

Methodenvergleich zur Messung mechanischer Stärkeschädigung

**Charakterisierung der mechanischen
Stärkeschädigung durch enzymatische
Methode ICC 164 und ICC 172 mit der
SD-Matic von Chopin bei
Weizenmahlerzeugnissen**

03.05.2011

Dana Linke

Hoyerswerdaer Straße 26

12627 Berlin

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	5
2	Material und Methoden.....	7
2.1	Weizensorten	7
2.2	Getreidereinigung.....	8
2.3	Konditionierung des Getreides	8
2.4	Funktionsweise des NIT	8
2.5	Konditionierung und Berechnung der Zugussflüssigkeit.....	8
2.6	Vermahlung auf dem Bühler Mehlautomat MLU 202.....	9
2.7	Vermahlung zum Fallzahlschrot	10
2.8	Herstellung des Schleudermehls 1 und 2.....	11
2.9	Bestimmung des Mineralstoffgehalts der Mahlprodukte.....	11
2.10	Mischen der Mehltypen 550	11
2.11	Charakterisierung der Typenmehle 550	12
2.11.1	Bestimmung des Proteingehalts	12
2.11.2	Partikelgrößenbestimmung	12
2.11.3	Luftstrahlsiebung	13
2.11.4	Wasseraufnahme.....	14
2.11.5	Bestimmung der Stärkeschäden von Mahlerzeugnissen	14
2.12	ICC 164	14
2.13	ICC172	15
3	Ergebnisse.....	15
3.1	Vergleich der beschädigten Stärke mit Methoden ICC 164 und ICC 172 bei verschiedenen Mahlerzeugnissen	15
3.1.1	Untersuchung der Stärkeschädigung und des Mineralstoff- gehaltes zur Charakterisierung der Passagen	16
3.1.2	Mineralstoffgehalt vom Monopol / 0 und Sankara / 2.....	17

3.1.3	Messung der Stärkeschädigung der Passagen vom Weizen ... auf zwei unterschiedlichen Bühler Mahlautomaten.....	18
3.1.4	Beschädigte Stärke [%] der B1 Passage	19
3.1.5	Beschädigte Stärke [%] der C-1 Passage.....	22
3.1.6	Beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage.....	24
3.1.7	Beschädigte Stärke [%] der Typenmehle 550.....	26
3.1.8	Beschädigte Stärke [%] der Fallzahlschrote	29
3.1.9	Vergleich der Methodenmessung ICC 164 und ICC 174	32
3.2	Zusammenhang von Kornhärte bzw. der Partikelverteilung und der nach ICC 164 und ICC172 ermittelten Werte	33
3.2.1	Bezug von Partikelgröße und Kornhärte in Perzentil	33
3.2.2	Luftstrahlsiebung mit prozentualem Anteil > 75 µm und < 75 µm.....	36
3.2.3	Bezug Anteile der Luftstrahlsiebung und der Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	39
3.2.4	Beziehung der Anteile der Luftstrahlsiebung und der Stärke- schäden von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot mit ICC 172 und ICC 164.....	40
3.3	Zusammenhang der Wasseraufnahme bei den Mittelwerten der in den Methoden gemessenen, beschädigten Stärke.....	42
3.4	Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	45
4	Diskussion.....	47
4.1	Wirkung von Mahlfaktoren auf die Höhe an Stärkeschäden in den Passagen.....	47
4.1.1	Einfluss des Mahlautomaten auf die Stärkeschädigung.....	47
4.1.2	Einfluss der Kornhärte auf die Stärkeschädigung	48
4.2	Messung der Stärkeschäden mit ICC 164 und ICC 172 von unterschiedlichen Mahlerzeugnissen	48
4.2.1	Passagenmehle B1, C1 und C3.....	48

4.2.2	Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	49
4.3	Zusammenhang von Kornhärte bzw. der Partikelverteilung und der nach ICC 164 und ICC 172 ermittelten Werte	49
4.3.1	Bezug von Partikelgröße in Perzentil und Kornhärte	49
4.3.2	Luftstrahlsiebung vom Typenmehl 550 und Fallzahl- schrot in Bezug zur Kornhärte	50
4.3.3	Luftstrahlsiebung vom Typenmehl 550 und Fallzahlschrot in Bezug zu den Methoden ICC 172 und ICC 164	50
4.4	Zusammenhang der Wasseraufnahme und Stärkeschäden.....	51
4.5	Vergleich der Stärkeschädigung vom Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	51
5	Zusammenfassung	52
5.1	Problemstellung.....	52
5.2	Material und Methode.....	52
5.3	Ergebnisse	53
5.5	Schlussfolgerung.....	53
5.6	Ausblick.....	54
6	Sammary.....	54
6.1	Problem posed	54
6.2	Material und Method.....	54
6.3	Results	55
6.4	Discussion	55
6.5	Conclusion.....	56
6.6	Outlook.....	56
7	Tabellenverzeichnis	57
8	Diagrammverzeichnis	57
9	Quellen und Literaturnachweis.....	59
10	Versicherung über die eigenständige Erarbeitung	60

1 Einführung

Weizenstärke ist ein Polysaccharid das aus einem Makromolekül aus α -D-Glucose ($C_6H_{10}O_5$) besteht. Die Weizenpflanze lagert als Energielieferant für den Keimling Stärke ein. Sie bildet Stärke aus da sie in Wasser unlöslicher und somit weniger leicht abbaubar ist, als Glucose damit für die Pflanze ein günstiger osmotischer Druck beibehalten bleibt. Dazu werden Glucosemoleküle unterschiedlich miteinander verknüpft. Zum einen durch α -1,4 glykosidische Bindungen, die eine lineare Kette bilden, eine Helixstruktur, die Amylose. Zum anderen werden die linearen Ketten auch noch durch Verknüpfung mit α -1,6 glykosidische Bindungen zum Amylopektin verästelt. Diese beiden Substanzen bilden das Stärkekorn mit einer Proteinhülle, beziehungsweise sind sie durch eine Proteinmatrix geschützt, eingelagert. Die Pflanze bildet so aus der Aleuronschicht des Getreidekorns das Endosperm, den Mehlkörper. Der Keimling kann bei der Keimung durch enzymatische Vorgänge auf die eingelagerte Energie zurückgreifen, bis sich der Spross selbst, durch Photosynthese ernähren kann. Die Stärkekörner besitzen unterschiedliche Formen, in der Überzahl größere linsenförmige und im geringeren Maße runde. Der Verlust der Struktur eines Stärkekorns wird als Verkleisterung bezeichnet. Die Verkleisterung im üblichen Sinne, in der Herstellung von Backwaren, beginnt im Backprozess bei etwa $60^\circ C$. Wasser, das in der Teigphase z.B. in den Proteinen gebunden wurde, wird nun durch Hitze wieder frei. Die Proteine geben es, wenn sie denaturieren, ab. Die schützende Proteinhülle denaturiert um die Stärkekörner herum. Dadurch wird die Schutzfunktion aufgehoben. Das freie Wasser der Proteine, sowie an das Stärkekorn vorher angelagertes Wasser, dringt ins Korn ein. Das Gebilde aus Amylopektin und Amylose beginnt zu quellen. Diese beiden Bestandteile können nun das Wasser an sich binden. Der Prozess ist so stark, dass die Struktur sich verliert und sich unter Beteiligung von Stärke ein Gel bildet. Beim Auskühlen verfestigt sich dieses und bildet so die Gebäckkrume. Die Stärkekörner können auch durch physikalische Einflüsse ihre Struktur verlieren. Dies tritt in unterschiedlicher Stärke, auch bei der Vermahlung von Weizen auf. Durch die strukturelle Veränderung

und die Fähigkeit Wasser auch ohne Hitzeeinwirkung binden zu können, spricht man bei geschädigten Stärkekörnern von einer „kalten Verkleisterung“ [1]. Die Schädigungen der Stärkekörner haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Mehleigenschaften. Eine ist, dass „geschädigte Stärkekörner dann schon bei Temperaturen von 30°C durch α - und β -Amylase abgebaut werden können.“ [1] Die Enzyme dringen leichter und noch vor der Denaturierung der Proteinhülle, zur Amylose und dem Amylopektin vor. Sie werden abgebaut zu Dextrinen, Maltose und auch zu Glucose. Die wiederum der Hefe als Nahrung dienen und das Brotvolumen positiv beeinflussen. Ein anderer Aspekt ist, dass je nach Schädigung die Wasseraufnahmefähigkeit des Mehls erhöht wird. Greer und Steward fanden heraus, „ dass 1g unbeschädigte Stärke 0,44 g und 1g beschädigte Stärke 2,00 g Wasser absorbieren (auf Trockengewicht bezogen)“. [2] Das Vorhandensein geschädigter Stärke wirkt sich somit je nach Mehlqualität und prozentualem Anteil positiv oder negativ auf die Gebäckqualität aus. So können durch die verstärkte Wasserbindfähigkeit höhere Teigausbeuten erzielt werden. Dies ist ein wichtiger Betrachtungspunkt, da für die Bäckereien die Teigausbeuten eine große Rolle in Bezug auf Frischhaltung und Gewinn spielen. Die mechanische Stärkeschädigung wurde daher auch in Bezug gesetzt, bei den selbstgemischten Typenmehlen 550, zur Wasseraufnahme im Vergleich zum bestehenden Proteingehalt der Weizensorten. Um das fortschreitende Wissen über Mehleigenschaften, biochemische und physikalische Vorgänge bei der Gebäckherstellung zu nutzen, ist es erforderlich, bestehende und neue Messmethoden zu überdenken und zu überprüfen. So stellt sich auch in dieser Arbeit die Frage: Ist die ältere übliche Methode zur Stärkeschädigung durch die Methoden ICC 164 vergleichbar mit der neueren ICC 172 in ihren Aussagen über die Höhe der mechanisch beschädigten Stärke. Dabei sollte eine Verbindung zur Müllereipraxis gesucht werden. Auch wichtige Mehleigenschaften für den Bäcker, die im Zusammenhang mit mechanischer Stärkeschädigung stehen, sollten unbedingt betrachtet werden. Einfluss auf die Arbeit hatte daher die übliche Herstellung von Weizenmehl in den Mühlen. Ein zu betrachtender Punkt ist daher, dass in den Mühlen Mischungen einzelner

Mahlprodukte von den Passagen zusammengestellt werden, um ein Mehl mit bestimmtem Aschegehalt zu erzeugen. Daraus ergeben sich folgende Fragen: Wie unterscheiden sich die Getreideerzeugnisse einzelner Passagen hinsichtlich ihrer mechanischen Stärkeschädigung? Gibt es Unterschiede in den Werten zur Stärkeschädigung bei Messung nach ICC 164 und ICC 172 in den Passagemehlen? Ein anderer Punkt sind die Unterschiede in den Getreidesorten bezüglich der Packungsdichte. Dies zog weitere Fragen nach sich: Wenn das Korn zu Mehl vermahlen wird, wie spiegeln sich die unterschiedlichen Eigenschaften des Getreidekorns, hinsichtlich der Kornhärte in Bezug auf die entstehenden Partikelgrößen wieder? Wie hoch ist überhaupt die mechanische Stärkeschädigung, wenn das Mehl in sehr feine und größere Mehlpartikel fraktioniert wird? Gibt es unter diesem Gesichtspunkt Differenzen in den beiden Messmethoden? Labortechnisch wäre es sicher auch günstiger, aufgrund schneller Herstellungsweise, wenn man Rückschlüsse vom Ganzkornschrot auf die Mehltypen 550 in Bezug auf mechanische Stärkeschädigung ziehen könnte. Daher wurde dies in die Arbeit mit einbezogen.

2 Material und Methoden

2.1 Weizensorten

Das zu untersuchende Material bestand aus 26 Winter Weizenweizensorten, aus dem Erntejahr 2009. Für die Untersuchung am Getreide standen repräsentative Proben von mindestens jeweils 2500 g zur Verfügung.

• Tabelle 1 Getreidematerial mit Bezeichnung

Nummer	Sorte	Nummer	Sorte	Nummer	Sorte	Nummer	Sorte
0	Monopol	7	JULIUS	14	Atlantis	20	Hermann
1	Caphorn	8	ESKET	15	Contra	21	Carenius
2	Sankara	9	3953	16	Vergas	22	Meteor
3	Bussard	10	3974	17	Madrid	23	Anthus
4	Batis	11	3975	18	Winnetou	24	Toras
5	TOMMI	12	3985	19	Tabasco	25	Potential
6	TÜRKIS	13	4025				

2.2 Getreidereinigung

Im Voraus wurden die Getreideproben im Labofix und Dockage Tester gereinigt. Die im Labofix befindliche Trommel mit Kerben liest zuerst dort aufgenommene Bestandteile aus, danach werden durch Luftströmung durch ein Sieb Partikel je nach Schwebezustand abgestoßen. Der Dockage reinigt Getreide, da das Material über rotierende sowie starre Siebe geführt wird. Bei den beweglichen Sieben liegt ein Gefälle vor. Sobald das Getreide bzw. kleine Partikel das Sieb durchlaufen, steigen größere auf und fallen am Siebrand in einen Auffangbehälter. Ein zusätzlicher Reinigungseffekt entsteht durch auftretende Reibungskräfte an den Sieben und zwischen dem Material selbst.

2.3 Konditionierung des Getreides

Für die Herstellung des Typenmehls 550 wurden je 1000 g der 26 Getreideproben auf 16 % Feuchtigkeit konditioniert, damit die Schale ihre spröden Eigenschaften verliert. Sie wird durch das Wasser faserig und ein stufenweiser Abbau des Endosperms von der Schale ist möglich. Um die Höhe der Zugussflüssigkeit festzulegen, wurde mittels NIT-Gerät (Omega Analyzer G) die Ausgangsfeuchtigkeit des Kornmaterials ermittelt.

2.4 Funktionsweise des NIT

Die Funktionsweise der NIT-Methode liegt darin, dass infrarote Strahlung (elektromagnetische Wellen) ausgesendet und die Moleküle in der Probe in bestimmte Schwingungsformen versetzt werden. Durch diese Formen wird die Strahlung zum Teil reflektiert, absorbiert und durch die Probe geführt (Transmission). Beim NIT wird diese Transmission gemessen und es können Rückschlüsse auf Inhaltsstoffe und Eigenschaften gezogen werden und ebenso auf die Feuchtigkeit.

2.5 Konditionierung und Berechnung der Zugussflüssigkeit

Durch die Angabe der Ausgangsfeuchtigkeit konnte die Menge der Zugussflüssigkeit nach unten stehender Formel berechnet werden.

$$\text{Flüssigkeit in ml} = \left(\frac{G[g] * (F_F[\%] - F_A[\%])}{100 - F_F[\%]} \right) + 10\% = \left(\frac{1000 \text{ g} * (16\% - 12,7\%)}{100 - 16\%} \right) + 3,9 = 43,2$$

Legende:

G=Gewicht des Getreides das konditioniert werden soll

F_F = zu erreichende Vermahlungsfeuchte des Getreides

F_A = Anfangsfeuchte des Getreides vor der Konditionierung

• **Tabelle 2 Zugussmengen bei Konditionierung der Getreidesorten**

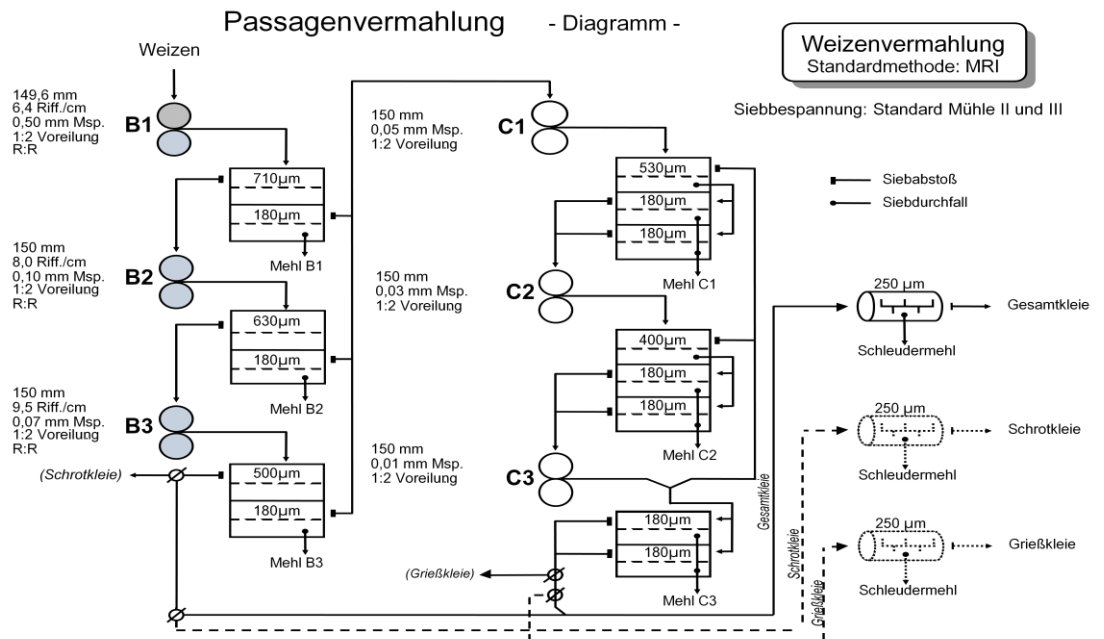
1 kg Getreide							
Konditionierung auf 16 % Getreidefeuchte							
Anfangsfeuchte	Zuguss in ml	Anfangsfeuchte	Zuguss in ml	Anfangsfeuchte	Zuguss in ml	Anfangsfeuchte	Zuguss in ml
12	52,4	13	39,3	14	26,2	15	13,1
12,1	51,1	13,1	38	14,1	24,9	15,1	11,8
12,2	49,8	13,2	36,7	14,2	23,6	15,2	10,5
12,3	48,5	13,3	35,4	14,3	22,3	15,3	9,2
12,4	47,2	13,4	34,1	14,4	21	15,4	7,86
12,5	45,8	13,5	32,7	14,5	19,6	15,5	6,55
12,6	44,5	13,6	31,4	14,6	18,3	15,6	5,24
12,7	43,2	13,7	30,1	14,7	17	15,7	3,93
12,8	41,9	13,8	28,8	14,8	15,7	15,8	2,62
12,9	40,6	13,9	27,5	14,9	14,4	15,9	1,31

Zum Aufnetzen wurde das ortsübliche Leitungswasser (Härtegrad: 14,0° dH) bei ca. 20 °C verwendet. Die Benetzung fand für 20 min im Taumelmischer von der Firma Gebrüder Lodige Type DKM 20 (Motorleistung 1400 u/min, cos 0,77, für 7kg Getreide) statt. Die nun folgende Abstezeit lag zwischen min. 16 und max. 72 Stunden.

2.6 Vermahlung auf dem Bühler Mehlautomat MLU 202

Nun erfolgte die Vermahlung auf dem Bühler Mehlautomat MLU 202 (Durchlaufzeit von 5kg/h), weitere Parameter sind aus dem Mühlen-diagramm zu entnehmen (Diagramm 1), das schematische Vermahlungs-diagramm des am MRI Detmold befindlichen Mahlstuhles MLU 202. Der Schemenverlauf ist von oben links (Materialaufgabe „Weizen“) nach unten rechts zu lesen. Die ersten drei B-Passagen (B1, B2, B3) entstehen auf Riffelwalzen (in der Stellung Rücken an Rücken) mit Mahlspalten zwischen 0,5 bis 0,07mm. In den weiteren drei Passagen(C1,C2,C3) wurden Glattwalzen verwendet mit dem Mahlspalt von 0,05 bis 0,01mm.

Dargestellt wird weiterhin die Siebung. Größere Partikel werden weitergelenkt auf spätere Passagen, kleinere als Passagenmehl ausgeschieden.



- **Diagramm 1** schematisches Vermahlungsdiagramm des am MRI Detmold befindlichen Mahlstuhles MLU 202.

Wie in dem Diagramm 1 sichtbar, erfolgte die Weizenmahlung im Charakter der Hochmüllerei. Deshalb entstanden in den Passagen B1 bis C3, Mehle aus verschiedenen Weizenkornfragmenten. Der Gehalt an Mineralstoffen wurde dadurch geprägt. Die Passagenmehle wurden einzeln ausgewogen und in Plastikdosen abgepackt.

2.7 Vermahlung zum Fallzahlschrot

Das Getreide wurde durch ein Schlagkreuz bei 20.000 u/min einer Prallung unterzogen. Die dabei entstandenen kleinen Partikel verließen die Mahlkammer durch ein Sieb, wenn sie kleiner als 710 µm waren.

2.8 Herstellung des Schleudermehls 1 und 2

Der Abstoß von Grieß- und Schrotkleie wurde weiter verarbeitet zum Schleudermehl 1 und 2. Grieß und Schrotkleie wurden gemeinsam zweimal durch die Kleieschleuder geführt, es entstand Schleudermehl 1. Die Kleieschleuder von Bühler (Lindert/Bülbach) lief beim Schleuderprozess mit 1890 U/min und das Schleudermehl 1 wurde dabei durch ein 250 µm Sieb abgeseibt. Das Schleudermehl 2 wurde, durch Mahlen der Kleie vom Schleudermehl 1 in der Kamas Schlag-Kreuz-Mühle hergestellt. Die Kleie gelangte über eine Vibrationsrinne in die Mühle, wo sie nun einem Schlagkreuz mit 2800 u/min ausgesetzt wurde. Anschließend wurde das Material nochmals in der Kleieschleuder geseibt.

2.9 Bestimmung des Mineralstoffgehalts der Mahlprodukte

Um ein Mehl der Type 550 mischen zu können, wurden die einzelnen Mahlprodukte einer Getreidesorte auf den Aschegehalt in Doppelbestimmung nach ICC –Standard 104/1 untersucht.

2.10 Mischen der Mehltypen 550

Die Mischung erfolgte über den Mineralstoffgehalt von 0,6 g. Dazu wurde das Passagenmehl mit dem Schleudermehl 1 und 2 in entsprechender Menge ergänzt. Die Mengenanteile wurden durch Mischungsrechnen ermittelt.

(Beispielrechnung von Monopol (0/A4))

1. Mischung, benötigtes Schleudermehl 1 in g

$$= \frac{M_{P[g]} * (MG_{T[g]} - MG_{P[g]})}{MG_{S1[g]} - MG_{T[g]}} = \frac{250,00 \text{ g} * (0,6 \text{ g} - 0,4344 \text{ g})}{2,3041 \text{ g} - 0,6 \text{ g}} = 24,2992 \text{ g}$$

bei Bedarf 2. Mischung mit Schleudermehl 2

$$\begin{aligned} \text{Mineralstoffgehalt 1. Mischung} &= \frac{M_{P[g]} * MG_{P[g]} + M_{S1[g]} * MG_{S1[g]}}{M_{P[g]} + M_{S1[g]}} \\ &= \frac{250,00 \text{ g} * 0,4344 \text{ g} + 11,58 \text{ g} * 2,3041 \text{ g}}{250,00 \text{ g} + 11,58 \text{ g}} = 0,5662 \text{ g} \end{aligned}$$

Wenn der Mineralstoffgehalt der 1. Mischung berechnet ist, folgt die eigentliche Berechnung für die Zugabe des Schleudermehls 2.

$$\text{benötigtes Schleudermehl 2 in g} = \frac{(M_P[g] + M_{S1}[g]) * (MG_T[g] - MG_M[g])}{MG_{S2}[g] - MG_T[g]}$$

$$= \frac{(250,0g + 11,58g) * (0,6g - 0,5171g)}{4,3599g - 0,6g} = 5,7802 \text{ g}$$

Legende:

M_P = Mehlmenge Passagenmehl B1 bis C3

M_{S1} = Mehlmenge Schleudermehl 1

M_{S2} = Mehlmenge Schleudermehl 2

MG_P = Mineralstoffgehalt Passagenmehl von B1 bis C3

MG_{S1} = Mineralstoffgehalt Schleudermehl 1

MG_{S2} = Mineralstoffgehalt Schleudermehl 2

MG_T = Mineralstoffgehalt für Type 550

MG_M = Mineralstoffgehalt aus Mischung 1

Die berechneten Anteile wurden auf 0,01 g genau ausgewogen und mechanisch mit einem Handmixer der Firma Bosch gemischt.

2.11 Charakterisierung der Typenmehle 550

2.11.1 Bestimmung des Proteingehalts

Um die Mehle besser beschreiben zu können wurde der Proteingehalt nach ICC-Standard Nr.105/2 untersucht.

2.11.2 Partikelgrößenbestimmung

mit dem Malven Mastersizer 2000

Die Mehlpartikel wurden in zwei Verfahren vermessen. Zum einen im Luftstrom und zum anderen als homogener Fluss in Ethanol. Die Messungen wurden in Dreifachbestimmung an 7 Typenmehlen 550 mit unterschiedlicher Kornhärte ermittelt. (Madrid, 4025, Sankara, Caphorn Julius, Monopol, Batis, Potential). Das Prinzip der Messung besteht darin, dass ein homogener Fluß von dem zu untersuchendem Material im Luftstrom bzw. in Ethanol durch einen Laserstrahl (kohärentes Licht bestimmter Wellenlänge, so dass ein elektromagnetisches Feld entsteht) geführt wird. Die Partikel je nach Größe, es wird davon ausgegangen das die Partikel kugelförmig sind, streuen das Licht. Der Zusammenhang zwischen Partikelgröße und Streuung des Lichts wird zur Berechnung

genutzt. Die Grundlage der Berechnung besteht darin, dass große Mehlteilchen in einem engen Winkel mit großer Intensität und die kleinen mit weitem Winkel und in geringer Intensität streuen. Die vorliegende Streuung wird durch eine Reihe von Detektoren im 0,02° bis 135° Winkel ermittelt. Der Berechnung wird die Maxwell-Gleichung und Mie-Theorie nach ISO 13320-1 zugrunde gelegt, wobei eine Genauigkeit von +/- 1% DV 50 vorliegt. Die Spannbreite der Partikel, die erfasst werden, liegt bei 0,02 µm bis 2000 µm.

2.11.3 Luftstrahlsiebung

Die Luftstrahlsiebung wurde an allen Typenmehlen mit einer Siebung von 75 µm durchgeführt. Die Siebung erfolgte in Doppelbestimmung mit einer maximalen Abweichung von 0,1 g. Diese physikalische Eigenschaft lässt Rückschlüsse zur Kornhärte zu und damit auch zur Griffigkeit. Je mehr Partikel über 75 µm, umso griffiger ist ein Mehl. Das im Siebraum befindliche Mehl wird auf einem Sieb, mit einer Maschengröße von 75 µm, durch eine rotierende Schlitzdüse, aus der Umgebungsluft strömt, durchmischt. Die Umgebungsluft wird angesogen und es entsteht ein Vakuum zur Siebung in der Kammer. Durch das Vakuum werden gleichzeitig die Mehlpartikel unter 75 µm abgesogen. Das Verfahren wird durchgeführt, weil Partikel unter 100 µm zur Agglomeration neigen und bei einer Siebung nicht die Siebmaschen passieren. Das Vakuum wurde mit einer Pumpleistung von 0,011 bar erzeugt. Zur Ermittlung der vorhandenen prozentualen Anteile der Partikelgrößen $\geq 75\mu\text{m}$ sowie $< 75\mu\text{m}$ wurden 20 g Probenmaterial eingewogen und der noch verbliebene Siebsatz ($\geq 75\mu\text{m}$) nach Siebung ausgewogen (auf 0,01 g genau) und berechnet.

Berechnung:

Anteil der Partikelgröße $< 75\mu\text{m}$ in g = 20 [g] - P_{\geq} [g] = 20 g - 12,42 g = 7,58 g

$$\text{Anteil der Partikelgröße } < 75\mu\text{m} \text{ in } \% = \frac{P_{<}[\text{g}] * 100\%}{20[\text{g}]} = \frac{7,58 \text{ g} * 100\%}{20[\text{g}]} = 37,9$$

$$\text{Anteil } \% \text{ der Partikelgröße } \geq 75\mu\text{m} \text{ in } \% = \frac{P_{\geq}[\text{g}] * 100\%}{20[\text{g}]} = \frac{12,42 \text{ g} * 100\%}{20 \text{ g}} = 62,1$$

Legende:

$P_{<}$ = Partikelgröße < 75 μm in g

P_{\geq} = Partikelgröße \geq 75 μm in g

2.11.4 Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme erfolgte über die Messung mit dem Farinografen nach ICC 115.

2.11.5 Bestimmung der Stärkeschäden von Mahlerzeugnissen

Da eine Untersuchung aller Passagen von allen Probegetreidesorten zu aufwendig gewesen wäre, wurden zur Auswahl nur von 2 Getreidesorten die Passagen untersucht. Dazu wurde eine harte (Monopol) und weiche (Sankara) Weizensorte gewählt. Die Mahlerzeugnisse wurden mit den Methoden ICC 164 und ICC 172 auf Stärkeschädigung untersucht. Passagen mit auffälligen Ergebnissen wurden an allen Getreidesorten untersucht. Unter Punkt 3.1.1 sind die Auswahlkriterien erläutert. Danach wurden die eigentlichen Untersuchungen durchgeführt.

2.12 ICC 164

Die ICC Methode 164 wird mit einem Enzym-Kit der Firma Megazyme durchgeführt. Das Prinzip der Methode besteht darin, dass beschädigte Stärkekörner durch das Enzym Pilz- α -Amylase abgebaut werden. Dabei entstehen Zweifachzucker, Maltose, und kurzkettige Glucosemoleküle aus Dextrinen. Die Rahmenbedingungen des Enzyms sind dabei so bestimmt, dass ein möglichst vollständiger Abbau der geschädigten Stärke vorliegt. Dabei sollten intakte Stärkekörner möglichst nicht angegriffen werden. Dies sollte dadurch gewährleistet sein, dass das Enzym in einem Milieu mit einer Temperatur von 40°C exakt 10 min seine Abbauprozesse ausführt und durch pH-Senkung mittels Schwefelsäure gestoppt wird. Nachdem das Probenmaterial filtriert oder zentrifugiert wurde, wird dem Überstand das Enzym Amylglucosidase zugeführt. Durch dieses Enzym werden die Dextrine und Maltose zu Glucose umgewandelt. Der Gehalt an Glucose wird danach bestimmt. Durch die enzymatische Wirkung von

Glucoseoxidase/Peroxidase wird ein Redoxfarbstoff katalysiert. Dadurch ist eine photometrische Auswertung bei 510 nm möglich. Über den Gehalt an Glucose kann der geschädigte Stärkegehalt errechnet werden.

2.13 ICC172

Bei der Methode ICC 172 wurde mit der SD-Matic von Chopin gearbeitet. Das Prinzip der Methode ist, dass geschädigte Stärke schneller Jod absorbiert als ungeschädigte Stärke. Dazu wird eine Lösung aus Borsäure, Kaliumjodid, Natriumthiosulfat und endmineralisiertem Wasser hergestellt. Das Probenmaterial wird in die, auf 35,9°C, erwärmte Lösung gegeben, so dass eine Suspension entsteht. Die Menge an Jod, die in einem bestimmten Zeitraum adsorbiert wurde, wird durch eine amperometrische Titration gemessen. Dabei wird ein elektrochemisch erzeugter Stromfluss, der die Suspension durchdringt, gemessen. Je nach Größe der Jodabsorption verringert sich dieser. Die Stromstärke ist somit umgekehrt proportional zur Menge an Stärkeschädigung. Die Messwerte werden automatisch umgerechnet und nach Einstellung an der SD-Matic auch in Bezug zur enzymatischen Bestimmung in AACCC gesetzt. Der Wert ist dann ablesbar.

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich der beschädigten Stärke mit Methoden ICC 164 und ICC 172 bei verschiedenen Mahlerzeugnissen

Liefern die Methoden ICC 164 und ICC172 die gleichen Aussagen über die Höhe der beschädigten Stärke bei verschiedenen Mahlerzeugnissen und weisen diese die gleiche Genauigkeit bei verschiedenen Mahlerzeugnissen auf? Bei der Verarbeitung von Weizenkorn zu Weizenmehl werden die Parameter zur Vermahlung so abgestimmt, dass möglichst eine Trennung von Schalen und den Partikeln des Mehlkörpers erzielt wird. Damit in den ersten Mahlpässen die hellsten Mehle mit geringstem Aschegehalt erzeugt werden.

Die Stärkekörner werden dabei mechanisch geschädigt. Dazu wurden schon zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, wie von Prof. Dr. P.F. Pelshenke und Dipl.-Chem. G. Hampel. Stärkekörner können demnach Schädigungen wie radiale Spalten oder einen Abrieb besitzen. Auch Quetschungen und Veränderungen in der inneren Struktur treten auf. Die Körner können auch einfach in Stücke brechen sowie durch die mechanische Beanspruchung splintern. Dies wird von der „Konditionierung, dem Walzendruck, Walzengeschwindigkeit, Walzendurchmesser, Speisung, Vermahlungswärme, Voreilung, Riffelung, Zusammensetzung der Passage und Härte des Korn.“ [2] beeinflusst. Es kann für den Grad der Stärkeschädigung verallgemeinert werden. Je trockener das Getreide, um so höher ist die Schädigung. Hinsichtlich der verwendeten Walzen hat die Oberfläche folgenden Einfluss. Polierte und glatte Walzen erzeugen eine geringere Schädigung als geriffelte. Der Durchmesser der Walzen bestimmt den Einzugswinkel des Getreides. Umso größer die Walzen, desto kleiner der Winkel, je enger die Einstellung der Walzen, um so höher ist die Schädigung. Zur Voreilung ist zu sagen, dass sie bei Erhöhung auch zu vermehrten Schäden am Stärkekorn führt.

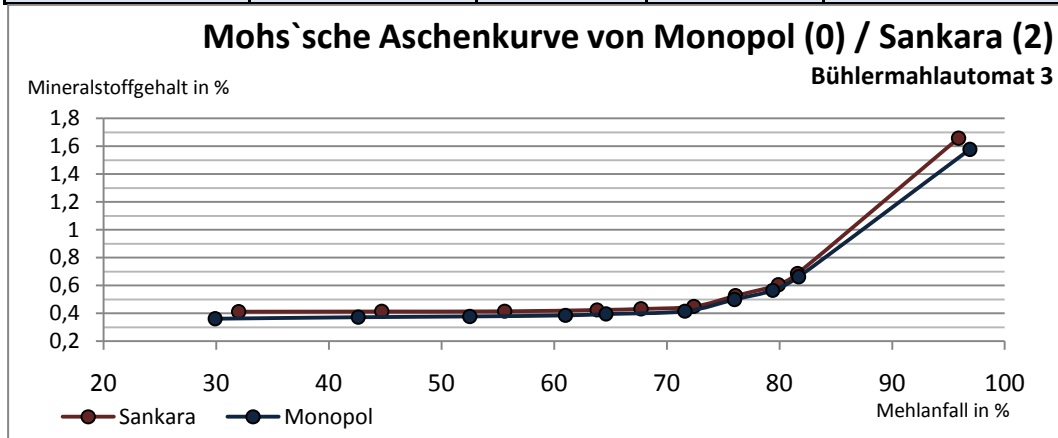
3.1.1 Untersuchung der Stärkeschädigung und des Mineralstoffgehaltes zur Charakterisierung der Passagen (vom Getreide, Monopol (0) und Sankara (2))

Zusätzlich zur Mehlsorte 550 und dem Fallzahlschrot der Getreideproben sollten einzelne Passagen untersucht werden. Um eine Auswahl der Passagen treffen zu können, wurde von einer harten (Monopol) und weichen (Sankara) Weizensorte der Mineralstoffgehalt ermittelt. Eine weitere Charakterisierung erfolgte durch Messung der Stärkeschädigung mit der Methode ICC 172. Das Getreide wurde dazu auf 2 gleichen Bühlermahlautomaten mit identischer Einstellung vermahlen.

3.1.2 Mineralstoffgehalt vom Monopol / 0 und Sankara / 2

- Tabelle 3 Mineralstoffgehalt und Mehlausbeute von Sankara und Monopol

0 Monopol				
Passage	Mineralstoffgehalt % TS	Ausbeute in %	Mehlanfall in %	Mineralstoffgehalt in %
C 1	0,362	29,9	29,9	0,362
C 2	0,398	12,7	42,6	0,373
B 2	0,402	9,9	52,5	0,378
B 1	0,432	8,5	61	0,386
B 3	0,562	3,6	64,6	0,396
C3	0,603	7	71,6	0,416
SM Grießkleie	1,869	4,4	76	0,5
SM Schrotkleie	2,022	3,4	79,4	0,565
Grießkleie	4,015	2,3	81,7	1,572
Schrotkleie	6,498	15,2	96,9	1,578
2 Sankara				
Passage	Mineralstoffgehalt % TS	Ausbeute in %	Mehlanfall in %	Mineralstoffgehalt in %
C 1	0,413	32	32	0,413
B 2	0,417	12,7	44,7	0,414
B 1	0,421	10,9	55,6	0,415
C 2	0,49	8,2	63,8	0,425
B 3	0,553	3,9	67,7	0,432
C3	0,701	4,7	72,4	0,45
SM Grießkleie	2,036	3,7	76,1	0,527
SM Schrotkleie	2,188	3,8	79,9	0,606
Grießkleie	4,454	1,7	81,6	0,686
Schrotkleie	7,206	14,3	95,9	1,658



- Diagramm 2 Mohs'sche Aschenkurve vom Getreide Monopol und Sankara

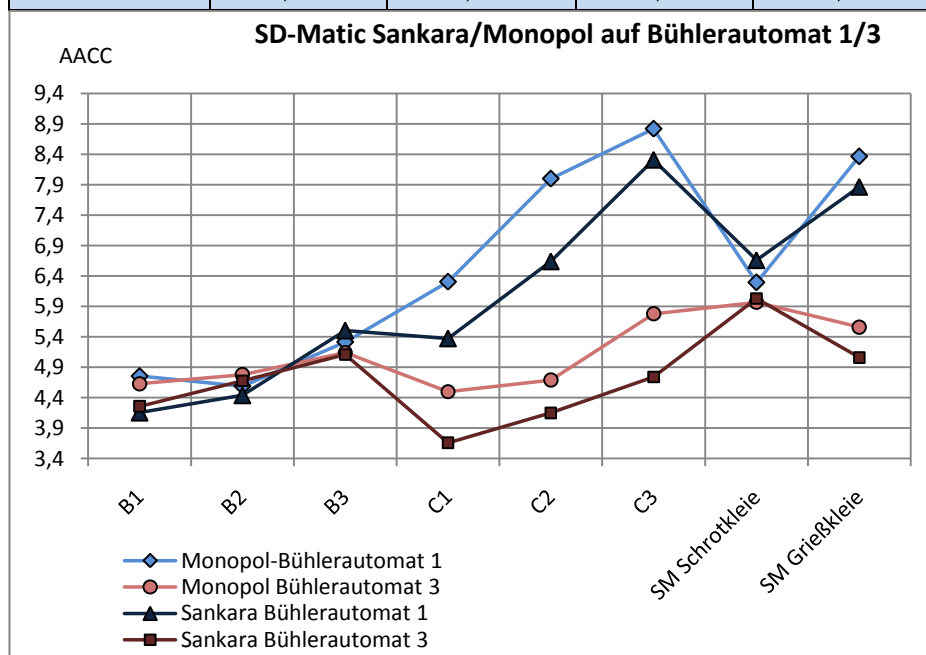
Es ist festzustellen, dass der Mineralstoffgehalt in Prozent bei der weichen Weizensorte Sankara leicht etwas höher liegt, als beim harten Monopol. Die C1 Passage besitzt bei beiden Getreidesorten den geringsten Wert. Ein Unterschied bei den Getreidesorten ist bei den Passagen B1, B2 und

C2 festzustellen. Der Anstieg an Schalenbestandteilen ist bei Monopol von Passage C2 nach B2 und dann gefolgt von B1. Beim Weizen Sankara dagegen erst B2, dann B1 und zum Schluss C2. Nach diesen ist die Reihenfolge in den Passagen wieder gleich. Ob diese Unterschiede reproduzierbar sind und der Grund vielleicht verschiedenen Härte bzw. Packungsdichte sind wäre zu prüfen.

3.1.3 Messung der Stärkeschädigung der Passagen vom Weizen Monopol und Sankara auf zwei unterschiedlichen Bühler Mahlautomaten. (mit gleicher Einstellung mit der Methode ICC 172)

- Tabelle 4 Stärkeschädigung vom Getreide Sankara und Monopol nach ICC 172

Stärkeschädigung nach ICC 172 Mittelwert				
Passage	Bühlerautomat 1		Bühlerautomat 3	
	Monopol	Sankara	Monopol	Sankara
B1	4,755	4,155	4,63	4,26
B2	4,59	4,44	4,78	4,68
B3	5,315	5,505	5,14	5,11
C1	6,305	5,375	4,5	3,66
C2	8	6,64	4,69	4,15
C3	8,82	8,31	5,78	4,74
SM Schrotkleie	6,295	6,66	5,97	6,03
SM Grießkleie	8,365	7,865	5,56	5,06



- Diagramm 3 Stärkeschädigung vom Getreide Sankara und Monopol nach ICC 172 auf Bühlerautomat 1/3

Die Vermahlung auf den Bühlermahlautomaten zeigten einen deutlichen Unterschied in der Höhe der Schädigung von Stärke in den Passagen. Es wurden auch unterschiedliche Werte in den Sorten und im Vergleich der Bühlerautomaten untereinander erfasst. So wurde mit dem Bühlerautomat 1 eine deutlich stärkere Schädigung verursacht, als mit dem Bühlerautomat 3. In den C-Passagen und bei dem Schleudermehl von Grießkleien ist das am deutlichsten zu sehen. Auffällig sind die C1 bis C3 Passagen. Bei Betrachtung dieser Mehlfraktionen scheint es, als könne man Bezüge für die Ursache der Schädigung herauslesen. Die Werte eines Mahlautomaten liegen dort dichter zusammen, als die Sorten zu einander. In den B-Passagen und dem Schleudermehl der Schrotkleie fiel die Streuung innerhalb einer Passage entschieden geringer aus. Unterschiede waren kaum zu erkennen, vor allem in Passage B2 und B3. Weder die Verwendung eines anderen Mahlautomaten, noch die Sortenunterschiede (Kornhärte) lassen wesentliche Mutmaßungen zu. Da in den Passagen B als einzigste B1 eine intensivere Streuung vorzufinden war und die Kornhärte anscheinend dort eine Rolle spielt, wurden diese zur weiteren Untersuchung aller 26 Getreidesorten genutzt. In den C-Passagen wurden die mit der größten Streuung, C1, und die mit der geringsten, C3, ausgewählt.

3.1.4 Beschädigte Stärke [%] der B1 Passage

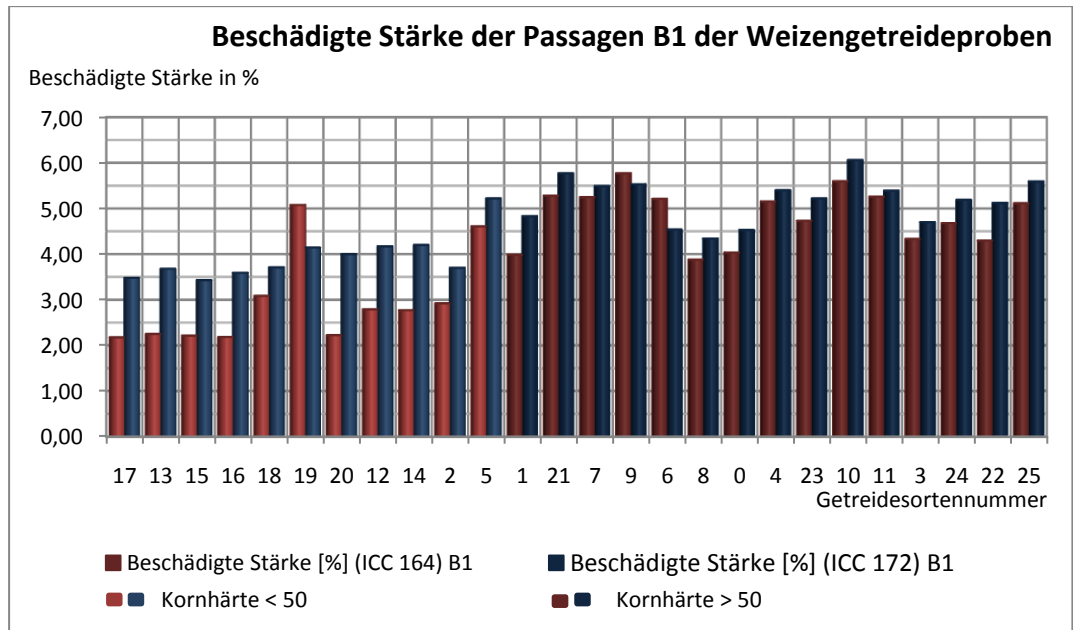
Das Weizenmehl, erzeugt auf der B1 Passage, wurde nach dem ersten Riffelwalzengang abgeseibt und besitzt daher die ersten abgetrennten Fragmente unter 180 µm des Mehlkörpers.

- Tabelle 5 beschädigte Stärke [%] der B1 Passage

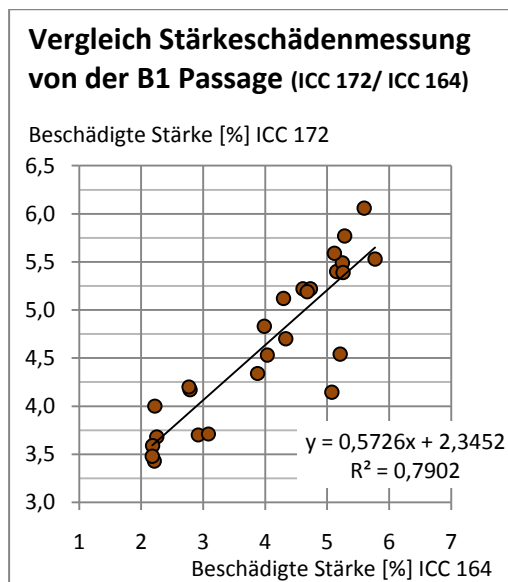
beschädigte Stärke [%] der B1 Passage					
Getreide NR. 7910 /	Getreidesorte	NIRS-Härte	ICC 172	ICC 164	Differenz ICC 172-ICC 164
17	Madrid	40,3	3,48	2,18	1,3
13	4025	41,1	3,68	2,25	1,43
15	Contra	41,7	3,43	2,21	1,22
16	Vergas	42,1	3,59	2,18	1,41
18	Winnetou	42,1	3,71	3,09	0,62
19	Tabasco	43,8	4,15	5,08	-0,93
20	Hermann	44,2	4	2,22	1,78
12	3985	44,7	4,17	2,79	1,38
14	Atlantis	45,7	4,2	2,77	1,43
2	Sankara	48,3	3,7	2,92	0,78
5	TOMMI	49,3	5,22	4,61	0,61
1	Caphorn	51,1	4,83	3,99	0,84
21	Carenius	51,1	5,77	5,28	0,49
7	JULIUS	53,2	5,49	5,25	0,24
9	3953	53,3	5,53	5,77	-0,24
6	TÜRKIS	54,1	4,54	5,21	-0,67
8	ESKET	55,3	4,34	3,88	0,46
0	Monopol	55,4	4,53	4,03	0,5
4	Batis	56	5,4	5,15	0,25
23	Anthus	56	5,22	4,73	0,49
10	3974	56,1	6,06	5,6	0,46
11	3975	56,4	5,39	5,26	0,13
3	Bussard	56,6	4,7	4,33	0,37
24	Toras	56,6	5,19	4,68	0,51
22	Meteor	56,7	5,12	4,3	0,82
25	Potential	59,4	5,59	5,12	0,47

Abweichung: Die Werte der ICC 164 weichen durch eine höhere Stärkeschädigung von den Werten der ICC 172 ab.

Die aufgeführten Mehlsortensorten der B1 Passage sind aufsteigend sortiert nach der Kornhärte des Getreides, wobei die Getreidesorten mit einer Kornhärte < 50 heller dargestellt sind.



• Diagramm 4 Beschädigte Stärke der B1 Passage nach ICC 164 & ICC 172



• Diagramm 5 Vergleich der Stärkeschäden der B1 Passage von ICC 164 & ICC 172

In der Passage wurde zwischen den beiden Methoden ICC 164 und ICC 172 eine Korrelation von 0,7902 erreicht. Die Differenzen der Schädigung der Stärke innerhalb einer Getreidesorte zwischen den Methoden befanden sich zwischen 0,13 und 1,78. Auffällig ist, dass die amperometrische Methode meist höhere Schädigungen der Proben ermittelte, als die enzymatische Bestimmung ICC 164. Lediglich 3 Getreidesorten (Tabasco, 3953, Türkis) von den 26, wiesen höhere Werte, enzymatisch gemessen, aus. Die Tendenz ist festzustellen, dass die härteren Getreidesorten geringere Differenzen in den Methoden

untereinander, aufwiesen. Ein deutlich höherer Schaden der Stärke, zeigte sich mit höherer Packungsdichte.

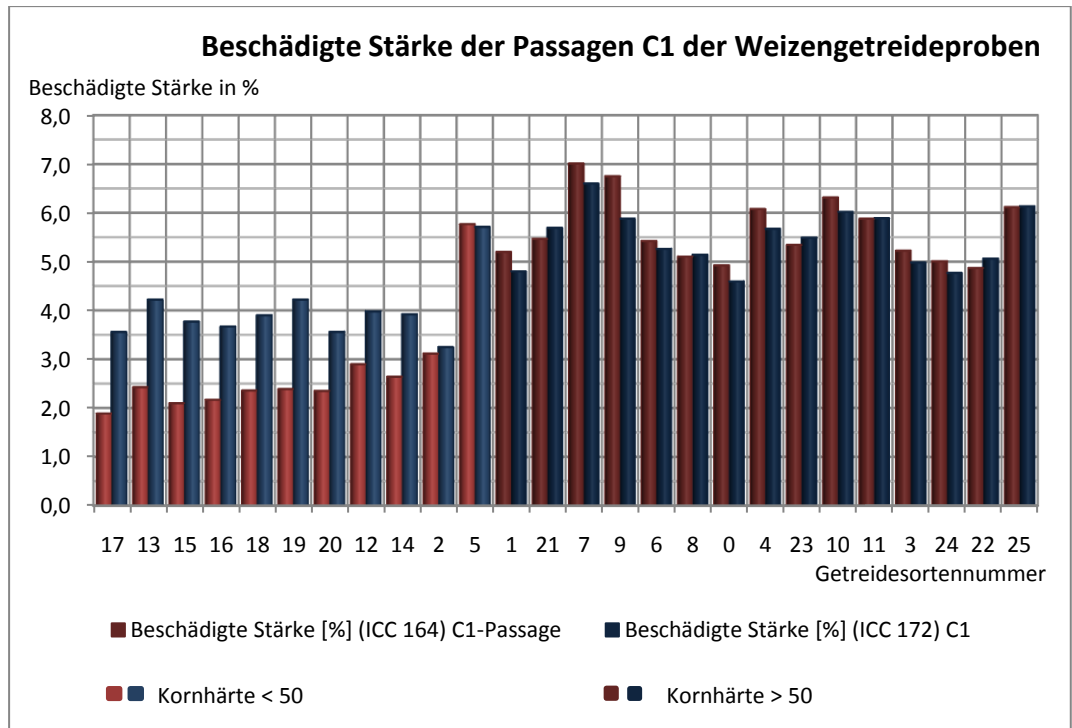
3.1.5 Beschädigte Stärke [%] der C-1 Passage

Das Mehl der C1 Passage ist das erste, das nach einem Glattwalzengang gewonnen wird. Das zu vermahlende Material wurde gewonnen, in dem nach jedem der drei Riffelwalzengänge größere Partikel (ab 180 µm bis max. 710 µm) abgesiebt wurden.

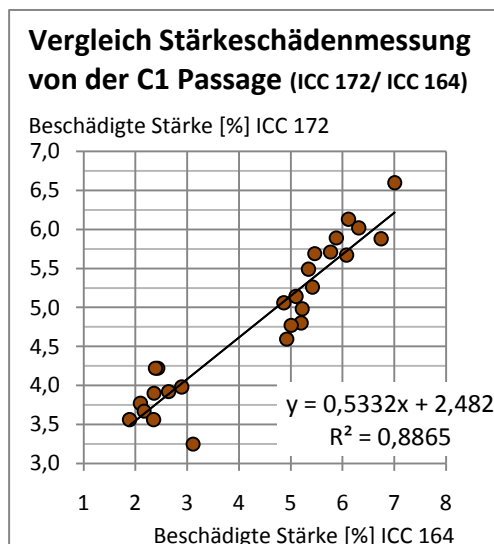
- Tabelle 6 beschädigte Stärke [%] der C-1 Passage

beschädigte Stärke [%] der C-1 Passage					
Getreide NR. 7910 /	Getreidesorte	NIRS-Härte	ICC 172	ICC 164	Differenz ICC 172-ICC 164
17	Madrid	40,3	3,56	1,89	1,67
13	4025	41,1	4,22	2,43	1,79
15	Contra	41,7	3,77	2,1	1,67
16	Vergas	42,1	3,67	2,17	1,5
18	Winnetou	42,1	3,9	2,36	1,54
19	Tabasco	43,8	4,22	2,39	1,83
20	Hermann	44,2	3,56	2,35	1,21
12	3985	44,7	3,98	2,9	1,08
14	Atlantis	45,7	3,92	2,64	1,28
2	Sankara	48,3	3,25	3,11	0,14
5	TOMMI	49,3	5,71	5,77	-0,06
1	Caphorn	51,1	4,8	5,2	-0,4
21	Carenius	51,1	5,69	5,46	0,23
7	JULIUS	53,2	6,6	7,01	-0,41
9	3953	53,3	5,88	6,75	-0,87
6	TÜRKIS	54,1	5,26	5,42	-0,16
8	ESKET	55,3	5,14	5,1	0,04
0	Monopol	55,4	4,59	4,92	-0,33
4	Batis	56	5,67	6,08	-0,41
23	Anthus	56	5,49	5,34	0,15
10	3974	56,1	6,02	6,31	-0,29
11	3975	56,4	5,89	5,88	0,01
3	Bussard	56,6	4,98	5,22	-0,24
24	Toras	56,6	4,77	5,01	-0,24
22	Meteor	56,7	5,06	4,87	0,19
25	Potential	59,4	6,13	6,12	0,01

Die aufgeführten Mehlsortensorten der C1 Passage sind aufsteigend sortiert nach der Kornhärte des Getreides, wobei die Getreidesorten mit einer Kornhärte < 50 heller dargestellt sind.



- Diagramm 6 Beschädigte Stärke der C1 Passage nach ICC 164 & ICC 172



- Diagramm 7 Vergleich der Stärkeschäden der C1 Passage von ICC 164 & ICC 172

In der Passage wurde zwischen den beiden Methoden ICC 164 und ICC 172 eine Korrelation von 0,8865 erreicht. Die Differenzen der Schädigung der Stärke innerhalb einer Getreidesorte zwischen den Methoden

befanden sich zwischen 0,01 und 1,83. Anders als in der Passage B1 wurden mit der ICC 164 Methode keine höheren Schädigungen ermittelt, als mit der amperometrischen. Festzustellen ist, wie bei den Mehlen von C1, dass die härteren Getreidesorten geringere Differenzen in den Methoden untereinander aufwiesen. Deutlich ist auch wieder der Anstieg der Stärkeschädigungen bei stärkerer Kornhärte. Im Diagramm zum Vergleich der Methoden wurde sichtbar, dass die Verteilung auf der Trendlinie eher im oberen oder unteren Bereich zu finden ist, so dass, um den Punkt 4/4,5 (X-Achse / Y-Achse) keine Werte ermittelt wurden.

3.1.6 Beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage

Das Mehl, das in der C3 Passage abgestoßen wurde, liegt in der Partikelgröße unter 180 µm. Es wurde nach 3 Riffel- und 3 Glattwalzengängen gewonnen.

- Tabelle 7 beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage

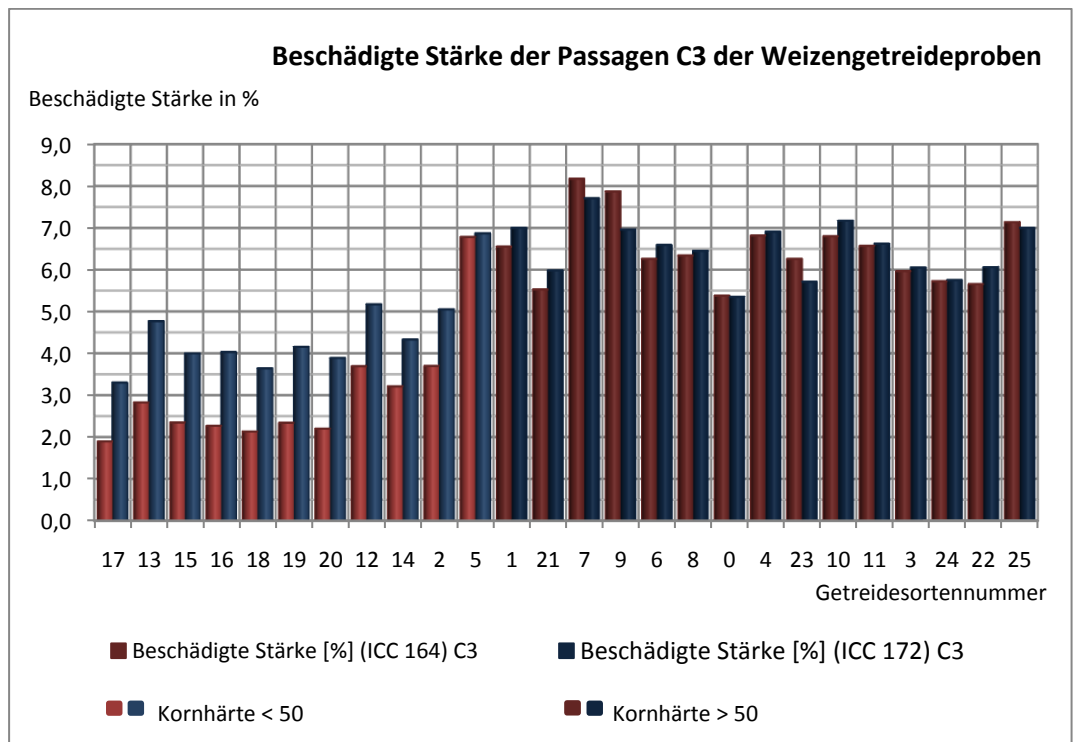
beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage					
Getreide NR. 7910 /	Getreidesorte	NIRS-Härte	ICC 172	ICC 164	Differenz ICC 172-ICC 164
17	Madrid	40,3	3,3	1,89	1,41
13	4025	41,1	4,77	2,83	1,94
15	Contra	41,7	4	2,35	1,65
16	Vergas	42,1	4,03	2,27	1,76
18	Winnetou	42,1	3,64	2,13	1,51
19	Tabasco	43,8	4,16	2,34	1,82
20	Hermann	44,2	3,89	2,2	1,69
12	3985	44,7	5,17	3,69	1,48
14	Atlantis	45,7	4,33	3,21	1,12
2	Sankara	48,3	5,05	3,7	1,35
5	TOMMI	49,3	6,87	6,78	0,09
1	Caphorn	51,1	7	6,55	0,45
21	Carenius	51,1	5,98	5,53	0,45
7	JULIUS	53,2	7,71	8,18	-0,47
9	3953	53,3	6,96	7,87	-0,91
6	TÜRKIS	54,1	6,59	6,26	0,33
8	ESKET	55,3	6,45	6,34	0,11
0	Monopol	55,4	5,35	5,38	-0,03
4	Batis	56	6,91	6,82	0,09

- Tabelle 8 Weiterführung beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage

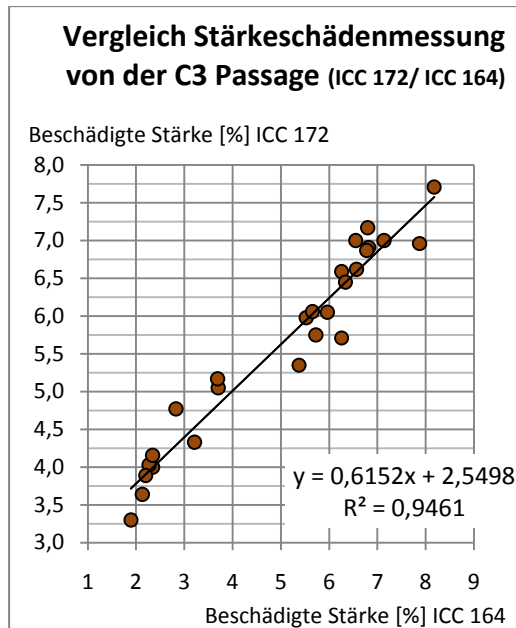
beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage					
Getreide NR. 7910 /	Getreidesorte	NIRS-Härte	ICC 172	ICC 164	Differenz ICC 172-ICC 164
23	Anthus	56	5,71	6,26	-0,55
10	3974	56,1	7,17	6,8	0,37
11	3975	56,4	6,62	6,57	0,05
3	Bussard	56,6	6,05	5,96	0,09
24	Toras	56,6	5,75	5,73	0,02
22	Meteor	56,7	6,06	5,65	0,41
25	Potential	59,4	7,00	7,14	-0,14

Abweichung: Die Werte der ICC 164 weichen durch eine höhere Stärkeschädigung von den Werten der ICC 172 ab.

Die aufgeführten Mehlsortensorten der C3 Passage sind aufsteigend sortiert nach der Kornhärte des Getreides, wobei die Getreidesorten mit einer Kornhärte < 50 heller dargestellt sind.



- Diagramm 8 Beschädigte Stärke der C3 Passage nach ICC 164 & ICC 172



- **Diagramm 9 Vergleich der Stärkeschäden der C3 Passage von ICC 164 & ICC 172**

In der Passage wurde in den beiden Methoden ICC 164 und ICC 172 die höchste Korrelation von 0,9461 erreicht. Im Vergleich der Methoden ist bei dieser Passage die Übereinstimmung am höchsten. Die Differenzen der Schädigung der Stärke innerhalb einer Getreidesorte zwischen den Methoden befanden sich zwischen 0,02 und 1,81. Auffällig ist, dass die amperometrische Methode meist höhere Schädigungen innerhalb eines Getreides maß, als die enzymatische Bestimmung ICC 164. Lediglich 5 Getreidesorten (Julius , 3953, Monopol, Anthus, Potential) von den 26, wiesen höhere Werte, enzymatisch gemessen, aus. Die Tendenz ist festzustellen, dass die härteren Getreidesorten geringere Differenzen in den Methoden untereinander aufwiesen. Ein deutlicher Anstieg der Schäden am Stärkekorn zeigt sich bei höherer Packungsdichte.

3.1.7 Beschädigte Stärke [%] der Typenmehle 550

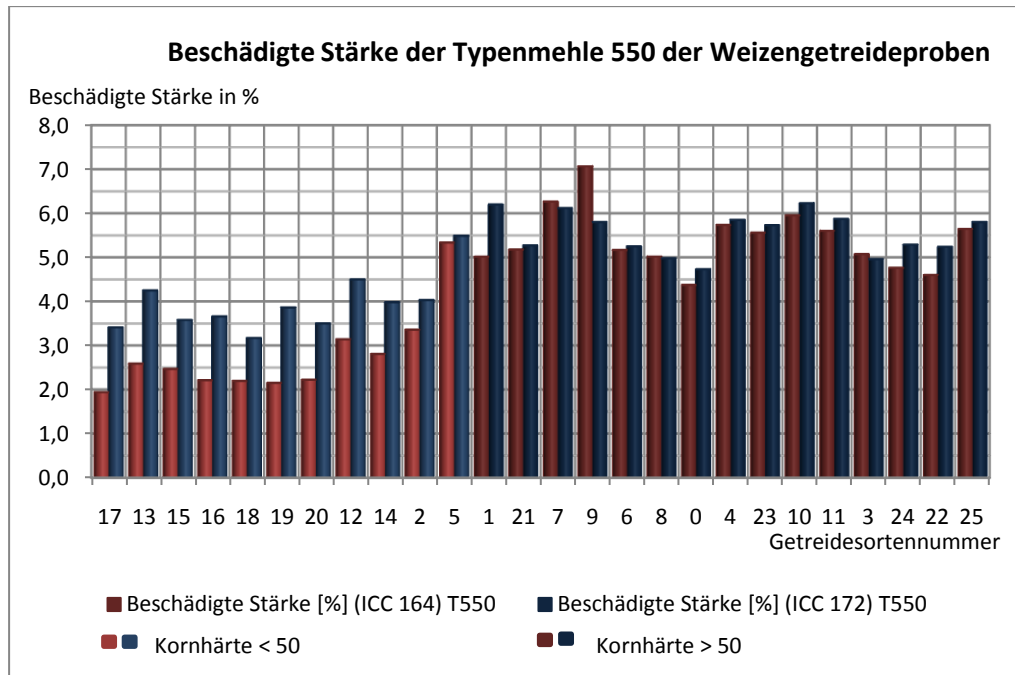
Beachtung sollte bei Bewertung der Werte finden, dass die selbst-gemischten Typenmehle unterschiedliche Mengen von Material der einzelnen Passagen aufweisen. Der Grund ist, dass die verwendeten Anteile für die Mischung sich nach Mineralstoffgehalt und Menge richten, die zur Verfügung standen. Dadurch können sich Tendenzen einzelner Passagen widerspiegeln, die hochprozentig in der Mischung vorlagen.

• Tabelle 9 beschädigte Stärke [%] der 550 Typenmehle

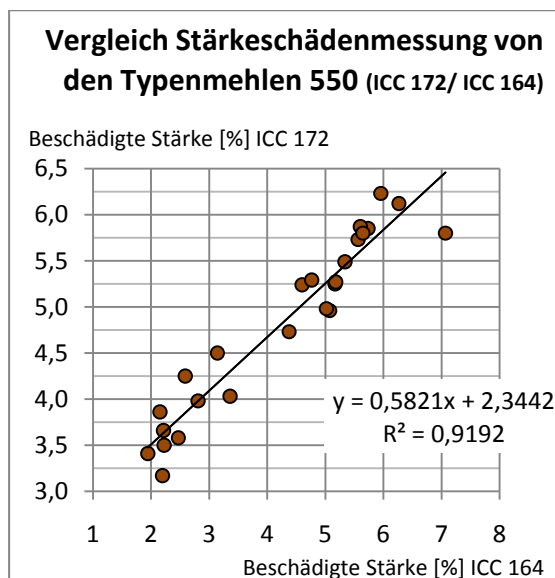
beschädigte Stärke [%] der 550 Typenmehle					
Getreide NR. 7910 /	Getreidesorte	NIRS-Härte	ICC 172	ICC 164	Differenz ICC 172-ICC 164
17	Madrid	40,3	3,41	1,94	1,47
13	4025	41,1	4,25	2,59	1,66
15	Contra	41,7	3,58	2,47	1,11
16	Vergas	42,1	3,66	2,21	1,45
18	Winnetou	42,1	3,17	2,19	0,98
19	Tabasco	43,8	3,86	2,15	1,71
20	Hermann	44,2	3,5	2,22	1,28
12	3985	44,7	4,5	3,14	1,36
14	Atlantis	45,7	3,98	2,81	1,17
2	Sankara	48,3	4,03	3,36	0,67
5	TOMMI	49,3	5,49	5,34	0,15
1	Caphorn	51,1	6,2	5,02	1,18
21	Carenius	51,1	5,27	5,18	0,09
7	JULIUS	53,2	6,12	6,26	-0,14
9	3953	53,3	5,8	7,07	-1,27
6	TÜRKIS	54,1	5,25	5,17	0,08
8	ESKET	55,3	4,98	5,02	-0,04
0	Monopol	55,4	4,73	4,37	0,36
4	Batis	56	5,85	5,73	0,12
23	Anthus	56	5,73	5,56	0,17
10	3974	56,1	6,23	5,95	0,28
11	3975	56,4	5,87	5,6	0,27
3	Bussard	56,6	4,96	5,07	-0,11
24	Toras	56,6	5,29	4,76	0,53
22	Meteor	56,7	5,24	4,6	0,64
25	Potential	59,4	5,8	5,65	0,15

Abweichung: Die Werte der ICC 164 weichen durch eine höhere Stärkeschädigung von den Werten der ICC 172 ab.

Die aufgeführten Typenmehle sind aufsteigend sortiert nach der Kornhärte des Getreides, wobei die Getreidesorten mit einer Kornhärte < 50 heller dargestellt sind.



• Diagramm 10 Beschädigte Stärke der Typenmehle 550 nach ICC 164 & ICC 172



• Diagramm 11 Vergleich der Stärkeschäden der Typenmehle 550 von ICC 164 & ICC 172

In den Typenmehlen wurde in den beiden Methoden ICC 164 und ICC 172 eine Korrelation von 0,9192 erreicht. Die Differenzen der Schädigung der Stärke innerhalb einer Getreidesorte, zwischen den Methoden befanden sich zwischen 0,04 und 1,71. In der Passage wurde genauso wie bei B1 und C3 mit der ICC 172 Methode, eine höhere Schädigung ermittelt, als mit der enzymatischen. Ausnahmen sind die 4 Getreidesorten Julius, 3953, Esket, Bussard. Weiterhin ist festzustellen, dass bei den Mehlen der einzelnen Passagen die härteren Getreidesorten geringere

Differenzen in den Methoden untereinander aufwiesen. Deutlich ist auch wieder der Anstieg der Stärkeschädigungen mit Anstieg der Kornhärte.

3.1.8 Beschädigte Stärke [%] der Fallzahlschrote

Die Fallzahlschrote sind als Vollkornmehl zu betrachten. Das ganze Getreidekorn wurde durch Prallbeanspruchung zu Mehl vermahlen.

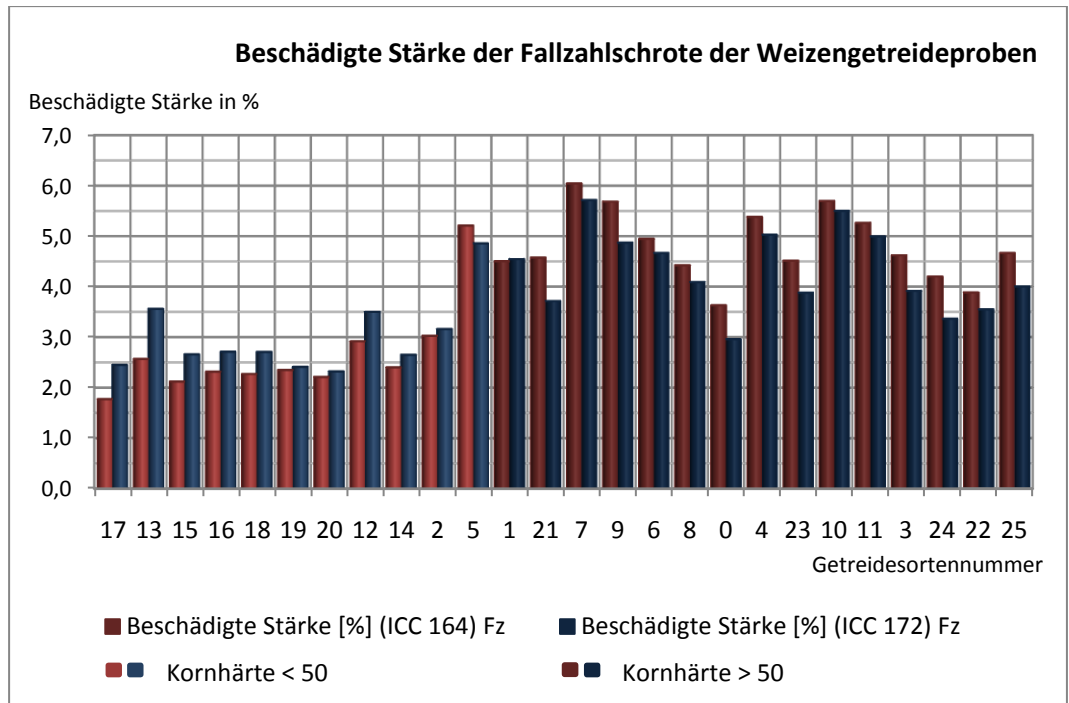
- Tabelle 10 beschädigte Stärke [%] der Fallzahlschrote

beschädigte Stärke [%] der Fallzahlschrote					
Getreide NR. 7910 /	Getreidesorte	NIRS-Härte	ICC 172	ICC 164	Differenz ICC 172-ICC 164
17	Madrid	40,3	2,45	1,77	0,68
13	4025	41,1	3,56	2,57	0,99
15	Contra	41,7	2,66	2,12	0,54
16	Vergas	42,1	2,71	2,32	0,39
18	Winnetou	42,1	2,71	2,27	0,44
19	Tabasco	43,8	2,41	2,35	0,06
20	Hermann	44,2	2,32	2,21	0,11
12	3985	44,7	3,5	2,92	0,58
14	Atlantis	45,7	2,65	2,4	0,25
2	Sankara	48,3	3,16	3,03	0,13
5	TOMMI	49,3	4,86	5,21	-0,35
1	Caphorn	51,1	4,55	4,5	0,05
21	Carenius	51,1	3,72	4,57	-0,85
7	JULIUS	53,2	5,72	6,04	-0,32
9	3953	53,3	4,87	5,68	-0,81
6	TÜRKIS	54,1	4,67	4,95	-0,28
8	ESKET	55,3	4,09	4,42	-0,33
0	Monopol	55,4	2,96	3,63	-0,67
4	Batis	56	5,03	5,38	-0,35
23	Anthus	56	3,88	4,51	-0,63
10	3974	56,1	5,5	5,7	-0,2
11	3975	56,4	5	5,26	-0,26
3	Bussard	56,6	3,92	4,62	-0,7
24	Toras	56,6	3,37	4,2	-0,83
22	Meteor	56,7	3,55	3,88	-0,33
25	Potential	59,4	4,01	4,67	-0,66

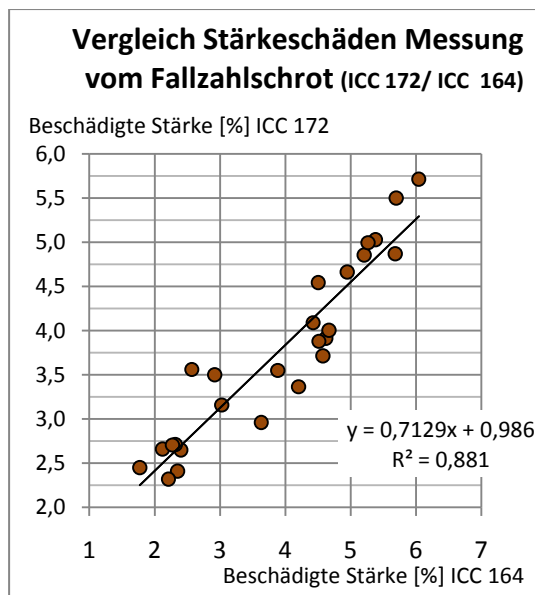


Scheitelpunkt-Härtegrad in der Differenz ICC 164 und ICC 172

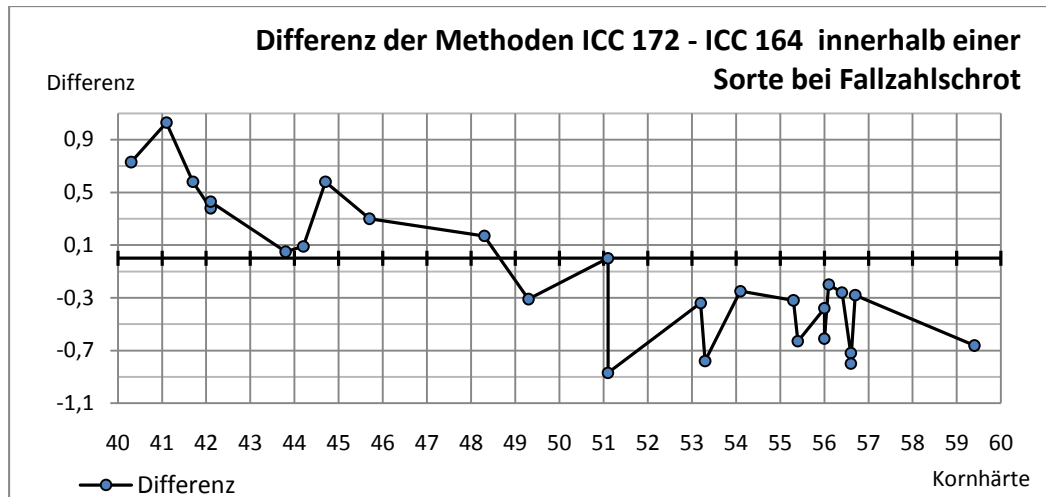
Die aufgeführten Fallzahlschrote sind aufsteigend sortiert nach der Kornhärte des Getreides, wobei die Getreidesorten mit einer Kornhärte < 50 heller dargestellt sind.



• Diagramm 12 Beschädigte Stärke der Fallzahlschrote nach ICC 164 & ICC 172



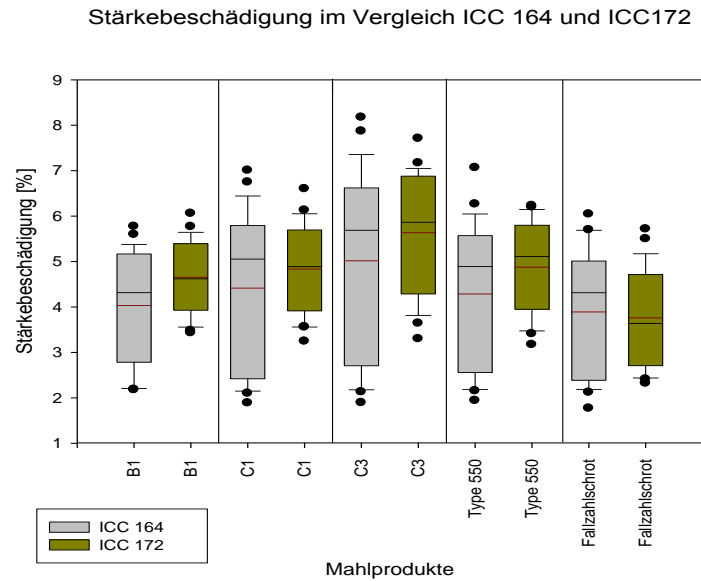
• Diagramm 13 Vergleich der Stärkeschäden der Fallzahlschrote von ICC 164 & ICC 172



- **Diagramm 14 Differenz der Methoden ICC 172- ICC 164 in Bezug zur Kornhärte innerhalb des Fallzahlschrots**

In den Fallzahlschroten wurde zwischen den beiden Methoden ICC 164 und ICC 172 eine Korrelation von 0,881 erreicht. Die Differenzen der Schädigung der Stärke innerhalb einer Getreidesorte, zwischen den Methoden, befanden sich zwischen 0,04 und 0,99. Diese Spanne ist gegenüber den Passagen- und Typenmehlen deutlich geringer. Die Korrelation ist trotzdem geringer, da die Methoden einen stetigen Unterschied besitzen. Die härteren Getreidesorten besitzen keine geringere Differenz. Der Unterschied zwischen weichem und hartem Weizenkorn besitzt nur noch die Bedeutung, dass der Grad der Stärkeschädigungen bei stärkerer Kornhärte höher ist. Interessant ist, dass bei den weichen Weizensorten bis ca. zur Härte 49 - 51 die Methode ICC 172 stets einen höheren Schädigungsgrad ermittelt. Ab dieser Scheitelgröße weist die enzymatische ICC 164 Methode einen höheren Schädigungsgrad innerhalb einer Sorte auf.

3.1.9 Vergleich der Methodenmessung ICC 164 und ICC 174 von beschädigter Stärke [%] der Mahlerzeugnisse



- **Diagramm 15 Vergleich der Methodenmessung ICC 164 und ICC 174 von beschädigter Stärke [%] der zu betrachtenden Mahlerzeugnisse**

Im Vergleich der Mahlerzeugnisse untereinander ist festzustellen, dass die Passage C3 die stärkste Stärkeschädigung aufweist, mit durchschnittlich 5,6 % mit der SD Matic von Chopin und bei der enzymatischen Methode von 5,0 % . Die geringsten Schädigungen entstanden in der Fallzahlmühle. Wobei dort die Methode ICC 172 durchschnittlich 3,8 % und ICC 164 3,9 % nicht mehr intakte Stärkekörner maß. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass die Methode ICC 172 häufig einen höheren Wert an Schädigung misst, als die Methode ICC 164, wie in dem Diagramm Abbildung 15 sichtbar. Die Plots mit der Enzym- Methode decken eine größere Fläche ab. Damit ergibt sich auch für die Getreidesorten das Bild, dass sie in der Vermahlung sehr unterschiedlich stark geschädigt wurden. Es zeigten sich auch bei dieser Messung stärkere Ausreißerwerte unter den Sorten, die den Eindruck noch verstärken. Hingegen mit der amperometrischen ICC 172 zeigen die Plots eine geringere Fläche mit nicht so starken Ausreißerwerten. Eine stärkere Schädigung wurde meist ermittelt, demnach würde mit dieser Methode die Getreidesorten vollkommen anders bewertet werden. Die Schädigung,

ausgenommen die Fallzahlschrote, würden demnach auf dem Bühlerautomat bei der Vermahlung stärker ausfallen. Das Fallzahlschrot nimmt eine Sonderstellung ein. Wie schon unter Punkt 3.1.8 beschrieben, ist eine Abhängigkeit zwischen der Methode und Kornhärte. Die Werte der Schädigung sind aber bei beiden Messmethoden geringer. Somit ist die Prallung schonender als die Wirkung von Schnitt, Reibung, Schärung und Quetschung zusammen.

3.2 Zusammenhang von Kornhärte bzw. der Partikelverteilung und der nach ICC 164 und ICC172 ermittelten Werte

Weizenmehl ist in seinen Eigenschaften ein vielseitiges, natürliches Produkt. Diese Vielseitigkeit entsteht nicht nur durch die Sortenvielfalt des Weizens. Sie ist auch geprägt von den Umweltbedingungen, die die Weizenpflanze während des Wachstums vorfindet. So gibt es je nach Nährstoffgrundlage und Klimabedingungen Unterschiede. Der Weizen hat so selbst innerhalb einer Sorte, mitunter Schwankungen in der Korngröße, sowie in den Mengengehalten der Inhaltsstoffe sowie in dessen Strukturaufbau. Daraus ergibt sich die Packungsdichte, sie ist eine mahltechnologisch wichtige Größe. Die Vermahlung selbst ist auch ein mehlspezifischer Punkt, dabei ist der Ausmahlungsgrad von Bedeutung. Er bestimmt, wie viel und was vom Getreidekorn später als Mehl genutzt wird. Es entsteht eine Wechselbeziehung zwischen den vorliegenden Eigenschaften des Korns und dem Einfluss, den die mechanische Beanspruchung ausübt. Wenn Messmethoden zur Stärkeschädigung untersucht werden, muss Beachtung finden, welcher Zusammenhang zwischen der Kornhärte sowie der Partikelverteilung besteht und der nach ICC 164 und ICC 172 ermittelten Werte der beschädigten Stärke.

3.2.1 Bezug von Partikelgröße und Kornhärte in Perzentil

Um die Partikelgröße besser darstellen zu können werden die ermittelten Werte statistisch betrachtet, als Lagemaß in Form des Perzentils. Das Perzentil spiegelt Prozenstränge wieder. Die einzelne Partikelgrößen-

verteilung wird in 100 gleich große Teile zerlegt, so entspricht das Perzentil 0,1 10 Segmenten. Die Segmente spiegeln 10 % aller Fälle der Verteilung wider.

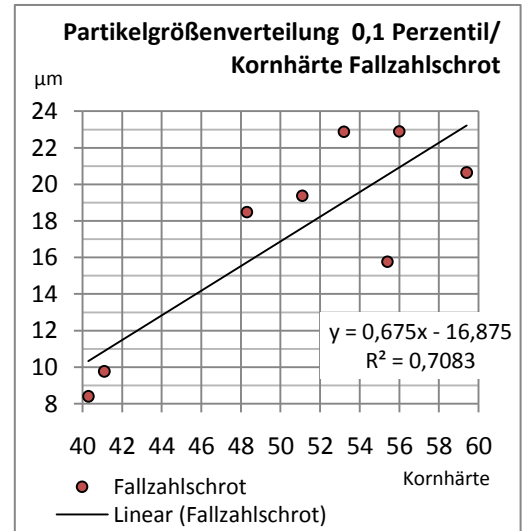
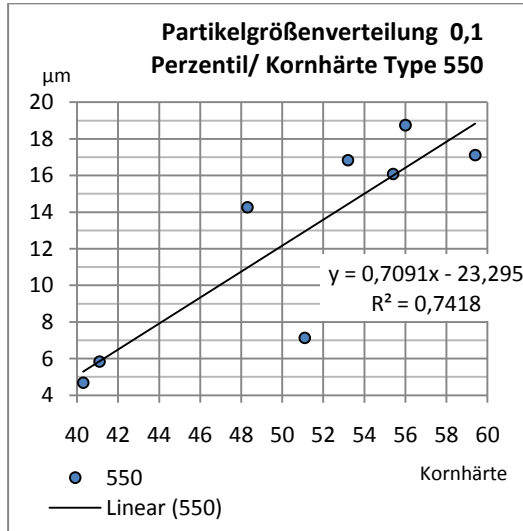
• Tabelle 11 Partikelgrößenverteilung 0,1 ; 0,5 und 0,9 Perzentil

Partikelgrößenverteilung 0,1 Perzentil								
Art der Messung		in Luftstrom			in Ethanol		Mittelwert	
Probenmaterial	NIRS-Härte	Type 550	Fallzahl-schrot	Type 550	Fallzahl-schrot	Type 550	Fallzahl-schrot	
17	Madrid	40,3	5,95	11,02	3,43	5,79	4,69	8,40
13	4025	41,1	7,48	12,12	4,19	7,42	5,84	9,77
2	Sankara	48,3	13,61	22,33	14,91	14,64	14,26	18,49
1	Caphorn	51,1	14,26	26,10		12,65	7,13	19,37
7	JULIUS	53,2	17,42	26,79	16,26	18,98	16,84	22,88
0	Monopol	55,4	15,72	22,33	16,44	9,21	16,08	15,77
4	Batis	56,0	17,80	29,76	19,70	16,03	18,75	22,90
25	Potential	59,4	16,88	26,09	17,36	15,21	17,12	20,65
Partikelgrößenverteilung 0,5 Perzentil								
Art der Messung		in Luftstrom			in Ethanol		Mittelwert	
Probenmaterial	NIRS-Härte	Type 550	Fallzahl-schrot	Type 550	Fallzahl-schrot	Type 550	Fallzahl-schrot	
17	Madrid	40,3	22,79	129,18	25,67	49,28	24,23	89,23
13	4025	41,1	32,30	139,64	34,31	76,02	33,31	107,83
2	Sankara	48,3	62,19	167,71	63,71	95,95	62,95	131,83
1	Caphorn	51,1	63,17	185,07		112,17	31,58	148,62
7	JULIUS	53,2	81,25	201,93	85,74	147,94	83,50	174,94
0	Monopol	55,4	73,28	182,40	73,81	79,39	73,55	130,89
4	Batis	56,0	77,13	193,14	86,21	95,98	81,67	144,56
25	Potential	59,4	78,90	198,63	83,09	137,71	81,00	168,17
Partikelgrößenverteilung 0,9 Perzentil								
Art der Messung		in Luftstrom			in Ethanol		Mittelwert	
Probenmaterial	NIRS-Härte	Type 550	Fallzahl-schrot	Type 550	Fallzahl-schrot	Type 550	Fallzahl-schrot	
17	Madrid	40,3	115,35	545,61	107,01	360,19	111,18	452,90
13	4025	41,1	129,43	520,22	137,01	419,86	133,22	470,04
2	Sankara	48,3	143,28	559,32	146,74	315,22	145,01	437,27
1	Caphorn	51,1	130,96	514,93		384,68	130,96	449,81
7	JULIUS	53,2	156,65	505,23	186,71	513,74	171,68	509,49
0	Monopol	55,4	165,82	508,53	169,51	280,28	167,66	394,41
4	Batis	56,0	153,45	515,79	181,50	294,83	167,48	405,31
25	Potential	59,4	156,20	509,19	177,26	511,31	166,73	510,25

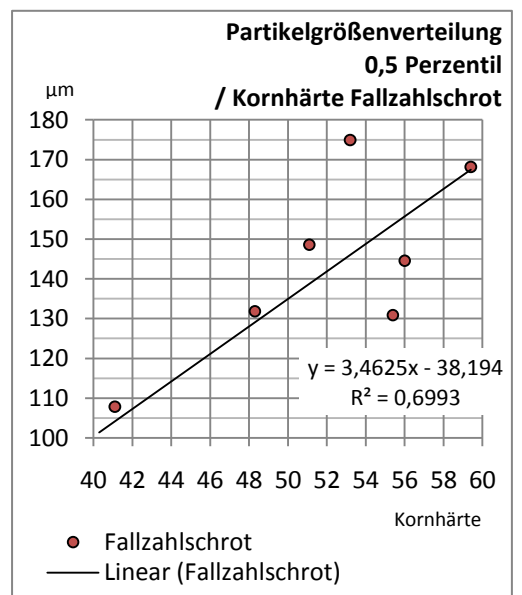
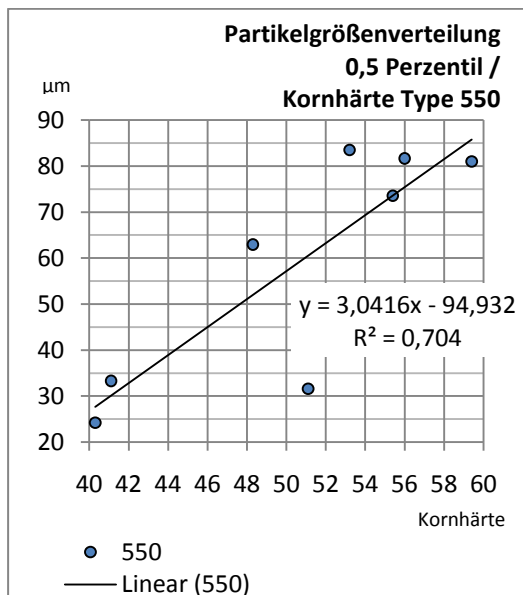


Es wurden von dieser Probe keine Messdaten ermittelt.

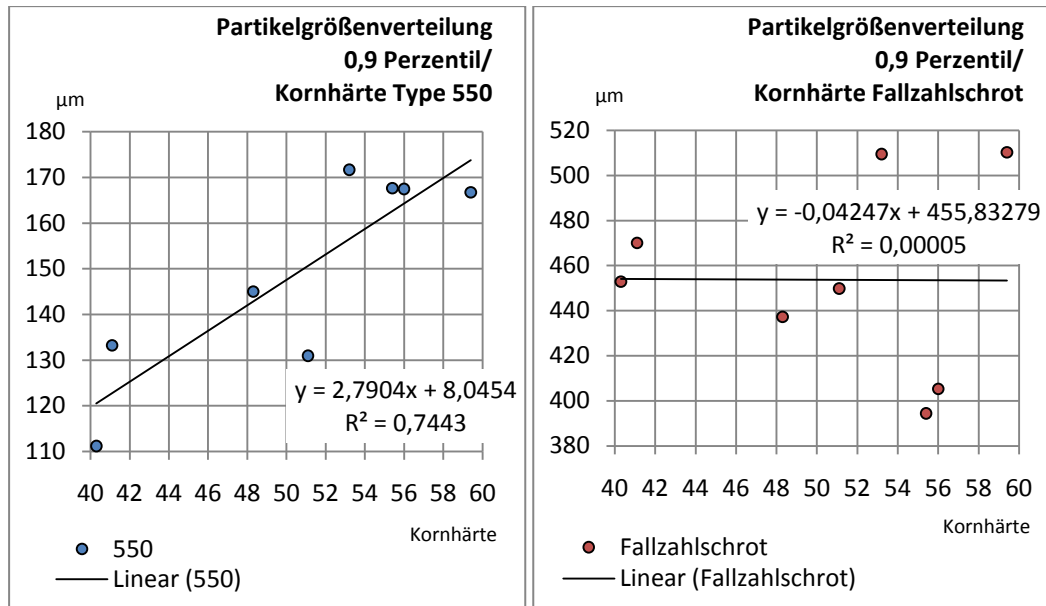
Da die Partikelgrößen des Typenmehls stark von denen der Fallzahlschrote abweichen, wurden in den Darstellungen unterschiedlich große Achsenoptionen gewählt. Zudem ist die Partikelgrößenverteilung als Mittelwert der in Luft-, sowie der Ethanolmessung dargestellt.



• Diagramm 16 Vergleich der Partikelgröße des 0,1 Perzentil mit Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot



• Diagramm 17 Vergleich der Partikelgröße des 0,5 Perzentil mit Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot



- **Diagramm 18 Vergleich der Partikelgröße des 0,9 Perzentil mit Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot**

Beim Typenmehl 550 wurde festgestellt, dass mit steigender Kornhärte auch die Partikelgröße steigt. Das Fallzahlschrot zeigte dieses Verhalten auch bei 0,1 und 0,5 Perzentil. Bei 0,9 Perzentil ist kein Anstieg in Bezug auf Packungsdichte zu sehen. Interessant sind die Unterschiede zwischen der Messung in Luft und in Ethanol, wie aus der Tabelle zu entnehmen. Dies sollte in anderen Projekten untersucht werden.

3.2.2 Luftstrahlsiebung mit prozentualen Anteil > 75 µm und < 75 µm

Die Stärkeschäden der gewonnenen prozentualen Anteile in der Luftstrahlsiebung wurden nicht erneut bestimmt. Da die Luftstrahlsiebung eine zusätzliche mechanische Belastung darstellt, würden die Vermahlungsschäden der Stärke verfälscht. Es wurden die Werte des Getreides von Typenmehl und Fallzahlschrot verwendet.

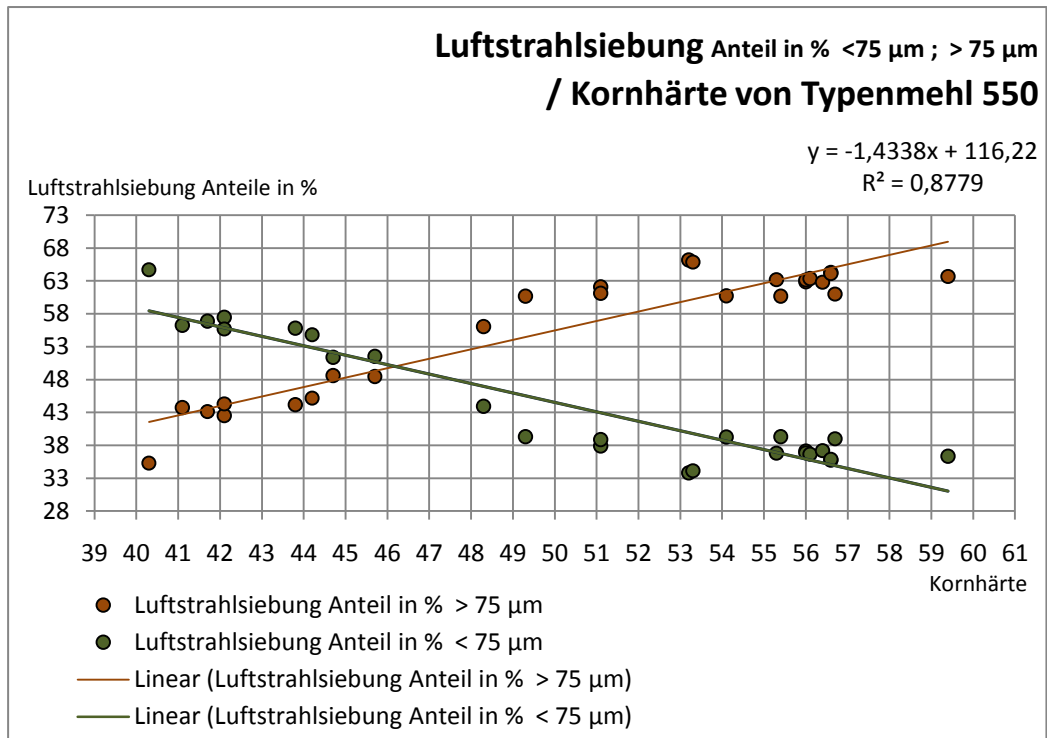
• Tabelle 12 Luftstrahlsiebung Anteil in % > 75 µm

Luftstrahlsiebung Anteil in % > 75 µm								
Probenmaterial	Kornhärte	Stärkeschädigung Type 550 in %			Stärkeschädigung Fallzahlschrot in %			
		Anteil in %	ICC 172	ICC 164	Anteil in %	ICC 172	ICC 164	
17	Madrid	40,30	35,30	3,41	1,94	47,30	2,45	1,77
13	4025	41,10	43,75	4,25	2,59	55,80	3,56	2,57
15	Contra	41,70	43,13	3,58	2,47	51,25	2,66	2,12
16	Vergas	42,10	42,53	3,66	2,21	53,48	2,71	2,32
18	Winnetou	42,10	44,30	3,17	2,19	54,35	2,71	2,27
19	Tabasco	43,80	44,18	3,86	2,15	54,75	2,41	2,35
20	Hermann	44,20	45,18	3,50	2,22	55,70	2,32	2,21
12	3985	44,70	48,63	4,50	3,14	59,65	3,50	2,92
14	Atlantis	45,70	48,48	3,98	2,81	56,25	2,65	2,40
2	Sankara	48,30	56,06	4,03	3,36	60,33	3,16	3,03
5	TOMMI	49,30	60,70	5,49	5,34	66,00	4,86	5,21
1	Caphorn	51,10	62,10	6,20	5,02	65,32	4,55	4,50
21	Carenius	51,10	61,13	5,27	5,18	65,25	3,72	4,57
7	JULIUS	53,20	66,18	6,12	6,26	67,78	5,72	6,04
9	3953	53,30	65,88	5,80	7,07	69,00	4,87	5,68
6	TÜRKIS	54,10	60,75	5,25	5,17	66,28	4,67	4,95
8	ESKET	55,30	63,20	4,98	5,02	67,98	4,09	4,42
0	Monopol	55,40	60,70	4,73	4,37	61,23	2,96	3,63
4	Batis	56,00	62,88	5,85	5,73	65,78	5,03	5,38
23	Anthus	56,00	63,15	5,73	5,56	65,18	3,88	4,51
10	3974	56,10	63,35	6,23	5,95	67,90	5,50	5,70
11	3975	56,40	62,80	5,87	5,60	66,28	5,00	5,26
3	Bussard	56,60	64,28	4,96	5,07	61,75	3,92	4,62
24	Toras	56,60	64,15	5,29	4,76	64,85	3,37	4,20
22	Meteor	56,70	61,00	5,24	4,60	62,80	3,55	3,88
25	Potential	59,40	63,68	5,80	5,65	67,45	4,01	4,67

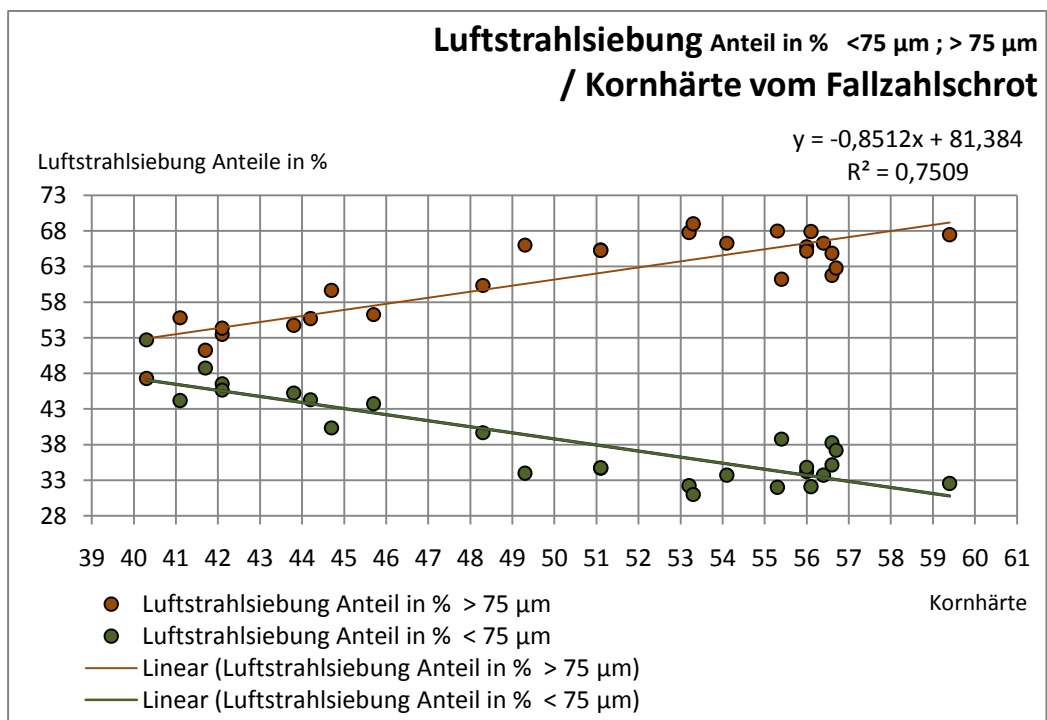
• Tabelle 13 Luftstrahlsiebung Anteil in % < 75 µm

Luftstrahlsiebung Anteil in % < 75 µm								
Probenmaterial	Kornhärte	Stärkeschädigung Type 550 in %			Stärkeschädigung Fallzahlschrot in %			
		Anteil in %	ICC 172	ICC 164	Anteil in %	ICC 172	ICC 164	
17	Madrid	40,30	64,70	3,41	1,94	52,70	2,45	1,77
13	4025	41,10	56,25	4,25	2,59	44,20	3,56	2,57
15	Contra	41,70	56,88	3,58	2,47	48,75	2,66	2,12
16	Vergas	42,10	57,48	3,66	2,21	46,53	2,71	2,32
18	Winnetou	42,10	55,70	3,17	2,19	45,65	2,71	2,27
19	Tabasco	43,80	55,83	3,86	2,15	45,25	2,41	2,35
20	Hermann	44,20	54,83	3,50	2,22	44,30	2,32	2,21
12	3985	44,70	51,38	4,50	3,14	40,35	3,50	2,92
14	Atlantis	45,70	51,53	3,98	2,81	43,75	2,65	2,40
2	Sankara	48,30	43,94	4,03	3,36	39,67	3,16	3,03
5	TOMMI	49,30	39,30	5,49	5,34	34,00	4,86	5,21
1	Caphorn	51,10	37,90	6,20	5,02	34,68	4,55	4,50
21	Carenius	51,10	38,88	5,27	5,18	34,75	3,72	4,57
7	JULIUS	53,20	33,83	6,12	6,26	32,23	5,72	6,04
9	3953	53,30	34,13	5,80	7,07	31,00	4,87	5,68
6	TÜRKIS	54,10	39,25	5,25	5,17	33,73	4,67	4,95
8	ESKET	55,30	36,80	4,98	5,02	32,03	4,09	4,42
0	Monopol	55,40	39,30	4,73	4,37	38,78	2,96	3,63
4	Batis	56,00	37,13	5,85	5,73	34,23	5,03	5,38
23	Anthus	56,00	36,85	5,73	5,56	34,83	3,88	4,51
10	3974	56,10	36,65	6,23	5,95	32,10	5,50	5,70
11	3975	56,40	37,20	5,87	5,60	33,73	5,00	5,26
3	Bussard	56,60	35,73	4,96	5,07	38,25	3,92	4,62
24	Toras	56,60	35,85	5,29	4,76	35,15	3,37	4,20
22	Meteor	56,70	39,00	5,24	4,60	37,20	3,55	3,88
25	Potential	59,40	36,33	5,80	5,65	32,55	4,01	4,67

3.2.3 Bezug Anteile der Luftstrahlsiebung und der Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot



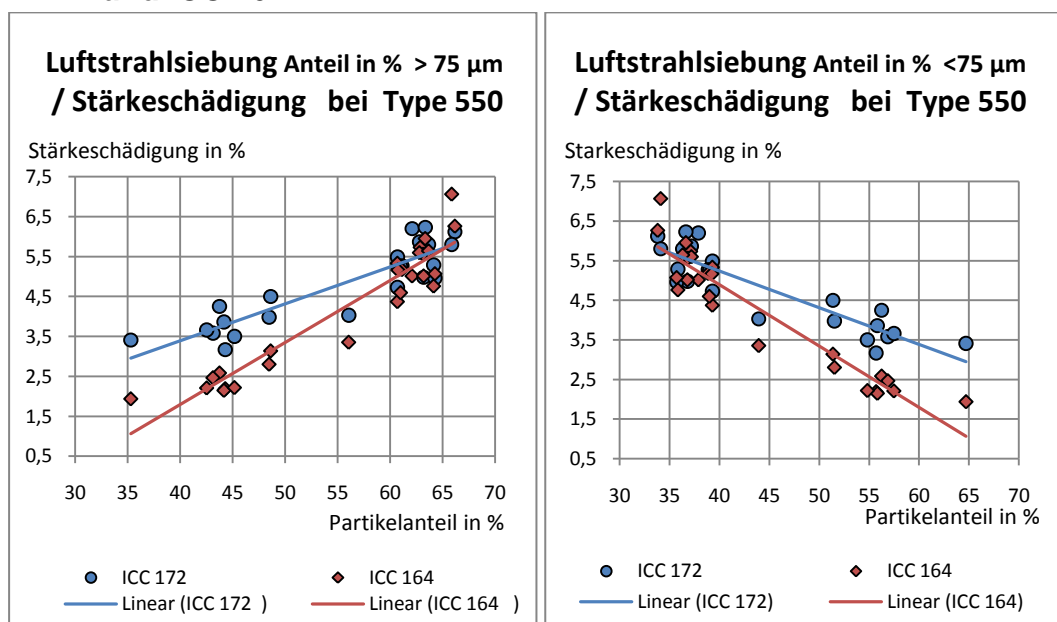
- Diagramm 19 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm ; > 75 µm im Bezug zur Kornhärte von Typenmehl 550



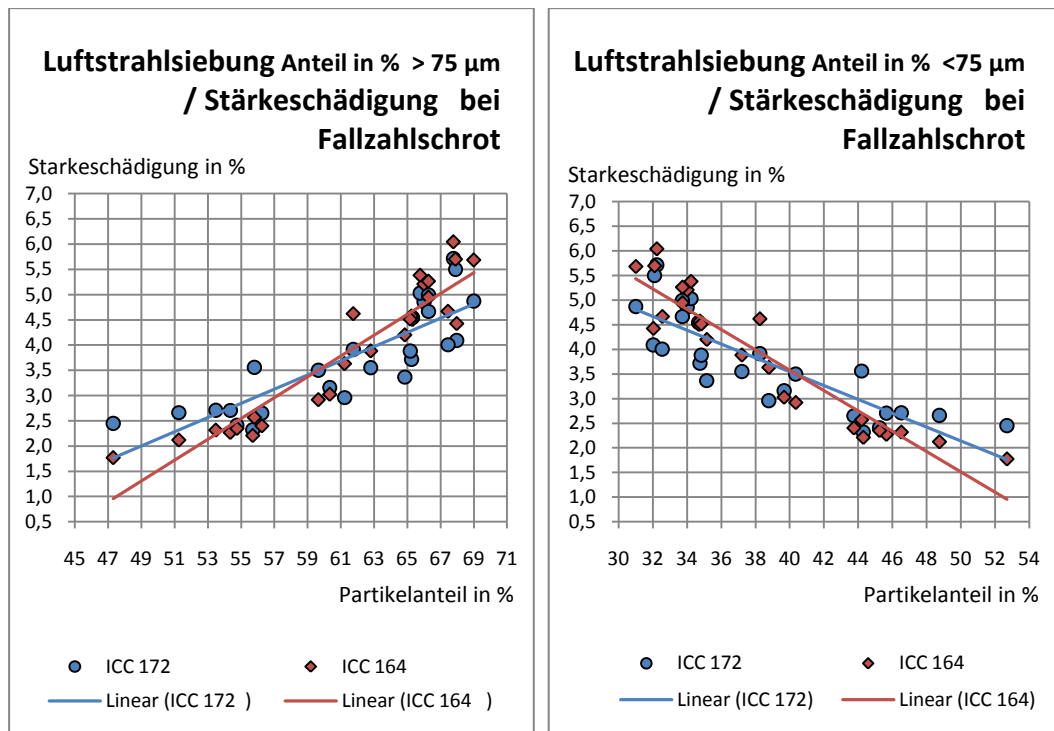
- Diagramm 20 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm ; > 75 µm im Bezug zur Kornhärte vom Fallzahlschrot

Die Kornhärte und die prozentualen Anteile der Luftstrahlsiebung stehen in einem Zusammenhang. Die Korrelation beim Mahlerzeugnis Typenmehl 550 wurde mit 0,8779 ermittelt und beim Fallzahlschrot geringer, mit 0,7509. Es kann gesagt werden, dass bei beiden unterschiedlich hergestellten Mehlen mit steigender Kornhärte die Partikelanteile über 75 µm steigen. Das Fallzahlschrot verfügt wie im Diagramm 20 ersichtlich über einen wesentlich höheren Anteil der Partikel über 75 µm als das Typenmehl. Die entstandenen Partikel beim Fallzahlschrot sind dem entsprechend größer. Die Griffigkeit der Mehle nimmt mit der Kornhärte zu. Demzufolge nehmen die Anteile unter 75 µm mit steigender Kornhärte ab. Festgestellt wurde auch, dass beim Prallmahlverfahren bei geringerer Härte ein höherer Anteil der Partikel über 75 µm vorhanden ist, im Gegensatz zur Walzenvermahlung. Beim Typenmehl gibt es einen Scheitelpunkt circa bei der Kornhärte 46,2. Vor diesem Scheitelpunkt, liegt der prozentuale Anteil von Partikeln kleiner als 75 µm höher, als Partikel die größer als über 75 µm sind. Somit steigt zwar auch bei diesem Mahlerzeugnis die Griffigkeit stetig an, sie ist aber, erst bei höherer Packungsdichte des Korns deutlicher zu spüren.

3.2.4 Beziehung der Anteile der Luftstrahlsiebung und der Stärkeschäden von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot mit ICC 172 und ICC 164



• Diagramm 21 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm ; > 75 µm im Bezug zur Stärkeschädigung von Typenmehl 550



- **Diagramm 22 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm ; > 75 µm im Bezug zur Stärkeschädigung vom Fallzahlschrot**

Beim Typenmehl ergab sich in der Beziehung Partikelanteil zu den Messmethoden der Stärkeschädigung, dass bei dem Typenmehl eine Annäherung der ermittelten Schädigungswerte stattfindet. Die Methoden zeigten einen gleichen Wert, wenn das Mehl Partikelanteile mit etwa 67 % über 75 µm aufwies. Nimmt der Anteil dieser Partikel ab ist eine größere Messdifferenz in den Methoden ICC 172 und ICC 164 zu erkennen. Wie in dem Diagramm 19 zu erkennen ist, ist dieses Partikelverhältnis am ehesten bei sehr hohen Kornhärten vorhanden. Es kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass unter Beachtung der Korrelation, bei Typenmehlen aus Getreide mit hohem Härtegrad die Messmethoden eine geringere Differenz aufweisen. Beim Fallzahlschrot zeigten die Methoden einen Scheitelpunkt bei 60 % Anteil über 75 µm, zu 40 % unter 75 µm. Die Differenzen der Methoden nehmen zu, wenn die prozentuale Partikelverteilung sich immer mehr vom schon angeführten Verhältnis entfernt. Mit Anstieg der Partikel über 75 µm bis sie 60 % Anteil besitzen, weist die Methode ICC 172 höhere Stärkeschädigungen auf. Steigt der Anteil der Partikel über dieses hinaus, zeigt die enzymatische ICC 164 höhere Werte. Durch das Partikelverhältnis im Scheitelpunkt können aus

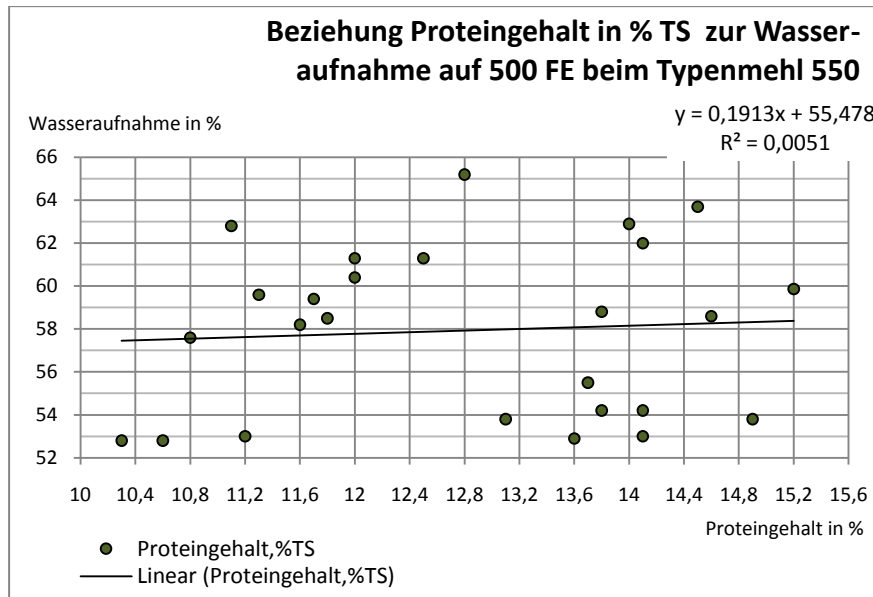
dem Diagramm 20 Rückschlüsse auf die Kornhärte gezogen werden, diese liegt bei 50. Der Wert zeigt sich auch als Scheitelpunkt aus Kornhärte und Differenz der Methoden (Diagramm 14.) und beweist dies.

3.3 Zusammenhang der Wasseraufnahme bei den Mittelwerten der in den Methoden gemessenen, beschädigten Stärke

Die Wasseraufnahme vom Weizenmehl ist in der Backwarenherstellung ein wesentlicher Punkt. Zum einen bestimmt sie die viskosen Verhältnisse im Teig, also auch den Dehnwiderstand, der sich wiederum aufs Volumen des Gebäcks auswirkt. Zum anderen entscheidet die Feuchtigkeit über die Krumenbeschaffenheit und über die Frischhaltung des Gebäcks. Auch ist der wirtschaftliche Aspekt nicht zu unterschätzen. Bisher wurde sich, um die Wasseraufnahme zu erhöhen, auf einen höheren Proteingehalt im Mehl konzentriert. Dabei liegt die Wasseraufnahmefähigkeit des Mehls nach Greer und Steward [2]“ bei 1g Kleber, nur bei 1,10 g Wasser (auf Trockengewicht bezogen)“. Wie schon in der Einführung beschrieben, ist sie bei geschädigter Stärke entschieden höher. Die Fähigkeit der Stärkekörner, wenn sie geschädigt sind, schon in der Teigphase Wasser an sich zu binden und nicht erst in der Backphase, hat einen wesentlichen Einfluss, der bisher viel zu wenig Beachtung fand. In Bezug auf diese Faktoren stellt sich daher die Frage, welcher Zusammenhang zwischen der Wasseraufnahme und den Mittelwerten der in den Methode ICC 172 und 164 gemessenen, beschädigten Stärke besteht?

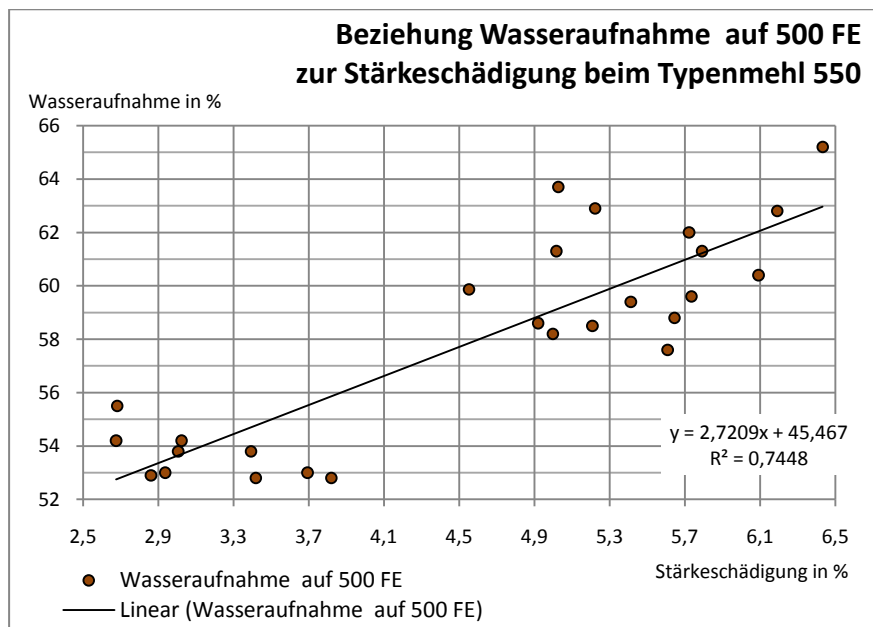
• Tabelle 14 Wasseraufnahme der Typenmehle 550

Wasseraufnahme der Typenmehle 550						
Probenmaterial		Proteingehalt in % TS	Stärkeschädigung in %			Wasseraufnahme H ₂ O auf 500 FE
			ICC 172	ICC 164	Mittelwert	
13	4025	10,3	4,25	2,59	3,42	52,8
12	3985	10,6	4,5	3,14	3,82	52,8
1	Caphorn	10,8	6,2	5,02	5,61	57,6
7	JULIUS	11,1	6,12	6,26	6,19	62,8
2	Sankara	11,2	4,03	3,36	3,69	53
11	3975	11,3	5,87	5,6	5,74	59,6
8	ESKET	11,6	4,98	5,02	5	58,2
5	TOMMI	11,7	5,49	5,34	5,41	59,4
6	TÜRKIS	11,8	5,25	5,17	5,21	58,5
4	Batis	12	5,85	5,73	5,79	61,3
10	3974	12	6,23	5,95	6,09	60,4
3	Bussard	12,5	4,96	5,07	5,02	61,3
9	3953	12,8	5,8	7,07	6,43	65,2
19	Tabasco	13,1	3,86	2,15	3,01	53,8
20	Hermann	13,6	3,5	2,22	2,86	52,9
18	Winnetou	13,7	3,17	2,19	2,68	55,5
15	Contra	13,8	3,58	2,47	3,02	54,2
23	Anthus	13,8	5,73	5,56	5,65	58,8
21	Carenius	14	5,3	5,18	5,22	62,9
16	Vergas	14,1	3,66	2,21	2,94	53,0
17	Madrid	14,1	3,41	1,94	2,68	54,2
25	Potential	14,1	5,8	5,65	5,72	62,0
24	Toras	14,5	5,29	4,76	5,03	63,7
22	Meteor	14,6	5,24	4,6	4,92	58,6
14	Atlantis	14,9	3,98	2,81	3,39	53,8
0	Monopol	15,2	4,73	4,37	4,55	59,9



- **Diagramm 23 Verhältnis Wasseraufnahme zum Proteingehalt beim Typenmehl 550**

Das Diagramm zeigt, dass die Wasseraufnahme beim Typenmehl 550 in keiner Beziehung zu dem ermittelten Proteingehalt steht. Die Korrelation beträgt lediglich 0,0051. Die Faktoren einer erhöhten Wasseraufnahme liegen somit eindeutig an anderen Faktoren und nicht an einer Erhöhung des Proteingehalts



- **Diagramm 24 Verhältnis Wasseraufnahme zur Stärkeschädigung beim Typenmehl 550**

Die Beziehung Wasseraufnahme des Typenmehls 550 und Stärkeschädigung wurde mit der Korrelation von 0,7448 bestimmt. So zeigt sich

das mit Erhöhung der Stärkeschädigung auch eine Erhöhung der Wasseraufnahme vorliegt.

3.4 Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot

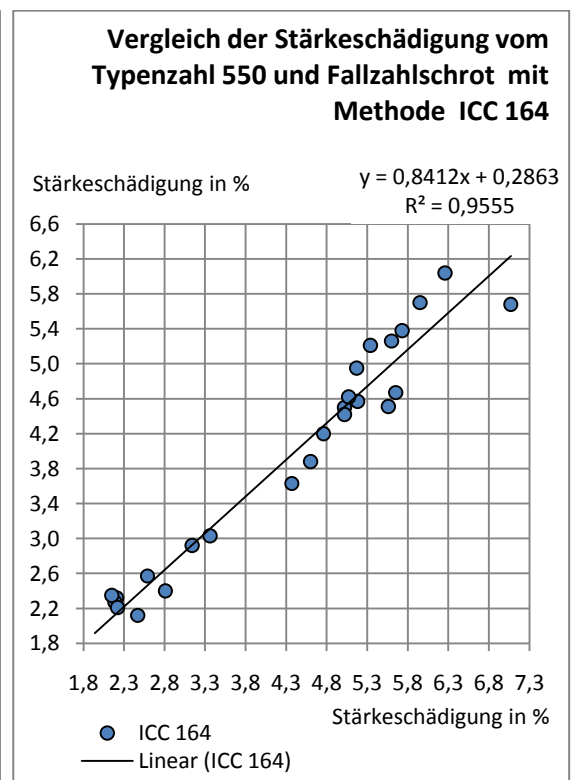
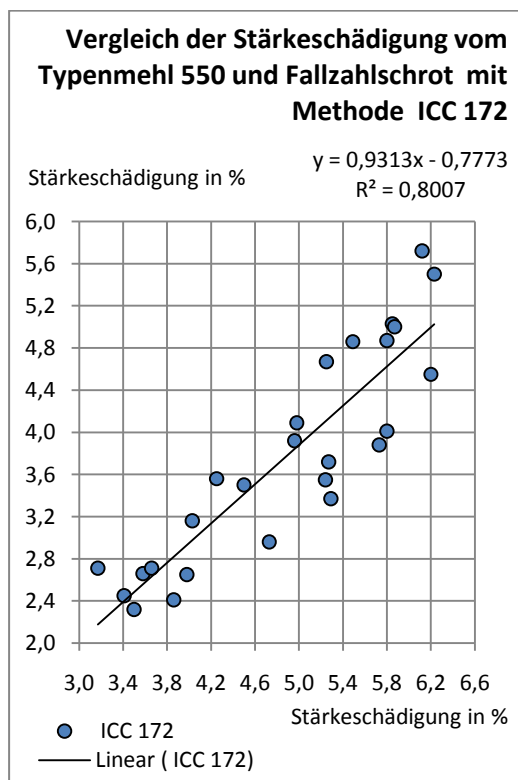
Um zu beurteilen, welche Charaktereigenschaften nach der Vermahlung bei einem Getreidemahlerzeugnis vorliegen, müssen im Labor die Parameter zur Vermahlung in der Mühle möglichst genau nachgestellt werden. Beim Weizen, um Typenmehle herzustellen, sind es die der Hochmüllerei. Dies erfolgt durch viele unterschiedliche Walzengänge und Sichtungen und ist daher sehr arbeitsintensiv sowie zeitaufwendig. Fallzahlschrote, wie im Methodenteil erklärt, sind einfacher und schneller herzustellen. Ein wesentlicher Vorteil wäre es daher, wenn Untersuchungsergebnisse des Fallzahlschrotes sich aufs Typenmehl übertragen lassen.

- Tabelle 15 Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot

Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot								
Messmethode der Stärkeschäden in %			ICC 172			ICC 164		
Sorte	Härte	Type 550	Fallzahl-schrot	Differenz	Type 550	Fallzahl-schrot	Differenz	
17	Madrid	40,3	3,41	2,45	0,96	1,94	1,77	0,17
13	4025	41,1	4,25	3,56	0,69	2,59	2,57	0,02
15	Contra	41,7	3,58	2,66	0,92	2,47	2,12	0,35
16	Vergas	42,1	3,66	2,71	0,95	2,21	2,32	-0,11
18	Winnetou	42,1	3,17	2,71	0,46	2,19	2,27	-0,08
19	Tabasco	43,8	3,86	2,41	1,45	2,15	2,35	-0,2
20	Hermann	44,2	3,5	2,32	1,18	2,22	2,21	0,01
12	3985	44,7	4,5	3,5	1,00	3,14	2,92	0,22
14	Atlantis	45,7	3,98	2,65	1,33	2,81	2,4	0,41
2	Sankara	48,3	4,03	3,16	0,87	3,36	3,03	0,33
5	TOMMI	49,3	5,49	4,86	0,63	5,34	5,21	0,13
1	Caphorn	51,1	6,2	4,55	1,65	5,02	4,5	0,52
21	Carenius	51,1	5,27	3,72	1,55	5,18	4,57	0,61
7	JULIUS	53,2	6,12	5,72	0,40	6,26	6,04	0,22
9	3953	53,3	5,8	4,87	0,93	7,07	5,68	1,39
6	TÜRKIS	54,1	5,25	4,67	0,58	5,17	4,95	0,22
8	ESKET	55,3	4,98	4,09	0,89	5,02	4,42	0,6
0	Monopol	55,4	4,73	2,96	1,77	4,37	3,63	0,74

- Tabelle 16 Weiterführung Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot

Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot								
Messmethode der Stärkeschäden in %			ICC 172			ICC 164		
Sorte	Härte	Type 550	Fallzahl-schrot	Differenz	Type 550	Fallzahl-schrot	Differenz	
4	Batis	56	5,85	5,03	0,82	5,73	5,38	0,35
23	Anthus	56	5,73	3,88	1,85	5,56	4,51	1,05
10	3974	56,1	6,23	5,5	0,73	5,95	5,7	0,25
11	3975	56,4	5,87	5	0,87	5,6	5,26	0,34
3	Bussard	56,6	4,96	3,92	1,04	5,07	4,62	0,45
24	Toras	56,6	5,29	3,37	1,92	4,76	4,2	0,56
22	Meteor	56,7	5,24	3,55	1,69	4,6	3,88	0,72
25	Potential	59,4	5,8	4,01	1,79	5,65	4,67	0,98



- Diagramm 25 Diagramme zum Vergleich der Stärkeschädigung vom Typenmehl 550 und Fallzahlschrot mit Methode ICC 172 und ICC 164

Im Vergleich der Stärkeschädigung der Fallzahlschrote zu den Typenmehlen mit der Methode ICC 172, lassen sich eindeutig Unterschiede zwischen den beiden Getreidemahlerzeugnissen in der Stärkeschädigung feststellen. Die Korrelation beträgt 0,8007. Es entstanden Differenzen zwischen 1,92 und 0,4 . Damit kann die Aussage getroffen werden, dass bei dieser Methode keine Rückschlüsse vom

Fallzahlschrot aufs Typenmehl 550 gezogen werden können. Lediglich eine Tendenz könnte man ableiten. Anders verhält es sich bei der enzymatischen Methode ICC 164. Ein direkter Bezug zwischen dem Fallzahlschrot und Typenmehl lässt sich herstellen. Die Differenz lag lediglich zwischen 1,39 und 0,02, so dass eine sehr gute Korrelation von 0,9555 vorlag.

4 Diskussion

4.1 Wirkung von Mahlfaktoren auf die Höhe an Stärkeschäden in den Passagen

4.1.1 Einfluss des Mahlautomaten auf die Stärkeschädigung

Um nicht alle Passagen auf Stärkeschäden bei allen Getreidesorten zu untersuchen, musste eine Auswahl getroffen werden. Daher wurden die Stärkeschäden zweier Getreidesorten, eine mit weicher und eine mit harter Kornstruktur, in allen Passagen ermittelt. Dabei entstanden Auffälligkeiten. Die Getreidesorten wurden jeweils auf zwei gleichen Bühlermahlautomaten mit identischer Einstellung vermahlen. Es wurden erhebliche Unterschiede der Stärkeschädigung innerhalb einer Getreidesorte festgestellt. Die Passagen, die ein mehrmaliges Passieren eines Walzenstuhls vollzogen, zeigten dass die Unterschiede der Schädigung höher ausfielen zwischen den Bühlerautomaten, als den beiden Sorten des Getreides zueinander. Es stellt sich die Frage, wie hoch ist die Wirkung der unterschiedlichen Mahlautomaten durch Abnutzungserscheinungen auf die Stärkeschädigung. Der Einfluss der Mühlen durch die bestehenden Walzenstühle könnte somit eine mehlspezifische Wirkung besitzen. Vor allem, wenn man die Rolle der Stärkeschädigung auf die Wasserbindfähigkeit betrachtet. Es wäre daher interessant, in einem neuen Projekt zu untersuchen, ob der Einfluss unterschiedlicher Abnutzung der Walzen, also die Walzenbeschaffenheit, eine größere Wirkung hat, als die Getreidebeschaffenheit, wie z.B. die Kornhärte in diesen Passagen.

4.1.2 Einfluss der Kornhärte auf die Stärkeschädigung

Es zeigte sich, dass mit der Kornhärte über 50 die Schädigung der Stärkekörner sprunghaft anstieg. Die Getreidemahlerzeugnisse von Getreidesorten, wie in den Diagrammen 4, 6, 8, 10 und 12 ersichtlich, werden entschieden stärker geschädigt ab einer Kornhärte von 50. Aus diesen Diagrammen ist auch zu entnehmen, dass bei den weicheren Getreideerzeugnissen, die durch Walzenvermahlung entstanden sind, innerhalb einer Getreidesorte eine stärkere Methodendifferenz als bei härteren Sorten besteht. Bei den Fallzahlschroten zeigte sich dies hingegen nicht, es traten keine höheren Differenzen bei den weicheren Getreidesorten auf.

4.2 Messung der Stärkeschäden mit ICC 164 und ICC 172 von unterschiedlichen Mahlerzeugnissen

Die gemessenen Werte der Stärkeschädigung von enzymatischer ICC164 und amperometrische Methode ICC172 besitzen eine Korrelation von 0,7902 bis 0,9461 in den einzelnen Passagen beziehungsweise Mahlprodukten. Es liegt somit im wesentlichen nur eine Tendenz in der Übereinstimmung vor. Auffällig sind die Abweichungen der Methoden. Die enzymatische misst meist einen erheblich geringeren Stärkeschäden, wie im Diagramm 15 sichtbar. Die Messungen einer Passage sind dort weitgestreuter und würden einen größeren Sorteneinfluss auf die Stärkeschäden demonstrieren, als die Methode ICC 172 dies zeigt.

4.2.1 Passagenmehle B1, C1 und C3

In der Passage B1 wiesen die beiden Methoden eine Korrelation 0,7902 auf. Die Methode 172 ergab in ihrer Messung, bis auf 3 von den 26 untersuchten Mehlen, einen höheren Schädigungsgrad, als die Methode 164 beim gleichen Mahlerzeugnis. Die Korrelation der C1 Passage wurde mit 0,8865 ermittelt. Wobei die Verteilung der Schädigungen in zwei Gruppierungen im oberen und unteren Teil der Trendlinie zu finden ist. Dieses ist im Diagramm 7 zu erkennen. Die Tendenz zu höheren Werten mit der amperometrischen Methode ICC 172 zeigte diese Passage nicht.

Bei den Mahlerzeugnissen der Passage 3 lag die höchste Korrelation der Methoden mit 0,9461 vor. Die Methode ICC 172 zeigte wie die B1 Mehle, den Trend zu höheren Werten. Ausnahme waren fünf Getreidesorten bei denen die enzymatische Methode ICC 164 höhere Werte hatte.

4.2.2 Typenmehl 550 und Fallzahlschrot

Im Typenmehl 550 spiegelt sich wieder, dass es aus einzelnen Passagen der Vermahlung einer Getreidesorte zusammengesetzt ist. So besitzen dort die beiden Untersuchungsmethoden der Stärkeschädigung eine Korrelation von 0,9192. Auch ist wieder signifikant, dass die enzymatische Methode ICC 164 überwiegend geringere Werte aufwies. Ausgenommen davon sind vier Getreidesorten. Die Korrelation, die beim Fallzahlschrot erreicht wurde, lag unter der des Typenmehls mit 0,881. Eine Besonderheit bei den Fallzahlschroten zeigten die Methodendifferenzen. Bis zu einer Kornhärte von 48 bis 51 wurde stärkere Schäden an den Stärkekörnern durch die ICC Methode 172 gemessen. Bei Kornhärten, die über diesem Bereich liegen, zeigt die Methode ICC 164 höhere Messergebnisse. Es tut sich dadurch ein Scheitelpunkt auf. Dies lässt die Spekulation zu, dass die Partikelgröße Einfluss auf die enzymatische Methode hat. Wie unter Punkt 3.2.4. erläutert, liegt beim Fallzahlschrot eine höhere Partikelgröße vor und die Messung zeigte höhere Werte. Vorstellbar ist, dass die größeren Partikel mit höherer Packungsdichte bei der Vermahlung in der inneren Struktur geschädigt worden sind, so dass Enzyme, einmal in die Partikel eingedrungen, die Stärke schneller abbauen können und so Differenzen in den Methoden hervorrufen. Das ist aber rein spekulativ und müsste in anderen Projekten untersucht werden.

4.3 Zusammenhang von Kornhärte bzw. der Partikelverteilung und der nach ICC 164 und ICC 172 ermittelten Werte

4.3.1 Bezug von Partikelgröße in Perzentil und Kornhärte

Beim Typenmehl 550 wurde festgestellt, dass mit steigender Kornhärte auch die Partikelgröße steigt. Das Fallzahlschrot zeigte dieses Verhalten

auch bei 0,1 und 0,5 Perzentil. Bei 0,9 Perzentil ist kein Anstieg in Bezug auf Packungsdichte mehr festzustellen. Hervorgerufen wurde dies im Mittelwert, da er durch die unterschiedliche Messung der Partikelgröße, im Luftstrom und Ethanol berechnet wurde. Die beiden Methoden besitzen eine starke Methodendifferenz vor allem beim Fallzahlschrot. Die Sortendifferenz ist meist kleiner, als die der Methoden untereinander einer Getreidesorte, so dass keine Korrelation zwischen Partikelgröße und Kornhärte im 0,9 Perzentil des Fallzahlschrots ersichtlich ist.

4.3.2 Luftstrahlsiebung vom Typenmehl 550 und Fallzahlschrot in Bezug zur Kornhärte

Beim Typenmehl 550 zeigte sich das Bild, dass ein stetiger Zuwachs an Partikeln über 75 µm vorliegt. Allerdings ist der Anteil von diesen Partikeln erst mit einer Kornhärte von etwa 46,5 höher. Hingegen beim Fallzahlschrot ist auch bei Getreidesorten mit geringer Härte, schon der Anteil der Mehlgriffigkeit ausmachenden Partikel, größer als 75 µm, höher als der, der kleiner als 75 µm ist.

4.3.3 Luftstrahlsiebung vom Typenmehl 550 und Fallzahlschrot in Bezug zu den Methoden ICC 172 und ICC 164

Beim Typenmehl 550 zeigt sich, dass der Anteil von Partikeln über 75 µm sich in der Korrelation der beiden Messmethoden zueinander widerspiegelt. Je höher der Anteil an diesen Partikeln ist, umso kleiner ist die Differenz der Messmethoden. Unter Punkt 4.2.2 ist dazu eine Spekulation aufgeführt. Beide Methoden zeigen, dass mit Anstieg der größeren Partikelanteile auch die Stärkeschädigung steigt. Die Partikel wiederum nehmen an Größe mit der Kornhärte zu. Aufgeführt unter Punkt 4.3.1. Das Fallzahlschrot besitzt einen Scheitelpunkt, in dem die ermittelten Werte der ICC 164 und ICC 172 übereinstimmen. Dieser Scheitelpunkt befindet sich bei 60% der Anteile über 75 µm, zu 40 % unter 75 µm, da dieses Verhältnis wie im Diagramm 20 bei der Kornhärte von 50 liegt. Es lässt sich sagen, je mehr die Kornhärte eines Getreides sich von diesen Punkt entfernt, um so mehr nehmen die Differenzen in den

Messmethoden zu. Bei dieser Kornhärte findet auch ein Wechsel der Methode statt, die einen höheren Stärkeschaden misst. Bei Getreidehärten die unter 50 liegen, misst die höheren Werte die Methode ICC172. Liegen sie über 50, zeigt die ICC 164 die höheren Werte. Das ist im Punkt 3.1.8 mit dem Diagramm 14 nachzuvollziehen.

4.4 Zusammenhang der Wasseraufnahme und Stärkeschäden

Zusammenhang der Wasseraufnahme bei den Mittelwerten der in den Methoden gemessenen, beschädigten Stärke. Wie schon von Grier und Steward beschrieben verfügen die Proteine über weniger Einfluss auf die Wasseraufnahme, als die Stärkeschädigung. Im Diagramm 23 wurde der Anstieg des Proteins ins Verhältnis mit der Wasseraufnahme der Typenmehle gesetzt. Es lag lediglich eine Korrelation von 0,0051 vor. So dass nicht gesagt werden kann, dass mit steigendem Proteingehalt des Typenmehls eine höhere Wasseraufnahme stattfindet. Die Stärkeschäden die aufgrund unterschiedlicher Kornhärte erzeugt wurden, ließen erkennen, dass sie höheren Einfluss auf die Wasseraufnahme des Mehls Type 550 besitzen. Es wurde die Korrelation von 0,7448, aufgeführt in Diagramm 24, erreicht. Dort ist auch deutlich zu sehen, dass mit steigender Stärkeschädigung die Wasseraufnahme bei gleichbleibender Viskosität steigt, beziehungsweise die Kraftausübung, um den Teig zu kneten, gleich bleibt.

4.5 Vergleich der Stärkeschädigung vom Typenmehl 550 und Fallzahlschrot

Vergleicht man die Stärkeschädigung der Typenmehle mit denen der Fallzahlschrote, muss dieses unter Angabe der Messmethode durchgeführt werden. Das Verhältnis der beiden Mahlerzeugnisse, amperometrisch bestimmt, ergab eine Korrelation von 0,8007. Dabei würde man nur von einer Tendenz sprechen. Hingegen mit der enzymatischen Methode der ICC 164, wird eine Korrelation von 0,9555 erreicht. In diesen Fall würde man schon von einem unmissverständlichen Zusammenhang von Fallzahlschrot und Typenmehl

ausgehen. Ausgehend von diesem Aspekt der Ungleichheit der ermittelten Werte, muss differenziert werden, ob es Sinn macht vom Fallzahlschrot aufs Typenmehl Rückschlüsse zu ziehen. Sollte ein präzises Ergebnis nötig sein, zumal der bisher meist zu gering beurteilte Aspekt der Wasseraufnahme doch entscheidend den Mehlscharakter prägt, ist die direkte Messung am Typenmehl vorzuziehen.

5 Zusammenfassung

Bei der Vermahlung von Weizen kommt es zu mechanisch verursachten Schäden am Stärkekorn. Die Ermittlung der Höhe der Stärkeschäden kann nach 2 Standardmethoden durchgeführt werden. Zum einen der älteren, enzymatischen Methode ICC 164 und der jüngeren, amperometrischen ICC 172.

5.1 Problemstellung

Überprüfung der Übereinstimmung der Methoden ICC 164 und ICC 172 bei Messung der mechanischen Stärkeschädigung bei verschiedenen Weizenmahlerzeugnissen.

5.2 Material und Methode

26 Winter-Weichweizensorten aus dem Erntejahr 2009 wurden auf dem Bühler Mehlautomat MLU 202, sowie zu Fallzahlschroten in der Prallmühle vermahlen. Die unterschiedlichen Mahlerzeugnisse der Walzenvermahlung wurden zu einem Typenmehl 550 gemischt. Das Typenmehl und das Fallzahlschrot wurden durch Ermittlung der Kornhärte, Partikelgrößen, Luftstrahlsiebung und Wasseraufnahme charakterisiert. Um einen generellen Überblick zu erhalten, wurden nicht nur die Typenmehle und Fallzahlschrote mit der ICC 164 und ICC 172 Methode auf ihre mechanischen Stärkeschäden untersucht, sondern auch die Passagenmehle B1,C1 und C3 des MLU 202.

5.3 Ergebnisse

Es ist festzustellen, dass der Grad der Stärkeschäden abhängig ist von der Packungsdichte der Kornhärte des Getreides. Je größer die Härte ist umso stärker werden die Stärkekörner bei der Vermahlung geschädigt. Die Stärkeschädigung liegt in den einzelnen Mahlerzeugnissen der Passagen und somit auch beim Typenmehl, sowie Fallzahlschrot in unterschiedlicher Höhe vor. Die Schädigung des Fallzahlschrots und des Typenmehls ist nur mit der Messmethode ICC 164 in Bezug zu setzen. Die Korrelation der beiden Mehle bei der amperometrischen Messung ICC 172 fällt viel geringer aus, so dass nur eine Tendenz festzustellen ist. Fallzahlschrote zeigten zudem einen Scheitelpunkt, bei etwa der Kornhärte 50. Die Methoden zeigten dort die gleichen Messwerte. Wobei die Mehle der weicheren Getreide, bis 50, bei der Methode ICC 172 und härtere, ab 50, mit der Methode ICC 164 höhere Messwerte aufwiesen. Die Wasseraufnahme des Typenmehls zeigte, dass sie stärker von der Höhe der Schädigung und weniger vom Proteingehalt beeinflusst wird. Abschließend ist festzustellen, dass die beiden Methoden ICC 164 und ICC 172 in keinem direkten Bezug stehen. Weil sie in ihrer Messung der Stärkeschäden, höhere und geringere Differenzen, in den Passagen- und 550 Typenmehl, sowie bei den Fallzahlschroten aufweisen.

5.4 Diskussion

Durch die Auffälligkeiten beim Fallzahlschrot scheint es diskutabel, dass die größeren Partikel, mit höherer Packungsdichte, bei der Vermahlung in der inneren Struktur geschädigt worden sind. Enzyme, einmal in die Partikel eingedrungen, könnten so schneller die Stärke abbauen und so Differenzen in den Methoden hervorrufen. Das ist aber rein spekulativ und müsste in anderen Projekten untersucht werden.

5.5 Schlussfolgerung

Aufgrund der unterschiedlichen Werte der Messmethoden, sollte bei Angaben der Stärkeschäden eines Mahlerzeugnisses nicht darauf

verzichtet werden, mit welcher Methode die Ergebnisse ermittelt worden sind.

5.6 Ausblick

Aufgrund der Feststellung in dieser Arbeit, dass beim Typenmehl, wie auch schon Grier und Steward beschrieben [2], die Wasseraufnahme von der Höhe der Schädigung mehr beeinflusst wird und weniger vom Proteingehalt. Es wäre wünschenswert, wenn hinsichtlich der Charakterisierung von Mehlen den Stärkeschäden eine größere Bedeutung zugeschrieben wird.

6 Sammary

During the grinding of wheat, mechanically-induced damage occurs to the starch grain. The calculation of the amount of this starch damage can be performed according to two standard methods. On one hand, there is the older enzymatic method (ICC 164) and on the other hand the newer amperimetric method ICC 172.

6.1 Problem posed

Verification of the agreement between the methods ICC 164 and ICC 172 in the course of gauging the mechanically-induced starch damage in various ground-wheat products.

6.2 Material und Method

A total of 26 winter varieties of soft wheat from the harvest year 2009 were ground on the automatic mill Bühler MLU 202 and to falling-number grists in the baffle mill. The different ground products generated from wheat grinding were mixed to create a Type 550 flour. The typed flour and the falling-number grist were characterised by the detection of the grain hardness, particle sizes, air-stream sifting and water absorption. In order to gain a generalised overview, not only the typed flours and falling-number grists were inspected for mechanically-induced starch damage

with the ICC 164 and ICC 172 method, but also the passage flour types B1, C1 and C3 from the MLU 202.

6.3 Results

One can determine that the degree of starch damage depends upon the packaging density for the grain hardness of the cereal. The greater the hardness, the more severe the damage to the starch grains upon grinding. The starch damage varies in its extent for the individual ground products from the passages - and with that, also for the typed flour as well as for the falling-number grist. The damage to the falling-number grists and the typed flour can only be correlated by way of the gauging method ICC 164. The correlation of these two flour types in the course of the amperometric ICC 172 gauging turns out to be much lower, so that a mere tendency can be detected. Also, the falling-number grists indicated a crest (at an approx. grain hardness of 50). There, the methods indicated the same gauged readings. Whereby here, the softer-cereal flours (up to max. 50) for the ICC 172 method and the harder ones (starting at 50) with the ICC 164 method both indicated higher gauged readings. The water-absorption reading for the typed flour indicated that this parameter is more greatly influenced by the amount of damage and less by the protein content. In conclusion, one can determine that these two methods (ICC 164 and ICC 172) have no direct correlation - since the gauging of the starch damage indicated higher and lower differences in your gauging of the starch damage to the passage-type and Type 550 flour, as well as in the falling-number grists.

6.4 Discussion

The noticeable inconsistencies in the falling-number grist and the circumstance that the larger particles with a higher packaging density were damaged in their inner structure seem worthy of discussion. Enzymes, once these entered the particles, were then able to thereby more quickly metabolise the starch and thereby prompt differences in the methods.

However, this premise is purely speculative and would have to be examined in other projects.

6.5 Conclusion

Due to the different reading generated by the gauging methods, the specification of the starch damage sustained by a ground product should not omit the statement of the method by which the results were calculated.

6.6 Outlook

Due to the determination in this treatise that in typed flour - as also already described by Grier und Steward (2) - the water absorption is more greatly influenced by the amount of damage and less by the protein content. It would be desirable to see a greater significance attributed to starch damage with regard to the characterisation of different flour types.

7 Tabellenverzeichnis

<input type="checkbox"/>	Tabelle 1 Getreidematerial mit Bezeichnung	7
<input type="checkbox"/>	Tabelle 2 Zugussmengen bei Konditionierung der Getreidesorten	9
<input type="checkbox"/>	Tabelle 3 Mineralstoffgehalt und Mehlausbeute von Sankara und Monopol	17
<input type="checkbox"/>	Tabelle 4 Stärkeschädigung vom Getreide Sankara und Monopol nach ICC 172	18
<input type="checkbox"/>	Tabelle 5 beschädigte Stärke [%] der B1 Passage	20
<input type="checkbox"/>	Tabelle 6 beschädigte Stärke [%] der C-1 Passage.....	22
<input type="checkbox"/>	Tabelle 7 beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage.....	24
<input type="checkbox"/>	Tabelle 8 Weiterführung beschädigte Stärke [%] der C-3 Passage ...	25
<input type="checkbox"/>	Tabelle 9 beschädigte Stärke [%] der 550 Typenmehle.....	27
<input type="checkbox"/>	Tabelle 10 beschädigte Stärke [%] der Fallzahlschrote	29
<input type="checkbox"/>	Tabelle 11 Partikelgrößenverteilung 0,1 ; 0,5 und 0,9 Perzentil.....	34
<input type="checkbox"/>	Tabelle 12 Luftstrahlsiebung Anteil in % > 75 µm	37
<input type="checkbox"/>	Tabelle 13 Luftstrahlsiebung Anteil in % < 75 µm	38
<input type="checkbox"/>	Tabelle 14 Wasseraufnahme der Typenmehle 550	43
<input type="checkbox"/>	Tabelle 15 Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	45
<input type="checkbox"/>	Tabelle 16 Weiterführung Vergleich der Stärkeschädigung von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot.....	46

8 Diagrammverzeichnis

<input type="checkbox"/>	Diagramm 1 schematisches Vermahlungsdiagramm des am MRI Detmold befindlichen Mahlstuhles MLU 202.....	10
<input type="checkbox"/>	Diagramm 2 Mohs`sche Aschenkurve vom Getreide Monopol und Sankara	17
<input type="checkbox"/>	Diagramm 3 Stärkeschädigung vom Getreide Sankara und Monopol nach nach ICC 172 auf Bühlerautomat 1/3.....	18
<input type="checkbox"/>	Diagramm 4 Beschädigte Stärke der B1 Passage nach ICC 164 & ICC 172	21

□ Diagramm 5 Vergleich der Stärkeschäden der B1 Passage von ICC 164 & ICC 172.....	21
□ Diagramm 6 Beschädigte Stärke der C1 Passage nach ICC 164 & ICC 172	23
□ Diagramm 7 Vergleich der Stärkeschäden der C1 Passage von ICC 164 & ICC 172.....	23
□ Diagramm 8 Beschädigte Stärke der C3 Passage nach ICC 164 & ICC 172	25
□ Diagramm 9 Vergleich der Stärkeschäden der C3 Passage von ICC 164 & ICC 172.....	26
□ Diagramm 10 Beschädigte Stärke der Typenmehle 550 nach ICC 164 & ICC 172.....	28
□ Diagramm 11 Vergleich der Stärkeschäden der Typenmehle 550 von ICC 164 & ICC 172.....	28
□ Diagramm 12 Beschädigte Stärke der Fallzahlschrote nach ICC 164 & ICC 172	30
□ Diagramm 13 Vergleich der Stärkeschäden der Fallzahlschrote von ICC 164 & ICC 172.....	30
□ Diagramm 14 Differenz der Methoden ICC 172- ICC 164 in Bezug zur Kornhärte innerhalb des Fallzahlschrots	31
□ Diagramm 15 Vergleich der Methodenmessung ICC 164 und ICC 174 von beschädigter Stärke [%] der zu betrachtenden Mahlerzeugnisse	32
□ Diagramm 16 Vergleich der Partikelgröße des 0,1 Perzentil mit Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	35
□ Diagramm 17 Vergleich der Partikelgröße des 0,5 Perzentil mit Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	35
□ Diagramm 18 Vergleich der Partikelgröße des 0,9 Perzentil mit Kornhärte von Typenmehl 550 und Fallzahlschrot	36
□ Diagramm 19 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm; > 75 µm im Bezug zur Kornhärte von Typenmehl 550.....	39

□ Diagramm 20 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm; > 75 µm im Bezug zur Kornhärte vom Fallzahlschrot	39
□ Diagramm 21 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm; > 75 µm im Bezug zur Stärkeschädigung von Typenmehl 550.....	40
□ Diagramm 22 Luftstrahlsiebung Anteil in % <75 µm; > 75 µm im Bezug zur Stärkeschädigung vom Fallzahlschrot.....	41
□ Diagramm 23 Verhältnis Wasseraufnahme zum Proteingehalt beim Typenmehl 550.....	44
□ Diagramm 24 Verhältnis Wasseraufnahme zur Stärkeschädigung beim Typenmehl 550	44
□ Diagramm 25 Diagramme zum Vergleich der Stärkeschädigung vom Typenmehl 550 und Fallzahlschrot mit Methode ICC 172 und ICC 164	46

9 Quellen und Literaturnachweis

Belderok, B., Vergleich von Methoden zur Bestimmung der Stärkebeschädigung in Mahlerzeugnissen, Institut TNO Wageningen, Niederlande

Belderok, B., Wirkung der Stärkeschädigung im Weizenmehl auf die Teig- und Broteigenschaften, Institut TNO Wageningen, Niederlande

[2] Greer, E.N. und Stewart, B.A. The water absorption and starch. - J. Sci. Food and Agric. 10 /1959 4, S.248-252

Pelshenke, P.F. und Hampel, G., Untersuchung über Stärkebeschädigungen im Mühlendiagramm, 01/1954, Getreide und Mehl

Pelshenke, P.F. und Hampel, G., Stärkebeschädigung und Kornhärte, 02/1954, Getreide und Mehl

[1] Stevens, J. und Evers, A.D., Der Mechanismus und die Bedeutung der Stärkebeschädigung, Flour Milling and Baking, Chorleywood, Herfordshire

Vorwerck, K., Mechanisch beschädigte Stärke in Weizenmehlen, Bühler-Miag GmbH, Braunschweig

Williams, P.C., Die Natur mechanisch beschädigter Stärke und ihre Entstehung im Mehl, 01/1972, Die Mühle + Mischfuttertechnik

Zwingelberg, H., Herstellung und Qualität von Mehlen nach der neuen Typenordnung, MRI Detmold

[http://www.stadtwerke-detmold.de/cms/Wasser/Wasseranalyse/Erfrischend klar-Detmolder Trinkwasser.html](http://www.stadtwerke-detmold.de/cms/Wasser/Wasseranalyse/Erfrischend_klar-Detmolder_Trinkwasser.html) 12.04.11; 17,47 Uhr

<http://de.wikipedia.org/wiki/Quantil#Perzentil> 13.04.11; 7,00 Uhr

10 Versicherung über die eigenständige Erarbeitung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Technikerarbeit selbständig erstellt und keine anderen als die genannten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Berlin, 03. Mai 2011

gez. Dana Linke