

Ungewöhnliche Proteinbanden und Überraschungen bei der Backqualität

J. LAFFERTY und H. BISTRICH

Die Frage nach der Qualität

Der Züchter von Qualitätsweizen möchte so früh wie möglich über die Backqualität seines Materials Bescheid wissen und zur Einschätzung dieser Qualität stehen ihm eine Reihe von Untersuchungen zur Verfügung. Von besonderer Bedeutung ist dies bei Material aus einer Kreuzung von Eltern mit sehr unterschiedlicher Qualität.

Die Backqualität selber wird in einem Backversuch (in Österreich ein Rapidmixtest) ermittelt, wobei die Teigverarbeitungseigenschaften mit zunehmender Mechanisierung mit nahezu gleicher Gewichtung in die Endbeurteilung einfließen wie das fertige Produkt, in diesem Fall der Semmel.

Die Backeigenschaften werden wesentlich von Kleberqualität und -quantität bestimmt und dementsprechend sind die meisten Untersuchungen auf eine genauere Charakterisierung und Quantifizierung des Klebers angelegt. Alle indirekten Qualitätsparameter werden zum Ergebnis des Backversuches in Beziehung gesetzt und weisen unterschiedliche Korrelationen mit den Teigverarbeitungseigenschaften und dem Backvolumen auf.

Die gängigen Methoden sind in *Tabelle 1* kurz aufgelistet, angefangen vom Proteingehalt über Sedimentationswert und

rheologische Untersuchungen bis zum eigentlichen Backversuch.

In eben dieser Reihenfolge werden sie auch in der Züchtung eingesetzt, wobei die einfachen Untersuchungen (Bestimmung des Proteingehaltes mittels Nah-Infrarot-Transmissionsspektroskopie und Zeleny-Sedimentationswert) routinemäßig in der Saatzeit Donau (SZD) und bei den meisten Züchtern von Qualitätsweizen durchgeführt werden. Einschränkungen für die diversen Untersuchungen sind die benötigten Materialmengen, wie einfach und wie schnell die Untersuchung durchgeführt werden kann (z.B. in der Zeit zwischen Ernte und Anbau), und vor allem bei externen Untersuchungen kommt noch der Kostenfaktor dazu.

Die Proteinelektrophorese nimmt hinsichtlich Qualitätsbeurteilung eine Sonderstellung ein. Sie liefert keine quantitativen Meßwerte, sondern aus der An- und Abwesenheit bestimmter Banden und Bandenkombinationen kann man auf die Backqualität schließen.

Die Proteinelektrophorese wird in der Züchtung einerseits eingesetzt, um potentielle Kreuzungseltern genauer zu charakterisieren, andererseits ist sie auch gut geeignet die Homogenität von fortgeschrittenen Zuchtstämmen zu überprüfen.

Bei der Proteinelektrophorese werden die Speicherproteine aufgetrennt, wir werden uns im folgenden auf die hochmolekularen (HMW) Glutenine beschränken, die den größten Einfluß auf die Backqualität haben und relativ einfach zu bestimmen sind. Die auftretenden Banden wurden durchnummeriert und man hat sie zur Qualität in Beziehung gesetzt (PAYNE and LAWRENCE, 1983). Der größte Einfluß auf die Qualität wird den Glutenin-Allelen auf Chromosom 1D (x und y Untereinheiten von Glu-D1) zugeschrieben, von denen die Allele 2+12 und 5+10 am häufigsten vorkommen. 2+12 wird allgemein mit schlechter Qualität in Verbindung gebracht, während 5+10 als eine Voraussetzung für gute Qualität angesehen wird.

Überraschungen in der Backqualität

Zuchtmaterial, das einer genaueren Bestimmung der Backqualität unterzogen wird, ist bereits über mehrere Jahre und Orte auf Ertrag und Resistenzen abgetestet. Die Einschätzung der Qualität erfolgt bis zu diesem Zeitpunkt nur aufgrund von Proteingehalt und Zelenywert. Die Bestimmung der HMW-Glutenine der Sorte Achat (das gleiche gilt für die Sorte Granat, eine Schwesterlinie von Achat) erfolgte erst kurz vor der Sorteneintragung. Die gefundene HMW-Gluteninkombination 1 / 6+8 / 2+12 war eine Überraschung, entsprach sie doch dem, was man üblicherweise nur in Futterweizen findet. Trotzdem haben diese Sorten eine sehr gute Backqualität, in Österreich in der Gruppe 7, wie Capo, und in Deutschland sogar in der Klasse E8.

Das Pedigree (Titus/Kronjuwel//Carolus) zeigt, daß die gute Qualität ein Erbe der Sorte Carolus sein muß, die ebenfalls E8 Qualität besitzt sowie die HMW-Gluteninzusammensetzung 1 / 7 / 2+12. Die beiden anderen Eltern von Achat

Tabelle 1: Indirekte Qualitätsparameter, Korrelationswerte aus den Untersuchungen der Ernte 1999 (n = 157)

Untersuchung	Korrelation zum Backvolumen
Proteingehaltsbestimmung mittels NIT	0,70
Zeleny-Sedimentationswerte	0,60
SDS-Sedimentationswert	0,11
Extensogramm	
Energie	0,68
Dehnbarkeit	0,67
Dehnwiderstand	-0,20
Farinogramm	
Teigentwicklung	0,58
Teigstabilität	0,53
Qualitätszahl	0,58
Alveogramm – W-Wert	0,65

Autoren: Dr. Julia LAFFERTY, Saatzeit Donau, Saatzeitstraße 11, A-2301 GROSS ENZERSDORF und Herbert BISTRICH, A-4502 ST. MARIEN



besitzen mit der Einstufung in die Qualitätsgruppen 3 bzw. 4 keine gute Backqualität (ROGERS et al., 1989; GRÖGER et al., 1997).

Da Carolus und Achat unterschiedliche Glu-B1 Allele besitzen kann man also annehmen, daß Glu-D1 2+12 zusammen mit Ax 1 in diesem Fall für die gute Qualität verantwortlich ist.

In einer Untersuchung von Dr. Wieser (Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie in Garching, D) wurde der Proteingehalt der einzelnen Glutenin-Fractionen von Achat mittels HPLC analysiert. Dabei wurde festgestellt, daß die Bande Dx-2 von Achat im Vergleich zu anderen Sorten die doppelte Menge an Protein aufweist (GRÖGER et al., 1998). Da laut Dr. Wieser die Mengenverhältnisse der Glutenin-Banden einen entscheidenden Einfluß auf die Qualität haben, könnte diese Überproduktion von Glu-Dx-2 die Ursache für die unerwartet gute Qualität sein.

Zur Überprüfung dieser Theorie wurde eine densitometrische Untersuchung der HMW-Glutenine durchgeführt. Sollte sich die Überproduktion einzelner Banden auch zweifelsfrei in den SDS-PAGelen feststellen lassen, so wäre dies eine Möglichkeit der Selektion auf ganz spezifische Bandenkombinationen.

Densitometrische Analyse von SDS-PAGelen

Methodische Ansätze: Bei den ersten Untersuchungen wurden die frischen Gele nach exakt eingehaltener Färb- und Entfärbzeit (16h und 8h) auf einem Durchlichtscanner eingescannt. Später zeigte sich, daß getrocknete und auf einem normalen Flachbettscanner eingescannte Gele die gleichen Analysenwerte erbrachten. Die Auswertung erfolgte mit dem Analyseprogramm "Imagemaster 1D Prime" der Fa. Pharmacia.

Die Elektrophorese wurde mit Halbkörnern durchgeführt, d.h. die aufgetragene Proteinmenge wurde nicht genau bestimmt und unterlag, je nach Größe und Proteingehalt des Kornes, Schwankungen. Die Analyse bezog sich deshalb auf Vergleiche innerhalb einer Bahn (= eines Halbkornes). Die vom Programm ermittelten prozentuellen Anteile einzelner Banden (bezogen auf das Gesamt-

volumen der HMW-Glutenine einer Probe) wurden miteinander verglichen.

Zur Adjustierung der Methode wurden die Sorten "Glenlea 66", von der bekannt ist, daß sie eine ca. 30%ige Überproduktion der Glu-B x-Untereinheit 7 aufweist (LUKOW et al., 1992), sowie "Red River 68" mit einer Duplikation der Bande 7 (D'OVIDIO, 1997), benutzt.

Dabei zeigte sich, daß diese Überproduktion der Bande 7 erst bei Einbeziehung der gesamten Bandenbreite nachgewiesen werden konnte. Dann machte die Glu-B1 Bande 7 bei Glenlea und Red River über 40 % der HMW-Glutenine aus, im Vergleich zu ca. 32 % bei anderen Sorten mit der gleichen HMW-Zusammensetzung (Abbildung 1). Wenn sich die Analyse nur auf den Mittelteil

der Bahn beschränkte, wo die Banden am gleichmäßigsten und schärfsten voneinander getrennt sind und wo sich die Bandenposition am besten bestimmen läßt, wiesen die Sorten keine Intensitätsunterschiede auf.

Bei weiteren Untersuchungen wurden jeweils Sorten/Linien mit der gleichen HMW-Bandenkombination hinsichtlich ihrer relativen Intensität miteinander verglichen.

Konstant und eindeutig feststellbar ist die Überproduktion der Glu-B1 Bande 7 bei den Sorten Red River und Glenlea. Die Intensität der Glu-D1 Bande 2 hingegen zeigt keine derartig eindeutigen Unterschiede zwischen Achat und den Vergleichssorten (Abbildung 2). In allen Fällen lag der Anteil der Glu-D1 Bande

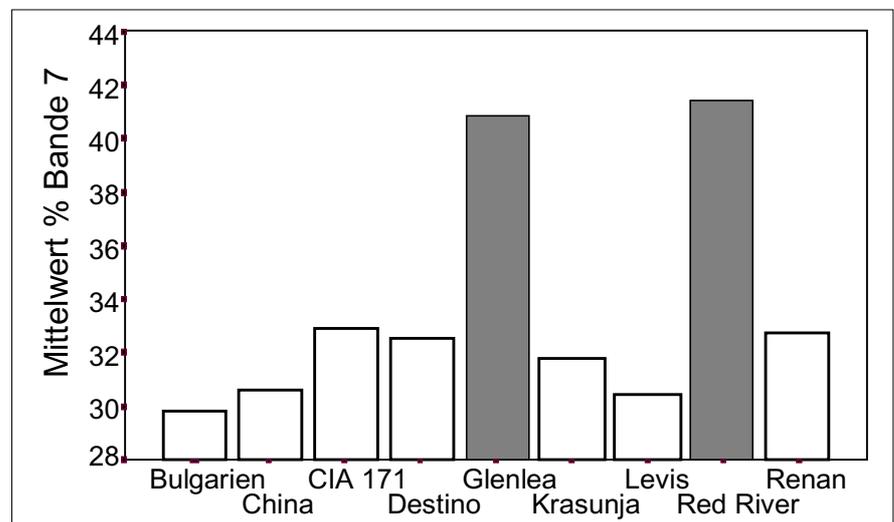


Abbildung 1: Relativanteile der Bande Glu-Bx7 bezogen auf die gesamten HMW-Glutenine

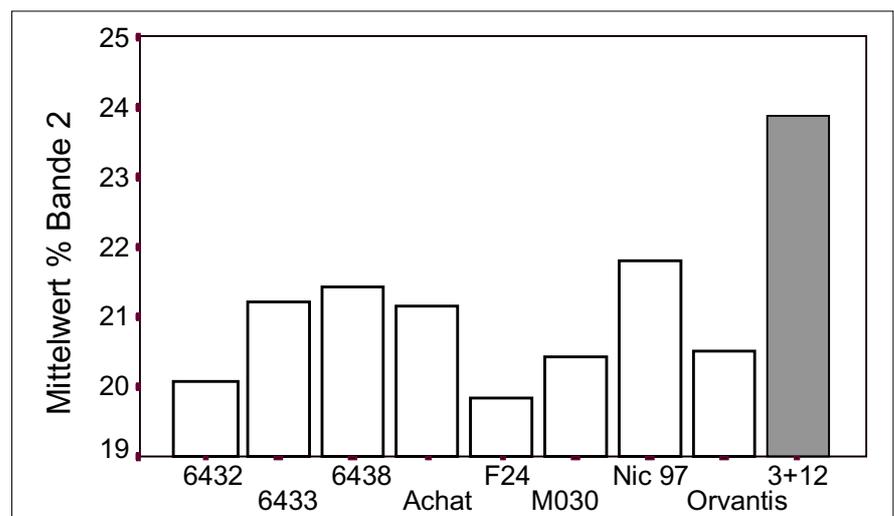


Abbildung 2: Relativanteile der Bande Glu-Dx2 bzw. Glu-Dx3 bezogen auf die gesamten HMW-Glutenine

in einem ähnlichen Bereich und es ließ sich keine Beziehung zur Backqualität bzw. zum Sedimentationswert herstellen. Die in der HPLC-Untersuchung festgestellte Überproduktion der Bande 2 der Sorte Achat läßt sich in einer densitometrischen Analyse somit nicht nachweisen.

Eine Ausnahme, die einen leicht erhöhten Prozentanteil der Glu-D1x-Untereinheit aufwies, war der Stamm P 3784, der wegen seiner scheinbar gleichen HMW-Zusammensetzung wie Achat als Vergleichssorte diente. Dabei zeigte sich auf den Gelen, daß einige Sorten/Linien mit dem vermeintlichen Glu-D1 Allel 2+12 in Wirklichkeit das Allel 3+12 besitzen. Dazu gehörte u.a. besagter Stamm P3784 sowie ein weiterer Wertprüfungsstamm, P3011. Beide Stämme wurden aufgrund ihres Proteingehalts und des Zeleny-Wertes als qualitativ gut eingestuft, Farinogramm- und Alveogrammwerte waren ebenfalls gut. Im Extensogramm wiesen sie zwar einen geringen Dehnwiderstand auf, aber immer noch eine mittlere Teigenergie. Ein an der Versuchsanstalt für Getreideverarbeitung durchgeführter Backversuch erbrachte jedoch das Ergebnis "nicht backfähig".

Im Probstdorfer Material der Saatzucht Donau kommt die HMW-Gluteninkombination 1 / 7+9 / 5+10 in den Qualitätsorten und -stämmen am häufigsten vor. Glu-D1₂₊₁₂ ist selten, geht fast immer mit schlechten Zelenywerten einher und kommt, mit der obengenannten Ausnahme Achat, in Wertprüfungsstämmen derzeit nicht vor.

Im österreichischen und deutschen Weizen insgesamt ist das Allel 3+12 sehr selten, in französischem und englischem Material kommt es häufiger vor. Im vorliegenden Fall läßt sich nicht genau nachvollziehen, woher das Allel 3+12 stammt, da verschiedene Zuchtstämmen gekreuzt wurden, deren Pedigree nicht bekannt ist und deren HMW-Zusammensetzung auch nicht mehr überprüft werden kann. Im Beurteilungsschema der einzelnen HMW-Gluteninallele wird 3+12, gleich wie 2+12, als schlecht eingestuft.

Eventuell ist die beobachtete leichte Überproduktion der Bande 3 für die "Vortäuschung" von Backqualität (hoher Zeleny, gutes Farinogramm, was sich

auch in den Analysen der Ernte 2000 bestätigte) verantwortlich. Daß dies ein generelles Charakteristikum der Bande Glu-D1x 3 ist, läßt sich nicht behaupten, da andere Linien mit Glu-D1 3+12 sich sowohl hinsichtlich Bandenintensität als auch hinsichtlich (niedriger) Zelenywerte nicht von Linien mit Glu-D1₂₊₁₂ unterscheiden.

Möglichkeiten, die Überproduktion einzelner Banden gezielt zu nutzen

Der quantitativen Variation der Glu-Bx Bande 7 wurde bereits 1989 größere Aufmerksamkeit zuteil, als NG eine Übersicht über die HMW-Allelfrequenzen in kanadischen Weizensorten veröffentlichte (NG et al., 1989). NG beobachtete unterschiedliche Färbeintensitäten der Bande 7 und, nachdem er diese mit den Teigeigenschaften verglichen hatte, kam er zu dem Schluß, daß je stärker die Färbeintensität, desto stärker der Kleber. Unterschiedliche Anteile von Glu-Bx 7 bezogen auf die Gesamtmenge der HMW-Glutenine wurden auch von MARCHYLO et al. (1992) beschrieben.

Als möglicher Grund für die erhöhte Proteinproduktion der Bande 7 in den Sorten Red River 68 (D'OVIDIO et al., 1997) und TAA36 (LUKOW et al., 1992) wurde eine Duplikation des Glu-Bx7-Genortes angenommen. Eine solche Genduplikation konnte in der Sorte Glenlea nicht nachgewiesen werden, hier wird für die Proteinüberproduktion eine effizientere Translation und/oder Transkription verantwortlich gemacht (LUKOW et al., 1992).

Anhand einer Modelkreuzung wurde versucht, den praktischen Nutzen einer solchen Überproduktion einer Bande, und dem damit verbundenen starken Kleber, für die angewandte Züchtung abzuschätzen.

Entwicklung des Pflanzenmaterials

F2-Einzelpflanzennachkommenschaften der Kreuzung Gabo/TAA36 wurden elektrophoretisch untersucht (Ausführung, Dr. W Brzezinski, WIBEX-Laboratorium Elektroforencne, Poznan, PL). Neun Pflanzen mit der HMW-Glutenin-

Tabelle 2: HMW-Glutenine der F3-Einzelährennachkommenschaften

Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	1RS.1BL
0	7+8	5+10	-
0	7+8	5+10	+
0	7+9	5+10	-
0	7+9	5+10	+

zusammensetzung 0/7+8/5+10 wurden mit der Sorte Bovictus (0/7+9/5+10; 1RS.1BL-Translokation) gekreuzt. Aus den als getrennte Ramsche weitergeführten Nachkommenschaften wurden in der F3 je 150 Ähren geschnitten. Nach Überprüfung von vier Körnern pro Ähre mittels SDS-PAGE wurden die restlichen Körner als Einzelreihe angebaut. Diese F3-Einzelährennachkommenschaften ließen sich aufgrund ihrer HMW-Gluteninzusammensetzung in vier Gruppen einteilen (Tabelle 2), wobei nur fünf der ursprünglich neun Ramsche alle vier Kombinationen enthielten. Nur diese fünf wurden in die Auswertung einbezogen. Als Maß für die Kleberqualität wurde vom Erntegut der Einzelreihen der SDS-Sedimentationswert bestimmt (ICC-Standard Nr. 151).

Das Ergebnis der varianzanalytischen Auswertung mit SAS-GLM, fixe Effekte, zeigt, daß der Sedimentationswert sowohl von der Translokation als auch von Glu-Bx 7 Duplikation sicher beeinflusst wird. Die Anwesenheit der Glu-Bx 7 Duplikation bewirkte im Mittel eine Verbesserung des SDS-Wertes um rund 10 ml, während bei Anwesenheit der 1RS.1BL-Translokation der Wert um durchschnittlich 16 ml niedriger lag. Nimmt man die verschiedenen Ramsche als Modell für die Variabilität des genetischen Hintergrundes, so hat dieser keinen signifikanten Einfluß auf den SDS-Wert. Da auch die einfachen Wechselwirkungen nicht signifikant sind, kann man annehmen, daß sich die Effekte auch in andere genetische Hintergründe übertragen lassen. Die kombinierten Effekte sind in Tabelle 3 dargestellt.

Die zweiseitige Hypothesentestung liefert das erhoffte Ergebnis, daß sich die SDS-Werte der Standardgruppe (in diesem Fall 0 / 7+9 / 5+10) nur zufällig von denen der Gruppe mit Translokation und Glu-Bx 7 Duplikation unterscheiden. Obwohl man sieht, daß das Niveau der Standardgruppe nicht ganz erreicht wird,

Tabelle 3: Mittelwertvergleich SDS-Volumen (ml) für die kombinierten Effekte Duplikation Glu-Bx 7 und 1RS.1BL-Translokation. Adjustierung für multiplen Mittelwertvergleich nach Tukey-Kramer, SAS-GLM

1RS.1BL	Duplikation Glu-Bx 7	SDS ml LSMEAN	95% Vertrauensbereiche	P-Wert LSMEANj=LSMEANj	1	2	3	4
nein	nein	65,047	61,20 - 68,87	1	1	***	***	n.s.
ja	nein	48,58	46,27 - 50,89	2	0,0001		***	***
nein	ja	74,27	72,05 - 76,49	3	0,0004	0,0001		***
ja	ja	58,82	53,99 - 63,65	4	0,2213	0,0014	0,0001	

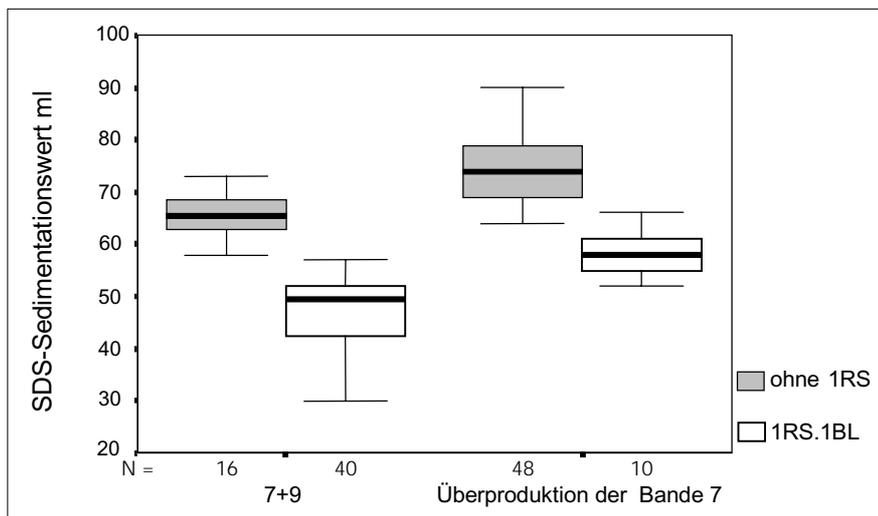


Abbildung 3: Sedimentationswerte der vier Gruppen von Nachkommenschaften aus der Kreuzung Gabo/TAA36//Bovictus

Tabelle 4: Vergleich von Schwesterlinien, die sich elektrophoretisch (SDS-PAGE) nur im HMW-Allel Glu A1 unterscheiden (1 / 7+9 / 5+10 bzw. 0 / 7+9 / 5+10)

Glu-A1	Protein	Zeleny	Kleber	Qualitätszahl (Farinogramm)	W-Wert (Alveogramm)
Allel 0	12,5	52	28,9	40	301
Allel 1	12,6	64	32,2	80	432

so ist dennoch eine wesentliche Verbesserung erreicht worden (Abbildung 3). Sofern sich die hohen Sedimentationswerte auch in einer guten Backqualität fortsetzen, ist die Kombination mit einer Glu-Bx 7 Duplikation ein Weg, die Vorteile der 1RS.1BL-Translokation auch in der Züchtung von Qualitätsweizen zu nutzen.

Dabei muß man berücksichtigen, daß die bisherigen Kreuzungseltern alle für den Genort Glu-A1 ein Nullallel besitzen. Erwiesenermaßen führt die Anwesenheit der Glu-A1 Allele 1 oder 2* zu einer Verbesserung der Qualität (Tabelle 4). Zusammen mit den ungewöhnlichen Glu-D1 Allelen mit hoher Qualität von Achat, Granat, u.a. ergeben sich also noch Möglichkeiten, auch mit einer Translokation das Niveau von derzeitigen Qualitätsweizen zu erreichen.

Einsatz der Proteinelektrophorese in der praktischen Züchtung

Die Selektion auf die oben erwähnten Typen (Translokation, Glu-Bx 7 Duplikation, Glu-A1 Allele) würde notwendigerweise über die Proteinelektrophorese laufen. Wie weit sich das tatsächlich in der praktischen Züchtung durchführen läßt, muß noch geprüft werden. Eine Selektion mit Hilfe der Elektrophorese auf homozygote Genotypen mit der erwünschten Bandenkombination kann bereits ab F2 durchgeführt werden. Eine Selektion in einer späteren Generation hätte den Vorteil von mehr Rekombinationsmöglichkeiten in anderen Merkmalen als den Speicherproteinen. Eine frühzeitige Einschränkung bedeutet in der Folge weniger Aufwand und Platzbedarf

im Zuchtgarten. In einem solchen Fall müßte man den Weg über Halbkörner gehen. Dies in den Zuchttafeln einzugliedern, wo die kleinste Einheit zur Zeit die Einzelähre ist, bedeutet einen beträchtlichen Mehraufwand, außerdem laufen kleine Programme immer Gefahr "unterzugehen".

Die Untersuchung fortgeschrittenen Materials andererseits hat sich in der SZD als fixer Bestandteil des Zuchtlaufes etabliert. Unterschiede zwischen eng verwandten Sublinien lassen sich so leicht erkennen und man bekommt eine Ahnung von der Homogenität, die sich in kleinen Einheiten am Feld nicht jedes Jahr genau erkennen läßt. Eine Frage, die zu diesem Zeitpunkt auftaucht ist, wie man mit Linien verfährt, die eine für die Backqualität ungünstige HMW-Kombination aufweisen, aber in den indirekten Merkmalen (Protein, Zeleny) als gut bewertet werden. Die widersprüchlichen Erfahrungen der SZD/Probstdorfer Saat-zucht machen die Antwort darauf nicht leicht. In der Mehrzahl der Fälle bestätigt sich die gängige Annahme, daß Glu-D1₂₊₁₂ schlechte Qualität bedeutet. Werden Linien mit diesem Allel frühzeitig verworfen, so bedeutet das erhebliche Einsparungen in der Erhaltungszüchtung und im Aufwand für weitere, teigrheologische Qualitätsuntersuchungen. Da das gleiche für das Allel Glu-D1₃₊₁₂ gilt, hätte man sich in den Fällen P3784 und P3011 auch noch die Kosten der Wertprüfung erspart bzw. sicherere Qualitätskandidaten in Prüfung stellen können.

All diesen Argumenten für eine Elimination der Stämme mit Glu-D1₂₊₁₂ stehen die Sorten Achat und Granat gegenüber, mit exzellenter Backqualität. Unabhängig von der Tatsache, daß Qualität mit Glu-D1₂₊₁₂ möglich ist, sprechen noch andere Gründe für Glu-D1₂₊₁₂. So weist die Mehrheit der in ausgesprochenen Trockengebieten (Australien, ukrainische und russische Steppengebiete) gezüchteten Qualitätsweizen das 2+12 Allel auf (RABINOVICH, 1998). Dies wird mit einer besseren Anpassungsfähigkeit solcher Sorten erklärt. Aber nicht nur in Trockengebieten wird diese Anpassungsfähigkeit genutzt. Rein phänotypische Selektion hat in Nebraska die Sorten Scout 66 und Lancota hervorgebracht, beide mit Glu-D1₂₊₁₂. Trotzdem besitzen sie Backqualität und zeichnen

sich durch hohe Stabilität der Qualität über Jahre und Umwelten hinweg aus (BAENZIGER et al., 2000).

Derzeit läßt sich die Frage, Glu-D1₂₊₁₂ eliminieren oder nicht, also nicht eindeutig beantworten. Wichtige Entscheidungshilfe ist Information über die Herkunft des Allels 2+12. Wo diese Information nicht vorhanden ist (z.B. Kreuzungspartner mit unbekanntem Pedigree) wird man weiterhin auf die diversen Qualitätsuntersuchungen bis hin zum Backversuch angewiesen sein. Sofern man sich gegen die prinzipielle Elimination der Glu-D1₂₊₁₂-Typen entscheidet, werden immer wieder Überraschungen vorkommen, sowohl negative, aber auch positive.

Summary

A breeder of high quality bread wheat wants to have quality information about his material as early and as precisely as possible. A number of analysis methods are available measuring indirect parameters with differing correlation to the baking quality per se, loaf volume and dough handling properties. Accordingly,

surprises and misinterpretation during the breeding process are possible. Some of these, particularly in connection with storage protein electrophoresis and the common interpretation of the different glutenin alleles with regard to baking quality, will be shown.

The role of storage protein electrophoresis in general in a commercial wheat breeding program, its limits, possibilities and advantages, are discussed.

REFERENZEN

- BAENZIGER, P.S., D.R. SHELTON, M.J. SHIPMAN, R.A. GRAYBOSCH, 2000: Breeding for end-use quality: Reflections on the Nebraska experiment. Abstracts of the 6th International Wheat Conference, 5-9 June 2000, Budapest, Hungary; 41.
- D'OVIDIO, R., S. MASCI, E. PORCEDDU and D.D. KASARDA, 1997: Duplication of the Bx7 high-molecular-weight glutenin subunit gene in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar "Red River 68". Plant Breeding 116, 525 – 531.
- GRÖGER, S., F. LÖSCHENBERGER, H. WIESER, 1998: Achat – A new Austrian winter wheat cultivar with high breadmaking quality containing HMW glutenin subunits 1, 6+8 and 2+12. Poster at the XV Eucarpia meeting, 20-25. Sept. 1998, Viterbo, Italy.
- GRÖGER, S., M. OBERFORSTER, M. WERTEK-

KER, H. GRAUSGRUBER, T. LELLEY, 1997: HMW glutenin subunit composition and bread making quality of Austrian grown wheats. Cereal Research Communications 25, 955-962.

LUKOW, O.M., S.A. FORSYTH and P.I. PAYNE, 1992: Over-production of HMW glutenin subunits coded on chromosome 1B in common wheat, *Triticum aestivum*. J. Genet. & Breed. 46, 187 – 192.

MARCHYLO, B.A., O.M. LUKOW and J.E. KRUGER, 1992: Quantitative variation in high molecular weight glutenin subunit 7 in some Canadian wheats. J. Cereal Sc. 15, 29-37.

NG, P.K.W., N.E. POGNA, F. MELLINI and W. BUSHUK, 1989: Glu-1 allele compositions of the wheat cultivars registered in Canada. J. Genet. & Breed. 43: 53-59.

PANE, P.I. and G.J. LAWRENCE, 1983: Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereal Research Communications 11, 29-35.

RABINOVICH, S.V., 1998: Composition of high molecular weight glutenin subunits connected with good quality in spring wheat and its distribution in different countries of world. Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 2-7 August 1998. 4, 254-256

ROGERS, W.J., P.I. PAYNE, K. HARINDER, 1989: The HMW Glutenin Subunit and Gliadin Compositions of German-Grown Wheat Varieties and their Relationship with Bread-Making Quality. Plant Breeding 103, 89-100.