

Grundlagen der Weizen- und Roggenbackfähigkeit

Meinolf G. Lindhauer, Detmold

A. Grundlagen der Roggenbackfähigkeit

Den Unterschied in der Backfähigkeit des Roggens im Vergleich zum Weizen machen im Wesentlichen zwei Merkmale aus:

- Roggeneiweiße vermögen keine Kleberstruktur zu bilden, und die Wasserbindung in der Teigphase wird von Pentosanen übernommen.
- Roggen verfügt über eine kurze und unzureichende Keimruhe, hat deshalb oft eine hohe Enzymaktivität, d.h. er ist auswuchsgefährdet.

Tabelle 1: Hauptinhaltsstoffe von Roggen- und Weizen-Vollkornmehl (% TM)

Inhaltsstoff	Roggen	Weizen
Protein	10-15	12-17 (18)
Fett	2-3	3
Stärke	55-65	67-70
Asche	2	2
Gesamt-Ballaststoffe	15-17	10-13
davon lösliche Ballaststoffe	3-4	1-2

Schaut man sich die Zusammensetzung von Roggenkörnern im Vergleich zu Weizenkörnern (Tab. 1) oder Roggen- und Weizenmehl (Tab. 2) an, so erkennt man hauptsächlich Unterschiede in den Eiweiß-, Stärke- und Ballaststoffgehalten, an denen die sogenannten Pentosane einen wesentlichen Anteil ausmachen.

Tabelle 2: Unterschiede zwischen Weizen- und Roggenmehl (nach Klingler 1995)

Kriterium	Weizenmehl	Roggenmehl
Aschegehalt	0,5-1,0 %	1,0-1,4 %
Pentosangehalt	2-4 %	6-9 %
lösliche Anteile	5-7 %	12-15 %
Teigausbeute	150-165 %	165-180 %
Amylaseaktivität	niedrig	höher
Teigbildner	Kleber	Quellstoffe
Verkleisterung der Stärke	65-80 °C	55-70 °C
Volumenausbeute	500-800 ml	300-500 ml

Die Eiweiße sind beim Roggen in hohem Maße wasserlöslich. Sie bilden keinen Kleber und damit auch bei der Teigbereitung keine dreidimensionale Struktur in dem Maße wie Kleber aus, obwohl auch Roggeneiweiß über Gliadin- und Gluteninmoleküle verfügt. Man nimmt an, dass diese in Relation zu anderen Eiweißkomponenten unterrepräsentiert sind und dass sie vor allem durch die verstärkt anwesenden Schleimstoffe (z.B. Pentosane) in der Strukturausprägung behindert werden.

Die „Hauptlast“ der Backfähigkeit beim Roggen tragen die Pentosane. Pentosane, der Name rührt daher, daß sie Zucker mit 5 C-Atomen (Pentosen) enthalten, bestehen in der Hauptkette aus Xylose mit Seitenketten aus Arabinose. Man spricht exakter auch von Arabinoxylanen. Diese Quell- und Schleimstoffe zeichnen sich durch ein beachtliches Wasserbindevermögen aus (bis zum achtfachen des Eigengewichtes), durch oxidatives Gelieren und somit durch Bildung von hochviskosen, aber unelastischen Substanzen. Man unterscheidet im Einzelnen

- lösliche Endospermpentosane, die Hauptbestandteile des Roggenschleims sind,
- stark quellfähige und wasserbindende unlösliche Endospermpentosane und
- Pentosane der Schale, deren Quellfähigkeit und Wasserbindung hinter der der unlöslichen Endospermpentosane zurückbleibt.

Während die unlöslichen Pentosane in erster Linie eine hohe Wasserbindung im Korn und im Teig erbringen und somit die Teigausbeute erhöhen, sind es die löslichen bzw. die während der Teigführung löslich werdenden Pentosane, die die Teiglockerung, die Krumenweichheit und das Gebäckvolumen fördern. Neben den Pentosanen zählen noch einige andere Nicht-Stärke-Kohlenhydrate (NSP = non starch polysaccharides) zu den Schleimstoffen. Sie leiten sich im Wesentlichen aus Zellwandbestandteilen (Gerüstsubstanzen) ab. Wie erwähnt, zählen die Pentosane zu den Ballaststoffen. Diese unterscheiden sich nicht nur im Rohstoff, sondern auch in den Mehlen unterschiedlicher Ausmahlungsgrade zwischen Weizen und Roggen (Tab. 3).

Tabelle 3: Ballaststoffgehalt (in g/100 g) von Roggen- und Weizenmehl verschiedener Typenzahl

	Schrot 1800	Roggenmehle		Schrot 1700	Weizenmehle		
		1150	997		1050	550	405
Gesamt- Ballaststoff	10,9	8,0	7,3	11,6	5,2	4,2	4,0

Große Unterschiede zwischen Roggen und Weizen liegen auch in den jeweiligen artspezifischen Stärken begründet. Stärke ist beim Verbacken von Roggen von etwas größerer Bedeutung, weil sie stärker an der Wasserbindung im Teig und während der Backphase beteiligt ist. Probleme entstehen vor allem dann, wenn Roggen auswuchsgeschädigt ist.

Im Folgenden sei auf die Problematik Roggenstärke und Auswuchs wie folgt eingegangen:

Auswuchs eines Kornes ist ein Sammelbegriff für die Gesamtheit der Keimvorgänge zum Entstehen einer neuen Pflanze. Bei verzögerter Ernte durch ungünstige feuchte Bedingungen, verstärkt noch bei ins Lager gegangenen Beständen, neigt vor allem der Roggen dazu, noch in der Ähre wieder auszuwachsen. Das Beenden der Keimruhe, i.e. Auswuchs, bedeutet, dass der gesamte Stoffwechsel des Kornes umgestellt wird auf das Mobilisieren von Reservestoffen – Fetten, Eiweißen und vor allem Stärke. Diese Phänomene können schon vorhanden sein, ohne dass man dieses dem Korn äußerlich ansehen kann. Beim Keimen werden viele Enzyme aktiviert. U.a. sind dieses α -Amylasen, die die Stärke abbauen. Da sich während des Backprozesses eines Roggenbrottes in der Ofenphase die Stärke in zunehmendem Maße an der Strukturbildung der Brotkrume beteiligt, sind Menge und Verkleisterungseigenschaften der Roggenstärke von wesentlicher technologischer Bedeutung.

Durch α -Amylasen geschädigte, d.h. teil-abgebaute Stärke ist an niedrigen Fallzahlen als Maß für die α -Amylase-Aktivität zu erkennen. Hieraus erklärt sich das hohe Augenmerk, das diesem Kriterium des Getreidekornes bzw. der Mehle daraus geschenkt wird. Entsprechend sei hier auf die Kriterien Temperatur und Amylogrammwerte im Verkleisterungsmaximum verwiesen. Wie bei anderen Getreiden ist auch bei Roggen die Stärke mengenmäßig am höchsten vertreten. Stärkemoleküle als Speicherkohlenhydrate werden in Form von Stärkekörnern im Endosperm des Kornes abgelagert. Diese kommen beim Roggen (wie auch beim Weizen) in 2 Grundklassen von 2-10 μm und von 20-35 μm im Durchmesser vor. Allerdings überwiegen beim Roggen die größeren Stärkekörner. Dadurch verkleistert die Roggenstärke während des Backvorganges bei niedrigeren Temperaturen als die Weizenstärke. Größere Stärkekörner sind auch anfälliger gegen enzymatischen Abbau. Die Korngrößenverteilung, insbesondere aber schon vonstatten gegangene Abbauphänomene sind verantwortlich für das Viskositätsverhalten der Roggenstärke und ihren per se schon eingeschränkten und durch Auswuchs zusätzlich mehr oder weniger stark limitierten Einfluss auf die Krumbildung der Roggen-Backware.

Die wesentlichen Unterschiede der Korninhaltsstoffe von Roggen und Weizen seien in der Tabelle 4 noch einmal zusammengefasst .

Tabelle 4: Qualitative und quantitative Unterschiede der Korninhaltsstoffe des Weizens- und des Roggens (nach Seibel und Steller 1988)

	Weizen	Roggen
Quellstoffe	Kleber, Protein 7-13 % Pentosan, 6-7 %	Schleimstoffe, Pentosane 7-9 % Protein 7-13 %
Wasserbindung der Quellstoffe	≈ 2-fach	≈ 6-8-fach
lösl. Stoffe	wenig, 7-9 %	viel, 13-16 %
Stärkeverkleisterung	später, 60-88 °C	früher, 56-68 °C
enzymatische Angreifbarkeit	klein	groß
Auswuchsgefährdung	vorhanden	groß
Ausmahlung Verarbeitung	T. 550 schwach sauer	T. 1150 sauer

Besonders verwiesen sei auf die hohe Quellfähigkeit der Roggenquellstoffe (Pentosane) und frühe Verkleisterung und Enzymangreifbarkeit der Stärke. Abschließend sind für die funktionellen Eigenschaften der Roggeninhaltsstoffe folgende Punkte festzuhalten:

- Proteine sind in hohem Maße wasserlöslich,
- Proteine bilden keinen Kleber,
- Pentosane tragen die Hauptlast der Wasserbindung (im Korn, im Teig und in der Brotkrume),
- Stärke ist weniger resistent gegenüber enzymatischem Abbau,
- Stärke verkleistert bei niedrigeren Temperaturen.

Die Menge der vorhandenen Quellstoffe, ihr Mengenverhältnis untereinander und ihr Verhältnis zu anderen Korninhaltsstoffen (Stärke) bestimmen im hohen Maße die Backqualität des individuellen Roggenmehles. Aus Sicht der Rheologie ist ein Pentosan/Stärke-Verhältnis 1 : 16 als optimal anzusehen. Pentosane vor allem schützen durch ihre hohe Wasserbindung und entsprechende Quellung die Stärkekörner vor enzymatischem Abbau. Sie koagulieren bei höheren Temperaturen nicht, halten somit das gebundene Wasser in der Krume und tragen zur Frischhaltung der Gebäcke bei.

B. Grundlagen der Weizenbackfähigkeit

1. Einleitung

Vor allen anderen Getreidearten zeichnet sich der Weizen durch seine ausgesprochene Backfähigkeit aus, die in erster Linie auf den besonderen Eigenschaften zweier Eiweißkomponenten, zusammen als Klebereiweiße oder Gluten bezeichnet, beruht. In dem Vermögen dieser Klebereiweiße Gliadin und Glutenin, bei der Teigbereitung ein starkes dreidimensionales Netzwerk zu bilden, liegt diese Backfähigkeit begründet. Die Eiweiße des Roggens, des anderen für unsere Brotherstellung in Deutschland und in Ländern Mittel-, Ost- und Nordeuropas wichtigen Getreides, besitzen dieses Potential bei weitem nicht in einem vergleichbaren Ausmaß. Den Eigenschaften der Kleberproteine wird also bei der Frage nach der Backfähigkeit des Weizens die größte Aufmerksamkeit zu widmen sein. Allerdings sind die Eiweiße in einem Mehl mit anderen Weizen - Inhaltsstoffen, wie der Stärke und den Lipiden, vergesellschaftet. Folglich ist ihr Anteil am Backverhalten ebenfalls zu beleuchten.

2. Die Zusammensetzung des Weizenkorns

Den größten Anteil an einem lagerfeuchten Weizenkorn machen die Kohlenhydrate mit ca. 70 % aus, wobei an diesen die Stärke mit ungefähr 60 % beteiligt ist. Der nächstgroße Anteil entfällt auf das Gesamteiweiß mit ca. 12 %, wenn man einmal vom Wasser mit 12 - 14 % absieht. Lipide sind etwa mit 2 % anzusetzen, ebenso Mineralstoffe mit 1 - 2 %. Der Rest entfällt auf diverse Substanzen, u.a. Zellwandmaterial und Vitamine, die nur in kleineren Mengen vorkommen. Diese Daten dürfen allerdings nur als Faustzahl genommen werden, da, wie gerade bei den Eiweißgehalten besonders deutlich, die tatsächlichen Inhaltsstoffe einer gegebenen Weizenpartie stark von den Sorteneigenschaften und dem Anbau determiniert wurden. Anhand des Beispiels in Tabelle 1 möge dieses verdeutlicht werden. Mit steigender N - Düngung erhöht sich der Proteingehalt im Mehl. Die Bodenart ist dabei von untergeordnetem Einfluß. Besonders wirkt sich die Gesteigerte N - Düngung auf den Feuchtklebergehalt im Mehl aus. Mehr Feuchtkleber führt zwar grundsätzlich zu einem höheren Backvolumen im Rapid - Mix - Test (RMT). Die Ergebnisse werden im Einzelfall aber von der Qualität des Klebers moduliert.

Grundsätzlich gilt für die Stickstoffdüngung, daß gesteigerte N - Gaben eine verstärkte Eiweißspeicherung in der Pflanze (im Korn) bewirken zu Lasten der Speicherung von Kohlenhydraten (Stärke). Umgekehrt, wird die N - Düngung reduziert, werden mehr Kohlenhydrate (vor allem mehr Stärke) synthetisiert und weniger Eiweißstoffe. Für die räumliche Struktur von Proteinen sind u.a. Disulfidbrücken von großer Bedeutung. Schwefelmangel im Boden steht deshalb im Verdacht, die Kleberqualität im Korn zu beeinträchtigen. Ist die Grundversorgung mit Schwefel allerdings gegeben, führt eine zusätzliche Schwefeldüngung zu keiner Qualitätssteigerung des Klebers (Wieser, mündl. Mittlg.).

3. Die Eiweiß - Komponenten des Weizens

Das Gesamtprotein des Weizens lässt sich in Speicherproteine (Kleberproteine resp. Gluten) und Funktions- bzw. sonstige Proteine (Nicht - Kleber - Proteine) einteilen (Abb. 1). Die insgesamt 20 % Nichtkleberproteine teilen sich wieder in Albumine und Globuline auf. Diese Einteilung geht zurück auf die von Osborne 1893 gemachte Erfahrung, daß sich Weizeneiweiß in wasserlösliches Albumin, salzlösliches Globulin, alkohollösliches Prolamin und essigsäurelösliches sowie essigsäureunlösliches Glutenin fraktionieren lässt. Im wesentlichen gilt diese Aufteilung noch heute. Für die Backqualität des Weizens sind nur die Klebereiweiße verantwortlich. 50 % der Klebereiweiße machen die Gliadine aus (Abb. 1). Die verbleibenden 50 % entfallen auf die Glutenine, die sich ihrerseits aus etwa 20 % hochmolekularen Untereinheiten (HMW - GS) und 80 % niedermolekularen (LMW - GS) zusammensetzen.

3.1 Struktur und Funktionalität der Kleberproteine

Als für das Backverhalten der Klebereiweiße relevante Eigenschaften werden Wasserbindung, Quellung und Bildung einer dreidimensionalen Membran- und Strangstruktur angesehen (Weipert 1994). Letztere erlauben dem Teig Gas- und Formhaltung. Von den Kleberproteinen sind die Gliadine in wäßrigen Alkoholen löslich, Glutenine unlöslich. Die Gliadine liegen monomer vor und werden für die Viskosität und Extensibilität der Teige verantwortlich gemacht. Die Glutenine sind über intermolekulare Disulfidbrücken zu einem breiten Bereich unterschiedlich großer Moleküle miteinander verbunden. Sie geben den Teigen Elastizität und Festigkeit. Ein wichtiger Faktor für die Teig- und Backeigenschaften von Weizenmehlen ist die Menge hochmolekularer Glutenine. In der Phase der Teigbereitung konkurrieren Auf- und Abbau von Kleber.-Aggregationen miteinander. Das Aggregationsverhalten des Klebers ist durch Oxidationsmittel (z.B. Luftsauerstoff, Kaliumbromat) und Reduktionsmittel (z.B. Glutathion) beeinflussbar. Die Gliadin- und Gluteninfraktionen bestehen aus zahlreichen Komponenten, die sich anhand ihrer Primärstrukturen in hochmolekulare und niedermolekulare Gruppen einteilen lassen. Die Gruppierung ist wie folgt:

Gluteninfraktionen:

- hochmolekulare Gruppe mit x- und y-Typ der HMW-Untereinheiten
- niedermolekulare Gruppen mit den LMW-Untereinheiten

Gliadinfraktionen:

- mittelmolekulare Gruppe mit ω 5 und ω 1,2-Gliadinen
- niedermolekulare Gruppe mit α - und γ -Gliadinen.

Die Teig- und Backeigenschaften einzelner Mehle ergeben sich aus den Mengen und den Mengenverhältnissen der einzelnen Proteintypen. Die Festigkeit (Elastizität) von Teig und Kleber wird von der Menge der Glutenine und zusätzlich vom Mengenverhältnis Gliadine/Glutenine bestimmt. Die Menge der Gliadine allein spielt dabei keine Rolle. Die HMW-Untereinheiten der GLutenine zeigen dabei stärkere Wirkung als die LMW-Untereinheiten. Allerdings ist nur der x-Typ, nicht der y-Typ der HMW-Untereinheiten von Bedeutung. Auf die Dehnbarkeit (Extensibilität) und auf die Verteilung von Viskosität/Elastizität hat das Verhältnis Gliadine/Glutenine und der einzelnen Typen den größten Einfluß (Wieser et al. 1993).

Tabelle 2: Eigenschaften der Gliadine (Nierle 1996)

Monomere Polypeptide (α , γ , ω)
Intramolekulare s-s-Brücken
Polymorph und globulär aus 20 – 30 Untereinheiten
 α , γ -Gliadine (MW 30 – 45000)
 ω -Gliadine (MW 60000)
 γ -Gliadine aggregieren mit HMW-Untereinheiten (alkohollöslich)
Hauptaminosäuren Glutenin, Prolin
Akkumulation über Wasserstoffbrücken
bedingt Viskosität

Tabelle 3: HMW-Glutenine und Backqualität (Payne et al. 1984, 1987)

<u>gute Qualität</u>		<u>schlechte Qualität</u>	
Glu-D1 u. 1	Glu-A1	Glu-D1	Glu-B1
5 u. 10	1. u. 2.	2,4,12	6 u. 8
			Genlocus codiert HMW-Untereinheit

Tabelle 2 gibt einen zusammenfassenden Überblick über das Eigenschaftsprofil der Gliadine. Die Klassifizierung der einzelnen Untereinheiten (α , γ etc.) ergibt sich aus den Fraktionierungssystemen. Intensive Arbeiten wurden angestellt, um die unterschiedlichsten Gliadin und Glutenin-Fraktionen mit bestimmten Genloci auf Chromosomen zu verbinden, um so mehr über Vererbung und Funktionalität zu erfahren (Tabelle 3). Unterscheidungen sind aufgrund der Aminosäuresequenz möglich. Die HMW-Untereinheiten 1- 7 bezeichnet man als x-Typ und als y-Typ die Untereinheiten 8-12. Man vermutet, dass die Menge an Untereinheiten vom x-Typ, aber auch das Mengenverhältnis einzelner Gliadin-Untergruppen zu den Gluteninuntereinheiten in enger Korrelation zu den rheologischen Eigenschaften des Klebers stehen (Wieser et al. 1993). Die vielen analytischen Einzelergebnisse nahmen Köhler et al. (1999) zur Grundlage der Herstellung synthetischer Teige aus reinen Mehl-Einzelkomponenten. Die Ergebnisse dieses Vorgehens betätigten den Stand des Wissen über die Glutenfunktionalität. Rekonstituierte Teige mit steigendem Gesamtproteingehalt zeigte die Proportionalität dieses Parameters zum Backvolumen. Die teigerweichende Wirkung von Gliadin und die verfestigende von Glutenin konnte durch Zusätze dieser Fraktionen zu Kleber gezeigt werden. Der Zusatz von HMW-Untereinheiten des Glutenins führte zu einem Anstieg des Dehnwiderstandes und der Dehnbarkeit der Teige, während der LMW-Untereinheiten nur den Dehnwiderstand erhöhten. HMW-Untereinheiten erhöhten das Backvolumen, LMW-Untereinheiten erniedrigten es. Das Wissen über den Feinbau der Kleberproteine verfeinert sich zunehmend. Für die praktische Anwendung der Teigerstellung und des Backens, insbesondere des zu erzielenden Backergebnisses gilt es aber,

das theoretische Wissen um Elastizität und Viskosität in handhabbare Erfahrungswerte umzusetzen. In einer von Weipert (1994) zusammengestellten Graphik (Abbildung 2) ist dieses Beziehungsgefüge anschaulich zusammengestellt.

4. Stärke

Neben den Eigenschaften der Kleberproteine selbst ist auch ihre Wechselwirkung mit den anderen Mehlkomponenten von entscheidender Bedeutung für das Backergebnis. Der Hauptbestandteil eines Mehles ist mit etwa 85 % Stärke. Stärke ist zunächst einmal „Verdünnungsmittel“ für das Protein und Zuckerlieferant bei der Gärung. Stärkekörner liefern aber auch eine große Oberfläche zur Anbindung an den Kleber, denn sie besitzen auf der Oberfläche eine Haftungsproteinhülle, die dieses ermöglicht. Durch diesen Vorgang werden Gaszellen im Teig beim Backen flexibel und bei der Verkleisterung unter Wassermangel nicht verstärkt (Nierle 1996). Eine besonders wichtige Funktion hat die Stärke durch die Wasserabsorption aus dem Kleber bei der Verkleisterung, wodurch der Kleberfilm verfestigt wird, gleichzeitig aber genügend durchlässig für das Gas bleibt, um einen Zusammenbruch des Volumens beim Abkühlen zu verhindern (Pomeranz 1978). Vieles über die Bedeutung der Stärke für den Backvorgang ist bisher allerdings nicht verstanden.

5. Lipide

Auch für die Rolle der Lipide bei der Teigbildung und beim Vorgang des Backens ist noch eine Menge an Wissenslücken zu schließen. Um Mehl sind 1,4 – 2,1 % Lipide vorhanden. Sie werden in sogen. freie (0,8 – 1 %) mit unpolaren Lösungsmitteln extrahierbare (Triglyceride, Diglyceride, freie Fettsäuren) und gebundene (0,6 – 1 %) Lipide (Galaktolipide u. Phospholipide) eingeteilt. Wegen ihrer oberflächenaktiven Wirkung der Lipide, besonders der polaren, kommt es zu einer Assoziation mit den Kleberproteinen. Eine zwischen Lipid und Glutenin bestehende Verbindung wurde als so fest beschrieben, dass sie den Namen Lipoglutenin erhielt. Die Stärkekörner selbst enthalten vermutlich bestimmte Lipidfraktionen. Die Interaktion mit der Stärke, aber darüber hinaus auch mit den Kleberproteinen hat für die Verfestigung der Netzstruktur des Klebers und damit für eine optimale Teigentwicklung offensichtlich eine erhebliche Bedeutung. Viele Einzelergebnisse (s. Nierle 1996) lassen sich aber noch schwer zu einem Gesamt-Funktionalitätsbild zusammenfügen.

Literatur

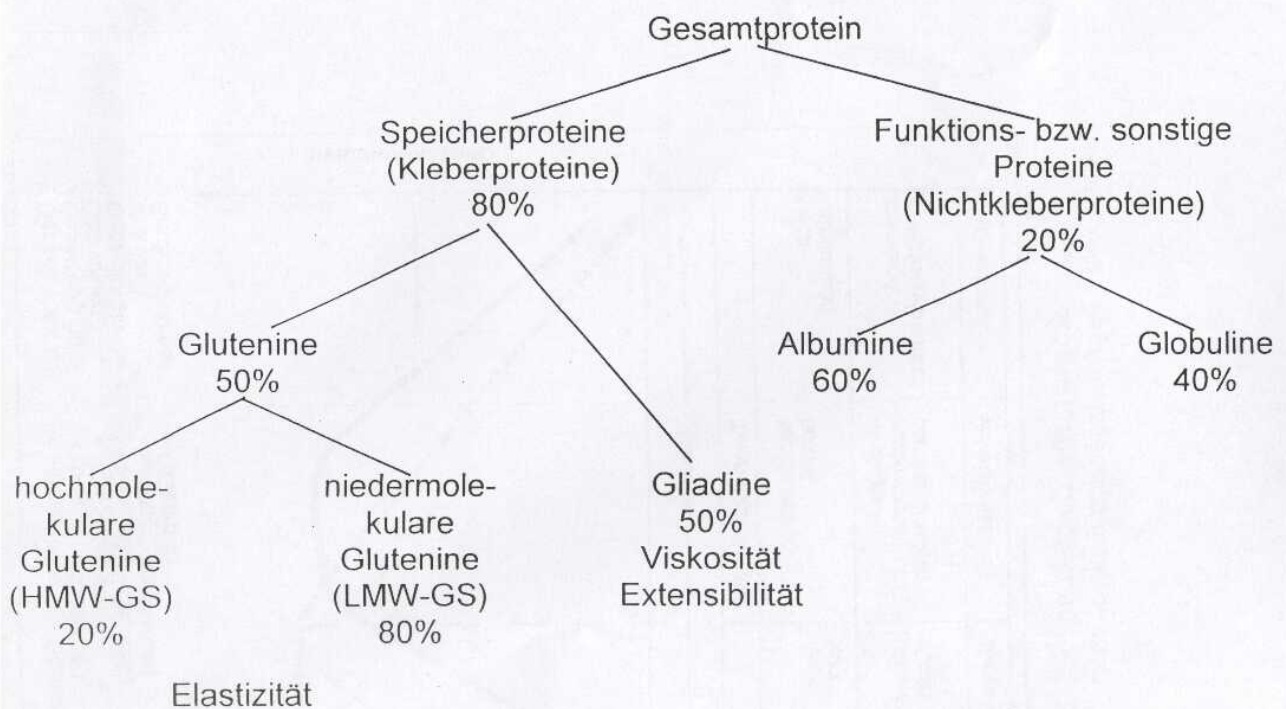
- Eisenberg, B., Steinhart, H. und A. Besselmann: Berechnungsmodell zur Vorhersage des Backvolumens (RMT) bei Weizen. *Getreide Mehl und Brot* 53 (1), 48-52 (1994)
- Köhler, P., Graßberger, A. und P. Schieberle: Fraktionierung und Rekombination von Weizenmehl-Einfluss auf Teigrheologie und Backverhalten. *Getreide Mehl und Brot* 53 (1) 16-19 (1999)
- Nierle, W.: Backqualität – ein faszinierendes Puzzle. Bericht über die 46. Tagung für Getreidechemie der AG Getreideforschung e.V., Detmold, Granum-Verlag, Detmold, S. 33-42 (1996)
- Payne, P.I., Holt, L., Jackson, E. and C. Law: Wheat storage proteins, their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. *Phil. Trans. R. Soc. London B* 304, 359-371 (1984)
- Payne, P.I., Nightingale, M.A., Krattinger, A.F., and L.M. Holt: The relationship between glutenin subunit composition and the bread making quality of British grown varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40, 51-65 (1987)
- Pomeranz, Y.: *Wheat Chemistry and Technology* Am. Ass. of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA (1978)
- Wieser, H., Seilmeier, W. and R. Kieffer: Relationship between the amount of gluten types and the rheological properties of different wheat cultivars. In: *Gluten Proteins. Ass. of Cereal Research (Publ.)*, Detmold 1993, pp. 141-151
- Weipert, D.: Zur Beschreibung der viskoelastischen Eigenschaften der Weizenproteine. *Getreide Mehl und Brot* 48 (5), 53-58 (1994)

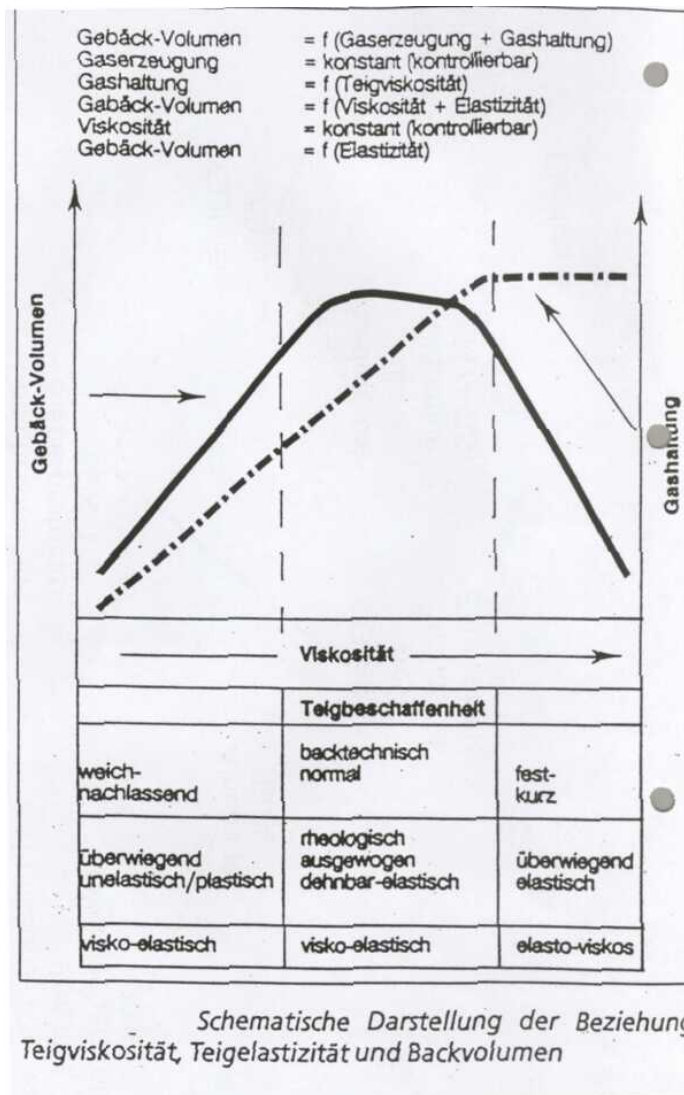
Tabelle 1: Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Gehalt an Mehl-Protein und –Feuchtkleber sowie Glutenindex und RMT-Backvolumen (nach Eisenberg et al. 1994)

Sorte	Bodenart	N-Düngung kg/ha	Mehl-Proteingehalt (% TM) (Nx5,7)	Feuchtklebergehalt g/100g	Glutenindex	Backvolumen (ml/100g)
Astron	Sand	0	8,76	24,3	98	575
		100	10,46	25,5	98	-
		200	12,20	32,6	98	604
	Löß	0	9,31	21,4	97	524
		100	9,83	28,5	95	514
		200	11,89	33,7	92	-
Rektor	Sand	0	8,73	22,0	99	602
		100	10,10	24,6	98	582
		200	11,53	33,4	97	631
	Löß	0	8,96	21,0	99	560
		100	9,47	26,1	98	607
		200	12,22	32,2	90	681

ABBILDUNG 1

Aufgliederung der Weizenproteine





Die während des Vortrages gezeigte Präsentation können Sie [hier](#) einsehen.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Meinolf G. Lindhauer
 Max Rubner-Institut, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide
 Schützenberg 12
 32756 Detmold