein Ideal dar, deshalb einen Mangel (an Protein) durch einen weiteren (an Schwefel) ausgleichen zu wollen.



**Abb. 4:** Beziehung zwischen N-Gehalten des Mehls und Backvolumina im Rapid-Mix-Test von Winterweizen (Sorte RENAN) eines Schwefeldüngungsversuchs auf einem Betrieb des Ökologischen Landbaus. Ernte 1998; Versuchsstandort Tröndel; + S = Schwefeldüngung: 20, 40 und 60 kg S/ha als elementarer S und MgSO<sub>4</sub>-S, MgCl<sub>2</sub> = Magnesiumchloriddüngung als Ausgleichsdüngung zur Bestimmung des Mg-bedingten Ertragsanteils der MgSO<sub>4</sub>-Düngung (HAGEL 2000 b)

Alle diese Gesichtspunkte, die hier nur kurz geschildert werden konnten, rechtfertigen die Formulierung, daß der Konsument mit den modernen und backtechnologisch hochwertigen E- und A-Weizensorten Brot aus Schwefelmangelweizen verzehrt, womit nicht notwendig ein stofflicher S-Mangel gemeint ist. Es wird hier von S-Mangelweizen gesprochen, weil die Eigenschaften dieser Sorten durch die Züchtung zur Verbesserung der Backqualität sehr nahe an die von Pflanzentypen mit einem tatsächlichen S-Mangel angenähert wurden. Die hier geschilderten Phänomene beschreiben auch keinen N-Mangel, da gerade eine N-Düngung diese Probleme verschärft.

Die aus dem Lebensprozeß herausgefallenen Klebereiweisse des Weizens sind an sich schon ernährungsphysiologisch von geringem Wert. Man muß die Frage stellen, mit welchen Konsequenzen für die Nahrungsqualität die in den letzten Jahrzehnten mit Blick auf die Backtechnologie erfolgten weiteren Verfestigungen des Klebereiweisses verbunden sind. Bezeichnenderweise ergab auch ein Vergleich verschiedener Dinkelsorten mit bildschaffenden Me-

thoden für die Sorten mit festeren Klebern und zäheren Teigen „Anzeichen einer verminder-ten Vitalität und zum Teil auch sklerotisierende Tendenzen“ (KUNZ 1998).

## Fazit

Aus den geschilderten Phänomenen kann die gute Backqualität der modernen E- und A-Sorten als Resultat einer züchterisch induzierten Angleichung an S-defizitäre Weizentypen angesehen werden.

## Literatur

CASTLE, S.L. and P.J. RANDALL (1987): Effects of sulfur deficiency on the synthesis and accumulation of proteins in the developing wheat seed. *Aust. J. Plant Physiol.* 14, 503-516.

HAGEL, I. (1999 a): Zur Proteinqualität von Weizen. - Der Zusammenhang zwischen Eiweißfunktion, Düngung und Ernährung. *Lebendige Erde*, 4/1999, 38-40.

HAGEL, I. H. WIESER und E. SCHNUG (1999 b): Wirkungen hoher Schwefelgaben auf Mineralstoffgehalte, Proteinfaktionen und Kleberqualität von Weizen aus biologisch-dynamischem Anbau. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., 34. Vortragstagung, 22./23. März 1999, Freising-Weihenstephan, 329-334.

HAGEL, I. (2000 a): Biobrot aus Schwefelmangel-Weizen - Ein Beitrag zur Qualitätsbeurteilung der festen Proteinstruktur moderner Weizensorten. Band 14 der Schriftenreihe des Instituts für Biologisch-Dynamische Forschung, Brandschneise 5, 64295 Darmstadt.

HAGEL, I: (2000 b): Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualität von Weizen schwefelmangelgefährdet Standorte des Ökologischen Landbaus. *Landbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 220, ISBN 3-933140-42-0.

HANEKLAUS, S., E. EVANS and 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.

KUNZ, P. (1998): Züchtung standortangepasster Weizen- und Dinkelsorten für den biologisch-dynamischen und ökologischen Anbau. Jahresbericht 1997. Getreidezüchtung Peter Kunz, Hof Breitlen 5, CH – 8634 Hombrechtikon.

MACRITCHIE, F. and R.B. GUPTA (1993): Functionality-composition relationships of wheat flour as a result of variation in sulfur availability. *Aust. J. Agric. Res.* 44, 1767-1774.

ORTH, R.A. and W. BUSHUK (1972): A comparative study of proteins of wheats of diverse baking qualities. *Cereal Chem.* 49, 268-275.

SCHNUG, E. and S. HANEKLAUS (1994): Sulphur deficiency in brassica napus. Biochemistry - Symptomatology - Morphogenesis. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig - Völkenrode, Sonderheft 144.

SEILMEIER, W. H. WIESER, R. GUTSER und S. von TUCHER (2001): Einfluß der Schwefeldüngung auf die quantitative Zusammensetzung der Kleberproteine in Weizenmehl. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching, Bericht 2001, 183-190.

TATHAM, A.S., B.J. MILFIN AND P.R. SHEWRY (1985): The beta-turn conformation in wheat gluten proteins: Relationship to gluten elasticity. *Cereal Chem.* 62, 405-412.

WRIGLEY, C.W., D.L. DU CROS, J.G. FULLINGTON and D.D. KASARDA (1984): Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulfur deficiency in wheat. *J. Cereal Sci.* 2, 15-24.