

Vergleich von reinen Dinkeln und Dinkel/Weizen-Kreuzungen

Herbert Wieser, Garching

1. Einleitung

Der hexaploide Spelzweizen (Dinkel; *Triticum spelta* L.) war vor hundert Jahren noch das wichtigste Brotgetreide in Teilen Süddeutschlands, Österreichs und der Schweiz, wurde aber im Laufe des 20. Jahrhunderts fast vollständig vom hexaploiden Nacktweizen (Weichweizen [*Triticum aestivum* L.], auch als Saat- oder Brotweizen, im folgenden vereinfacht als „Weizen“ bezeichnet) verdrängt (1). Als Gründe hierfür werden u.a. die mangelnde Standfestigkeit (extreme Wuchshöhe bis zu 1,60 m), der niedrigere Ertrag, ein zusätzlicher Arbeitsschritt (Entspelzen) und die geringere Backqualität des Dinkels genannt. Die Anbaufläche ging stark zurück, und die Verwendung beschränkte sich fast ausschließlich auf Grünkern (unreifes, gedarrtes Dinkelkorn). Seit mehr als zehn Jahren erlebt der Dinkel als „altes“ Getreide jedoch eine erstaunliche Renaissance und wird aufgrund seiner Robustheit, Anspruchslosigkeit, Krankheitsresistenz und seines hohen Stickstoffaneignungsvermögens vor allem im Ökolandbau und in Trinkwassereinzugsgebieten wieder vermehrt angebaut. Die aus Dinkel hergestellten Produkte, insbesondere Backwaren, erfreuen sich zunehmender Beliebtheit; als Gründe hierfür werden Schmackhaftigkeit und Bekömmlichkeit, bessere Verträglichkeit bei Weizenallergie und ein besonderer Gesundheitswert (Stichwort: Hl. Hildegard von Bingen) genannt (2). Dementsprechend werden Dinkelprodukte vom Handel als solche ausgelobt, und der Kunde nimmt im Vergleich zu ähnlichen Weizen- und Roggenprodukten teilweise deutlich erhöhte Preise in Kauf.

Um die nachteiligen Eigenschaften des Dinkels zu reduzieren und gleichzeitig seine Vorteile zu nutzen, wurde schon vor langer Zeit (erste Berichte um 1900) damit begonnen, Weizen in Dinkel einzukreuzen, so daß heute neben den reinen Dinkelsorten auch Dinkel/Weizen-Kreuzungen („Weizendinkel“) angebaut und deren Produkte im Handel angeboten werden. Ausschlaggebend für die Zuordnung der Kreuzungen zur Spezies Dinkel (in der Bundessortenliste (3) als Spelz bezeichnet) sind äußere Pflanzenmerkmale wie Ährenform, Spindelbrüchigkeit, Spelzenschluß, Spelzendicke und Kornform, in denen Dinkel im Vergleich zu Weizen charakteristische Unterschiede aufweist (2). Typische Inhaltsstoffe des Kornes, die für die Qualität und Besonderheit der Dinkelprodukte verantwortlich sind, werden dagegen nicht berücksichtigt. Eine Kennzeichnung, ob bei der Herstellung eines Produkts reiner Dinkel oder Weizendinkel verwendet worden ist, erfolgt in der Regel nicht. Die derzeitige Sortenliste des Bundessortenamtes und auch die EU-Liste enthalten bisher keinen Hinweis auf eine Weizeneinkreuzung. Das zukünftige Sortenspektrum in der erweiterten EU ist noch nicht abzusehen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, alte und neue Dinkelsorten in ihren Anbau- und Verarbeitungseigenschaften und in ihrer qualitativen und quantitativen Kleberproteinzusammensetzung zu vergleichen. Letztere sollte auch dazu dienen, Proteinmarker für die Weizeneinkreuzung festzulegen. Darüber hinaus sollte am Beispiel einiger im Handel angebotener Produkte gezeigt werden, in welchem Ausmaß Weizendinkel zur Herstellung von Dinkelprodukten eingesetzt wird. Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf bereits publizierten (2, 4, 5) und nicht publizierten Untersuchungen.

2. Material und Methoden

Insgesamt wurden 23 Dinkelsorten untersucht, deren Zulassung einen Zeitraum von 1904 bis 1996 einschließt (Tabelle 1). Sie wurden an vier verschiedenen Standorten angebaut: Standort 1 (Nürtingen; Erntejahr 1995) wurde konventionell und die Standorte 2, 3 und 4 (Hohenkammer, Schönbrunn, Grub; Erntejahr 1996) wurden ökologisch bewirtschaftet. Die Körner wurden entspelzt und zur Mehlsorte 812 verarbeitet. Zum Vergleich wurden die Weizensorten Bussard (Standort 1; Ernte 1994), und Astron (Standorte 2 - 4; Ernte 1996) herangezogen; die Körner wurden zur Type

812 vermahlen. Die vom Handel bezogenen Dinkelprodukte umfaßten Mehle der Type 630 (2x), Vollkornmehle (2x), eine Backmischung, Grieß, Flocken und Speisedinkel (ganzes Korn). Letztere drei Produkte wurden vor der proteinchemischen Untersuchung mit einer IKA-Mühle zerkleinert.

Für die Charakterisierung der Proteine wurden die Proben nacheinander mit gepufferter NaCl-Lösung (Albumine, Globuline), 60%igem Ethanol (Gliadine) und 50%igem 1-Propanol unter reduzierenden und desaggregierenden Bedingungen (Gluteninuntereinheiten) erschöpfend extrahiert (6). Die Gliadin- und Gluteninextrakte wurden durch RP-HPLC an C8-Kieselgel aufgetrennt und quantifiziert (6). Knet-, Zug- und Backversuche wurden in Anlehnung an die für Weizen entwickelten Mikromethoden (7) mit einer Ausgangsmenge von 10 g Mehl durchgeführt. Dabei wurde beim Anteigen der Dinkelmehle die Konsistenz gemäß den Empfehlungen von Seibel (8) gegenüber den Versuchen mit Weizen von 550 auf 650 BE erhöht, um vergleichbare Teigeigenschaften zu erreichen. Darüber hinaus wurde für den Dinkelbackversuch die Ascorbinsäuremenge von 0,2 auf 0,5 mg gesteigert. Unterschied in der Durchführung der Mikrobäckversuche für die Standorte 2 - 4 gegenüber Standort 1 war das Einlegen der Teigstücke während der Gare in Körbchen, wodurch ihre Form gestützt und ein höheres Backvolumen erreicht wurde. Die Mehle der Dinkel vom Standort 2 wurden außerdem mit dem Rapid-Mix-Test (Standardbackversuch nach (9)) untersucht.

3. Ergebnisse

3.1 Proteinmuster

Die Gliadine erwiesen sich in zahlreichen, in der Literatur beschriebenen Untersuchungen als beste Marker für eine Sortendifferenzierung von Weizen, wobei sich deren Auftrennung mittels Elektrophorese (saure Polyacrylamidgel-Elektrophorese, Kapillarelektrophorese) oder Umkehrphasen (RP)-HPLC am meisten bewährt hat (10). Der Vorteil der RP-HPLC gegenüber elektrophoretischen Verfahren liegt darin, daß eine vollständige Trennung der Gliadintypen (ω 5-, ω 1,2-, α -, γ -Gliadine) erzielt wird und eine einfache Quantifizierung über die bei 210 nm gemessene UV-Absorption möglich ist (6, 11). Daher wurde in der vorliegenden Arbeit die RP-HPLC der Gliadinextrakte zur Sortendifferenzierung eingesetzt; zusätzlich wurden auch die Muster der Gluteninuntereinheiten analysiert. Unter den 23 untersuchten Dinkelsorten (Tab. 1) konnten nur zwei Paare (ORK/OST [Code s. Tab. 1], RBD/SRT) weder durch das Gliadin- noch das Gluteninmuster unterschieden werden. Von RBD und SRT wird angenommen, daß es sich hierbei um identische Sorten handelt (12).

Am Standort 1 wurden 20 Dinkelsorten und der Weizen BUS angebaut (4). Die entspelzten Körner wurden vermahlen und mit Hilfe eines kombinierten Extraktion/HPLC-Verfahrens analysiert. Als Repräsentanten für reine Dinkelherkünfte wurden zwei Sorten ausgewählt, deren Zulassungsjahr sehr weit zurückliegt (VÖD: <1904; SRT: 1911) und deren Gliadinmuster (Abb. 1b und 1c) vom Muster des Vergleichsweizens BUS (Abb. 1a) am meisten abweichen. Das Gliadinmuster von BUS kann als repräsentativ für die meisten europäischen Weizensorten angesehen werden (13, 14). Folgende zwei markante Gliadinegruppen eignen sich als gemeinsame dinkeltypische Marker (M): ein Doppelpeak im ω 1,2-Bereich (Retentionszeit $R_t = 23$ und 24 min; M1) und ein dominanter Peak im γ -Bereich ($R_t = 40$ min; M3). Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal findet sich zu Anfang des γ -Bereichs ($R_t = 34 - 36$ min; M2); Weizen wie BUS (Abb. 1a) haben an dieser Stelle einen Doppelpeak (Ausnahme: Weizen/Roggen-Translokationslinien mit nur einem Peak (15)). Dinkel wie SRT (Abbildung 1b) weisen ein absteigendes Triplett (M2a, Dinkelgruppe Ia) oder wie VÖD (Abbildung 1c) einen schlecht aufgelösten Doppelpeak (M2b, Dinkelgruppe Ib) auf. Dementsprechend sind der Gruppe Ia die Sorten ARK, RBD sowie SRT und der Gruppe Ib die Sorten NWK, VÖD, ZWS und ZZD zuzuordnen. Diese Sorten wurden zwischen 1904 und 1925 sowie 1945 und 1952 zugelassen (Tab. 1); soweit bekannt, handelt es sich hierbei um reine Dinkel.

Die Sorten der Gruppe II haben nur zwei dinkeltypische Merkmale (M1, M2), während der markante Peak im γ -Bereich (M3) fehlt. Anstelle dessen erscheinen nach vorne verschoben ($R_t \approx 38$ min) entweder zwei Peaks (Gruppe IIa; z.B. FBH, Abbildung 1d) oder ein Peak (Gruppe IIb, z.B. SKO, Abb. 1e). Zur Gruppe IIa gehören die Sorten FBH (1916), ORK (1948) und OST (1978) und zur Gruppe IIb die Sorten BAU (1924) und SKO (1988). Die Sorten der Gruppe II werden ebenfalls als reine Dinkelformen beschrieben (2, 12). Somit sind auch relativ neue Dinkel (OST, SKO) unter den reinen Dinkelherkünften.

Die Sorte HER (Gruppe III) hat ebenfalls zwei ausgeprägte Dinkelmerkmale (M1, M3; Abb. 1f), das Merkmal M2 fehlt jedoch; an dieser Stelle erscheint exakt das Muster von Weizen (Abb. 1a). HER ist bekanntlich (12) ein Dinkel mit Weizenanteil (Eltern: Dinkel RBD x Weizendinkel „Ardenne“), so daß das in Abbildung 1f dargestellte Muster auf eine Weizeneinkreuzung hindeutet. In Gruppe IV ist nur mehr ein Dinkelmerkmal (M2a oder M2b) zu erkennen. An Stelle des in M1 erscheinenden Doppelpeaks befindet sich nur ein Peak wie im Muster von FKO (Abb. 1g), und der hintere γ -Bereich ist mit dem von Weizen nahezu identisch. Zur Gruppe IV gehören FKO, REN, RFD, ROU, RSD und WHH. Bemerkenswert ist, daß in dieser Gruppe auch die alten Dinkel RSD (<1904) und WHH (1923) enthalten sind; alte Dinkel sind somit nicht automatisch frei von Weizen (16). Einziger Vertreter der Gruppe V am Standort 1 ist ALB; dieser Dinkel zeigt im Gliadinmuster (Abbildung 1h) keinen charakteristischen Unterschied zu Weizen (Abb. 1a). ALB ist ebenso wie HER aus einer Kreuzung Dinkel RFD x Weizendinkel (Ardenne) entstanden; offensichtlich setzte sich bei ALB der Weizen und bei HER der Dinkel durch. Dieses Beispiel bestätigt den Befund von Schober und Kuhn (12), daß sich der Verwandtschaftsgrad von Dinkelsorten nicht über die Gliadinmuster bestimmen läßt. Im Gegensatz zu den mit der Kapillarelektrophorese erhaltenen Ergebnissen (12) zeigen die vorliegenden Untersuchungen jedoch, daß sich der Weizenanteil in Weizen/Dinkel-Kreuzungen durch RP-HPLC der Gliadinextrakte gut abschätzen läßt.

An den Standorten 2 - 4 wurden neben BAU, FKO, ORK, ROU und SKO drei Sorten (ALK, ERK, HUB) angebaut (2, 5), die im Sortiment von Standort 1 nicht enthalten waren. Für ALK und HUB ist eine Weizeneinkreuzung bekannt, während ERK den reinen Dinkeln zugeordnet wird (2); die Gliadinmuster bestätigen dies (ERK: Gruppe IIa; ALK und HUB: Gruppe V). Das Muster von HUB läßt darauf schließen, daß es sich bei dem eingekreuzten Weizenelter *Uniplanta 80 - 23* (2) um eine Weizen/Roggen-Translokationslinie handelt, für die das Fehlen der $\omega 5$ -Gliadine und das gehäufte Auftreten von ω -Secalinen im $\omega 1,2$ -Bereich charakteristisch sind (15). Der Einfluß der verschiedenen Standorte auf die Gliadinmuster beschränkt sich, wie auch in der Literatur beschrieben (12), auf geringfügige Abweichungen in den relativen Peakhöhen einzelner Gliadinkomponenten, so daß Standortunterschiede die Sortenidentifizierung und die Beurteilung der Weizeneinkreuzung nicht beeinträchtigen.

Die HPLC-Muster der Glutenine von Dinkel bestehen ebenso wie bei Weizen aus den hochmolekularen (HMW-) und niedermolekularen (LMW-) Untereinheiten sowie den in geringen Mengen vorkommenden gluteningebundenen $\omega(\omega b)$ -Gliadinen. Vor allem die LMW-Untereinheiten erlauben ebenso wie die Gliadine eine Differenzierung der meisten Sorten. So kann das im Gliadinmuster übereinstimmende Paar VÖD/ZZD über die LMW-Untereinheiten unterschieden werden (Abb. 2a, 2b). Eine Einkreuzung von Weizen in Dinkel läßt sich anhand der Gluteninmuster jedoch nicht mit Sicherheit feststellen.

3.2 Wuchseigenschaften und Ertrag

Die Dinkelsorten BAU, ORK und SKO (Gruppe II), FKO und ROU (Gruppe IV), ALK und HUB (Gruppe V) sowie Weizen AST der Standorte 2 und 3 wurden auf Wuchshöhe, Lageranfälligkeit und Kornertrag untersucht (Tab. 2). Wenn sich auch die Werte für beide Standorte deutlich unterscheiden (2), so sind die Tendenzen eindeutig. Die Wuchshöhe der Dinkelsorten ist gegenüber AST signifikant erhöht, die Unterschiede innerhalb der Dinkel hängen eindeutig von der Gruppierung bez. Weizenähnlichkeit ab. Ausgenommen davon ist BAU, der mit 127 bzw. 105 cm der Gruppe IV entspricht. Ausgeprägte Lageranfälligkeit ist nur in der Gruppe II zu beobachten, wobei davon am meisten BAU (Stufe 7 an beiden Standorten) betroffen ist. Das Niveau des

Kornertrags ist an beiden Standorten stark von der Weizeneinkreuzung abhängig. So erreicht die Gruppe II nur etwa 60 %, die Gruppen IV und V erreichen hingegen etwa 80 % des Ertrags von AST. Insgesamt ist festzustellen, daß eine Weizeneinkreuzung hinsichtlich Wuchshöhe bzw. Lageranfälligkeit und Ertrag beträchtliche ökonomische Vorteile mit sich bringt.

3.3 Mehlproteine

Für die Teig- und Backeigenschaften von Weizenmehlen sind insbesondere der Rohprotein- und damit verbunden der Kleberproteingehalt, die Menge an Gluteninen, vor allem an HMW-Untereinheiten, und das Gliadin/Glutenin-Verhältnis von Bedeutung (13). Die Schwankungsbreiten und Durchschnittswerte dieser Parameter sind für die untersuchten Dinkel- und Weizenmehle in Tabelle 3 zusammengefaßt. Im Durchschnitt liegen die Gruppen I und II im Rohprotein- und Kleberproteingehalt höher als die Gruppen IV und V; Weizen AST und BUS weisen noch niedrigere Werte auf. Damit wird bestätigt, daß im allgemeinen Dinkel die angebotene N-Menge effizienter in Proteine umsetzt als Weizen, was vor allem im ökologischen Landbau von Vorteil ist. Allerdings gibt es in der Gruppe I (RBD, SRT) und II (BAU) auch Sorten, deren Mehle relativ wenig Protein enthalten (4).

In der Gliadinmenge sind klare Abstufungen erkennbar: die Werte für die Gruppen I und II liegen im Durchschnitt am höchsten und die der Weizen am niedrigsten. Auffälligste Ausnahme ist BAU (Gruppe II) mit stark erniedrigten Werten. Bezüglich der Menge an Glutenin und HMW-Untereinheiten sind keine einheitlichen Tendenzen zu beobachten. Das Gliadin/Glutenin-Verhältnis liegt bei allen Dinkeln deutlich höher als bei Weizen und ist somit generell kennzeichnend für die beiden Triticum-Arten. Hinsichtlich der Dinkelgruppen sind jedoch keine grundsätzlich unterschiedlichen Abstufungen zu erkennen. Interessant ist der Vergleich von HER (Gruppe III) und ALB (Gruppe V), die beide durch Einkreuzung von Ardenne in RBD bzw. RFD entstanden sind. Beide haben weizentypische niedrige Rohprotein- und Gliadiningehalte (Tabelle 3a). Gravierende Unterschiede treten hingegen im Gluteningehalt und dadurch auch im Gliadin/Glutenin-Verhältnis auf; letzteres ist für HER dinkeltypisch und für ALB weizentypisch.

3.4 Rheologische und backtechnische Eigenschaften

In Anlehnung an die für Weizen entwickelten Mikromethoden (7) wurden rheologische Messungen an Teig und Kleber sowie Backversuche durchgeführt. Die Schwankungsbreiten und Durchschnittswerte der Ergebnisse für die Standorte 1 bzw. 2 - 4 sind in den Tabellen 4a und 4b zusammengefaßt. Die jeweiligen Einzelwerte sind früheren Publikationen zu entnehmen (2, 4, 5). Wenn auch die Unterschiede zwischen den Standorten teilweise erheblich sind, so lassen sich bezüglich der Dinkelgruppen I/II, IV/V und Weizen folgende Tendenzen feststellen: Die Teigentwicklungszeit ist innerhalb der Dinkelgruppen uneinheitlich mit leichter Tendenz zum Anstieg von Gruppe I/II nach IV/V; die beiden Weizen BUS und AST weichen mit weitaus höheren Werten davon deutlich ab. Die Teige und Kleber der Gruppen I/II sind im Durchschnitt etwas weniger fest und dehnbarer als diejenigen der Gruppen IV/V; auch hierin unterscheiden sich BUS und AST mit wesentlich festeren Teigen. Im Mikrobackversuch sind die durchschnittlichen Gebäckvolumina für die Proben des Standortes 1 mit Ausnahme von HER ähnlich (47 – 51 ml); einzelne Dinkelsorten wie ZWS, FBH, BAU, NWK und ORK, die alle den Gruppen I und II angehören, erreichen jedoch erstaunlich hohe Werte (53 – 57 ml) (4). Auch die reinen Dinkel BAU, SKO und ORK aus den Standorten 2 - 4 schneiden im Mikrobackversuch am besten ab; im Durchschnitt ist jedoch zwischen den Gruppen II und IV kein signifikanter Unterschied festzustellen (2, 4). Weizen AST fällt im Gebäckvolumen hingegen stark ab; hierfür dürfte der niedrige Proteingehalt des Mehles (durchschnittlich 9,3 %) ausschlaggebend sein. Wird der für Weizen entwickelte Rapid-Mix-Test (9) herangezogen (Standort 2), so bleibt BAU im Gebäckvolumen an der Spitze und AST am Ende der Reihe. Bei den übrigen Dinkelsorten zeichnet sich ab, daß die Mehle der Gruppen IV/V höhere Volumina ergeben als die der Gruppe II (Ausnahme BAU). Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß Teig und Kleber der reinen Dinkel wie auch der Weizendinkel im Vergleich zu Weizen weniger fest und dehnbarer sind und die Teigentwicklungszeit stark verkürzt ist. Setzt man einen speziell für Dinkel optimierten

Backversuch (Erhöhung der Ascorbinsäuremenge und der Teigkonsistenz, Formstabilisierung während der Gare) ein, so weisen auch die ökologisch angebauten Dinkel ein ansprechendes Gebäckvolumen auf, wobei die reinen Dinkel am besten abschneiden.

3.5 Untersuchung von Handelsprodukten

Anhand der Gliadinmuster lassen sich die aus dem Handel bezogenen Dinkelprodukte eindeutig den einzelnen Dinkelgruppen zuordnen. Die beiden Dinkelmehle der Type 630 wie auch der Speisedinkel sind in ihren Mustern nahezu identisch und stimmen mit FKO (Gruppe IV, Abbildung 1g) überein. Auch der in der Backmischung enthaltene Dinkel ist FKO zuzuordnen. Zwar ist bei den beiden Vollkornmehlen die HPLC-Auflösung im α - und γ -Gliadinbereich wesentlich schlechter als bei den Type 630-Mehlen, doch die ω -Gliadine (M1) weisen auf eine Weizeneinkreuzung hin. Im Gliadinmuster der Dinkelflocken sind die Proteinkomponenten im α - und γ -Bereich aufgrund der Hitzebehandlung (17) stark reduziert, im ω 1,2-Bereich (M1) kann man ebenfalls eine Weizeneinkreuzung gut erkennen (Abbildung 3a). Der untersuchte Grieß weist zwei für Dinkel typische Marker (M1, M2b) auf, während M3 fehlt (Abbildung 3b). Entsprechend den Mustern von SKO und BAU (M1, M2a) liegt der Schluß nahe, daß der Grieß aus reinem Dinkel hergestellt worden ist, doch stand für dieses Muster kein Referenzdinkel zur Verfügung (Tabelle 1). Wenn auch die Anzahl der aus dem Handel bezogenen Produkte gering und somit nicht repräsentativ ist, so kann man aus den Ergebnissen dennoch schließen, daß die Verwendung von mit Weizen gekreuztem Dinkel für die Herstellung von Dinkelprodukten üblich ist, dem Kunden aber nicht zur Kenntnis gegeben wird.

4. Diskussion

Nachdem der Dinkel bereits in der späteren Bronzezeit in Mitteleuropa weit verbreitet war und seit dem Verkünden der Hildegardschen Heilslehre mehr als 800 Jahre vergangen sind, läßt sich nach heutiger Sicht die Frage, was man unter reinem, typischem Dinkel verstehen soll, nicht eindeutig beantworten. Sicherlich hat sich der Urdinkel über die Jahrhunderte hinweg verändert und es fanden auch Spontankreuzungen mit Weizen statt. Seit mehr als hundert Jahren wird über systematische Zuchtprogramme Weizen gezielt in Dinkel eingekreuzt, wodurch die dinkeltypischen Merkmale, angefangen von der Wuchshöhe bis zur Zusammensetzung der Korninhaltsstoffe, teilweise stark verändert worden sind. In der vorliegenden Arbeit wurden die Sorten VÖD und SRT als Repräsentanten für reine Dinkel herangezogen, da deren Zulassung weit zurückliegt und deren Gliadinmuster, die bekanntlich für die Differenzierung von Weizensorten und -arten am besten geeignet sind, am stärksten von denen des Weizens abweichen. Die Untersuchung einer Reihe alter und neuer Dinkelsorten hat gezeigt, daß man über die Gliadinmuster der RP-HPLC eine Weizeneinkreuzung erkennen und auch deren Ausmaß abschätzen kann.

Außer der Verbesserung der agronomischen Eigenschaften wird als Argument für die Weizeneinkreuzung häufig die Optimierung der Teig- und Backeigenschaften genannt. In Übereinstimmung mit Seibel et al. (8) kann jedoch festgestellt werden, daß sich auch mit reinen Dinkelherkünften hochwertige Gebäcke herstellen lassen, wobei diese volumenmäßig sogar günstiger abschneiden können als Gebäcke aus Weizendinkel oder Weizen. Der Hauptgrund dafür, daß im Handel bevorzugt Produkte aus Weizendinkel angeboten werden, dürfte einzig und allein das höhere Ertragspotential sein.

Neben der seit langem ungeklärten Frage, in welchem Umfang dem Dinkel im Vergleich zu Weizen besondere ernährungsphysiologische Qualitäten und Wirkungen zugeschrieben werden können, werfen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse weitere Fragestellungen auf: Überträgt sich die potentielle gesundheitsfördernde Wirkung auch auf Weizendinkel? Ist die im Gliadinmuster festgestellte Weizenähnlichkeit auf andere Inhaltsstoffe übertragbar? Ist die alleinige Definition von Dinkel anhand morphologischer Merkmale noch zeitgemäß? Sollten Verbraucher über die Weizeneinkreuzung informiert werden? Entsprechen Bezeichnungen wie „Urkorn“ oder „Urdinkel“ der Verbrauchererwartung, wenn Weizendinkel verwendet wird? Sind die hohen Preise für die

Dinkelprodukte bei Verwendung von Weizendinkel gerechtfertigt? Eine Klärung dieser Fragen ist dringend notwendig. Darüber hinaus besteht Forschungsbedarf in der Entwicklung von Analysenverfahren, die auch in hitzebehandelten Produkten wie Brot und Kleingebäck und in Handelsmischungen aus Dinkel- und Weizenmehl noch die Einkreuzung von Weizen in Dinkel erkennen lassen. Aussichtsreich scheinen dafür die zweidimensionale Elektrophorese in Verbindung mit Massenspektrometrie (Proteomanalyse), ein Enzymimmunoassay (ELISA) oder die quantitative Polymerase-Kettenreaktion (Real-Time-PCR) zu sein. Für die Entwicklung dieser Methoden ist eine aufwendige biochemische Grundlagenforschung erforderlich.

5. Zusammenfassung

Um die agronomischen und verarbeitungstechnischen Nachteile von Dinkel auszugleichen, wurde schon vor mehr als hundert Jahren damit begonnen, Weizen in Dinkel einzukreuzen, so daß heute neben reinen Dinkeln auch Dinkel/Weizen-Kreuzungen (Weizendinkel) angebaut und deren Produkte im Handel angeboten werden. Ziel der Arbeit war es, dreiundzwanzig Dinkel- und zwei Weizensorten in ihren Anbaueigenschaften, ihrer Proteinzusammensetzung und ihren Teig-, Kleber- und Backeigenschaften zu vergleichen. Die proteinchemischen Analysen zeigen, daß die über die Umkehrphasen-HPLC analysierten Gliadinmuster eine Differenzierung der Sorten auch hinsichtlich einer Weizeneinkreuzung und ihre Einstufung von dinkeltypisch bis weizenähnlich erlauben. Die Anbaustudien ergaben, daß eine Weizeneinkreuzung hinsichtlich Wuchshöhe bzw. Lageranfälligkeit und Ertrag beträchtliche ökonomische Vorteile mit sich bringt. Die Mehle reiner Dinkel haben im Vergleich zu Weizendinkeln höhere Rohprotein- und Gliadiningehalte. Die Teig-, Kleber- und Backeigenschaften sind stark sortenabhängig; grundlegende Unterschiede zwischen reinen Dinkeln und Weizendinkeln sind nicht zu erkennen. Im Vergleich zu Weizen sind die Teigentwicklungszeiten wesentlich kürzer und Teig und Kleber weniger fest und dehnbarer. Setzt man einen speziell für Dinkel optimierten Backversuch ein, so werden vor allem bei einigen reinen Dinkeln wie Zeiners Weißer Schlegeldinkel, Fuggers Babenhausener, Bauländer Spelz, Neuegger Weißkorn und Oberkulmer Rotkorn hohe Gebäckvolumina erreicht. Die Gliadinmuster der aus dem Handel bezogenen Dinkelprodukte wie Mehl, Grieß, Flocken oder Backmischung zeigen, daß als Rohstoff fast durchweg Weizendinkel eingesetzt worden ist.

Danksagung

Diese Arbeit wurde von Dr. Jodlbauer Food-Consulting GmbH, Hannover, finanziell unterstützt.

Literatur

1. Kling, C.I.: Dinkel – ein altes Getreide tritt in den Vordergrund.- Dinkelackerstiftung zur Förderung des Getreides Dinkel (Hrsg.): Dinkelsymposium 1 in der Universität Hohenheim (1988) S. 31-47
2. Reents, H.-J., und U. Mück : Alte und neue Dinkelsorten. - Schriftenreihe 10. Institut für biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt (1999)
3. Bundessortenamt/BSA (Hrsg.): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte.- Hannover: Landbuch Verlagsgesellschaft
4. Kieffer, R., J. Buß und H. Wieser: Rheologische, backtechnische und proteinchemische Untersuchungen von Dinkelsorten.- Jahresbericht der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (1997) S. 155-169
5. Wieser, H., R. Kieffer, U. Mück und H.-J. Reents: Einfluss von Sorte und Standort auf Ertrag und Qualität von Dinkel aus ökologischem Landbau.- Jahresbericht der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (1998) S. 208-225
6. Wieser, H., S. Antes und H. Seilmeier: Quantitative determination of gluten protein types in wheat flour by reversed-phase high-performance liquid chromatography.- Cereal Chemistry 75 (1998) S. 644-650

7. Kieffer, R., H. Wieser, M.H. Henderson und A. Graveland.: Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale.– *Journal of Cereal Science* 27 (1998) S. 53-60
8. Seibel, W., J.M. Brümmer und H. Neumann: Backverhalten von Dinkelmahlerzeugnissen.- *Getreide Mehl und Brot* 43 (1989) S. 183-188
9. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V./AGF (Hrsg.): Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot.- Detmold: Moritz Schäfer Verlag (1994) S. 185-192
10. Cornell, J.H., und A.W. Hoveling: Wheat Proteins.- In: Cornell, H.J., und A.W. Hoveling (Hrsg.): *Wheat - Chemistry and Utilization*.- Lancaster und Basel: Technomic Publishing Co., Inc. (1998) S. 327-373
11. Bietz, J.A.: High-performance liquid chromatography of cereal proteins.- *Advances in Cereal Science and Technology* 8 (1986) S. 105-170
12. Schober, T.J., und M. Kuhn: Capillary zone electrophoresis for gliadin separation: application in a spelt breeding program.– *European Food Research and Technologie* 217 (2003) S. 350-359
13. Wieser, H., und R. Kieffer: Correlations of the amount of gluten protein types to the technological properties of wheat flours determined on a micro-scale.– *Journal of Cereal Science* 34 (2001) S. 19-27
14. Van Eckert, R., E. Berghofer, P.J. Ciclitira (et al.): Towards a new gliadin reference material - isolation and characterisation.– *Journal of Cereal Science* 43 (2006) S. 331-341
15. Wieser, H., R. Kieffer und T. Lelley: The influence of 1B/1R chromosome translocation on gluten protein composition and technological properties of bread wheat.- *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80 (2000) S. 1640-1647
16. Franck, P.: Dinkel als Rohstoff in der Getreideverarbeitung (Sortenfragen, ernährungsphysiologische Bedeutung).- *Getreidetechnologie* 59 (2005) S. 123-125
17. Wieser, H.: Investigations on the extractability of gluten proteins from wheat bread in comparison with flour.- *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 207 (1998) S. 128-132

Engl. Titel:

Comparison of genuine spelt with spelt/wheat crossbreeds

Anschrift des Verfassers:

Dr. Herbert Wieser,
 Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie
 und Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung,
 Lichtenbergstraße 4,
 D-85748 Garching

Tabelle 1: Verzeichnis der untersuchten Dinkel- und Weizensorten

Sorte	Code	Zul.- Jahr (2, 4)	Land	Marker (s. Abb. 1)				Gruppe
				M1	M2a	M2b	M3	
Albin	ALB	1979	B	o	o	o	o	V*
Alkor	ALK	1996	CH	o	o	o	o	V*
Altgold Rotkorn	ARK	1952	CH	x	x	o	x	Ia
Bauländer Spelz	BAU	1924	D	x	x	o	o	IIb
Ebners Rotkorn	ERK	1981	CH	x	x	o	o	IIa
Fuggers								
Babenhausener	FBH	1916	D	x	x	o	o	IIa
Franckenkorn	FKO	1994	D	o	x	o	o	IV*
Hercule	HER	1982	B	x	o	o	x	III*
Hubel	HUB	1992	CH	o	o	o	o	V*
Neuegger Weißkorn	NWK	≈1925	CH	x	o	x	x	Ib
Oberkulmer Rotkorn	ORK	1948	CH	x	x	o	o	IIa
Ostro	OST	1978	CH	x	x	o	o	IIa
v. Rechbergs								
Brauner Dinkel	RBD	1945	D	x	x	o	x	Ia
Renval	REN	1970	B	o	x	o	o	IV
v. Rechbergs								
Früher Dinkel	RFD	1949	D	o	x	o	o	IV
Rouquin	ROU	1979	B	o	x	o	o	IV*
Roter Schlegeldinkel	RSD	<1904	D	o	x	o	o	IV
Schwabenkorn	SKO	1988	D	x	x	o	o	IIb
Steiners Roter Tiroler	SRT	1911	D	x	x	o	x	Ia
Vögelers Dinkel	VÖD	<1904	D	x	o	x	x	Ib
Waggershauser								
Hohenheimer	WHH	1923	D	o	o	x	o	IV
Zeiners Weißer								
Schlegeldinkel	ZWS	1914	D	x	o	x	x	Ib
Zuzger Dinkel	ZZD	≈1925	CH	x	o	x	x	Ib
Astron	AST	-	-	-	-	-	-	-
Bussard	BUS	-	-	-	-	-	-	-

* Weizenanteil bekannt (2, 12)

Tabelle 2: Wuchshöhe, Lageranfälligkeit und Kornertrag der an den Standorten 2 und 3 angebauten Dinkel und Weizen (Mittel von 2 Standorten)^a

Gruppe	Länge (cm)	Lager ^b	Kornertrag ^c (dt/ha)
II	116 - 140 (131)	2,5 - 7,0 (4,7)	31,9 - 39,9 (36,6)
IV	111 - 123 (117)	1,0 - 1,5 (1,3)	46,1 - 47,3 (46,7)
V	105 - 119 (112)	1,0 - 1,5 (1,3)	44,5 - 52,1 (48,3)
AST	89	1,0	59,8

^a Durchschnittswerte in Klammern

^b 1 = kein Lager, 9 = vollkommene Lager

^c Ohne Spelzen

Tabelle 3: Proteingehalt der Mehle^a

a) Standort 1						
Gruppe	RP (%)	KLEB (AU)	GLIA (AU)	GLUT (AU)	HMW (AU)	GLIA/GLUT
I	11,7 - 14,3 (13,1)	1851 - 2160 (1980)	1232 - 1575 (1428)	434 - 649 (552)	101 - 159 (134)	1,90 - 3,32 (2,64)
II	11,9 - 16,2 (14,6)	1783 - 2559 (2262)	1118 - 1696 (1541)	619 - 863 (716)	155 - 204 (174)	1,73 - 2,50 (2,16)
III	10,0	1451	1099	352	72	3,12
IV	11,9 - 13,5 (12,8)	1776 - 2158 (1966)	1207 - 1483 (1338)	538 - 741 (628)	123 - 168 (152)	1,81 - 2,51 (2,16)
V	11,0	1586	1032	554	135	1,86
BUS	11,6	1810	1087	723	186	1,50
b) Standorte 2 - 4 (Mittel von 3 Standorten)						
Gruppe	RP (%)	Kleber (AU)	GLIA (AU)	GLUT (AU)	HMW (AU)	GLIA/GLUT
II	9,9 - 12,3 (11,1)	1528 - 1959 (1754)	1002 - 1430 (1222)	525 - 543 (532)	130 - 143 (135)	1,93 - 2,70 (2,31)
IV	9,7 - 10,0 (9,8)	1477 - 1524 (1501)	1010 - 1070 (1040)	454 - 466 (460)	106 - 108 (107)	2,20 - 2,36 (2,28)
V	10,1 - 10,3 (10,2)	1546 - 1585 (1566)	1069 - 1108 (1089)	438 - 516 (477)	113 - 128 (121)	2,07 - 2,47 (2,27)
AST	9,3	1418	836	582	142	1,44

^a Durchschnittswerte in Klammern.

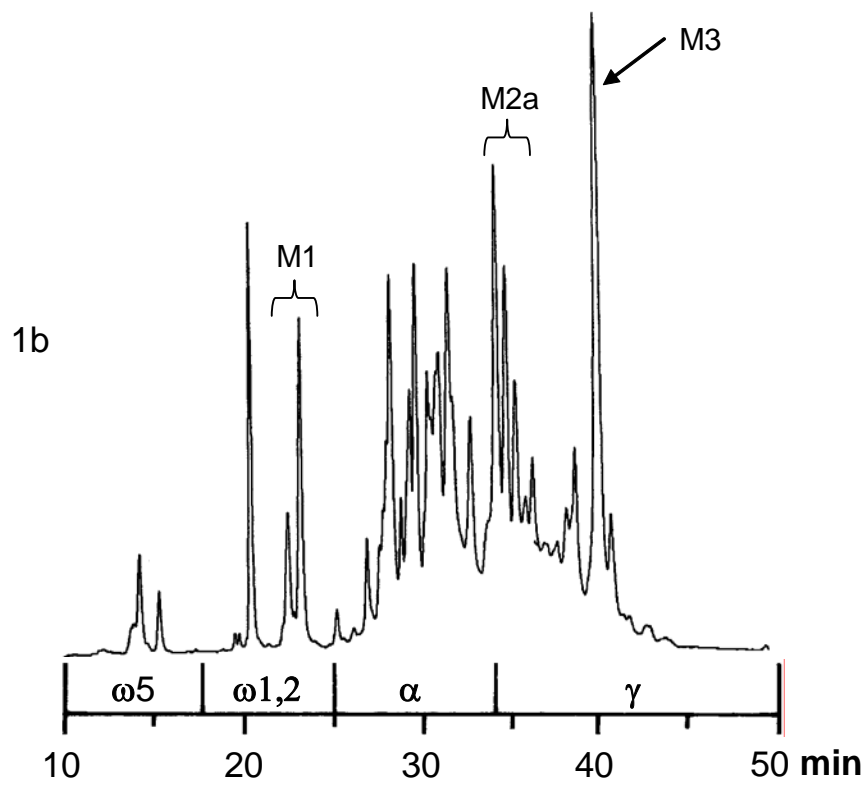
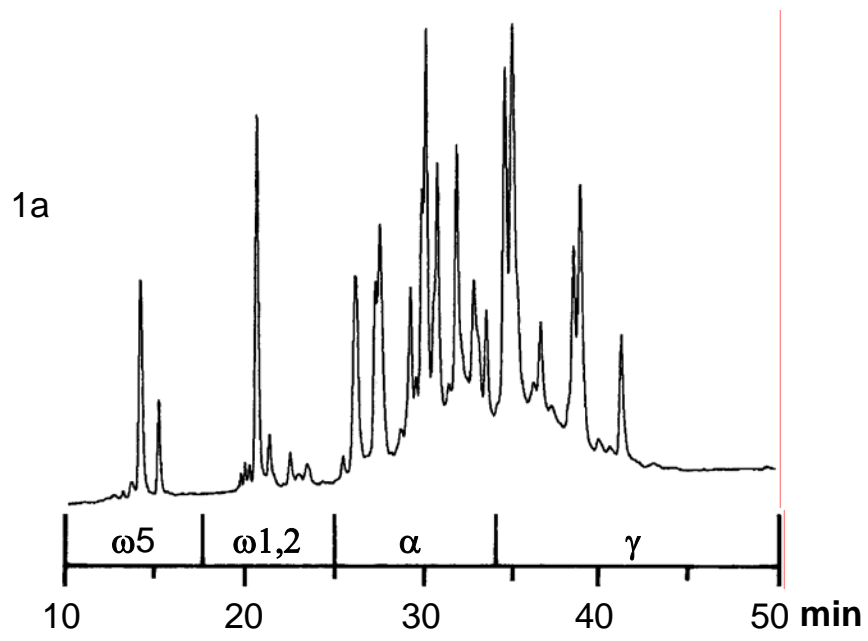
RP = Rohprotein, KLEB = Kleberprotein, GLIA = Gliadine, GLUT = Glutenine, HMW = HMW-Untereinheiten, AU = Absorptionseinheiten der HPLC pro mg Mehl

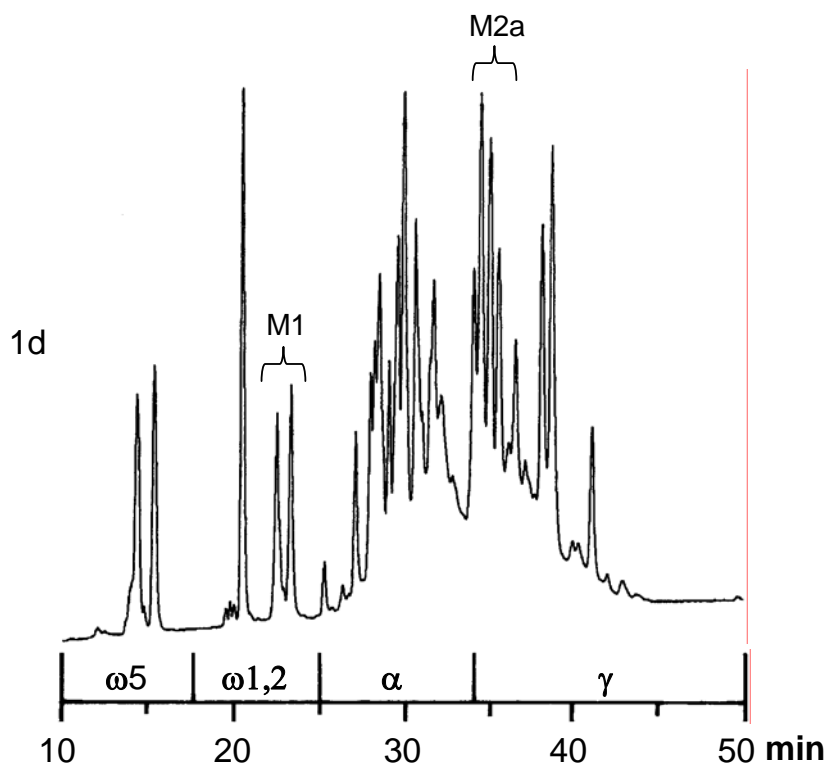
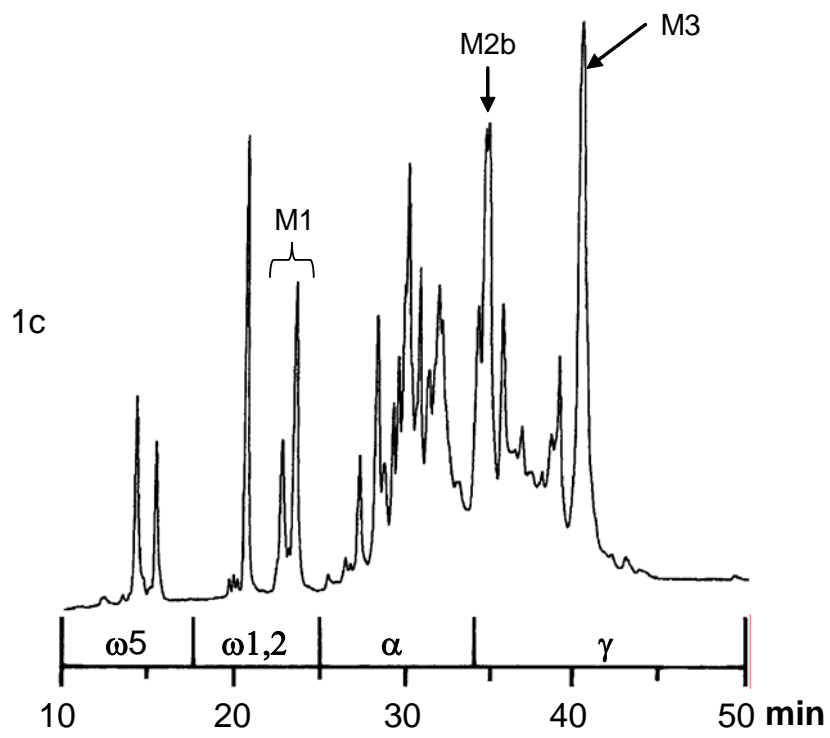
Tabelle 4: Verarbeitungseigenschaften der Mehle^a

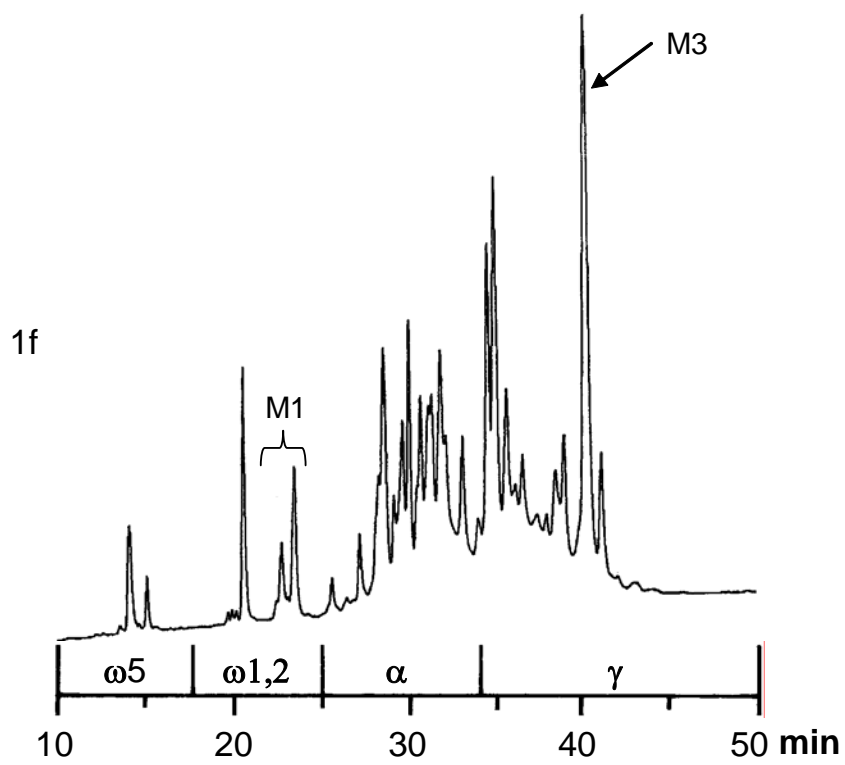
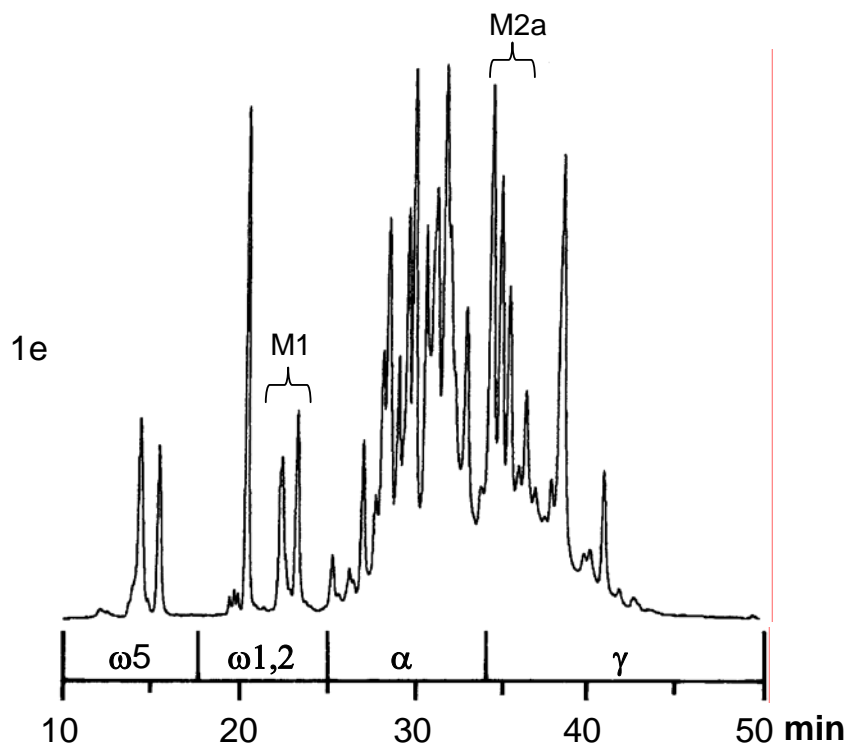
a) Standort 1							
Gruppe	TEZ (min)	DWT (mN)	DBT (mm)	DWK (mN)	DBK (mm)	MBV (ml)	
I	1,5 - 2,5 (2,0)	43 - 110 (66)	159 - 190 (173)	120 - 370 (230)	151 - 248 (188)	37 - 57 (47)	
II	2,0 - 3,0 (2,6)	39 - 130 (83)	160 - 257 (190)	220 - 450 (370)	166 - 226 (195)	43 - 56 (51)	
III	1,0	35	219	120	212	37	
IV	2,0 - 3,5 (2,7)	62 - 160 (94)	117 - 225 (175)	280 - 470 (390)	165 - 211 (186)	47 - 52 (50)	
V	2,0	130	128	520	183	48	
BUS	6,0	230	94	856	113	47	
b) Standorte 2 - 4 (Mittel von 3 Standorten)							
Gruppe	TEZ (min)	DWT (mN)	DBT (mm)	DWK (mN)	DBK (mm)	MBV (ml)	RMT (ml)
II	2,8 - 4,2 (3,4)	52 - 118 (81)	127 - 151 (142)	195 - 507 (340)	150 - 219 (187)	63 - 66 (64)	565 - 719 (628)
IV	3,5 - 3,8 (3,7)	89 - 109 (99)	118 - 125 (122)	423 - 495 (4590)	160 - 166 (163)	58 - 60 (59)	611 - 667 (639)
V	2,8 - 3,5 (3,2)	61 - 77 (54)	122 - 137 (130)	293 - 373 (333)	149 - 157 (153)	57 - 62 (60)	614 - 665 (640)
AST	9,0	241	67	982	86	45	528

^a Durchschnittswerte in Klammern.

TEZ = Teigentwicklungszeit, DWT, DWK = Dehnwiderstand von Teig bzw. Kleber, DBT, DBK = Dehnbarkeit von Teig bzw. Kleber, MBV = Mikrobackvolumen, RMT = Rapid-Mix-Test







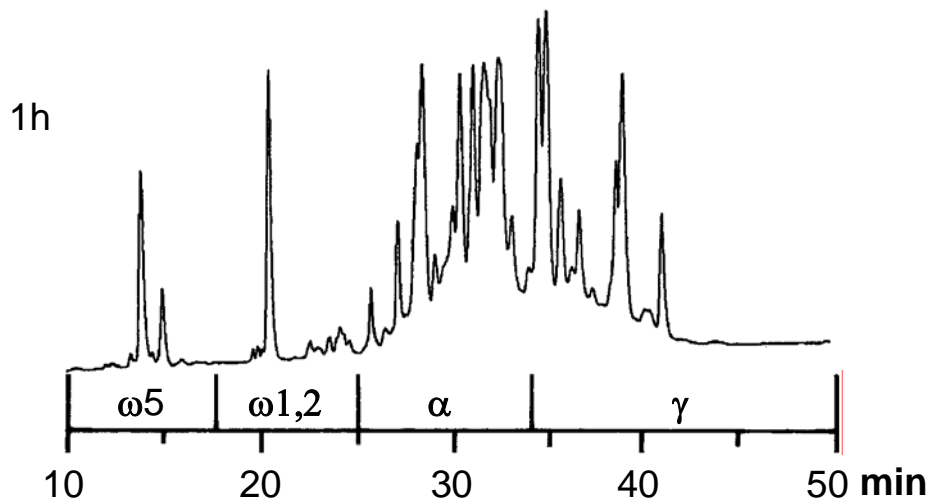
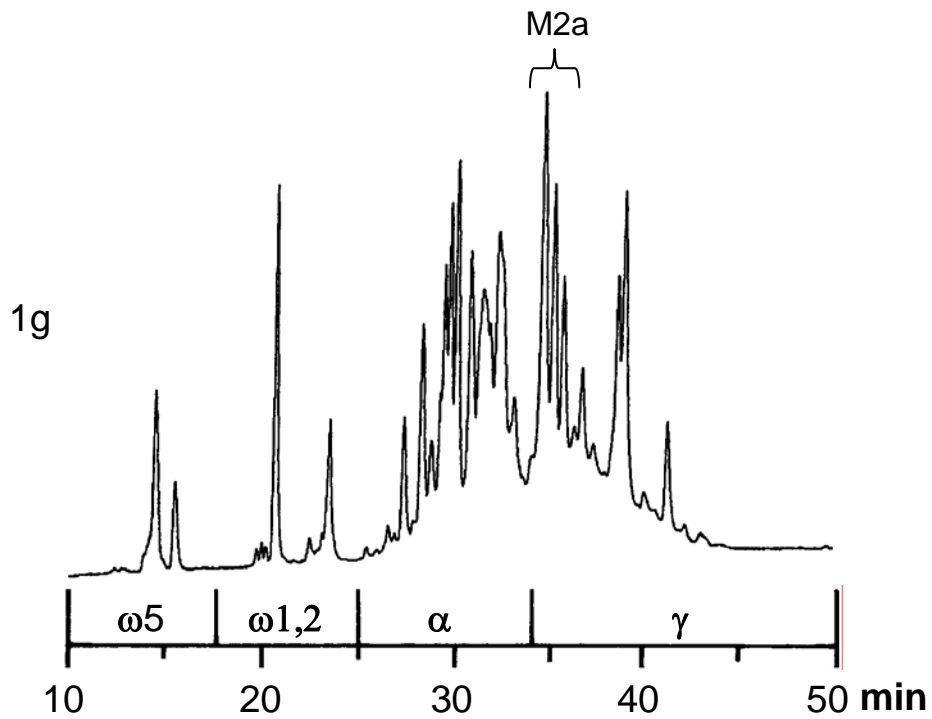


Abbildung 1: RP-HPLC der Gliadinextrakte aus Sortenmehlen

- | | |
|----------------------|---------------------|
| a) BUS (Weichweizen) | b) SRT (Gruppe Ia) |
| c) VÖD (Gruppe Ib) | d) FBH (Gruppe IIa) |
| e) SKO (Gruppe IIb) | f) HER (Gruppe III) |
| g) FKO (Gruppe IV) | h) ALB (Gruppe V) |

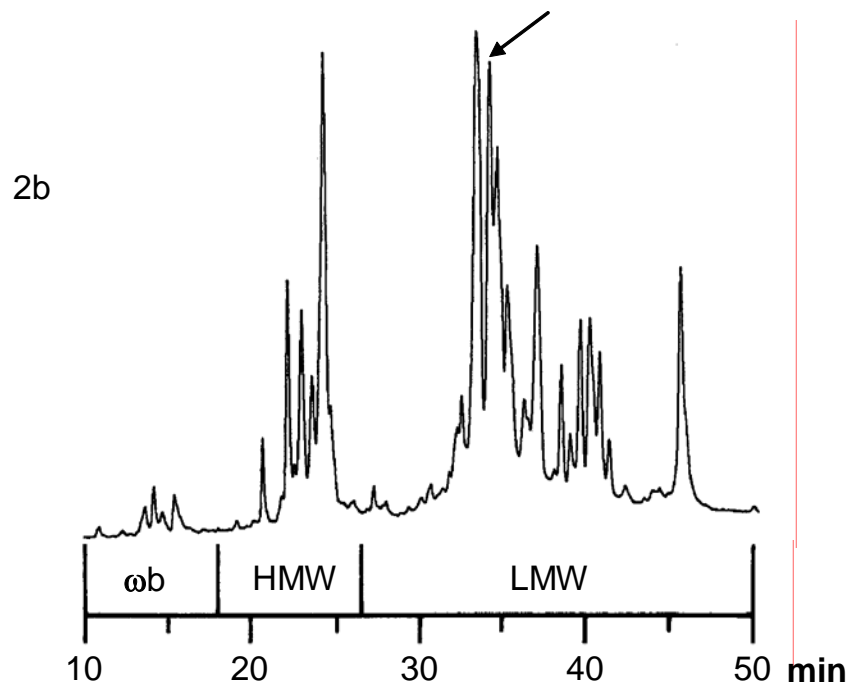
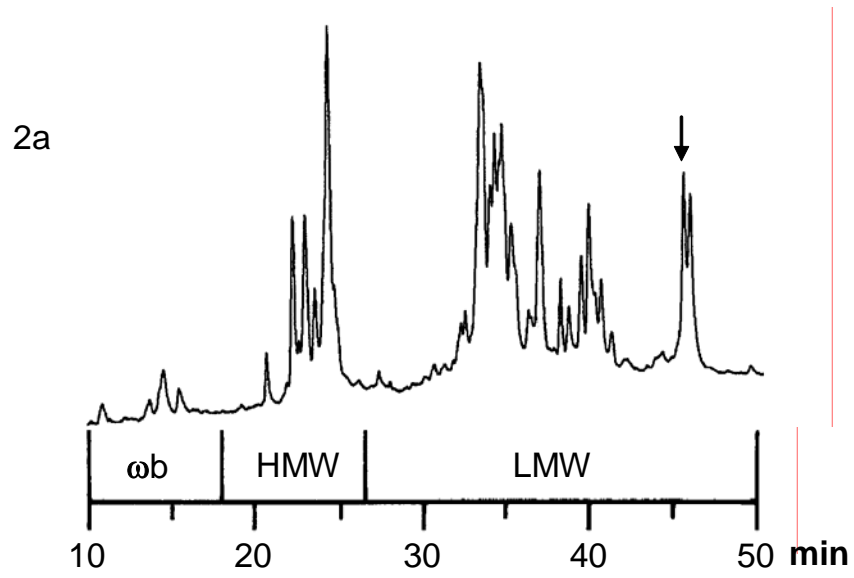


Abbildung 2: RP-HPLC der Gluteninextrakte aus Sortenmehlen

- a) VÖD (Gruppe Ib)
- b) ZZD (Gruppe Ib)

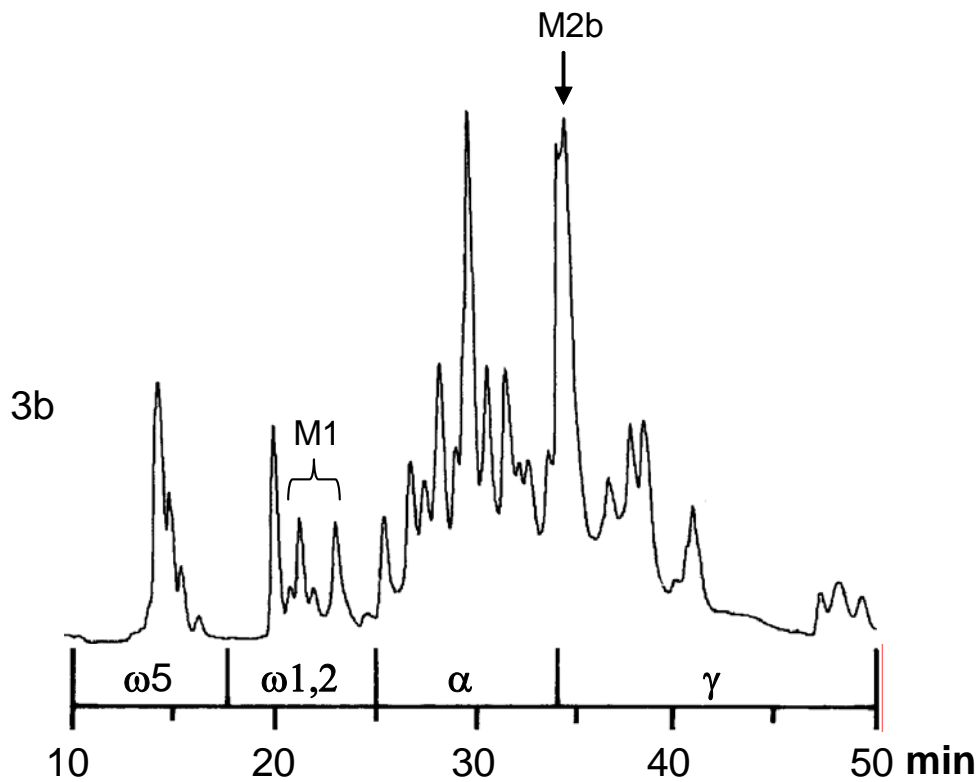
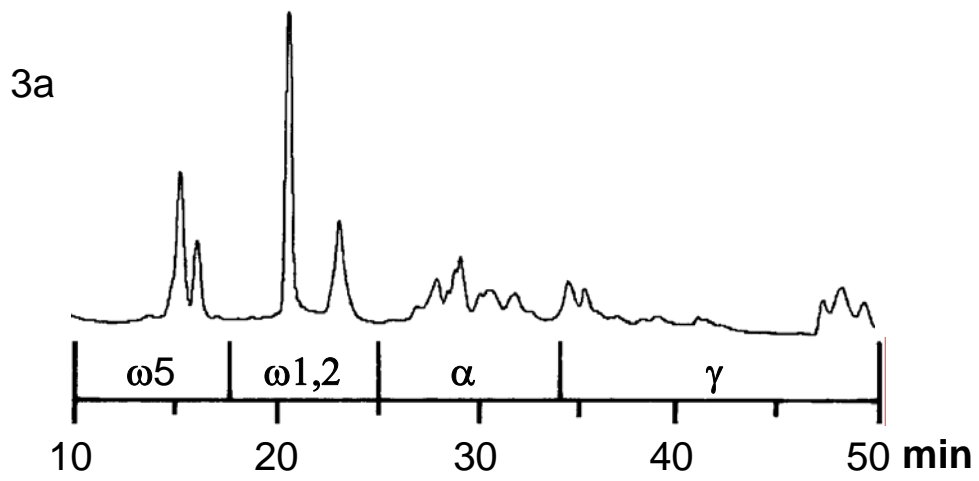


Abbildung 3: RP-HPLC der Gliadinextrakte aus Handelsprodukten

- a) Dinkelflocken
- b) Dinkelgrieß