

Pflanzen

Unterscheidung von Getreidesorten durch Elektrophorese

Doris Herrmann und Silvia Zanetti, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Auskünfte: Silvia Zanetti, e-mail: silvia.zanetti@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 72 84

Zusammenfassung

Die Identifikation von Getreidesorten ist am Erntegut von blossen Auge nicht möglich. Die elektrophoretische Auftrennung von Speicherproteinen wie zum Beispiel Gliadinen ist eine mögliche Methode zur Sortenidentifikation am Erntegut. Dank der hohen Variabilität der Gliadine entsteht ein sortenspezifisches Bandenmuster. Wir haben die Getreidesorten der schweizerischen Sortenliste und fortgeschrittene Zuchtlinien des Schweizer Zuchtprogramms auf ihre Unterschiede im Gliadin-Bandenmuster untersucht. Dazu verwendeten wir die Acid Polyacrylamid Gel Electrophoresis (A-PAGE). Bei Weizen fanden wir bei den 28 untersuchten Sorten 26 verschiedene Bandenmuster. Somit sind die Weizensorten mit A-PAGE gut unterscheidbar. Dies gilt auch für die Gersten- und Hafersorten. Dagegen zeigten fast alle Dinkelsorten das gleiche Gliadin-Bandenmuster. Roggensorten bilden als Fremdbefruchter kein homogenes Muster. Die Getreidearten zeigen alle ein artspezifisches Bandenmuster. Die diploiden Arten Gerste, Hafer und Roggen haben ein einfacheres Muster als die hexaploiden Weizen, Triticale und Dinkel.

Die A-PAGE-Methode ist zeitaufwändig und arbeitsintensiv. Aus diesem Grunde testeten wir auch die isoelektrische Fokussierung (IEF). Mittels IEF wurden die Glutenine, eine weitere Speicherproteinfraktion, aufgetrennt. Die 28 Weizensorten zeigten nur elf unterschiedliche Glutenin-Bandenmuster. IEF bildet jedoch eine effiziente Alternative bei der Unterscheidung vor allem zwischen den freidreschenden Getreidearten.

Zertifiziertes Saatgut ist eine Voraussetzung für Ertragssicherheit und Erntequalität. Deshalb wird bei der Produktion von zertifiziertem Saatgut auf dem Feld die Sortenechtheit überprüft und im Saatgutprüflabor an der FAL das Erntegut auf Reinheit, Keimfähigkeit und Feuchtigkeitsgehalt untersucht.

Auf dem Feld sind die Getreidearten und -sorten anhand morphologischer Kriterien gut unterscheidbar. Geerntet ist die Sortenidentifikation aufgrund von Korngrösse, -form und -farbe kaum möglich. In gewissen Situationen kann sogar die Unterscheidung des Ernteguts der Getreidearten Weizen und Triti-

cale schwierig sein. Zur Unterstützung der Saatgut-Zertifizierung sind Methoden nötig, die neben den oben erwähnten Kriterien biochemische Merkmale zur Unterscheidung nutzbar machen. Eine solche Methode ist die Elektrophorese, mit der die Speicherproteine der Körner aufgetrennt werden können. Dadurch entsteht ein sorten- und artspezifisches Bandenmuster.

Die Proteine machen 10 bis 15 % der Trockensubstanz der Körner aus. Bei Weizen, Gerste, Triticale, Roggen und Dinkel bilden die Speicherproteine Prolamine den grössten Teil. Bei Hafer ist der Anteil von Prolaminen zugunsten von Globulinen verringert (Shewry 1996). Die Prolamine, auch Gluten oder Kleber genannt, sind entscheidend für die Backqualität. Bei ihnen werden Gliadine und Glutenine unterschieden. Die Gliadine sind alkohollöslich. Sie werden nach ihrer Grösse in α , β , γ und ω , unterteilt, wobei α die kleinsten und ω die grössten bezeichnen. Die Glutenine, die erst nach dem Lösen der Schwefelbrücken alkohollöslich sind, werden ebenfalls gemäss ihrer Grösse in HMW (High Molecular Weight) und LMW (Low Molecular Weight) gruppiert. Die Glutenine, insbesondere die HMW, spielen eine sehr wichtige Rolle bei der Backqualität (Vasil und Anderson 1997). Gliadine werden wegen ihrer grossen Variabilität oft für Sortenidentifikation und Verwandtschaftsstudien verwendet (Metakovsky und Branlard 1998). Für die Sorten-

Sorten sind auf dem Feld eindeutig unterscheidbar. Am Erntegut jedoch ist die Sortenidentifikation von blossen Auge nicht möglich. (Foto: Gabriela Brändle, FAL)



und Artenunterscheidung werden die Gliadine mittels elektrophoretischen Methoden aufgetrennt.

Untersuchungsziele

Ziel dieser Arbeit war es zu prüfen, ob das Erntegut der Schweizer Getreidearten und -sorten mit den Elektrophorese-Methoden Acid Polyacrylamid Gel Electrophoresis (A-PAGE) und isoelektrische Fokussierung (IEF) eindeutig unterscheidbar ist und ob das Bandenmuster einer Sorte über verschiedene Anbaujahre und -orte stabil ist. Anschliessend sollte eine Methode so etabliert und beschrieben werden, dass eine routinemässige Anwendung in der Saatgutprüfung möglich ist.

Für die Untersuchung stellte die Delley Samen AG Samenmuster aller Sorten von allen Getreidearten zur Verfügung (Tab. 1): 20 Weizensorten, acht fortgeschrittene Weizenzüchtlinien, zwölf Gersten-, sieben Triticale-, fünf Dinkel-, vier Roggen- und vier Hafersorten. Pro Sorte wurden mindestens 16 Körner einzeln geprüft. Von sieben Weizensorten haben wir zusätzlich Erntegut von drei bis fünf Anbaujahren und -orten mit mindestens acht Körnern pro Probe geprüft.

Analysemethode nach A-PAGE

Grundsätzlich sind wir nach dem Handbuch für Elektrophorese-Untersuchungen der Internationalen Vereinigung für Saatgutprüfung (ISTA) vorgegangen (Cook 1992). Für die Gel-Herstellung haben wir eine Acrylamid-Bisacrylamid-Lösung im Verhältnis 24 : 1 verwendet. Bei Gerste, Hafer und Dinkel haben wir die Spelzen entfernt und die nackten Körner gemahlen. Das Mehl wurde mit der Extraktionslösung vermischt und über Nacht bei Raumtemperatur stehen gelassen. Bei Weizen, Triticale, Roggen und Dinkel wurden 0,3 ml, bei Gerste 0,7 ml und bei

Tab. 1. Gelelektrophoretisch untersuchte Getreidesorten und -arten

| Weizen | | Gerste | Triticale | Andere |
|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------|
| Winterweizen | Sommerweizen | Wintergerste | Wintertriticale | Hafer |
| Arbola | Albis | Baretta | Lamberto | Ebène |
| Arina* | Balmi | Blanche | Prader | Expander |
| Asketis | Greina* | Djebel | Timbo | Flämingsstern |
| Drifter | Lona* | Jasmin | Tridel | Tomba |
| Galaxie | Molera | Landi | Trimaran | |
| Habicht | Pizol | Lyric | | Roggen |
| Levis* | Toronit | Manitou | Sommertriticale | Danko |
| Pegassos | 211.11225° | Plaisant | Sandro | Elect |
| Runal | 211.11489° | Ulla | Trado | Esprit |
| Tamaro* | 211.11647° | | | Oktavian |
| Taneda* | 211.11658° | Sommergerste | | Dinkel |
| Terza | 211.11924° | Bacon | | Hubel |
| Titlis* | | Célinka | | Lueg |
| 194.10044° | | Meltan | | Oberkulmer |
| 111.12267° | | | | Ostro |
| 111.12325° | | | | Sertel |

*mehrere Anbaujahre und -orte untersucht

°fortgeschrittene Zuchtlinie des Schweizer Zuchtprogramms

Hafer 0,1 ml Extraktionslösung zugegeben. Am folgenden Morgen haben wir die Proben bei 16'000 g zentrifugiert und das Proteinextrakt in eine Mikrotiterplatte übertragen.

Für die Gelherstellung haben wir dem Gelmedium 0,6 % Wasserstoffperoxid zugegeben. Eine Stunde nach dem Giessen des Gels haben wir die Geltaschen mit dem Proteinextrakt geladen. 16 Geltaschen wurden für die zu testende Sorte verwendet, die restlichen acht Taschen wurden mit Proteinextrakten von Standardsorten geladen.

Standardsorten zum Vergleichen

Die Standardsorten ermöglichen den Vergleich zwischen den einzelnen Gelen und helfen bei der Identifikation einer Sorte. Standardsorten waren bei Weizen in der Regel Arbola, Arina und Runal. Bei Gerste wurden Djebel, Célinka und die Weizensorte Arina als Standardsorte verwendet. Von jeder Standardsorte wurden etwa 40 g Körner gemahlen und dann immer von die-

sem gleichen Mehl für die Standards extrahiert.

Die Trennung der Proteine durch Elektrophorese erfolgte in einer sauren Umgebung vom positiven zum negativen Pol nach Grösse und Ladung. Ausser bei Hafer haben wir die im Handbuch der ISTA angegebene Trennungsdauer um 20 Minuten verlängert (Cook 1992). Die Gele färbten wir über Nacht in zehnpromentiger Trichloressigsäure mit Coomassie Blue. Anschliessend wurden sie in Wasser gewaschen und fotografiert. Für die längerfristige Aufbewahrung spannten wir die Gele zwischen Cellophanfolien auf eine Glasplatte und trockneten sie bei Raumtemperatur (Saurer 1986).

IEF-Methode für die Glutenin-Untersuchung

Für die Untersuchungen mit IEF befolgten wir das Protokoll der Staatlichen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg (LUFÄ) in Deutschland (persönliche Mitteilung R. Knoblauch). Das

Mahlen der Getreidekörner erfolgte gleich wie bei der A-PAGE-Methode. Die Glutenine wurden mit einem Phosphatpuffer und beim Hafer mit Chlor ethanol während einer Stunde extrahiert und dann zentrifugiert. Das Proteinextrakt wurde auf die dünnen Acrylamid-Gele geladen. Nach Abschluss des Gellaufs legten wir die Gele in eine Fixierungs-, Färbungs- und schlussendlich in eine Entfärbungslösung und trockneten sie bei Raumtemperatur.

Stabiles Bandenmuster

Bei den selbstbefruchtenden Getreidearten untersuchten wir mindestens 16 Körner pro Sorte. Diese wiesen im Allgemeinen das gleiche Bandenmuster auf (Abb. 1). Es ist eine grosse Anzahl von Banden vorhanden, die eine grosse Variabilität im Bandenmuster ermöglicht. Die Gliadinuntergruppen α , β , γ und ω sind gut erkennbar (Abb. 1). Das Gliadin-Bandenmuster einer Sorte ist unabhängig von Umwelteinflüssen. Dies zeigt sich an den sieben Sorten, für die drei bis fünf Anbauorte und -jahre geprüft wurden (Tab. 1). Sie haben weitgehend das gleiche Muster.

Die Intensität des Bandenmusters kann zwischen den einzelnen Körnern einer Probe variieren. Daher ist keine quantitative Aussage über die Proteinmenge möglich. Polyacrylamidmenge und Puffertemperatur sind Faktoren, die bei geringer Variation die Laufgeschwindigkeit der Proteine beeinflussen (Metakovsky und Novoselskaya 1991). Die relativen Abstände der Banden bleiben aber erhalten. Die Standardsorten helfen solche Faktoren zu relativieren.

Weizensorten sind unterscheidbar mit A-PAGE

Von den getesteten 20 Weizensorten und den acht fortgeschrittenen Zuchtlinien sind 24 eindeutig identifizierbar (Abb. 2). Eine ähnlich hohe Variabilität im Gliadinbandenmuster zeigte eine französische Studie mit 187 untersuchten Sorten (Metakovsky und Branlard 1998). Auch eine frühere Untersuchung mit ähnlicher Methode hat mit anderen Schweizer Weizensorten vergleichbare Resultate ergeben (Saurer 1986). Die hohe Variabilität entsteht dadurch, dass Gliadine über mehrere Gene mit mehreren Ausprägungsformen vererbt werden (Metakovsky 1991). Durch das hexaploide Genom von Weizen (AABBDD) wird die Variabilität noch vergrößert. Bei sehr enger Verwandtschaft kann es jedoch trotzdem vorkommen, dass Sorten anhand des Bandenmusters nicht unterscheidbar sind. Die beiden Sorten Asketis und Peggassos zum Beispiel, die vom gleichen Züchter stammen und sehr eng miteinander verwandt sind (persönliche Mitteilung H. Winzeler), waren nicht unterscheidbar.

Es ist also bei Weizen möglich, am Erntegut anhand des Bandenmusters die Sorte zu identifizieren. Die Sortenechtheit und -reinheit kann deshalb bei Unsicherheiten im Labor sofort über-

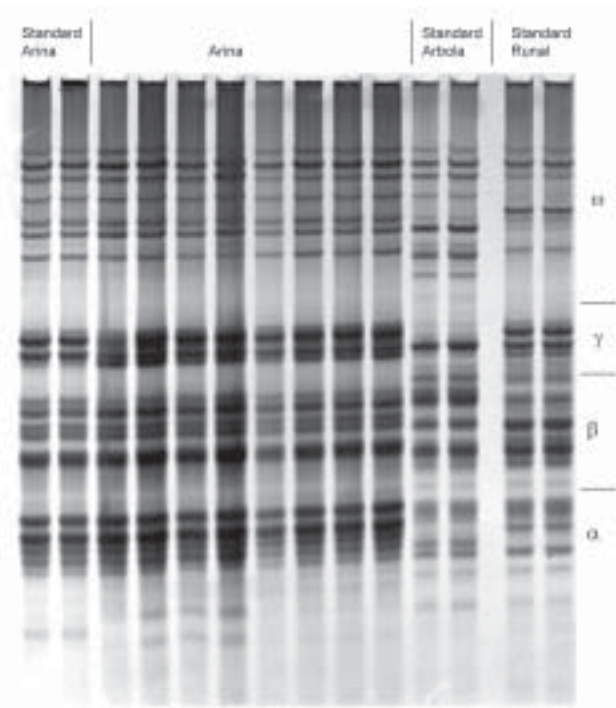
prüft werden. Auf eine zeitintensive Nachbaukontrolle im Feld kann somit in vielen Fällen verzichtet werden.

Erkennbare Translokation

Bei den Sorten Arbola, Toronit (Abb. 2, Index 1) und bei der nicht abgebildeten Zuchtlinie 211.11225 fallen die ausgeprägten untersten Banden im Bereich der ω -Gliadine auf. Triticale und Roggen haben in diesem Bereich ein sehr ähnliches Muster (Abb. 3, Index 2). Das Bandenmuster liess vermuten, dass diese Weizensorten eine 1BL/1RS Translokation besitzen. Bei dieser Translokation wurde der kurze Arm des Weizenchromosoms 1B mit dem kurzen Arm des Roggenchromosoms 1R ersetzt. Diese Translokation verbessert die Resistenz und den Ertrag (Schlegel 1997). Tatsächlich besitzen alle drei Sorten eine 1BL/1RS Translokation. Zehn weitere Weizensorten und die Dinkelsorte Hubel, die gemäss einem biochemischen Test die Translokation aufweisen (Schachermayr *et al.* 1997), zeigten ebenfalls diese typischen Banden. Diese zehn Weizensorten haben einen breiten genetischen Hintergrund (persönliche Mitteilung M. Winzeler). Dies macht es unwahrscheinlich, dass die typischen Bandenmuster sortenspezifische Eigenschaften einer «Ursprungsorte» wiedergeben. Resultate von Untersuchungen auf Proteinebene (Metakovsky 1991) und auf DNA-Ebene (Vaccino und Metakovsky 1995) stützen diese Schlussfolgerung.

A-PAGE ist wegen der methodischen Stabilität und der grossen Variabilität der Gliadine eine sehr gute Methode für die Sortenidentifikation. Das Resultat liegt jedoch erst nach drei Tagen vor. Pro Gel können nur 24 Proben analysiert werden. Deshalb testeten wir auch die IEF-Methode. Bei dieser ist die Proben-

Abb. 1. Gelausschnitt mit Gliadinbandenmuster (A-PAGE) von Einzelkörnern der Weizensorte Arina und den Standardsorten Arina, Arbola und Runal. Die vier Gliadinuntergruppen sind mit α , β , γ und ω gekennzeichnet.



kapazität doppelt so hoch, und das Resultat liegt innerhalb eines Tages vor. Da sich bei der IEF-Methode die Auftrennung von Gliadinen nicht bewährte, wurde mit Gluteninen gearbeitet. Bei den 28 Weizensorten zeigten sich nur elf verschiedene Glutinin-Muster (Abb. 4). Bis zu sechs Sorten wiesen das gleiche Muster auf. Somit ist die Unterscheidbarkeit von Sorten limitiert. IEF bietet viele Variationsmöglichkeiten. Eine Unterscheidung der Sorten wäre mit Hilfe von weiteren Untersuchungen eventuell möglich.

Sortenunterscheidung anderer Getreidearten

Mit A-PAGE konnten wir die sieben untersuchten Sorten von Triticale voneinander unterscheiden. Das Triticalemuster ist trotz Vorhandenseins des Roggenenoms dem Weizenmuster sehr ähnlich (Abb. 3). Triticale hat aber die drei typischen Banden von Roggen im obersten Drittel (Index 2) und Banden oberhalb der ersten Weizenbande (Index 3). Das Triticalemuster ist weniger deutlich als das Weizenmuster vor allem im Bereich der oberen β -Gliadine (Index 4). Die Undeutlichkeit kommt durch die Überlagerung von Weizen- und Roggenproteinen zustande.

Beim Roggen waren ausser bei der Hybridsorte Esprit die Bandenmuster der fünf getesteten Sorten nicht homogen. Roggen ist ein Fremdbefruchter, weshalb die Einzelpflanzen einer Populationssorte genetisch nicht identisch sind. Bei allen Sorten findet sich eine ähnliche Variation im Muster (Abb. 3). Somit war nur die Hybridsorte von den Populationssorten unterscheidbar. Roggen besitzt eine ganz andere Bandenverteilung als Weizen. Auffallend sind die sehr weit oben laufenden Banden (Index 5). Dafür besitzt Roggen nur wenige Banden im mittleren Be-

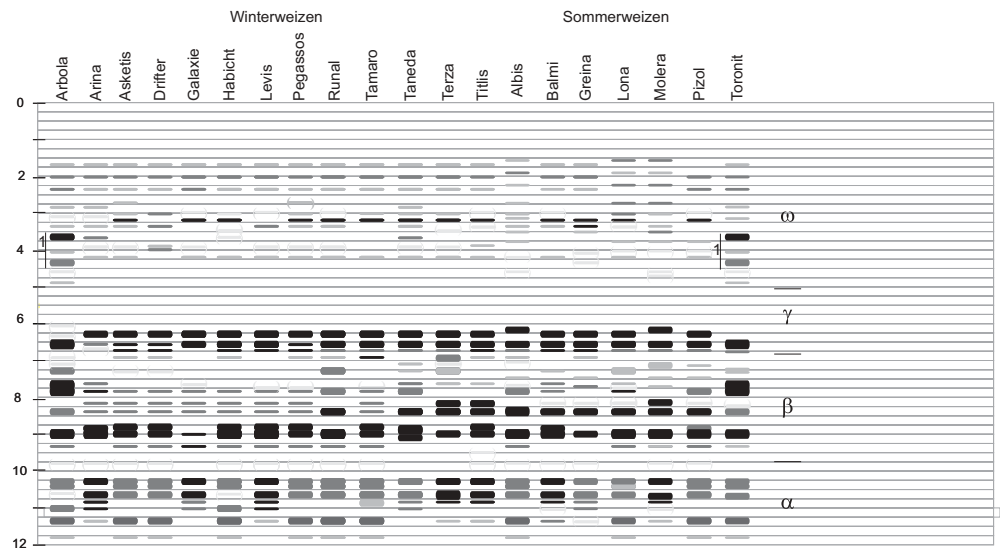


Abb. 2. Schematische Darstellung des Gliadinbandenmusters (A-PAGE) von 20 Weizensorten der Schweizer Sortenliste. Die Gliadinuntergruppen sind mit α , β , γ und ω gekennzeichnet. 1 bezeichnet ein im Text beschriebenes Bandenmuster.

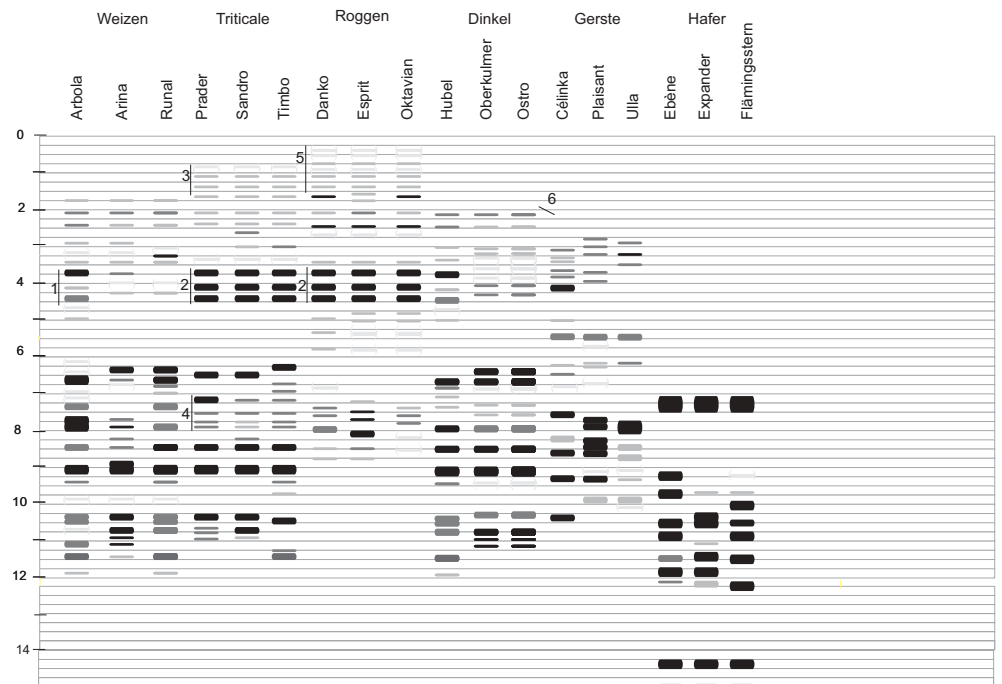


Abb. 3. Schematische Darstellung der Gliadin-Bandenmuster nach A-PAGE von jeweils drei Sorten von Weizen, Triticale, Roggen, Dinkel, Gerste und Hafer. Die Ziffern bezeichnen im Text beschriebene Bandenmuster.

reich und keine oder nur schwache im untersten.

Von den fünf untersuchten Dinkelsorten besitzen bis auf Hubel alle das gleiche Bandenmuster (Abb. 3). Dies lässt auf einen hohen Verwandtschaftsgrad schliessen und wird durch die

Abstammung bestätigt (persönliche Mitteilung, M. Winzeler). Schweizer Dinkelsorten sind also mit dieser Methode nicht unterscheidbar. Dinkel, der auch hexaploid ist, weist einen sehr ähnlichen Mustertyp wie Weizen auf. Einen Unterschied bildet die fehlende oberste Bande

Nutztiere

Einleitung zur Serie: Vergleich von sechs Fleischrinderrassen

Danielle Gagnaux, Eidg. Forschungsanstalt für Nutztiere, Posieux, (RAP), CH-1725 Posieux

Auskünfte: Danielle Gagnaux, e-mail: danielle.gagnaux@rap.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 72 31

Die vorliegende Ausgabe enthält den Artikel «Mastleistung von Ochsen sechs verschiedener Fleischrassen». Er bildet den Anfang einer Serie von fünf Publikationen über die Resultate eines umfassenden Projekts, das an der RAP durchgeführt wurde.

Dieses Projekt konnte dank der Unterstützung mehrerer Partner des Fleischsektors realisiert werden. Dabei wurden erstmals sechs Fleischrassen, davon vier ausländische, unter schweizerischen Bedingungen verglichen. Die ausländischen Fleischrassen gewinnen in unserem Land immer mehr an Bedeutung. Einerseits weil es streng genommen keine reine schweizerische Fleischrasse gibt und andererseits, weil das Fleisch dieser Rassen in Bezug auf den Geschmack ein sehr gutes Image hat.

RAP-Projekt beantwortet offene Fragen

An diesem Projekt arbeitete während mehrerer Jahre eine ganze Forschergruppe. Die Resultate liefern wichtige Informationen zur Frage, ob die untersuchten Fleischrassen dem Schweizer Markt gerecht werden. Es geht auch daraus hervor, dass sich das heutige schweizerische Taxierungssystem nur teilweise für reine Fleischrassen eignet. Die Resultate stellen ebenfalls gewisse Ansichten in Frage, die bezüglich Einfluss des intramuskulären Fettes auf die Geschmacksqualität bestehen. Die durch dieses Projekt aufgeworfenen Fragen stehen in di-

rektem Zusammenhang mit der gegenwärtigen Lage auf dem Fleischmarkt. Die Unzufriedenheit der Produzenten, die von den Preissenkungen stark betroffen und gegenüber den Grossverteilern machtlos sind, ist nur ein Problem, mit dem sich der Fleischsektor, gegenwärtig in vollem Wandel, auseinandersetzen muss.

Fleisch verdient höheren Stellenwert

Das Fleisch wurde von der Milchwirtschaft lange als Nebenprodukt betrachtet und dies obwohl es wirtschaftlich gesehen beinahe so wichtig ist wie die Milch. Nicht von ungefähr bestehen Pläne, eine Organisation für die Rindviehproduzenten zu gründen. Auch wurden kürzlich die Statuten der Schweizer Milchproduzenten geändert, um die Interessen der Rind- und Kalbfleischproduzenten besser vertreten zu können. Diese Massnahmen zeigen sehr gut, dass im Fleischsektor gegenwärtig Veränderungen im Gange sind.


Die Fleischproduzenten sind gewillt, den Stellenwert des Fleisches zu heben. Die politischen und wirtschaftlichen Aspekte liegen nicht im Kompetenzbereich einer Forschungsanstalt wie der RAP. Dagegen tragen die Forschungsarbeiten dazu bei, dem Fleischsektor Kenntnisse und Entscheidungsgrundlagen zur Produktionsart und zu den Fleischprodukten zu liefern. Die Arbeiten helfen auch, sich an die Marktveränderungen anpassen zu können.

Früher richtete die RAP ihre Forschungsarbeiten im Bereich Fleischqualität hauptsächlich auf den Schlachtkörper aus, heute konzentriert sie sich darauf, den Bedürfnissen der Produzenten nachzukommen, indem sie die künftige Nachfrage berücksichtigt, das heisst, sich stark auf die Konsumenten ausrichtet. Im Weiteren wecken die verschiedenen Produktionssysteme im Fleischsektor neue Bedürfnisse. Die Resultate des erwähnten Projekts geben auch hier wichtige Antworten.

In Bezug auf die Kenntnisse über die Produkte «vom Tier bis auf den Teller», das Beherrschen der Qualität von A bis Z und das Vermarkten unserer Fleischspezialitäten sind noch viele Fragen offen. Die immer häufigeren AOC-Registrierungen sind Beweis genug für die lückenhaften Kenntnisse der Produkte und deren traditionelle Herstellung. Der Fleischsektor ist noch sehr weit entfernt von der Mannigfaltigkeit der bekannten und beschriebenen Aromen in Käse und Wein.

Durch die Vereinigung der FAM und der RAP zu einem Kompetenzzentrum *Tierische Produktion und Lebensmittel tierischer Herkunft* sowie durch die Bemühungen der Milch- und Fleischspezialisten, sich näher zu kommen, öffnen sich für die Forschung neue Horizonte. Wir möchten diese gemeinsam nutzen, um das Gebäude *Fleischmarkt* der Schweizer Landwirtschaft mit einem grossen Baustein zu verstärken.



SCHWEIZER FLEISCH 
Ehrlich, natürlich.

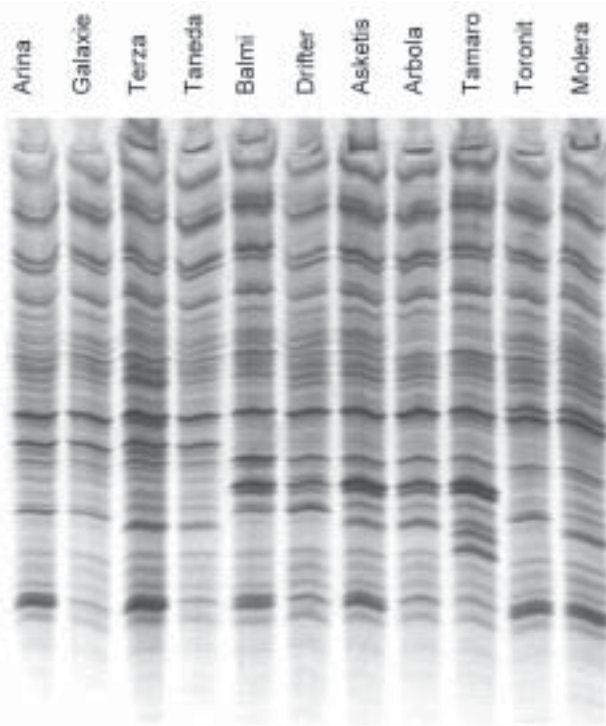
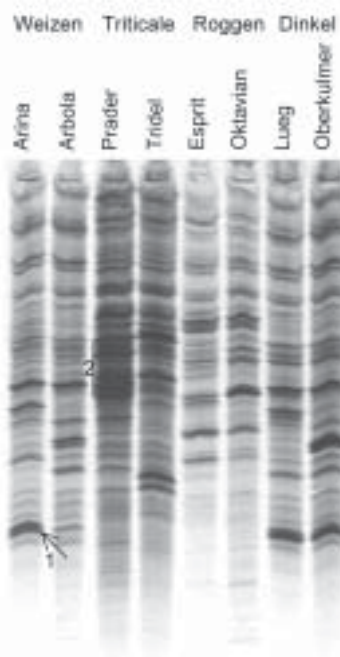


Abb. 4. Gluteninbandenmuster (IEF) von elf verschiedenen Weizensorten.

(Index 6), die für Weizen ausser für drei Sorten typisch ist.

Da Gerste diploid ist, ist die Variabilität der Gliadine viel kleiner. Die zwölf untersuchten Sorten bildeten neun verschiedene Bandenmuster. Nicht unterscheidbar sind Blanche und Landi beziehungsweise Djebel, Ly-

Abb. 5. Gluteninbandenmuster (IEF) von jeweils zwei Sorten der Schweizer Sortenliste von Weizen, Triticale, Roggen und Dinkel. Die Ziffern bezeichnen im Text beschriebene Bandenmuster.



ric und Plaisant (Abb. 3). Gersensorten unterscheiden sich also nur beschränkt.

Die vier wichtigsten Sommerhaferarten der Schweiz liessen sich alle voneinander unterscheiden (Abb. 3). Hafer besitzt nur wenige, weit laufende Banden. Deshalb würde die Sortenunterscheidbarkeit bei einem grösseren Spektrum schnell an Grenzen stossen.

Getreidearten sind unterscheidbar

Mit A-PAGE zeigen alle Getreidearten ein artspezifisches Bandenmuster und sind somit eindeutig voneinander zu unterscheiden. Dies gilt vor allem für die drei freidreschenden Arten Weizen, Triticale und Roggen (Abb. 3). Ihre Unterscheidung mit Hilfe der Elektrophorese scheint auf den ersten Blick nicht nötig zu sein, da die Pflanzen auf Grund der Morphologie klar unterscheidbar sind. Auf der Stufe Samen können jedoch Unsicherheiten entstehen, da Triticale- und Weizenkörner sehr ähnlich sein können. In der Reinheitsuntersuchung werden die Zertifizierungsproben unter Anderem auf den Besatz von fremden Getreidearten überprüft. Muss ein Triticale-Saatgutposten abgelehnt werden, weil er zu viele Weizenkörner enthält, bietet die Elektrophorese eine Möglichkeit, den visuell aussortierten Fremdbesatz zu überprüfen und Unsicherheiten aus dem Weg zu räumen.

Mit IEF unterscheiden sich die Bandenmuster der drei freidreschenden Arten Weizen, Triticale und Roggen zwar weniger deutlich als mit A-PAGE. Sie sind dennoch eindeutig voneinander unterscheidbar (Abb. 5). Weizen unterscheidet sich von Triticale und Roggen durch eine starke Bande unten (Index 1). Triticale hat im Gegensatz zu Roggen viele dichte Banden in der Mitte (Index 2). Zur Unter-

scheidung der drei freidreschenden Getreidearten Weizen, Triticale und Roggen bildet IEF eine gute Alternative zu A-PAGE, weil die Resultate bei der IEF-Methode schneller vorliegen.

Schlussfolgerungen

Die Unterscheidung der Sorten ist für Weizen, Triticale und Hafer mit A-PAGE möglich. Bei Gerste und Dinkel ist die Unterscheidbarkeit der Sorten wegen der geringen Variabilität nur zum Teil möglich. Bei Roggen beschränkt die Homogenität des Bandenmusters die Unterscheidung der Populationen.

Die untersuchten Getreidearten sind alle mit A-PAGE voneinander unterscheidbar. IEF bildet eine gute Alternative zu A-PAGE, um die drei freidreschenden Getreidearten Weizen, Triticale und Roggen voneinander zu unterscheiden. Bei beiden Methoden sind die Bandenmuster sowohl innerhalb einer Probe als auch zwischen verschiedenen Anbaujahren und -orten stabil. Damit liegen nun die Grundlagen für eine routinemässige Anwendung von A-PAGE in der Saatgutprüfung vor.

Literatur

- Cook R.J., 1992. Electrophoresis testing. In: Handbook of variety testing (Ed. R.J. Cooke). The International Seed Testing Association, Zürich, 2-14.
- Metakovsky E.V. and Branlard G., 1998. Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles. *Theor. Appl. Genet.* **96**, 209-218.
- Metakovsky E.V. and Novoselskaya A.Y., 1991. Gliadin allele identification in common wheat I. Methodological aspects of the analysis of gliadin patterns by one-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis. *J. Genet. and Breed.* **45**, 317-324.
- Metakovsky E.V., 1991. Gliadin allele identification in common wheat II. Catalogue of gliadin alleles

Glossar

A-PAGE: Acid-Polyacrylamid Gel Electrophoresis

Diploid: mit doppeltem Chromosomensatz

Elektrophorese: Trennung von elektrisch geladenen Teilchen mit Hilfe eines elektrischen Feldes

Geltaschen: Vertiefungen im Gel, in welche das Proteinextrakt eingefügt wird

Genom: Gesamtheit der Erbmasse

Gliadine: Untergruppe der Speicherproteine Prolamine

Glutenine: Untergruppe der Speicherproteine Prolamine

Hexaploid: mit sechsfachem Chromosomensatz

IEF: Isoelektrische Fokussierung

Prolamine: Speicherproteine des Weizenkorns. Sie bilden den grössten Teil der Weizenkornproteine.

Translokation: Verlagerung eines Chromosomenstückes in ein anderes Chromosom

gen Translokation in Weizenzüchtungsprogrammen mit Hilfe eines biochemischen Markers. Schweiz. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, *Bulletin* **8**, 26.

■ Schlegel R., 1997. Current list of wheats with rye introgressions of homoeologous group 1 (2nd update). *Wheat Information Service* **84**, 64-69.

■ Shewry P.R., 1996. Cereal grain proteins. In: Cereal grain quality (Ed. R.J. Henry und P.S. Kettlewell). Chapman and Hall, London, UK, 227-244.

■ Vaccino P. and Metakovsky E.V., 1995. RFLP patterns of gliadin alleles in *Triticum aestivum* L.: implications for analysis of the organization and evolution of complex loci. *Theor. Appl. Genet.* **90**, 173-181.

■ Vasil I.K. and Anderson O.D., 1997. Genetic engineering of wheat gluten. *Trends in plant science* **2** (8), 292-297.

in common wheat. *J. Genet. and Breed.* **45**, 325-344.

der Weizengliadine. *Schweiz. Landw. Fo.* **25** (1), 91-101.

■ Saurer W., 1986. Eine Methode zur Sortenbestimmung mittels Polyacrylamidgel-Elektrophorese (PAGE)

■ Schachermayr G., Hitz S., Streckeisen P. und Winzeler M., 1997. Bestimmung der 1B/1R Weizen-Rog-

RÉSUMÉ

Différenciation des variétés de céréales par électrophorèse

L'identification des variétés de céréales et partiellement des espèces dans les récoltes est très difficile, voire impossible. La séparation électrophorétique des protéines de réserve (gliadines) est d'une aide appréciable. La grande diversité des gliadines génère un séquençage spécifique à chaque variété ou espèce. Dans cette étude, les variétés de céréales de la liste suisse des variétés et des lignées de sélection avancées du programme de sélection suisse ont été analysées au niveau des différences de séquençage des gliadines par électrophorèse en gel polyacrylamide.

En ce qui concerne le blé, 26 séquençages différents ont pu être mis à jour sur les 28 variétés examinées. Les variétés de blé sont donc bien différenciables par la méthode A-PAGE. Les variétés d'orge et d'avoine indiquaient aussi séquençages différents. Mais les variétés d'épeautre montraient le même modèle. Les variétés de seigle, en raison de leur fécondation croisée, n'offrent pas de modèle homogène. Les espèces de céréales présentent toutes un séquençage spécifique. Les espèces diploïdes, telles que l'orge, l'avoine et le seigle présentent un modèle plus simple que les espèces hexaploïdes, telles que le blé, le triticale et l'épeautre. La méthode A-PAGE nécessite un grand investissement en temps et en travail. C'est pourquoi une seconde méthode a été employée, la focalisation isoélectrique (IEF). Par la méthode IEF, les gluténines, des fragments de protéines de réserve, ont été séparées. Les 28 variétés de blé n'ont montré que 11 différents séquençages des gluténines. La méthode IEF constitue cependant une alternative efficace pour la différenciation des espèces de céréales, en particulier celles dont les glumes disparaissent déjà lors du battage.

SUMMARY

Identification of cereal varieties by means of electrophoresis

The identification of varieties on a seed-material basis is impossible. In addition the differentiation between the cereal Triticale and wheat is often difficult. Due to the high variability of the gliadins the electrophoretic separation of these storage proteins results in variety- and/or species-specific banding pattern. In this study we investigated the gliadin-banding pattern of the most important varieties of wheat, barley, oat, rye and spelt by means of Acid-Polyacrylamid Gel Electrophoresis (A-PAGE). We found 26 different banding patterns. Out of the 12 barley varieties nine patterns were identified. All four oat varieties could be distinguished by A-PAGE, but not all spelt varieties. The varieties of the out-crossing species rye showed an inhomogeneous banding pattern except for one hybrid.

The banding pattern was clearly different among the various investigated cereal species. The diploid species showed a less complex banding pattern than the hexaploid species wheat, triticale and spelt.

Another, less time intensive, electrophoretic method is the Isoelectric Focussing (IEF). IEF was shown to be an efficient method for the differentiation among cereal species. The glutenin-separation, however, was not suitable for the variety identification of wheat since only 11 different patterns were distinguishable.

Key words: identification of cereal varieties, electrophoresis, A-PAGE, IEF