

Vorhersage der Backeignung bei Weizen (*Triticum aestivum* L.) basierend auf strukturellen Unterschieden in der Glutenin-Komposition**Bread-making quality prediction of wheat (*Triticum aestivum* L.) on the basis of structural differences in glutenin composition**L. Linnemann¹

Key words: *Triticum aestivum* L., bread-making quality, gluten protein composition, quantification, glutenin macropolymer

Schlüsselwörter: *Triticum aestivum* L., Backqualität, Kleberprotein-Komposition, Quantifizierung, Glutenin-Makropolymer

Abstract:

To dissect the most important determinant of wheat bread-making quality, gluten protein-types from 128 flours of organically grown German wheat varieties Bussard and Orestis were investigated by quantitative HPLC and SDS-PAGE procedures using protein standards. Both varieties exhibit great differences in gluten strength (> 34 %) at two locations and between two years determined by SDS-sedimentation volume (SDS-SV), a measure of bread-making quality. Unexpectedly, the results showed that neither concentrations of gliadin, gluten, HMW-glutenin or glutenin could explain the observed variation in SDS-SV even if protein concentrations were equal. In the case of glutenin this was found to be due to a low glutenin recovery resulting from a partial insolubility of glutenin in propanol (protein recoveries from 78 % to 95 %). Further investigations under the conditions of a complete glutenin extraction led to the identification and characterization of glutenin macropolymer (GMP) which affected the bread-making quality of wheat significantly. This effect was associated with higher molecular weights of GMP which may cause growing gluten networks compared to simple glutenin. Moreover, it was finally shown that quantitatively the concentrations of GMP (mg/100mg flour) were independent of protein concentrations. Our results demonstrate that, for the flour samples used, the flour GMP concentration is a key determinant, and together with the SDS-SV a reliable tool for bread-making quality prediction.

Einleitung und Zielsetzung:

Weizen (*Triticum aestivum* L.) nimmt für die Ernährung des Menschen eine Sonderstellung unter den Getreidearten ein, da er zu hefegelockertem Brot verarbeitet werden kann. Diese Verarbeitungseigenschaften werden im wesentlichen von sogenannten Kleberproteinen bestimmt, die im Teig ein kohärentes Netzwerk mit viskoelastischen Eigenschaften ausbilden. Während monomer aufgebaute Gliadine für die viskosen Eigenschaften verantwortlich sind, bestimmen polymere Glutenine die elastischen Teigeigenschaften bzw. zunehmende Gluteninkonzentrationen sowohl die Kleberstärke als auch das Backvolumen einer Sorte (siehe LINNEMANN, 2001). Ferner wird die genotypische Backeignung verschiedener Weizensorten durch Wachstumsfaktoren wie Licht, Wärme, Wasser und Boden stark beeinflusst. Neben der Charakterisierung der potentiellen Backeignung (in Ausprägungsstufen) von Sorten durch das Bundessortenamt kommt insbesondere im stark umweltabhängigen Organischen Landbau einer aktuellen Charakterisierung der Backeignung erhebliche Bedeutung zu. Hierfür werden derzeit jedoch Methoden zur Einschätzung der Backqualität verwendet (Zeleny-Sedimentation, Protein-, Kleberkonzentration), die nicht ausreichend mit der

¹ Professur für Organischen Landbau - AG Proteinanalytik -, Justus-Liebig Universität Gießen, Karl-Glöckner Str. 21C, D-35394 Gießen, E-mail ludger.linnemann@agrar.uni-giessen.de

tatsächlichen Backeignung übereinstimmen (Gerstenkorn & Zwingelberg, 1996, WIRRIES, 1998, LINNEMANN, 2001) und nicht dem Stand der Forschung entsprechen. Darüber hinaus ist der Standardbackversuch RMT (Rapid-Mix-Test) lediglich für Mehle mit Proteinkonzentrationen > 12% optimiert (KIEFFER et al., 1998). Folglich war in der Vergangenheit manche Widersprüchlichkeit in der Einschätzung der technologischen Qualität von Backweizen unvermeidbar. Zweifellos könnten jedoch in dem Maße wie spezifische Kleberproteine sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht eine ursächliche Rolle im Backprozeß spielen, Unterschiede in der Backeignung anhand der Kleberprotein-Zusammensetzung sicher vorhergesagt werden. Hierfür müßte zuvor die Variabilität innerhalb und zwischen Sorten systematisch bestimmt werden. In der vorliegenden Arbeit wurden quantitative und qualitative Veränderungen von Kleberprotein-Typen bei zwei genotypisch verschiedenen Weizen, die umweltbedingt starke Unterschiede in der Backeignung aufwiesen, systematisch untersucht.

Methoden:

Körner der Winterweizensorten Bussard (Qualitätsgruppe E) und Orestis (Qualitätsgruppe B) stammten aus faktoriellen Vorfruchtversuchen (Hafer, Raps, Weisse Lupine und Klee gras) in 1995 und 1996 an zwei organisch bewirtschafteten Standorten bei Alsfeld (A. Haberlach) bzw. in Aumenau (Glabbacher Hof, Aumenau, Lehr und Versuchsanstalt für Organischen Landbau der Universität Gießen). Die verwendeten Methoden sind detailliert an anderer Stelle beschrieben (Linnemann, 2001).

Ergebnisse und Diskussion:

Die Temperaturen zur Zeit der Kornreifung sowie die Backeignung als SDS-Sedimentation (SDS-SV) dargestellt und die Korn-Proteinkonzentrationen der Genotypen Orestis und Bussard an zwei Standorten in den Jahren 1995 und 1996 wurden gemessen (Tabelle 1). Während 1995 alle 64 Proben unter warmen, sehr trockenen Bedingungen gereift (42 Tage nach der Blüte) mit einem hohen SDS-SV assoziiert waren, zeigten die Proben 1996 unter wesentlich kühleren und feuchteren Bedingungen gereift (64 Tage nach der Blüte) eine um etwa 50 % geringere SDS-SV. Im Gegensatz dazu stehen Resultate verschiedener Autoren (Gerstenkorn & Zwingelberg, 1996 und Wirries, 1998), die feststellten, daß 1996 höhere Zeleny-Sedimentationswerte als 1995 festgestellt wurden, obwohl die Backvolumina 1996 allgemein niedriger als 1995 ausfielen. Diese Diskrepanz dürfte darauf zurückzuführen sein, daß der Zeleny-Sedimentationstest im Gegensatz zur SDSS-SV (vgl. Tab. 1) stärker mit der Proteinmenge als mit der Back- bzw. Proteinqualität korreliert und damit ungenau ist.

Tab. 1: Temperaturmittel während der Kornfüllung, SDS-Sedimentation und Proteinkonzentration (Mittelwerte \pm Standardabweichung) in zwei Jahren und an zwei Standorten (n=16).

	Alsfeld		Aumenau	
	1995	1996	1995	1996
Temperaturmittel Juli-August [°C]	19,2	16,0	18,5	16,1
SDS-Sedimentation [ml], Bussard	74 \pm 6	36 \pm 14	53 \pm 6	29 \pm 7
SDS-Sedimentation [ml], Orestis	44 \pm 7	15 \pm 5	32 \pm 5	14 \pm 2
Protein [mg/100 mg, TM], Bussard	10,5 \pm 0,2	10,0 \pm 0,8	9,4 \pm 0,6	8,4 \pm 0,7
Protein [mg/100 mg, TM], Orestis	9,7 \pm 0,7	8,9 \pm 0,6	8,1 \pm 0,6	7,4 \pm 0,4

Um Beziehungen zum SDS-SV auch bei Unterschieden in der Proteinkonzentration erkennen zu können, wurden diese graphisch dargestellt (Abbildung 1A). Die gewählte Darstellung der Meßdaten als ml Sedimentation je 1 % Protein (spezifische Sedimentation) ermöglichte aufzuzeigen, ob die untersuchten Proben in Abhängigkeit

von der Proteinkonzentration eine gleichbleibende Backeignung aufwiesen. Beide Genotypen zeigten mit zunehmender Proteinkonzentration eine Zunahme in der Backeignung, die jedoch bei Bussard deutlich stärker als bei Orestis ausgeprägt war. Weiterhin konnte die Backeignung im unteren Proteinbereich nicht eindeutig differenziert werden. Demzufolge konnten zwei Qualitätsfaktoren identifiziert werden. Erstens ein genotypischer Faktor, welcher durch den Abstand der Geraden voneinander das Niveau der Proteinqualität bzw. der Backeignung repräsentierte. Zweitens ein zunächst unbekannter Faktor, der den theoretisch bei gleichbleibender Backeignung horizontal und parallel verlaufenden Geraden eine Steigung verlieh. Ferner geht aus Abbildung 1B hervor, daß mit zunehmender Proteinkonzentration eine Abnahme des Verhältnisses von hoch- (HMW) zu niedermolekularen (LMW) Gluteninen (LMW:HMW) bei beiden Sorten (Orestis: $y = -0,21x + 5,4$) einherging und zu Gluteninmolekülen mit zunehmender HMW-Gluteninkonzentration bzw. zunehmender Molekularmasse führte.

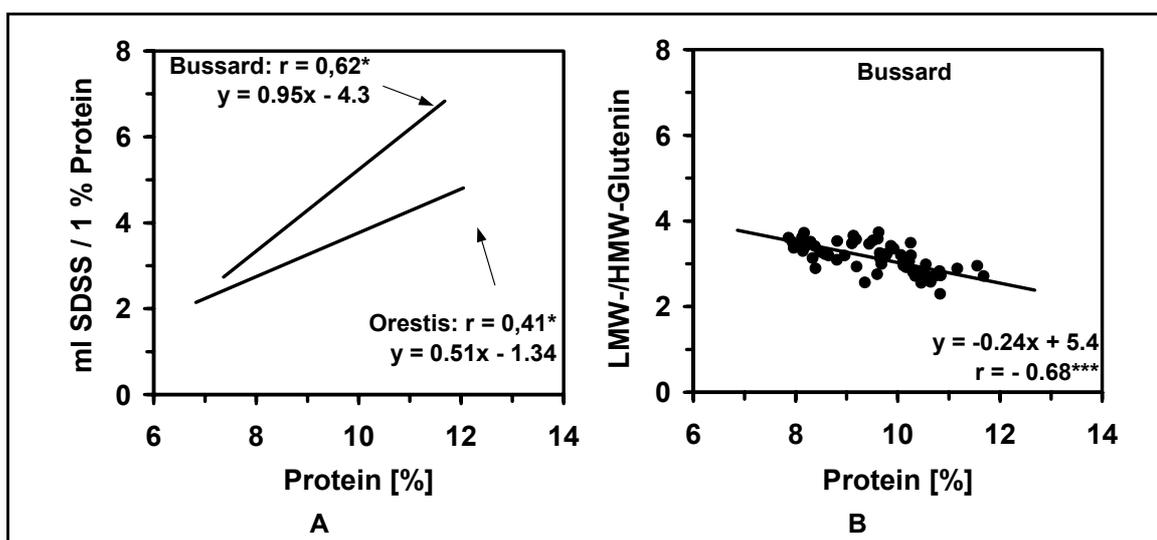


Abb. 1: Beziehungen zwischen Proteinkonzentration versus (A) spezifischem SDS-SV (ml Sediment / 1% Protein) und (B) dem Verhältnis zwischen hoch- (HMW) bzw. niedermolekularen (LMW) Glutenin-Untereinheiten der Sorte Bussard über zwei Jahre und Standorte (n=64)

Die Ermittlung von Protein-Wiederfindungsraten zeigten, daß sowohl von Sorten, Anbaujahren als auch Standorten Effekte ausgingen. Im Detail wies Bussard 5,2% bis 11,9 % Glutenin und Orestis 9,5% bis 22,5 % unlösliches Glutenin im Mehl auf, was die Glutenin-Quantifizierung unbrauchbar machte. Um Glutenine vollständig zu erfassen bzw. die kompositionelle Basis des SDS-SV anhand der Kleberprotein-Komposition herauszupräparieren, wurden die Mehl-Proteine in eine SDS-lösliche bzw. SDS-unlösliche (Glutenin-Makropolymer, GMP) Fraktion getrennt, da GMP im Vergleich mit Glutenin einen deutlich höheren Anteil an HMW-Untereinheiten aufweist (LMW:HMW von 2 gegenüber 4). Weiterhin wurden aus der gesamten Datenbasis orthogonale Kerne entnommen und quantifiziert, die unter anderem Proben mit gleicher Proteinkonzentration enthielten (Bussard in Alsfeld, Tabelle 2). Bemerkenswerterweise brachten die Untersuchungen im Jahresvergleich zum Vorschein, dass die Variabilität des SDS-SV primär keine Funktion der Gluteninkonzentration sein konnte, da sich diese kaum unterschied. Andererseits wurde mit höherem SDS-SV (75 ml) in 1995 etwa 34 % mehr GMP, welches in diesem Fall etwa 50 % des Glutenins ausmachte, als im Jahr 1996 gemessen. In 1996 lagen bei geringerer SDS-SV (49 ml) entspre-

chend höhere Anteile an SDS-löslichem Glutenin (2,41 gegenüber 1,82 mg/100 mg Mehl in 1995) bzw. Albumin/Globulin (2,61 gegenüber 2,23 mg/100 mg Mehl in 1995) vor. Die stärksten Parameter zur Erklärung der Variabilität in dem SDS-SV waren jedoch die Parametern GMP-HMW und das rein qualitative LMW:HMW-GMP Verhältnis, was in Übereinstimmung mit Ergebnissen in der Literatur steht (siehe Linnemann, 2001). Speziell GMP und GMP-HMW waren die einzigen Parameter, bei denen in einem Meßwert qualitative und quantitative Eigenschaften zusammenfielen, sodaß sie direkte Indikatoren der Backeignung sein konnten. Dem SDS-SV vergleichbar waren sie in der Lage die Daten signifikant nach Sorten- und Jahreseinflüssen zu differenzieren. Darüberhinaus zeichneten sich beide durch ihre Unabhängigkeit von der Proteinkonzentration aus. Sowohl Gliadin- als auch Glutenin- und Kleberkonzentrationen waren nicht zur Bestimmung der Backeignung geeignet (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: SDS-Sedimentation, Konzentration an Protein und Proteintypen in Mehlen der Weizensorten Bussard und Orestis an den Standorten Alsfeld und Aumenau in zwei Jahren (n=4)

[mg/100 mg Mehl, TS]	Jahr	Alsfeld				Aumenau			
		Bussard		Orestis		Bussard		Orestis	
SDS-Sedimentation [ml]	1995	75	a	40	a	55	a	35	a
	1996	49	b	17	b	34 ¹	b	15	b
Protein	1995	10,5	a	9,4	a	9,6	a	8,7	a
	1996	10,4	a	8,4	b	9,1 ¹	a	7,9	b
Gliadin	1995	4,62	a	3,69	a	3,74	a	2,85	a
	1996	4,32	a	2,97	b	3,65	a	2,63	a
Glutenin ⁺	1995	3,65	a	3,54	a	3,57	a	3,75	a
	1996	3,51	a	3,22	a	3,17	b	3,24	b
Kleber ⁺	1995	8,27	a	7,23	a	7,32	a	6,60	a
	1996	7,83	a	6,19	b	6,82	a	5,88	b
GMP [*]	1995	1,83	a	1,37	a	1,68	a	1,38	a
	1996	1,44	b	1,11	b	1,47 ¹	b	1,13	b
HMW-GMP [#]	1995	0,56	a	0,37	a	0,50	a	0,37	a
	1996	0,32	b	0,22	b	0,36 ¹	b	0,23	b
LMW-GMP [#]	1995	1,14	a	0,87	a	1,09	a	0,87	a
	1996	1,02	a	0,78	a	1,02 ¹	a	0,79	a
LMW:HMW-GMP [#]	1995	2,0	b	2,4	b	2,2	b	2,4	b
	1996	3,3	a	3,6	a	2,9 ¹	a	3,3	a

* Glutenin-Makropolymer; [#] LMW, HMW = nieder, hochmolekulare Glutenine; ⁺ errechnet, ¹ Datensatz mit Ausreißer: SDS-SV = 53 ml; Protein = 10,8 mg/100mg; GMP = 1,77 mg/100mg

Schlussfolgerungen:

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, daß polymeres Glutenin eine instabile Proteinform darstellt, die in zwei Typen (SDS-lösliches bzw. GMP) umgewandelt auftreten kann, von der nur GMP bzw. dessen HMW-Anteil (GMP-HMW) in quantitativer und qualitativer Hinsicht die Backeignung von Mehlproben bestimmt. Daten qualitativer Parameter können zudem über Sorten, Jahre und Orte hinweg verglichen werden, wenn sie im Verhältnis zu einem rein quantitativen Parameter verwendet werden.

Literatur:

Gerstenkorn P, Zwingelberg H (1996) Die Qualität der deutschen Weizenernte 1996. Die Mühle & Mischfuttertechnik 133: 693-696

Kieffer R, Wieser H, Henderson MH, Graveland A (1998) Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. Journal of Cereal Science 27: 53-60

Linnemann L (2001) Kleberprotein-Zusammensetzung und Umwelteinfluß als Bedingung der Weizenqualität. Dissertation, Universität Giessen. Verlag Köster, Berlin

Wirries F-M (1998) Die Bedeutung verschiedener Weizenkleberfraktionen für die Backqualität, Untersuchungen an Weizen aus Organischem Landbau. Dissertation, Universität Bonn