

# Einfluß der Korngröße auf die Mahleigenschaften von Durumweizen

I. Lempereur, M. Chaurand, J. Abecassis und J. C. Autran, Montpellier (Frankreich)

### 1. Einleitung

Der erste Schritt bei der Getreidevermahlung ist die Trennung des stärkehaltigen Endosperms von den Schalenschichten und dem Keim. Die Grießausbeute hängt von der maschinellen Ausstattung der Mühle, der Verfahrenstechnik und der Qualität des Weizens ab. Wenn eine Mühle konstant geführt wird, hängen Schwankungen in der Grießausbeute direkt mit den Unterschieden in der Mahlfähigkeit verschiedener Weizensorten zusammen. Wenn man berücksichtigt, daß in der EU eine Steigerung der Grießausbeute um 1 % einen zusätzlichen jährlichen Gewinn von 40 Millionen ECU bedeutet, wird die sortenbedingte Mahlfähigkeit bei Durumweizen sehr deutlich.

Einige Faktoren, die die Mahlfähigkeit direkt beeinflussen, können sehr einfach kontrolliert werden, z. B. der Feuchtigkeitsgehalt, der Besatzanteil usw. Andere Faktoren für die Mahlfähigkeit sind jedoch schwieriger zu erfassen und zu kontrollieren. Bei der Durumweizenvermahlung scheint das Verhältnis Endosperm/Schale ein bestimmender innerer Faktor zu sein (2). Dieses Verhältnis sollte so hoch wie möglich sein und hängt von der Dicke der Schalenschichten, der Kornform und dem Grad der Schrumpfkorn/Schmactkornbildung ab. Viele Untersuchungen haben sich auf das Studium des Endosperms/Schalenteils konzentriert. Matsuo und Dexter (9) zeigten, daß die Grießausbeute von dem Tausendkorngewicht direkt beeinflusst wird. In der Praxis wird oft das Verhältnis als ein allgemeiner Maßstab für die Mahlfähigkeit angesehen. Nuret und Willm (10) haben diese Meinung immer wieder in Frage gestellt, aber auch heute noch gilt dieser Wert als ein Faktor zur Bewertung der Mahlfähigkeit bei Durum- und auch bei Weichweizen (3).

Der Mineralstoffgehalt ist ebenfalls ein kritischer Faktor bei der Bewertung des Mahlverhaltens von Weizen. Dieser Faktor ist jedoch nicht eindeutig, weil die Endosperm-Mineralstoffgehalts-

Gradienten sehr stark variieren und daher die Beziehung zwischen dem Ganzkornmineralstoffgehalt und dem Grießmineralstoffgehalt direkt beeinflussen (1). Kürzlich wurde gezeigt, daß die Ferulasäure, eine spezielle Komponente in der Aleuronschicht (5), ein guter Marker für die Reinheit bestimmter Mahlfractionen ist und eine Bewertung des Anteils von Aleuronschichten und Schalenschichten im Grieß gestattet (4,6,11,14). Die folgende Studie wurde mit einer Versuchsmühle für Durumweizen (Leistung 150 kg/h) durchgeführt. Als Versuchsmaterial standen zwei Durumweizensorten zur Verfügung, die durch Siebung in Proben gleicher Korngröße aufbereitet wurden.

### 2. Versuchsmaterial und -methoden

Zwei Durumweizensorten mit sehr unterschiedlichem Tausendkorngewicht wurden verwendet: Ardente (hohes Tausendkorngewicht) und Primadur (niedriges Tausendkorngewicht). Diese beiden Weizensorten wurden im Südosten Frankreichs im Jahr 1994 geerntet. Von beiden Sorten wurden zwei Siebfractionen mit gleichem Korngrößenbereich und das Ausgangsmuster (Kontrollmuster) hergestellt:

- Repräsentatives Kontrollmuster (CS) (ohne Siebung),
- Siebfraction kleiner als 2,75 mm (SG) (feine Fraction),
- Siebfraction größer als 3,00 mm (LG) (grobe Fraction).

Diese Muster Durumweizen wurden mit der Versuchsmühle des INRA-Institutes in Montpellier (Frankreich) vermahlen. Das Diagramm ist in Abbildung 1 enthalten.

Sämtliche Muster wurden in gleicher Weise vorbereitet: zunächst erfolgte eine Netzung auf 15 % Feuchtigkeit mit einer Abstezeit von 15 Std.; danach folgte eine weitere Netzung auf 17 % mit einer Abstezeit von drei Stunden vor der Vermahlung. Der Mahlprozeß enthält neun Zerkleinerungsstufen mit geriffelten Walzen: fünf Schrotungen, (B1-B5) und vier Auflösungen (D1-D4). Die Walzen (200 mm lang, 150 mm Durchmesser) liefen mit 415 Upm mit einer Voreilung von 1-2.25. Die

Walzenstühle waren mit Schneide gegen Schneide eingestellt, mit Ausnahme der Passagen B1 und D4, die Schneide gegen Rücken liefen. Die Walzeneinstellungen waren bei allen Versuchen gleich.

Die anfallenden Grieße wurden mit drei Plansichtern in acht verschiedene Produktströme aufgeteilt. Die Siebe wurden mit Siebhilfen gereinigt. Die gesamte Siebfläche betrug 8,75 m<sup>2</sup>. Die Grieße wurden anschließend mit drei Grießputzmaschinen (zweilagig) geputzt. Jede Sieblage bestand aus vier verschiedenen Sieben, die mit Bürsten gereinigt wurden. Insgesamt fielen achtzehn Fraktionen bei diesem Mahlprozeß an, sechs gereinigte Grieße (S1 - S6), acht Mehle, einschließlich vier Schrotmehle (B1/B2 - B5), vier Auflösungsmehle (D1 - D4) und vier Nachprodukte (grobe Kleie, feine Kleie, geputzte feine Kleie und Grießkleie). Sämtliche geputzten Grieße wurden für die Bestimmung der Grießausbeute zusammengefaßt, das gleiche gilt für die Mehlausbeute und den Anfall der Nachprodukte.

Die Ausbeute wurde über einen Vermahlungszeitraum von 30 Minuten erfaßt, und zwar ab 30 Minuten nach Beginn des Mahlprozesses. Die Angaben sind auf Trockensubstanz berechnet, mit einer Genauigkeit von 0,5 %. Die Mineralstoffe jeder Fraktion wurden entsprechend der ISO-Methode 2171-1980 bei 900°C ermittelt. Die Bestimmung der Mineralstoffe in den Nachprodukten erfolgte bei 550°C. Mit Hilfe der Hochdruckflüssigkeits-Chromatographie wurden phenolische Komponenten nach Veresterung zu Arabinoxylanen bestimmt. Die Proben wurden mit Hexan entfettet, mit 2N NaOH verseift und dann mit Äther extrahiert. Dieses Verfahren entsprach der modifizierten Methode von Scralber und Mitarbeitern (12), die von Lempereur und Mitarbeitern beschrieben wurde (8).

### 3. Versuchsergebnisse und Diskussion

#### 3.1. Physikochemische Eigenschaften des Getreides

Das Tausendkorngewicht des Durchschnittsmusters Ardente lag höher

# Mahlfähigkeit Durumweizen

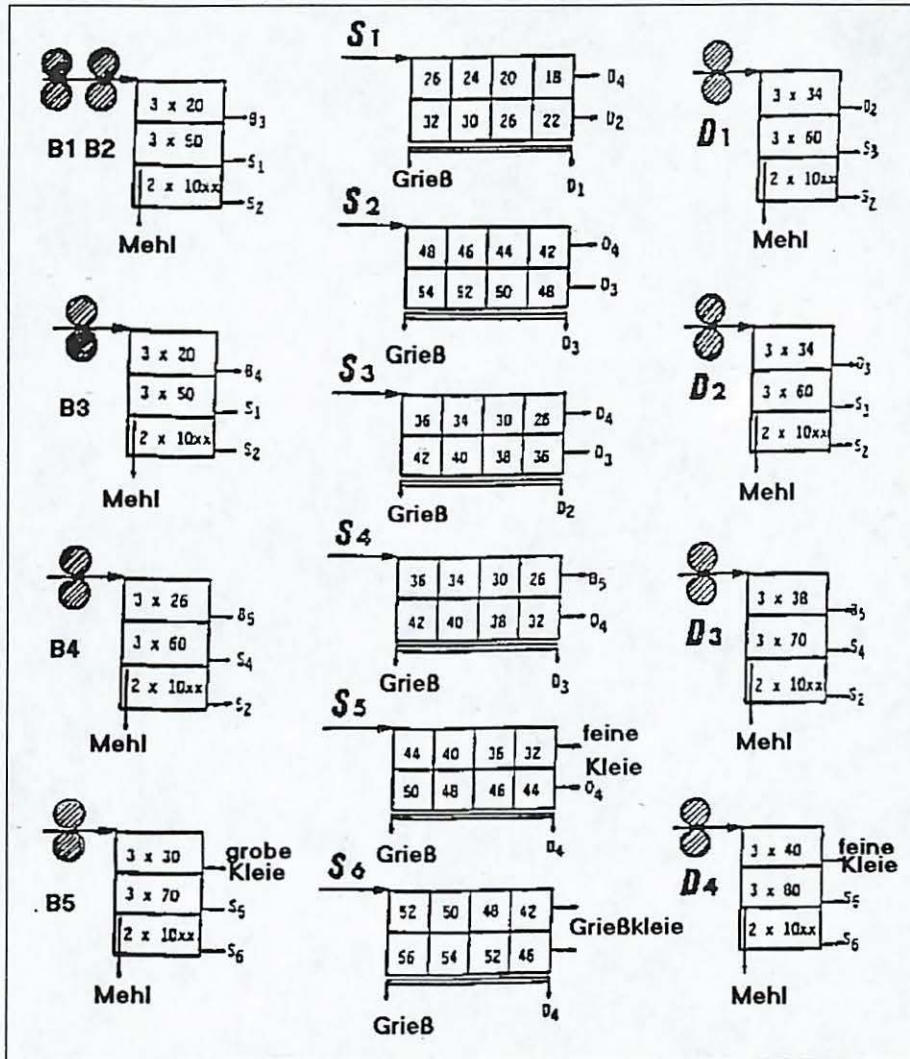


Abbildung 1: Diagramm der Durumversuchsmühle von INRA - Unité de Technologie des Céréales, Montpellier (Frankreich)

als bei dem Durchschnittsmuster der Sorte Primadur (Tab. 1). Dieser Unterschied wurde durch die Herstellung der beiden Fraktionen (grob und fein) ausgeglichen. Die physikalischen Eigenschaften der groben Fraktion von Ardente entsprachen ungefähr dem Durchschnittsmuster von Ardente. Bei der Sorte Primadur entsprach die feinkörnige Fraktion mehr oder weniger dem Durchschnittsmuster. In Abbildung 2 sind die Korngrößenbereiche beider Sorten vergleichend dargestellt. Während das Maximum bei Ardente (großkörnig) bei etwa 3,4 mm liegt, finden wir bei Primadur (kleinkörnig) ein Maximum der Korngrößenverteilungskurve von etwa 2,3 mm. Es gibt eine weitere Differenz im Tausendkorngewicht zwischen dem Durchschnittsmuster und der feinen Fraktion von Ardente im Vergleich zu Primadur. Die feinkörnige Fraktion von Ardente war überwiegend schrumpfkörnig, während die feinkörnige Fraktion von Primadur voll ausgebildete kleine Körner waren. Diese Ergebnisse bestätigen sich durch die Differenzen im Hektolitergewicht: die feine Fraktion von Ardente war wesentlich leichter als das Durchschnittsmuster dieser Sorte.

Zwischen der Glasigkeit und der Korngröße bestehen keine direkten Beziehungen. Die beiden Durumproben hatten ungefähr gleiche Glasigkeitswerte (Tab. 1). Es gab jedoch deutliche Unterschiede in den verschiedenen Mustern hinsichtlich des Mineralstoff- und Ferulasäuregehaltes. Die Differenz im Mineralstoffgehalt zwischen der groben und feinen Fraktion betrug bei beiden Sorten 0,06 % i.Tr., und zwar lagen die feinen Fraktionen höher im Mineralstoffgehalt. Hinsichtlich der Feru-

lasäure betrug die Differenz für beide Sorten etwa 170 µg/g Trockensubstanz. Diese Differenzen waren jedoch geringer als die Differenz im Mineralstoffgehalt zwischen den beiden Durchschnittsmustern.

## 3.2. Einfluß der Korngröße auf die Ausbeuten

Diese Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Grießausbeute der groben Fraktion von Ardente lag etwas unter dem Durchschnittsmuster, die Ausbeute für die feine Fraktion lag deutlich niedriger. Das kann mit dem hohen Schrumpfkornanteil bei der feinen Fraktion zusammenhängen. Bei der Sorte Primadur war dagegen die Grießausbeute der groben Fraktion deutlich höher im Vergleich zum Durchschnittsmuster. Die Differenz zwischen der feinen Fraktion zu dem Durchschnittsmuster war sehr gering. Die Grießausbeuten zeigen eine gewisse Beziehung zum Anteil grober Grieße.

Die Mehlausbeuten waren praktisch unabhängig von der Korngröße des Weizens. Die geringen Unterschiede sind nicht signifikant (Tab. 2). Die verschiedenen Korngrößen und auch die Durumsorte hatten dagegen einen großen Einfluß auf die Ausbeute an Nachprodukten. Die Ausbeuten lagen bei der Sorte Ardente grundsätzlich niedriger als bei der Sorte Primadur. Die jeweils höchsten Anfälle wurden bei der feinsten Korngrößenfraktion gemessen. Aus den gemessenen Werten ergibt sich wieder der Einfluß der Schrumpfkörner in der feinen Fraktion bei der Sorte Ardente. Das Verhältnis Grobkleie zu Feinkleie war bei der Sorte Primadur höher als bei der Sorte Ardente, unabhängig von der Korngröße. Diese Ergebnisse lassen bereits eine Differenz im Mahlverhalten zwischen beiden Sorten vermuten.

## 3.3. Feinheitsgradmessungen bei den Schrotmehlen

Die Unterschiede in den Feinheitsgraden der verschiedenen Vermah-

Tabelle 1: Physikochemische Korneigenschaften der beiden Durumsorten

Durumsorte:	ARDENTE			PRIMADUR		
	LG >3.0 mm	CS	SG <2.75 mm	LG >3.0 mm	CS	SG <2.75 mm
TGW	62.2	56.6	33.6	53.4	32.1	31.8
% der Fraktion	78.1	100	6.95	19.6	100	39.6
PS	84.5	84.4	78.7	83.7	81.0	79.5
Sta.	79.5	79.2	79.6	81.7	81.6	80.6
Ash	1.69	1.70	1.75	1.89	1.92	1.95
FA	781.3	830.3	952.5	1191.4	1205.5	1364.9

Zeichenerklärung:

LG = grobe Fraktion

TKW = (g/Trs.)

Ash = Mineralstoffgehalt (% i.Tr.)

CS = Durchschnittsmuster

PS = Hektolitergewicht (kg)

FA = Ferulasäure/µg/g

SG = feine Fraktion

Sta = Glasigkeit %

# Mahlfähigkeit Durumweizen

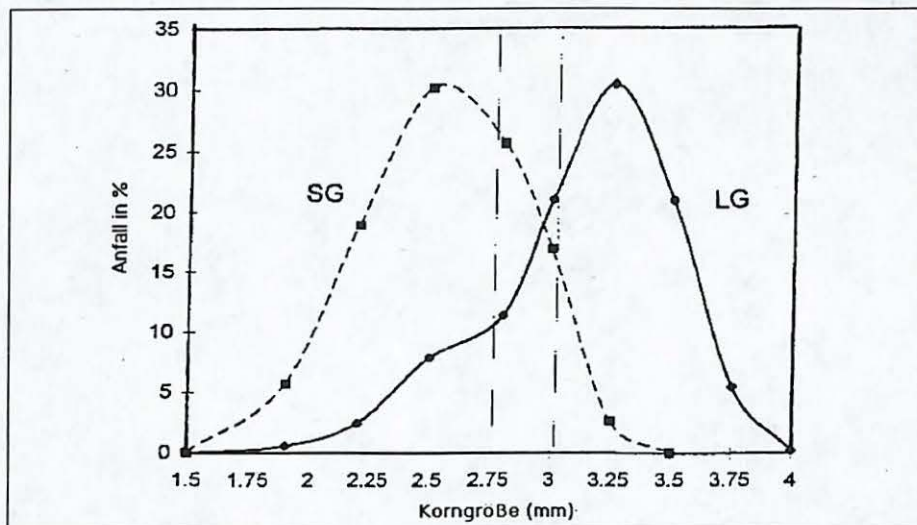


Abbildung 2: Korngrößenverteilungskurven der Durumsorten Ardenite —○— und Primadur —■—

lungsprodukte sind in Tabelle 3 enthalten. Die Walzeneinstellung war immer konstant. Am Anfang der Vermahlung (B1, B2) nimmt der durchschnittliche Feinheitsgrad (D50) sehr schnell ab (50 % Reduktion). In der B3-Passage war darauf hinzuweisen, daß die wichtigste Zerkleinerung in den ersten beiden Passagen erfolgt. Der Feinheitsgrad der Mehle nahm von B1 - B5 kontinuierlich ab (1,2 mm bzw. 0,5 mm).

Der Verlauf der Korngrößenverteilungskurven, berechnet zwischen D25

(Sieb mit 25 % Durchfall) und D75 (Sieb mit 75 % Durchfall), war am Anfang des Mahlprozesses wenig ansteigend und erhöhte sich dann kontinuierlich von B3 - B5 (Tab. 3). Während der ersten Zerkleinerungsstufen (B1 und B2) wurde das Getreide sehr heterogen zerkleinert mit einem mittleren Feinheitsgrad von 1,1 mm für B1 und 0,8 mm für B2 (berechnet aus der Differenz zwischen D75 und D25). Nach der B2-Passage erfolgte die Abtrennung der groben Endospermpartikel durch Siebung und die Übergabe zur Putzma-

schine. Die folgenden Passagen (B3, B4 und B5) führten zu mehr gleichmäßigen Produkten mit einem niedrigen durchschnittlichen Feinheitsgrad von 0,6 mm.

Das Mahlverhalten zeigte eine Abhängigkeit von der Korngröße. Bei B1 ist der Anstieg der Korngrößenkurven für die groben Fraktionen relativ niedrig; das weist darauf hin, daß die Produkte relativ grob waren (D50 = 2,0 mm), während die Produkte der feinen Fraktion mit höherem durchschnittlichen Feinheitsgrad (D50 = 2,3 mm) gleichmäßiger waren. Bei B3 sind die Mahlerzeugnisse sehr gleichmäßig und zeigen auch keine Unterschiede zur Korngröße. Sofern die Korngrößen konstant waren, verursachte die grobe Ardentefraktion kleinere Korngrößen als die grobe Primadurfraktion zu Beginn des Mahlprozesses. Ab B3 sind diese Unterschiede nicht mehr vorhanden. Bei den beiden feinen Fraktionen zeigten sich keine Unterschiede in den Feinheitsgradkurven.

Es gibt somit keine Sorten- oder Korngrößeneffekte hinsichtlich der Feinheitsgradkurven bei der Vermahlung, mit Ausnahme von den beiden ersten Zerkleinerungsstufen. Ab B3 sind die Mahlprodukte mehr oder weniger identisch, sowohl hinsichtlich des durchschnittlichen Feinheitsgrades als auch der Korngrößenverteilung. Das weist darauf hin, daß das unterschiedliche Mahlverhalten sich vor allem bei den ersten Zerkleinerungsstufen zeigt und sich hieraus dann Folgerungen für die weiteren Zerkleinerungsstufen ergeben. Bei konstanten Walzeneinstellungen können die festgestellten Differenzen durch die Unterschiede im Walzendruck in Abhängigkeit von der Korngröße begründet sein. Es wurden daher Untersuchungen vorgenommen, um die Walzenführungen von B1 auf die verschiedenen Korngrößen einzustellen. Die Zielsetzung bestand darin, zerkleinerte Produkte mit identischem Feinheitsgrad für B2 zu bekommen. Die Walzen wurden mit einem Mahlspace von 0,65 - 0,70 mm für die feinkörnigen Proben und mit 0,70 - 0,75 mm für die grobkörnigen Proben eingestellt.

Die Ergebnisse der Sorte Primadur sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Walzeneinstellung für die feinkörnigen Proben veränderten die Feinheitsgradkurven nur wenig. Auf der anderen Seite führte die Walzeneinstellung bei B1 für die grobkörnigen Proben zu einem höheren Feinheitsgrad beim Schrotmehl B1. Jedoch waren die Kurven bei B2 nur wenig unterschiedlich und bei B3 identisch. Für Primadur führte die Anpassung der Walzeneinstellung zur Korngröße zu einem Anstieg in der Grießausbeute von 0,7 % für die feinkörnige Probe und von 0,5 % für die grobkörnige Probe. Die Einstellungen der ersten beiden Schrotungen (B1 und B2) haben daher einen

**Tabelle 2: Ausbeuten von Grieß, Mehl und Nachprodukten in Abhängigkeit von Korngröße und Durumsorte (in %)**

Durumsorte:	ARDENTE		PRIMADUR	
	LG >3.0 mm	CS	SG <2.75 mm	CS
Grieß	76.9	77.2	74.8	74.0
Mehl	7.8	7.8	7.3	6.9
Nachprodukte	15.3	15.0	17.6	19.0

Zeichenerklärung:

LG = grobe Fraktion, CS = Durchschnittsmuster, SG = feine Fraktion

**Tabelle 3: Analyse der Korngrößenverteilungskurven für die Schrotmehle**

Durumsorte:	ARDENTE			PRIMADUR		
	LG >3.0 mm	CS	SG <2.75 mm	LG >3.0 mm	CS	SG <2.75 mm
D50(mm)	2.0	2.0	2.3	2.1	2.3	2.3
B1 Disp(mm)	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.0
Slope(%)	1.6	1.7	1.9	1.6	1.8	1.9
D50(mm)	1.4	1.3	1.4	1.2	1.6	1.4
B2 Disp(mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8
Slope(%)	2.5	2.5	2.5	2.6	2.2	2.52
D50(mm)	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9
B3 Disp(mm)	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
Slope(%)	4.0	3.3	3.5	3.6	3.3	3.4
D50(mm)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
B4 Disp(mm)	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6
Slope(%)	3.5	3.3	3.6	3.5	3.3	3.6
D50(mm)	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6
B5 Disp(mm)	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4
Slope(%)	4.2	5.0	5.0	4.3	4.0	4.4

Zeichenerklärung:

LG = grobe Fraktion CS = Durchschnittsmuster SG = feine Fraktion

# Mahlfähigkeit Durumweizen

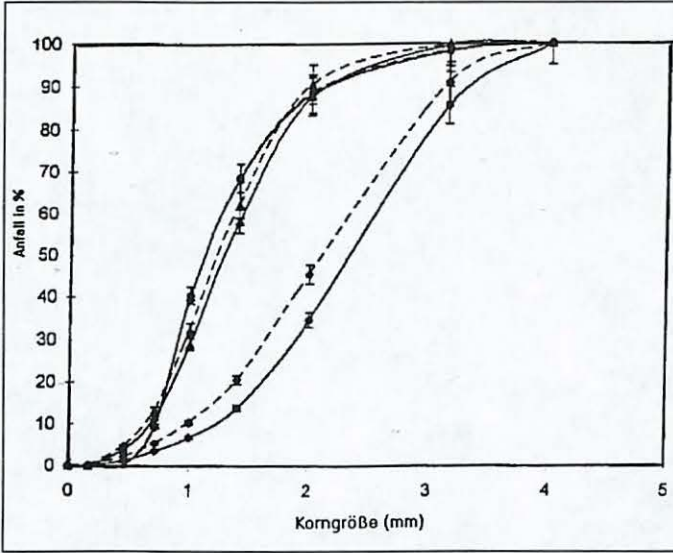


Abbildung 3: Korngrößenverteilungskurven der Schrotmehle von B1 —•—, B2 Δ und B3 • bei Einstellung von B1 auf 0,70 mm (---) und 0,75 mm (—).

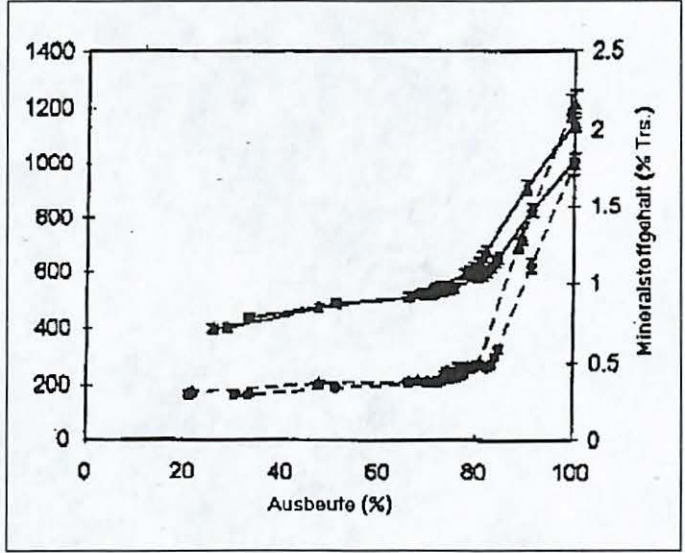


Abbildung 4: Kumulative Kurve für die Mineralstoffgehalte (—) und die Ferulasäure (---) in Abhängigkeit von der Ausbeute für die feine (—•—) und grobe (—Δ—) Fraktion von Primadur

sehr großen Einfluß auf den weiteren Verlauf der Vermahlung. Die erste Zerkleinerungsstufe führt zu sehr heterogenen Produkten, während die zweite Zerkleinerungsstufe die Korngrößenverteilungskurven uniformiert. Der höhere durchschnittliche Feinheitsgrad nach der Einstellung von B1 zeigte sich dann nicht mehr bei B2. Daher ist eine Anpassung der Walzeneinstellung in Abhängigkeit vom Feinheitsgrad nur bei B1 notwendig und führt dann zur höheren Grießausbeuten, ohne den weiteren Vermahlungsablauf zu verändern.

### 3.4. Einfluß der Korngröße auf die Reinheit der Mahlfraktionen

Die Reinheit der Mahlfraktionen wurde durch die Bestimmung der Mineralstoffe und der Ferulasäure erfaßt. Die kumulative Mineralstoff- und Ferulasäurekurve wird in Abbildung 4 dargestellt und zwar für die Sorte Primadur in Abhängigkeit von der Korngröße.

#### 3.4.1. Kontrolle durch den Mineralstoffgehalt

Bei konstantem Mineralstoffgehalt im Endprodukt (1 % Trs.) wurden große Differenzen in den Ausbeuten in Abhängigkeit von Sorte und Korngröße ermittelt. Die Produkte von Ardente hatten niedrigere Mineralstoffgehalte als die von Primadur, eventuell bedingt durch den niedrigeren Mineralstoffgehalt des Ausgangsgreides. Bei einem konstanten Mineralstoffgehalt von 1 % waren die Ausbeuten für die groben Fraktionen höher, und zwar 6,7 % bei Ardente und 5,3 % bei Primadur, jeweils im Vergleich zur feinen Fraktion (Tab. 4).

Unabhängig von der Korngröße waren bei der Sorte Primadur die Verhältnisse zwischen Gesamtgrieß-Mineralstoffgehalt und Kornmineralstoffgehalt konstant. Dies Verhältnis war bei der Sorte Ardente deutlich niedriger, jedoch am höchsten noch für die feine Fraktion. Bei Primadur handelte es sich bei der feinen Fraktion um normale Körner, und der Mineralstoffgehalt entsprach daher dem Durchschnittsmuster. Bei Ardente bestand die feine Fraktion aus Schrumpfkorn. Der Grieß von dieser Fraktion hatte daher höhere Mineralstoffgehalte wegen der schlechteren Trennbarkeit zwischen Schale und Endosperm.

#### 3.4.2. Kontrolle durch Ferulasäure

Ferulasäure ist die bekannte Phenolsäure in den Zellwänden der Schalenschichten (14). Die Säure kommt in besonders hohen Konzentrationen in den Aleuronschichten, im Pericarp und auch im Keimling vor und nur in sehr geringen Konzentrationen im Endosperm des Korns. Viele Schnellbestimmungen zur Beurteilung von Mahlfraktionen hinsichtlich ihrer Reinheit basieren auf der Autofluoreszenz der Ferulasäure (4, 6, 11, 15). Die Verläufe der

kumulativen Kurven für die Ferulasäure und die Mineralstoffe in Abhängigkeit von der Ausbeute sind in den Abbildungen 4 und 5 zusammengestellt worden. Es gibt einen deutlichen Anstieg in der Ferulasäurekurve, der auf einen Anstieg von Aleuronzellen in der Mahlfraktion hinweist. Jeder Anstieg von Ferulasäure in Mahlerzeugnissen deutet ohne Zweifel auf Verunreinigungen mit Schalenanteilen hin. Daher sind Ferulasäurekurven in Abhängigkeit von der jeweiligen Ausbeute ein wichtiger Faktor für die Beurteilung der Mahlfähigkeit. Kelfkens und Hammer haben bereits 1994 (7) hierauf hingewiesen.

Im inneren Endosperm (bis zu etwa 50 % Ausbeute) variiert der Ferulasäuregehalt zwischen der feinen und groben Fraktion bei der Sorte Primadur nur wenig ( $\pm 200 \mu\text{g/g Trs.}$ ). Bei Ardente zeigten sich dagegen bereits bei niedrigen Ausbeuten Unterschiede im Ferulasäuregehalt bei der groben Fraktion ( $140 \mu\text{g/g Trockensubstanz}$ ) und der feinen Fraktion ( $170 \mu\text{g/g Trockensubstanz}$ ). Das Mahlpotential, berechnet aus der Abszisse der horizontalen Tangente und vertikalen Tangente bei der Kurve, war für Ardente (83,2 %) höher als für Primadur (82,9 %). Die groben Fraktionen hatten ein höheres Mahlpo-

Tabelle 4: Vergleich der Ausbeuten bei 1 % Mineralstoffgehalt (Trs.)

Durumsorte:	ARDENTE		PRIMADUR		
	LG >3.0 mm	CS	SG <2.75 mm	LG >3.0 mm	SG <2.75 mm
CS 1% ash	87.7	85.1	81.0	78.6	74.0
% semolina	76.9	77.2	74.8	76.4	74.0
semash/grainash	0.36	0.58	0.62	0.40	0.38

#### Zeichenerklärung:

LG = grobe Fraktion CS = Durchschnittsmuster SG = feine Fraktion  
 CS 1 % ash = Durchschnittsmuster (1 % Mineralstoffgehalt Trs.)  
 % semolina = Grießausbeute %  
 semash/grainash = Mineralstoffgehalt Grieß / Mineralstoffgehalt Korn

# Mahlfähigkeit Durumweizen

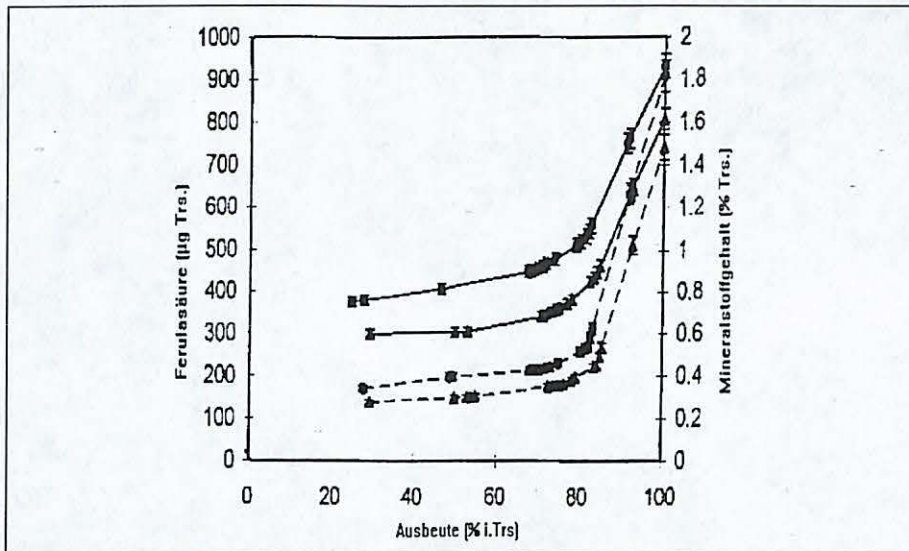


Abbildung 5: Kumulative Kurven für die Mineralstoffgehalte (—) und die Ferulasäure (---) in Abhängigkeit von der Ausbeute für die feine (•) und grobe (Δ) Fraktion von Ardente

tential als die feinkörnigen Fraktionen. Die Ferulasäure hatte ihre höchsten Werte in der Aleuronschicht und in den Schalenschichten. Bei einer Ausbeute von 80 - 100 % verliefen die Kurven aus der groben und feinen Fraktion parallel, und die Unterschiede zeigten die unterschiedlichen Ferulasäuregehalte.

Diese beiden Kontrollmöglichkeiten (Ferulasäure und Mineralstoffgehalt) zeigen deutlich das unterschiedliche Mahlverhalten für die beiden Sorten an. Der Mineralstoffgehalt und der Anteil für Ferulasäure war für die feine und grobe Fraktion von Primadur identisch, dagegen lag er bei der feinen Fraktion von Ardente höher. Das könnte durch den höheren Anteil von Schrumpfkorn bei der feinen Fraktion erklärt werden. Durch das Schrumpfen nimmt die Anzahl der Zellen nicht ab, jedoch gibt es weniger gefüllte Zellen und daher einen höheren Zellwandanteil. Bei gleicher Ausbeute bedeutet das auch einen höheren Anteil von Schalenbestandteilen in den Fraktionen und daher einen höheren Ferulasäureanteil. Bei Primadur bestand dagegen die feine Fraktion aus gesunden kleinen Körnern, und die Zellen im Korn waren zwischen der groben und feinen Kornfraktion nicht unterschiedlich. Somit zeigen diese Ergebnisse in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Simmons und Meredith (13), daß die Korngröße ein sehr guter Indikator für die Mahlfähigkeit bei Durumweizen und somit die Grießausbeute ist, sofern der Weizen gesund ist. Dieses Verfahren kann jedoch nicht bei Weizen mit gewissen Anteilen von Schrumpfkorn angewandt werden.

## 4. Schlußfolgerungen

Die Korngröße ist ein kritischer Faktor hinsichtlich des Mahlverhaltens

in Durumweizen. Großkörnige Sorten werden im allgemeinen feinkörnigen Sorten vorgezogen (9). Es gab jedoch bisher kaum Untersuchungen, um den Sorteneinfluß zu untersuchen, indem man Sorten mit gleicher Korngröße vergleicht. Innerhalb dieser Studie wurden zwei verschiedene Durumsorten mit der Durumversuchsmühle von INRA (Montpellier, Frankreich) gemahlen. Die Grießausbeuten lagen bei Proben mit großen Körnern am höchsten. Wenn man gleiche Korngrößen vergleicht, so liegt die Grießausbeute bei der feinkörnigen Sorte Ardente immer günstiger als bei der feinkörnigen Sorte Primadur. Durch die Vermahlung gleicher Siebfraktionen von verschiedenen Sorten wird somit der Sorteneinfluß nicht ausgeschaltet. Die Grießausbeuten von der feinkörnigen Fraktion Sorte Primadur lagen etwas ungünstiger als bei der feinkörnigen Fraktion der Sorte Ardente. Dies weist darauf hin, daß es einen genetisch bedingten Unterschied zwischen diesen beiden Sorten hinsichtlich des Korn/Schalungsverhältnisses gibt, unabhängig von der Korngröße.

Trotzdem scheint die Korngröße ein guter Indikator für das Mahlverhalten zu sein. Wenn man jedoch Durumweizensorten testet, so haben die feinen Kornfraktionen nicht immer dasselbe Ausbeutepotential. Das Mahlverhalten wird durch Schrumpfkörner in der feinen Kornfraktion gegenüber voll ausgebildeten feinkörnigen negativ beeinflusst. Daher ist es notwendig, daß man vor allem die Kornform der feinen Fraktion besser beschreibt, um daraus dann Rückschlüsse auf das Mahlverhalten zu ziehen (13). Die Mineralstoffgehalte

in verschiedenen Durumweizenmahlerezeugnissen hängen sehr oft vom Mineralstoffgehalt des Ausgangsmaterials ab (1). Daher ist die Ferulasäure ein

besserer Indikator für das Endosperm-Schalungsverhältnis und ein wertvoller Marker für die Reinheit der Mahlfractionen, weil hierdurch der Schalenanteil in den Grießprodukten deutlicher erfaßt wird (14).

Die Ergebnisse zeigen auch die Abhängigkeit des Mahlverhaltens von der Einstellung der ersten Zerkleinerungsstufe in Abhängigkeit von der Korngröße. Durch Anpassung des Walzenabstandes von B1 an die jeweilige Korngröße kann der Anfall feiner Fraktionen reduziert werden, mit der Folge besserer Grießausbeuten und sauberer Grieße. Es wäre deshalb für die Zukunft sehr interessant, über die Feinheitsgradverteilung nach dem ersten Schrot jeweils den Mahlsplatt bei B1 automatisch zu steuern.

## 5. Zusammenfassung

Die beiden Durumweizensorten Ardente und Primadur unterscheiden sich deutlich im Tausendkorngewicht. Aus diesen beiden Weizensorten wurden zwei gleichmäßige Korn-Siebfraktionen hergestellt (große und kleine Körner). Mit Hilfe einer Durumweizen-Versuchsmühle (150 kg/h) wurden diese beiden Fraktionen und das Ausgangsmaterial vermahlen. Die groben Fraktionen hatten eine höhere Grießausbeute, trotzdem zeigten sich auch noch Sortenunterschiede. Ein Vergleich der Mineralstoff- und Ferulasäuregehalte bewies, daß die Korngröße nur einen gewissen Einfluß auf die Reinheit der Mahlerzeugnisse ausübt, sofern das Getreide gesund ist. Mahlerzeugnisse aus Durumweizen mit einem bestimmten Anteil an Schrumpfkorn liefern weniger saubere Grieße, auch bereits bei geringeren Ausbeuten. Es ist außerdem vorteilhaft, wenn man den Walzenabstand beim ersten Schrot an die jeweilige Korngröße anpaßt.

## Danksagung

Wir bedanken uns bei Frau Karin Sandmaier für die technische Unterstützung und bei Herrn Trentesaux, Société Panzani (Groupe Danone), für viele Ratschläge und für die Lieferung der Durumweizenproben.

## Literatur

1. Abecassis, J., und P. Feillet : Puret  des semoules de bl  dur, taux de cendres et réglementations. - Industries des Céréales (1985) 36, S. 13 - 18
2. Abecassis, J.: Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. - Industrie des Céréales (1993) 81, S. 25 - 37
3. Chasseary, P.: Caractéristiques physiques des grains et de leurs dérivés. - In : Godon, B., und C. Willm (Coord.): Les industries de première transformation des céréales. - Paris: Tech Doc Lavoisier (1991) S. 105 - 144

## Mahlfähigkeit Durumweizen

4. Dexter, J. E., und S.J. Symons: Aleurone and pericarp fluorescence as estimators of mill stream refinement for various Canadian Wheat Classes. - *Journal of Cereal Science* 23 (1996) S. 73 - 83
5. Fulcher R.G.: Fluorescence microscopy of cereal. - *Food Microstructure* 1972, 1, S. 167 - 175
6. Jensen, S. V. A., L. Munck, und H. Martens: The botanical constituents of wheat and wheat milling fractions. I. Quantification by autofluorescence. - *Cereal Chemistry* 59 (1982) 6, S. 477 - 484
7. Kelfkens, M., und R.J. Hamer: New opportunities to control the quality of wheat flour during milling. - *Communication ICC Congress* 6. Juni 1994 in Lahaye
8. Lempereur, I., X. Rouau, und J. Abecassis: Arabinoxylan and ferulic acid variations in durum wheat (*Triticum durum* L.) grain and distributions in mill streams. - *Journal of Cereal Science* (im Druck)
9. Matsuo, R.R., und J.E. Dexter: Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. - *Canadian Journal of Plant Science* 60 (1980) S. 49 - 53
10. Nuret H., und C. Willm: Réflexions sur la valeur meunière. - *Bulletin de l'école française de meunerie* 183 (1962) S. 75 - 86
11. Pussayanawin, V., D.L. Wetzel, und R.G. Fulcher: Fluorescence detection and measurement of ferulic acid in milling fractions by microscopy and HPLC. - *Journal of Agriculture Food and Chemistry* 36 (1988) 3, S. 515 - 520
12. Scalbert, A., B. Monties, J.Y. Lallemand, E. Guittet und C. Rolando: Ether linkage between phenolic acids and lignin fractions from wheat straw. - *Phytochemistry* 24 (1985) 6, S. 1359-1362
13. Simmons L., und P. Meredith: Width, weight, endosperm, and bran of the wheat grains as determinants of flour milling yield in normal and shrivelled wheats. - *New Zealand Journal of Science* 22 (1979) S. 1 - 10
14. Smith M.M., und R.D. Hartley: Occurrence and nature of ferulic acid substitution of cell wall polysaccharides in graminaceous plants. - *Carbohydrate Research* 118 (1983) S. 65 - 80
15. Symons, S.J., und J.E. Dexter: Computer analysis of fluorescence for the measurement of flour refinement as determined by flour ash content, flour grade color, and tristimulus color measurements. - *Cereal Chemistry* 68 (1991) 5, S. 454 - 460

Anschrift der Verfasser(in): Isabelle Lempereur, M. Chaurand, J. Abecassis und J.C. Autran, Unité de Technologie des Céréales-INRA, (Institut National de la Recherche Agronomique), 2 Place Viala, 34060 Montpellier, Frankreich