



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Studiengang Lebensmitteltechnologie
WS 2011/2012

Verbesserung des Herstellungsprozesses von Rheinischem Vollkornbrot im Technikumsmaßstab

Bachelorarbeit

Verfasser: Theodor Hans Winetzka

Betreuer: Prof. Dr. Peter Meurer
Prof. Dr. Eckhardt Schulz

URN: [urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2012-0008-4](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2012-0008-4)

Neubrandenburg, 20.02.2012

Abstract

In this research paper the optimization of production of rhenisch brown bread is described and realised. The main focus of this research is the analysis of the best swelling sponge. In addition the analysis are focused of kneading, fermentation prozess, baking and the manual production. The firmness and springiness are analyzed with a texture analyser. The research showed that the best process to swelling the gross grist is to cook it. Soaker and scald are more options to swelling the grist. Moreover has the sourdoug a strong effect of the rhenisch brown bread. The manual production demand practice. Furthermore the paper showed that the mellowness has a strong effect to. In the analyses of the production it was clearly that many more process steps influence the whole meal bread. The result of this research is that a optimized production are achieved.

Abkürzungsverzeichnis

CO ₂	Kohlendioxid
DLG	Deutsche Landwirtschaft-Gesellschaft
TA	Teigausbeute
V	Variante
\bar{x}	Mittelwert
σ	Standardabweichung

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung	6
2	Stand der Wissenschaft und Technik	8
2.1	Rheinisches Schwarzbrot	8
2.2	Roggen	9
2.3	Technologie der Roggenbrotherstellung	9
2.4	Sauerteig	11
2.5	Technologie der Roggenschrotbrotherstellung	13
2.5.1	Quellstück	16
2.5.2	Brühstück	16
2.5.3	Kochstück	17
2.5.4	Restbrotzugabe	19
2.5.5	Bräunungsmittelzugabe	20
2.5.6	Teigbereitung	20
2.5.7	Teigtemperatur	21
2.5.8	Teigruhe	21
2.5.9	Formgebung und Oberflächengestaltung	22
2.5.10	Stückgare	22
2.5.11	Backprozess	23
2.5.12	Vorgänge beim Backprozess	24
3	Material und Methoden	26
3.1	Projektablauf	26
3.2	Ausgangsrezeptur und Herstellung	27
3.3	Versuchsübersicht	29
3.4	Rohstoffe	32
3.5	Geräte	32
3.6	Analytische Methoden	33
3.6.1	Säuregradbestimmung	33
3.6.2	pH – Wert Bestimmung	34
3.6.3	Volumenbestimmung	34
3.6.4	Dichtebestimmung	35
3.6.5	Backverlust	35
3.6.6	Temperaturbestimmung	36

3.6.7	Farbmessung	36
3.6.8	Texturmessung	37
3.6.9	Sensorik	38
3.7	Statistische Methoden	39
4	Ergebnisse	41
4.1	Vorversuche	41
4.1.1	Quellteigherstellung	41
4.1.2	Teigtemperatureinstellung	42
4.1.3	Oberflächenbemehlung	43
4.1.4	Backform	43
4.1.5	Temperaturverlauf während des Backprozesses	43
4.2	Hauptversuche	44
4.2.1	Teigknetung	44
4.2.2	Säuregrade und pH – Werte im angesetzten Sauerteig	46
4.2.3	Festigkeitsunterschiede der Krume	46
4.2.4	Elastizitätsunterschiede der Krume	49
4.2.5	Farbunterschiede der Kruste und Krume	51
4.2.6	Backverluste	52
4.2.7	Brotvolumen und Dichte	53
4.2.8	Sensorik	54
5	Auswertung der Ergebnisse	56
6	Zusammenfassung	60
7	Literaturverzeichnis	61
8	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	64
9	Anhang	66

Erklärung über die selbständige Anfertigung der Arbeit

1 Einleitung

Brot ist seit mehreren tausend Jahren Grundnahrungsmittel in weiten Teilen der Welt. Das traditionelle Nahrungsmittel wird aus einem Teig aus gemahlenem Getreide, Wasser, einem Triebmittel und meist Salz und weiteren Zutaten gebacken. Im Laufe der Zeit sind verschiedenste Brotvariationen aus Brotgetreide entstanden. Dazu zählen Brotsorten aus Weizen, Roggen, Triticale und Dinkel. In Europa besteht die größte Vielfalt an Brotsorten. In anderen Gegenden der Erde sind brotähnliche Produkte typischer. Diese werden auf Grundlage von Getreide wie zum Beispiel Mais, Hirse, Reis und Gerste hergestellt.

Deutschland gilt heute in der Welt als das Land mit der größten und abwechslungsreichsten Brotauswahl. Dies liegt an den vielen unterschiedlichen Brotsorten, die sich zum Beispiel durch die Art des verwendeten Mehls und der angewendeten Backverfahren unterscheiden. Es gibt hierzulande eine große Palette verschiedener Weizen- und Roggenbrote sowie auch Mischbrote aus Brotgetreide.

Am wertvollsten für die menschliche Ernährung ist das Vollkornbrot, da es auch die mineralstoff- und vitaminreichen Außenschichten des Getreidekorns enthält. Untersuchungsobjekt dieser Bachelorarbeit ist das Rheinische Vollkornbrot. Das Rheinische Vollkornbrot ist ein Roggenschrotbrot das zu 90 Prozent aus Roggenbackschrot besteht. Es wird in Mulden- oder Kastenform gebacken, hat eine glänzende Kruste und besitzt eine dunkle, grobschrotige, saftige und kompakte Krume. Wegen des hohen Roggenanteils verfügt es über mehr oder weniger deutlich schmeckbare Säuren, die sich harmonisch mit den bräunenden und gleichzeitig leicht süßenden Backzutaten wie Rübensirup und dem beim Herstell- bzw. Backprozess entstehenden leicht süßlichen Abbauprodukten zu einem unvergleichlichen Brotaroma vereinigen. Durch den hohen Anteil an Ballaststoffen und Mineralien ist der Schrotbrotverzehr einer gesunden Ernährung zuträglich. Schrotbrote liefern Energie für den Tag, sorgen für eine lang anhaltende Sättigung und fördern zudem eine gute Verdauung.

Auch wenn der Trend heute zu hellen weizenbetonten Brotsorten geht werden Schrotbrote im deutschen Brotsortiment immer ihren Platz haben. Neben der Übernahme neuer internationaler Brottrends müssen in Deutschland die eigenen Brottraditionen gepflegt und weiterentwickelt werden.

Deutsches Schrotbrot wie das Rheinische Vollkornbrot ist und bleibt ein echtes, unverwechselbares und gesundes Stück deutscher Esskultur.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die Herstellung des Rheinischen Vollkornbrotes im Technikum zu optimieren. Untersucht werden der Einfluss der Vorteigführung, der Knetung, der Stückgare

und des Backprozesses sowie die handwerkliche Umsetzung und die Rezepturanpassungen auf die Qualität des Endproduktes. Die gewonnenen Daten sollen helfen, die wichtigsten Qualitätsbestimmenden Prozessparameter herauszustellen sowie deren optimale Umsetzung zu erreichen.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Rheinisches Schwarzbrot

Das Rheinische Schwarzbrot ist ein Roggenschrotbrot (siehe Abbildung 1) das ursprünglich aus deutschen Gebieten am Mittel- und Niederrhein stammt. Nach den Leitsätzen für Brot und Kleingebäck muss ein Roggenschrotbrot aus mindestens 90 % Roggenbackschrot hergestellt werden. Der Großteil davon ist Roggengrobschrot. Außerdem werden auch gewisse Anteile an Fein- und Mittelschrot verarbeitet. Dadurch sind die Voraussetzungen für eine bindige, gut kaufähige, saftig und aromatische Krume am besten gegeben. Die Grobschrotanteile werden als Koch-, Brüh- oder Quellstück verquollen damit diese ausreichend Wasser binden. Feinschrot- oder Mehlannteile werden direkt bei der Teigbereitung zugegeben, um optimale Verarbeitungseigenschaften zu erreichen. Die Teiglinge des Rheinischen Schwarzbrot werden nass aufgearbeitet und vor der Stückgare in Kartoffelmehl gewälzt bzw. damit bestreut. Das Rheinische Vollkornbrot wird freigeschoben oder in Kastenform bei Temperaturen zwischen 200 bis 280 °C und langer Backzeit (ca. 80 bis 90 min) gebacken. Es hat eine dünne, glänzende Kruste. Das Brot wird zum Verzehr üblicherweise in dünne Scheiben geschnitten (Leitsätze für Brot und Kleingebäck, 1993; Steffen, 2003; Schünemann et al, 2005; GMF, 2006).



Abbildung 1: Rheinisches Schwarzbrot (Steffen, 2003)

2.2 Roggen

Roggen (*Secale cereale*) bzw. daraus hergestelltes Schrot ist das Basisgetreide für die Herstellung des Rheinischen Schwarzbrotens. Roggen gehört zur Familie der Süßgräser (*Poaceae*). Der Anbau als Kulturpflanze ist hauptsächlich auf die gemäßigte Klimazone begrenzt. Roggen besitzt eine große Kälteresistenz (bis -25 °C) und seine Ansprüche an die Bodenqualität sind gering. Roggen wächst auch auf nährstoffarmen Böden. Wegen der Kältebeständigkeit liegen die Hauptanbaugebiete in Mittel- und Osteuropa (hauptsächlich Deutschland, Polen und Russland). Außerhalb dieser Anbaugebiete spielt Roggen eine untergeordnete Rolle. Äußerliche Charakteristika für Roggenkörner sind die längliche Form, die braun – grünbläuliche Farbe sowie die raue Oberhaut. Roggenmehl muss mühlengereinigt sein um Gefahren für den Endverbraucher z.B. durch Mutterkorn auszuschließen. Roggen ergibt ein dunkles Mehl. Für die Backfähigkeit sind beim Roggenbrot die Pentosane und die Roggenstärke verantwortlich (Sitte et al, 2002; Steffen, 2003; Klingler, 2010).

2.3 Technologie der Roggenbrotherstellung

Bei der Verarbeitung von Roggenmehl zu Brot sind bestimmte Kriterien zu beachten. Dies liegt vor allem an den unterschiedlichen Eigenschaften der Quellstoffe (Wasserbindung, Quellung, Teigbildung). Die Roggenproteine bilden kein Klebnetzwerk wie bei einem Weizenteig. Bei der Weizenbrotherstellung bilden die Weizenproteine beim Knetprozess ein dreidimensionales Klebnetzwerk aus. Dieses Klebnetzwerk sichert die Gashaltung und bindet Stärkekörner. Die verstärkt anwesenden stark quellenden Pentosane (Schleimstoffe) im Roggenmehl verhindern die Bildung eines Klebergerüsts. Die Wasserbindung im Roggenteig wird von den Pentosanen und der Roggenstärke übernommen. Die vorhandenen Roggenproteine sind in hohem Maße wasserlöslich und können deshalb wenig Wasser binden. Die zur Kohlenhydratfraktion gehörenden Pentosane bzw. Schleimstoffe des Roggens sind dagegen hauptsächlich für die Roggenteigbildung verantwortlich. Hauptbestandteil sind die Pentosen Xylose und Arabinose. Pentosane können sehr gut Wasser aufnehmen. Sie können ungefähr das Achtfache des Eigengewichtes von Wasser binden. Die hohe Wasserbindung geht durch das Erhitzen beim Backprozess nicht verloren. Deshalb sind roggenhaltige Gebäcke durch eine höhere Teigausbeute, eine saftigere Krume und eine längere Frischhaltung gekennzeichnet. Pentosane werden unterteilt in lösliche und unlösliche. Die unlöslichen sorgen für eine hohe Wasserbindung. Die löslichen beeinflussen die Teiglockerung, die Weichheit der Krume und das

Gebäckvolumen. Der Roggenstärke kommt eine große Bedeutung bei der Roggenbrotherstellung zu. Stärke macht mengenmäßig den höchsten Anteil im Roggenkorn aus. Stärke ist ein Speicherkohlenhydrat das in Form von Stärkekörnern im Endosperm lagert. Es zählt zu den Polysacchariden und ist aus Amylose (linear) Amylopektin (verzweigt) aufgebaut ist. Die wichtigste Eigenschaft der Stärke bei der Brotherstellung ist die Verkleisterung. Die Verkleisterung ist die Wasseraufnahme ab einer bestimmten Temperatur. Dabei wird die Struktur des Stärkekorns irreversibel aufgelöst. Es bildet sich ein Gel. Probleme treten auf wenn bei der Verarbeitung viel ausgewuchsgeschädigter Roggen verwendet wird. Dieser enthält viele aktive Enzyme (α - und β - Amylasen) die Stärke abbauen. Roggen enthält größtenteils große Stärkekörner (20 – 35 μm). Dadurch verkleistert die Roggenstärke schon bei niedrigeren Temperaturen. Außerdem sind Stärkekörner mit größerem Durchmesser anfälliger gegen enzymatischen Abbau. Während der Backphase ist die Stärke stark an der Strukturbildung der Krume beteiligt. Deshalb sind Menge und Verkleisterungseigenschaften der Roggenstärke von großer Bedeutung. Aufgrund der Größe der Stärkekörner liegt die Verkleisterungsphase der Roggenstärke zwischen 55 bis 70 °C und somit im Temperaturoptimum der α - Amylasen (55 – 65 °C) und β - Amylasen (50 – 60 °C) wo diese ihre maximale Aktivität erreichen. Die Anfälligkeit der Stärke für enzymatischen Abbau ist nach der Verkleisterung deutlich erhöht. Enzyme im Roggenmehl entwickeln naturbedingt eine hohe Aktivität. Durch die hohen Amylaseaktivitäten würde während der Teigbereitung, Stückgare und im Backprozess zuviel Stärke abgebaut, was zu Brotfehlern, wie einer abgebackenen Krume und einer geschwächten Krumenelastizität, führen würde. Enzyme besitzen jedoch neben einem Temperaturoptimum auch ein pH – Wert Optimum (Roggen α - und β - Amylasen pH Optimum 5 – 6). Durch Zugabe von Säure zum Roggenteig kann somit die Aktivität der Enzyme deutlich reduziert werden. Aus diesem Grund wird Roggenteig grundsätzlich gesäuert. Ein weiterer Schutz vor enzymatischem Abbau kann durch die Zugabe von Salz erreicht werden. Salz erhöht die Verkleisterungstemperatur der Roggenstärke um 5 bis 10 °C. Dadurch wird eine spätere Verkleisterung der Stärke erreicht und der Bereich höchster Anfälligkeit wird aus dem Bereich maximaler Enzymaktivität verschoben. Roggenteige werden meistens trotzdem gesäuert auch wenn die Mehle enzymarm sind. Durch die Säuerung werden auch die Pentosanaseaktivitäten gehemmt. Diese bauen die Pentosane die für die Teigbildung von größter Bedeutung sind ab. Durch eine Absenkung des pH – Wertes lässt sich neben der Reduzierung der Enzymaktivitäten auch die Quellung des Roggenmehls verbessern, weil dadurch die löslichen Anteile der Proteine und der Pentosane reduziert werden. Außerdem wird durch Säuerung die Bildung von Aromastoffen gefördert, die Frischhaltung verlängert und der Verderb verzögert. Die Säuerung

erfolgt durch einen Sauerteig oder durch Teigsäuerungsmittel. Teige aus Roggenmehl sind kurz, wenig bis gar nicht elastisch und sehr klebrig und haben plastische Eigenschaften. Die dunkle Farbe ist auf den erhöhten Aschegehalt zurückzuführen. Roggenteige haben ein hohes Gasbildevermögen und im Gegensatz dazu ein niedriges Gashaltevermögen. Die Teigherstellung ist ein einfacher Mischprozess, da sich kein Klebergerüst ausbildet und die Quellstoffe leicht Wasser binden. Die Teige sind leicht verformbar und erfordern bei der Formgebung einen geringeren Kraftaufwand (Freund, 1995; Tegge, 2004; Kim, 2007; Nitschko, 2008; Klingler, 2010, Lindhauer, 2010).

2.4 Sauerteig

Sauerteig ist nach den Leitsätzen für Brot und Kleingebäck ein Teig, der aktive oder reaktivierbare Mikroorganismen (Milchsäurebakterien, Hefen) enthält und der nach Zugabe von Getreideerzeugnissen und Wasser zur fortlaufenden Säurebildung fähig ist. Die enthaltenen Hefen leisten keinen Beitrag zu Säuerung. Die Hefen bilden Kohlendioxid das als Triebmittel dient. Teile eines reifen Sauerteiges werden als Anstellgut für neue Sauerteige genutzt. Die Fermentationsprozesse werden erst durch den Backprozess beendet. Der wichtigste Vorgang im Sauerteig ist der enzymatische Abbau der Stärke in Mono- oder Disaccharide (z.B. Glucose und Maltose) die den Mikroorganismen des Sauerteiges als Nahrung dienen. Die Milchsäurebakterien (Laktobazillen) unterscheidet man in die gasbildenden heterofermentativen und die nicht gasbildenden homofermentativen Arten. Homofermentative Milchsäurebakterien vergären die Glucose fast ausschließlich zu Milchsäure während heterofermentative Milchsäurebakterien Milchsäure, Essigsäure, Ethanol und Kohlendioxid bilden können. Die Hefen im Sauerteig bilden aus Zucker Ethanol und Kohlendioxid (Leitsätze für Brot und Kleingebäck, 1993; Brandt, 2006; Brandt, 2009).

Die Grundlegenden biochemischen Vorgänge sind vereinfacht in Abbildung 2 dargestellt.

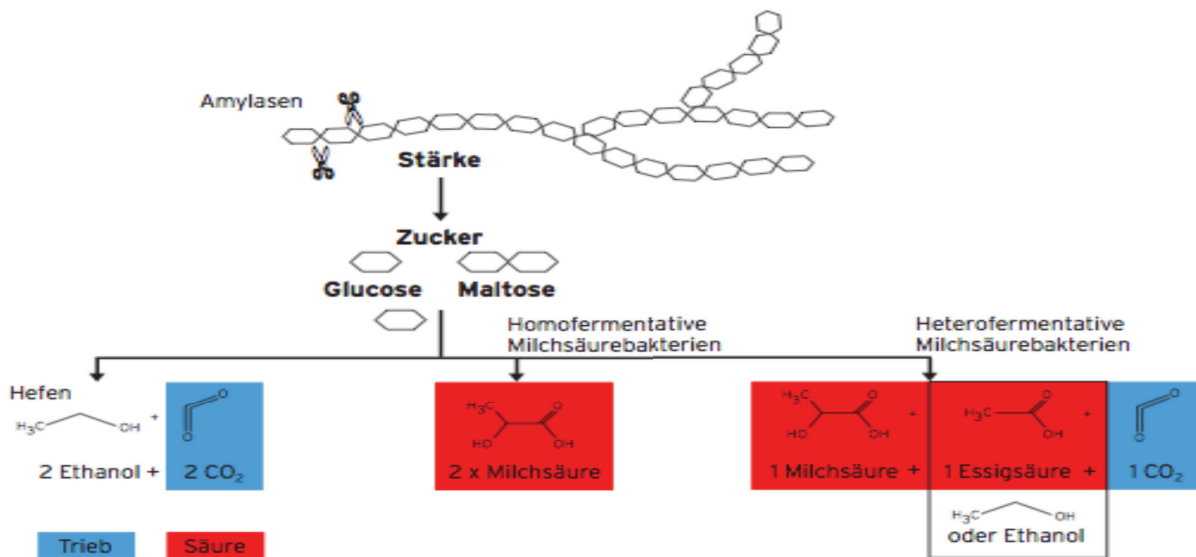


Abbildung 2: Grundlegende biochemische Vorgänge im Sauerteig (Brandt, 2009)

Sauerteig kann nach verschiedenen Techniken hergestellt (geführt) werden. Zielstellung dabei ist genügend Milchsäurebakterien (z.B. *Lactobacillus sanfranciscensis*) und Hefen (z.B. *Candida humilis*) heranzuzüchten, damit eine geeignete Teigsäuerung und Teiglockerung erreicht werden kann. In Abbildung 3 ist der Verlauf einer Sauerteigfermentation mit Roggenmehl dargestellt. Die schnell wachsende Anzahl von Lactobazillen und dessen Bildung von Milch- und Essigsäure senkt den pH – Wert. Damit wird erreicht, dass die Stärke abbauenden Amylasen des Roggenmehls in ihrer Aktivität gehemmt werden. Die heterofermentativen Milchsäurebakterien und Hefen bilden Kohlendioxid welches zur Teiglockerung beiträgt (Brandt, 2006; Brandt, 2010).

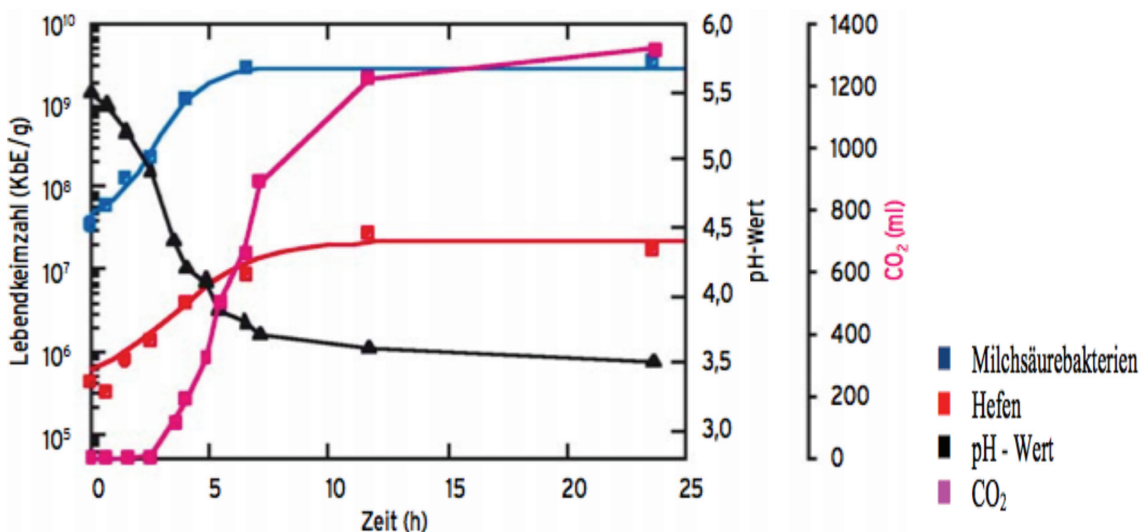


Abbildung 3: Beispielhafter Verlauf einer Roggensauerteigfermentation (Brandt, 2009)

Sauerteigführungen unterscheiden sich hauptsächlich im Zeitbedarf (3 – 40 h Reifezeit) und in der Anzahl der durchzuführenden Stufen (einstufig oder mehrstufig). Die Unterschiede liegen im Arbeitsaufwand und in der Geschwindigkeit der Säureproduktion sowie in der Stabilität des fertigen Sauerteiges. Mehrstufige Führungen sind zeit- und arbeitsaufwendiger und führen zu einer ausreichenden Hefevermehrung. Diese sind jedoch wenig stabil in ihren Eigenschaften, da sich dessen Eigenschaften schnell ändern. Bei einstufigen Führungen (z.B. Detmolder Einstufenführung) steht die Säure- und Aromabildung im Vordergrund. Diese sind wesentlich Temperaturunempfindlicher und haben eine größere Stabilität (Säuregrade stabil). Der große Arbeits- und Zeitbedarf für die Mehrstufenführungen sowie die Verfügbarkeit von Preßhefe rücken die einstufigen Prozesse in Mittelpunkt. Bei einstufigen Herstellverfahren muss deshalb zusätzlich Backhefe verwendet werden, da hier auf die Hefevermehrung verzichtet wird. Einstufenführungen ermöglichen grundsätzlich ein effizientes Arbeiten, da die Herstellung meistens mittags bzw. am täglichen Arbeitsende erfolgt und am nächsten Tag der reife Sauerteig zur Verfügung steht. Die Hefevermehrung, die Säurebildung sowie die Geschmacks- und Aromastoffbildung lassen sich steuern, besonders das Verhältnis von Essig- zu Milchsäure. Höhere Temperaturen bei der Sauerteigreifung und weichere Teige (höhere Sauerteigausbeuten) fördern die Milchsäurebildung bzw. drängen die Essigsäurebildung zurück. Es gilt je höher der Essigsäureanteil, desto intensiver ist später die sensorische Wahrnehmung der Säure. Auch durch die Anstellgutmenge und deren mikrobielle Zusammensetzung lässt sich die Sauerteiggärung steuern. Als vorteilig gelten dabei vielfältig zusammengesetzte Sauerteigstarter. Dabei sollten neben den vielfältig vorhanden homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien auch Sauerteighefen vorhanden sein. Dies bringt eine wesentlich größere Herstellungssicherheit mit sich, da bei einem Starter mit einer Rheinzuchtkultur die Säuerungsbedingungen viel exakter eingehalten werden müssten (Steffen, 2003; Brandt, 2006; Nitschko, 2008; Brandt, 2009, Brümmer, 2011).

2.5 Technologie der Roggenschrotbrotherstellung

Für die Herstellung von Schrotbroten aus Roggen wird Fein-, Mittel- oder Grobschrot verwendet (siehe Abbildung 4). Roggenschrotbrote müssen nach den Leitsätzen für Brot und Kleingebäck mindestens 90 % Roggenbackschrot enthalten. Bei der Herstellung wird grundsätzlich ein Vorteig in Form eines Quell- oder Brüh- oder Kochstücks hergestellt. Dieser Vorteig dient der optimalen Wasseraufnahme und Quellung der Schrotteilchen. Das Ziel besteht darin, eine ausreichende Teigbindigkeit, eine gute Stärkeverkleisterung und eine lange Frischhaltung zu

erreichen. Durch die kleine spezifische Oberfläche der Schrotpartikel verläuft die Wasseraufnahme langsam. Ohne die Vorquellung würde es im Verlauf der Herstellung zum Nachquellen der Schrotpartikel kommen. Damit würde dem Teig benötigte Feuchtigkeit entzogen und eine unvollständige Verkleisterung der Stärke während des Backprozesses wäre die Folge. Dies hätte kleineres Brotvolumen, Krumenrisse, trocken krümeln der Krume, ungenügende Krumenbindung, schlechtere Frischhaltung und spürbare Geschmacksängel zur Folge (Doose, 1985; Steffen, 2003; GMF, 2006; Klingler, 2010).

Für die Roggenschrotbrotherstellung muss ein einwandfreier Sauerteig zur Säuerung verwendet werden. Zur Herstellung eines Sauerteiges für Roggenschrotbrote kann jede Sauerteigführung genutzt werden. Häufig werden aktuell einstufige Sauerteigführungen (z.B. Detmolder Einstufenführung) zur Herstellung dieser genutzt. Der Sauerteig muss größtenteils Roggenschrot enthalten, da höchstens 10 % der Getreidemahlerzeugnisse aus herkömmlichen Mehl stammen dürfen. Der Sauerteiganteil beträgt in der Regel 30 bis 50 % und liegt damit deutlich darüber. Die Verkehrsbezeichnung Roggenschrotbrot wäre bei Verwendung von einem Mehnteil von mehr als 10 % nicht mehr zulässig. Bei Verwendung von groben Schrot sollte der Sauerteiganteil reduziert werden. Hierbei sollte der Sauerteiganteil 30 % nicht überschreiten. Bei einem hohen Feinschrotanteil kann der Sauerteiganteil bis auf 50 % steigen. Durch die unterschiedlich bedingte Wasseraufnahmefähigkeit, je nach Granulation, sind unterschiedliche Schüttflüssigkeitsmengen nötig. Grobes Schrot benötigt mehr Wasser als feines Schrot. Die Sauerteigausbeuten für die Schrotverwendung liegen in etwa bei 200 und können bei groben Schrot oder Ganzkorn noch höher liegen. Einstufige Sauerteigführungen mit Fermentationszeiten von 15 bis 24 Stunden erzeugen eine ausreichende Schrotquellung und gute Verarbeitungseigenschaften. Mehrstufige Führungen sorgen für ein milderes Sauerteigaroma. Hierbei muss auf eine ausreichende Verquellung der groben Schrote geachtet werden. Die Kombinierte Zugabe von Sauerteig und Teigsäuerungsmitteln wird ebenfalls genutzt. Die Zugabe von Teigsäuerungsmitteln bietet eine große Herstellungssicherheit. Sauerteige aus Roggenschrot sollten ausreichend versäuert sein, da die enzymaktiven Randschichten des Kornes komplett vorhanden sind. Je grober das Schrot ist umso kleiner ist die spezifische Oberfläche und umso langsamer verläuft die Säuerung. Enzyme bauen Substrate im Falle kleinerer Partikelgrößen leichter und schneller ab. Somit ist auch die Versäuerung im Ergebnis schwächer je gröber die Granulation des Schrotes ist. Dies führt zu einem milderen Aroma. Zu niedrige Säuregrade können zu Brotfehlern führen wie das Abbacken der Krume, ein Breitlaufen des Teiglings, ein fader Brotgeschmack und eine zu starke Bräunung. Der Starter zum ansetzen für grobe Schrotsauerteige sollte von einem reifen Sauerteig stammen der mindestens Säuregrade

von 14 bis 18 aufweist. In Grobschrotsauerteigen sind dann Säuregrade nach dem Fermentationsprozess von 16 bis 17 anzustreben. Durch die Versäuerung von Grobschrot im Sauerteig lässt sich der Grobschroteffekt im Krumenbild verringern (Doose, 1985; Steffen, 2003; GMF, 2006; Klingler, 2010).

Die Typische Zusammensetzung von Schrotten wird in der Abbildung 5 dargestellt.



Abbildung 4: Roggenschrot grob, mittel und fein (Loderbauer, 2005)

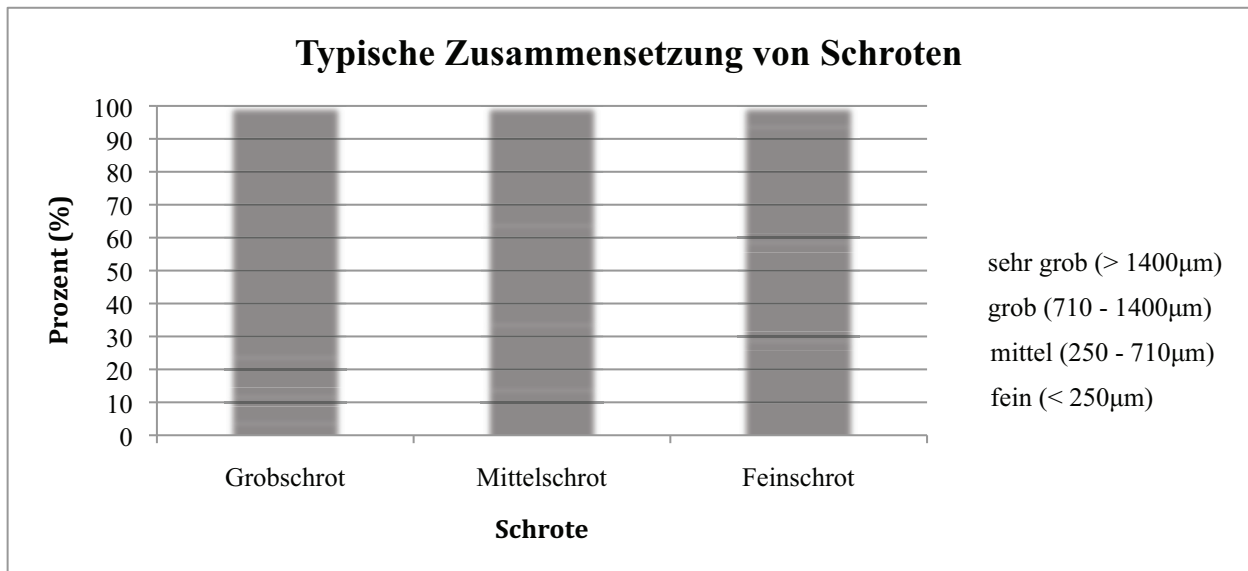


Abbildung 5: Typische Zusammensetzung von Schrotten in Prozentanteilen verschiedener Teilchen nach Partikelgröße in Mikrometern (GMF, 2006)

2.5.1 Quellstück

Ein Quellstück dient zur Aufquellung von groben und mittleren Schrotten unter Zugabe von kaltem Wasser. Es ist ein triebmittelfreier Teig der aus gleichen Teilen Schrot und Wasser (TA 200) angesetzt wird. Die Zugsustemperaturen des Wasser betragen zwischen 20 bis 35 °C. Zu Herstellung eines Quellstückes wird das Schrot mit Leitungswasser, das höchstens auf 35 °C temperiert ist, übergossen und verrührt. Die Quellung findet damit in einem Temperaturbereich von 20 bis 30 °C statt. Die Stehzeit beträgt 3 bis 24 Stunden. Die Feinheit des Schrotes beeinflusst, wie oben beschrieben, die Wasseraufnahmefähigkeit. Es sollten im Quellstück daher keine ganzen Körner verquollen werden. In diesen verläuft die Wasseraufnahme stark verlangsamt ab. In Quellstücken können jedoch größere Schrotmengen verquollen werden als in Brüh- oder Kochstücken, da die Stärke hierbei nicht verkleistert wird und somit der enzymatische Abbau größtenteils unterbunden ist. Üblicherweise werden 30 bis 50 % des Schrotes im Quellstück verquollen. Aufgrund der langen Stehzeiten ist eine Abstehtzeit über Nacht günstig. Es besteht die Gefahr von Fremdgärungen und Spontansäuerungen. Daher ist eine kühle Lagerung empfehlenswert. Durch die Zugabe von Speisesalz können Fremdgärungen unterdrückt werden. Werden 30 % des gesamten Schrotes im Quellstück verarbeitet sollte mindestens die Hälfte der gesamten Salzmenge zugegeben werden. Sind die Schrotanteile deutlich höher sollte die gesamte Salzmenge zugesetzt werden. Außerdem sorgt der Salzzusatz dafür, dass die Schrotkörner von Anfang an mit gesalzenem Wasser verquellen, was sich positiv auf den Brotgeschmack auswirkt. Auch die Zugabe von 0,5 % Speiseessig oder 0,2 bis 0,4 % eines Teigsäuerungsmittels bezogen auf die zu verquellende Schrotmenge ermöglicht es Fremdgärungen zu unterdrücken. Quellstückteige sind an der Oberfläche feucht da nicht das gesamte Wasser gebunden wird. Diese Feuchte auf der Oberfläche ist jedoch von Bedeutung, da sie für ein Nachquellen während der Herstellung sorgt (Stephan, 1982; Dosse, 1985; Steffen, 2003; Seiffert et al, 2006; Jung, 2007; Seifert et al, 2012).

2.5.2 Brühstück

Ein Brühstück dient ebenfalls der Aufquellung von groben und mittleren Schrotten sowie auch ganzen Körnern. Bei einem Brühstück wird Wasser mit einer Temperatur von 70 bis 100 °C zugegeben. Brühstücke sind gegenüber dem Quellstück damit sogenannte warme oder heiße Schrotquellungsvorstufen zum Teig. Zur Herstellung wird das Schrot mit heißem oder kochendem Wasser übergossen und verrührt. Die Teigausbeute von Brühstücken liegt bei 200

bis 300. Ein Brühstück sorgt für einen bindigeren Teig, da die Stärkepartikel besser aufquellen bzw. teilweise verkleistern. Es kommt zu einer ausreichenden Wassersättigung der Schrotpartikel. Durch die höhere Wasserbindung wird die Frischhaltung des Brotes verlängert. Während der Stehzeit stellt sich eine Brühstücktemperatur von 50 bis 70 °C ein. Am Ende der Quellzeit sollte die Temperatur bei unter 30 °C liegen da oberhalb dieser Temperatur enzymatische Abbauprozesse beschleunigt sind. Durch die hohen Schüttwassertemperaturen wird Stärke verkleistert. Daher sollte der im Brühstück verarbeitende Schrotanteil nicht mehr als 30 bis 50 % ausmachen. Die hierbei verkleisterte Stärke fällt für die Gerüstbildung der Krume aus. Der Einsatz von warmem bzw. heißem Wasser führt zu einem schnelleren Eindringen des Wassers in die Schrotteile. Dadurch wird die Verquellung der Schrotteile gegenüber der kühlen Verquellung im Quellstück beschleunigt (siehe Abbildung 6). Die Quellzeit beträgt in der Regel zwischen 2 bis 4 Stunden kann jedoch auch darüber liegen. Der Einsatz des Brühstücks ist für Grobschrot günstiger, da hier die Verkleisterung geringer ist als bei feinen oder mittleren Roggenschroten. Dadurch ist auch der Stärkeabbau geringer. Durch Salzzugabe zum Brühstück können, wie beim Quellstück beschrieben, Fremdgeräungen gehemmt werden. Jedoch werden Fremdgeräungen beim Brühstück, bedingt durch die hohen Verquellungstemperaturen thermisch weitestgehend unterbunden. Aus Sicherheitsgründen kann die gesamte Salzmenge bereits dem Brühstück zugesetzt werden. Ebenso ist die Zugabe von 0,5 % Speiseessig bzw. 0,2 bis 0,4 % eines Teigsäuerungsmittels bezogen auf die zu verquellende Schrotmenge eine Möglichkeit um Fremdgeräungen von vornherein zu unterdrücken (Stephan, 1982; Doose, 1985; Steffen, 2003; Jung, 2007; Seifert et al, 2012).

2.5.3 Kochstück

Bei einem Kochstück werden die Schrote bis kurz vor dem Siedepunkt aufgeköcht und anschließend eine Weile auf hoher Temperatur gehalten. Diese Verquellung ist günstig für ganze Körner da diese am schlechtesten Wasser aufnehmen. Aber auch grober Schrot eignet sich für die Kochstückherstellung. Zur Herstellung wird das Schrot und Wasser zusammen auf 85 bis 95 °C erhitzt und anschließend 30 bis 60 Minuten in diesem Temperaturbereich gehalten. Die Teigausbeute bei Kochstücken beträgt üblicherweise 300. Dies ist schon dadurch bedingt das ein teil des Wasser verdampft. Die hohen Temperaturen und die erhöhte Wassermenge führen zur vollständigen Verquellung der Roggenstärke. Da sehr viel Stärke verkleistert, sollte der Kochstückanteil maximal 25 % betragen. Zuvor verkleisterte Stärke fällt für die Gerüstbildung

der Krume aus (Steffen, 2003; Seifert et al, 2012). In Tabelle 1 wird ein zusammenfassender Vergleich zum Quellstück, Brühstück und Kochstück gezeigt.

Tabelle 1: Quellstück, Brühstück und Kochstück im Vergleich (Steffen, 2003)

Quellstufenart	Quellstück	Brühstück	Kochstück
Schüttflüssigkeit Temperatur	20 – 35 °C	70 – 100 °C	unterschiedlich
Quellstufentemperatur	20 – 30 °C	50 – 70 °C	80 – 95 °C
Abstehzeit	3 – 20h	3 – 4 h	1 h
Quellstufenausbeute	200	250	300
Quellstufenanteil optimal	30 – 50 %	30 – 50 %	10 – 20 %
Quellstufenanteil maximal	75 %	50 %	25 %
Teigausbeute	TA 175 – 178	178 – 181	181 – 185
Brotfrischhaltung	noch gut	gut	sehr gut
Brotgeschmack	etwas kräftig / herb	aromatisch	fast aromatisch
Optimierung/ Vorsorge	Spontansäuerung verhindern	nicht erforderlich	Säuerung optimieren

Von der Firma IsernHäger wurde das Aromastück entwickelt. Dies ist ein Quellteig welcher mittels besonderer Anlagentechnologie und durch Zugabe eines natürlichen Starters eine sehr hohe Wasserbindung erreicht. Die Prozesstemperaturen liegen bei etwa 65°C. Sonst ist der Prozess dem der Kochstückherstellung ähnlich. Im Aromastück bilden sich viele aromawirksame Verbindungen die dem Brot eine malzig süße Note geben (Seifert et al, 2012). In Abbildung 6 ist die Wasseraufnahme von ganzen Roggenkörnern im Aromastück, Brühstück und Quellstück dargestellt

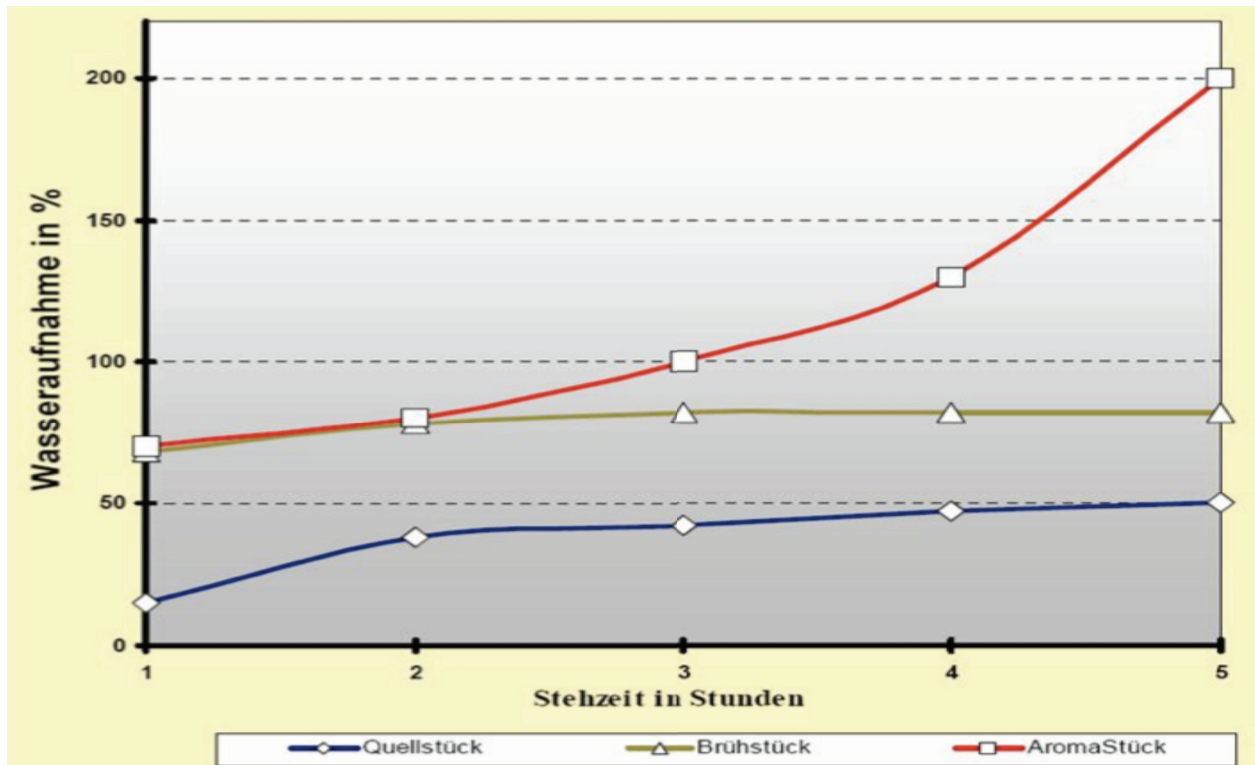


Abbildung 6: Wasseraufnahme im Quellstück, Brühstück und Aromastück (Kochstück) in ganzen Roggenkörner (Seifert et al, 2012)

2.5.4 Restbrotzugabe

Den Quellstufen wird häufig ein gewisser Anteil von getrocknetem fein zerkleinertem Restbrot oder Semmelmehl hinzugefügt. Damit wird der Geschmack und die Krumenbindung verbessert. Durch die gute Wasseraufnahmefähigkeit des Restbrotes wird eine bessere Frischhaltung von Schrotbroten erreicht. Das fein zerkleinerte Restbrot sollte gut mit dem Schrot vermischt werden damit es nicht zur Klumpenbildung kommt. Wird dieses vorher noch zusätzlich geröstet kommt es zum Anstieg des Maltosegehaltes und damit zu einer Aromasteigerung. Das verwendete Restbrot muss von einwandfreier Qualität sein. Es sollte innerhalb des Mindesthaltbarkeitsdatums verarbeitet werden. Am günstigsten ist die Verwendung von Restbrot aus Schrotbroten für die Herstellung dieser, da sonst leicht Mindestmengen von geforderten Getreidebestandteilen unterschritten werden können. Bei einer Verwendung von Semmelmehl darf dieser Anteil am gesamten Getreide nicht mehr als 10 % der Getreidemahlerzeugnisse ausmachen. Nach den Leitsätzen für Brot und Kleingebäck darf der Restbrotanteil bei Schrotbroten bis zu 20 % betragen. (Doose, 1985; Steffen, 2003).

2.5.5 Bräunungsmittelzugabe

Diese sollen eine stärkere Dunkelfärbung der Krume herbeiführen und sich positiv auf das Aroma auswirken. Schrotbrote die in offenen Kästen oder freigeschoben gebacken werden erreichen häufig nicht die erwünschte dunkelbraune Krumenfarbe. Bräunungsmittel beeinflussen die Krumenfeuchtigkeit und damit die Frischhaltung positiv. Ein häufiges eingesetztes Bräunungsmittel ist Rübenkrautsirup. Dieser lässt sich während des Knetprozesses gleichmäßig verteilen. Rübensirup erfüllt die vorher genannten positiven Eigenschaften komplett. Weitere Bräunungsmittel sind Apfelkraut, Apfelextrakt, Malzextrakt, Karamell und Zuckercouleur. Die eingesetzten Bräunungsmittel müssen in der Zutatenliste deklariert werden (Doose, 1985; Steffen, 2003).

2.5.6 Teigbereitung

Für die Roggenschrotteigerherstellung kann man drei verschiedene Teigführungsarten nutzen. Diese werden unterschieden in direkte-, indirekte und die kombinierte Teigführung. Direkte Teigführung ist die Zugabe von Teigsäuerungsmitteln. Teigsäuerungsmittel enthalten vor allem organische Säuren (z.B. Milchsäure, Zitronensäure, Weinsäure) oder deren Salze. Verwendet werden diese als gesäuerte Quellmehle, saure Salze, getrocknete Sauerteigextrakte oder Sauerteigkonzentrate. Die indirekte Teigführung ist die Verwendung von Sauerteig. Unter kombinierter Führung ist der gleichzeitige Einsatz von Sauerteig und Teigsäuerungsmitteln zu verstehen. Damit werden die geschmacklichen Vorteile des Sauerteiges mit den Verarbeitungseigenschaften von teigsäuernden Backmitteln vereint. Mit allen Teigführungen lassen sich Schrotbrote backen. Jedoch liefert die indirekte Teigführung (Sauerteignutzung) aromaintensivere Brote, da der eingesetzte Sauerteig und dessen Wirkung das Aroma mitbestimmen. Bei der kombinierten und direkten Führung hängt die Geschmacksausbildung vor allem vom Backprozess ab (Doose, 1985; Schild, 1990; Steffen, 2003; Nitschko, 2008; Klingler, 2010).

Der Feinheitsgrad des Schrotes beeinflusst die Eigenschaften des Teiges. Feinschrote nehmen mehr Wasser auf und erreichen später höhere Brotvolumen. Außerdem wird dadurch die Krume feuchter und die Brotkrume unelastischer (Steffen, 2003).

Roggenschrotteige sollten langsam geknetet werden. Der Knetvorgang sollte 20 bis 30 Minuten andauern damit alle Bestandteile (Brühstück, Quellstück, Restbrot, Sauerteig, Teigzutaten) ausreichend vermischt werden. Durch den Knetvorgang soll auch das noch ungebundene Wasser

aufgenommen werden (zum nachquellen des Schrotes). Zum Kneten sollten keine unverquollenen Grob- und Mittelschrote hinzugegeben werden, denn für eine optimale Verquellung reichen Knetzeit und Teigruhezeit nicht aus. Die groben Schrote sollten wie beschrieben über ein Quellstück, Brühstück, Kochstück und über den Sauerteig verquollen werden. Nach dem Knetprozess sollte der Teig mit einer schleimig weißen Schicht speckig und gut bindig erscheinen. Eine schonende Knetung ist notwendig damit die verquollenen Grobschrotteile durch die Knetung nicht zerquetscht werden. Gebundenes Wasser würde dadurch wieder freigesetzt. Bei Teigen, deren Grobschrot im Kochstück verquollen wurde, sind kürzere Knetzeiten ratsam. Durch eine intensivere lange Knetung kann es zur Zerstörung der Grobschrotstruktur kommen. Sobald der Feinschrotanteil ausreichend verquollen ist sollte der Knetvorgang beendet werden. Zur Herstellung von Schrotteigen eignen sich Hubknetter und Spiralknetter (Doose, 1985; Schild, 1990; Steffen, 2003; Nitschko, 2008; Klingler, 2010).

2.5.7 Teigtemperatur

Die optimalen Teigtemperaturen liegen bei 27 bis 31 °C. Bei diesen leicht höheren Temperaturen gegenüber anderen Teigen wird die Quellung des Schrotes im Teig gefördert. Durch diese Teigtemperaturen ist eine gute Nachquellung während des Knetprozesses, der anschließenden Teigruhe sowie während der Stückgare möglich. Durch die für Schrotteige ratsame langsame Knetung kommt zu einer geringen Teigerwärmung. Daher ist es wichtig die Rohstoffe zu temperieren. Die einfachste Möglichkeit ist die Schüttflüssigkeitstemperierung. Alle Teigzutaten sollten vor dem Knetprozess mindestens Raumtemperatur angenommen haben (Doose, 1985; Steffen, 2003).

2.5.8 Teigruhe

Die Teigruhe folgt im Anschluss an den Knetprozeß und dient hauptsächlich der Entspannung des Teiges. Während der Teigruhe kommt es zur Nachquellung. Dabei werden der Trieb und die Aroma- und Geschmacksstoffbildung gefördert. Dieser Prozess findet üblicherweise im Knetbehälter statt. Die Teigruhe kann auch in anderen Behältnissen stattfinden. Wichtig ist dabei dass der Teig an der Oberfläche nicht durch kalte Zugluft abkühlt und austrocknet. Deshalb wird der Teig abgedeckt. Bei Roggenschrotteigen ist eine Teigruhe von 30 bis 60 Minuten üblich. Sie richtet sich besonders nach der Art und Intensität der Vorquellung. Während der Teigruhe binden die Pentosane weiterhin Wasser und auch die Benetzung der Stärke nimmt weiter zu. Der

Anteil des frei verfügbaren Wassers sinkt dadurch weiter. Im Ergebnis sind die Teige danach trockener als vor der Teigruhe sowie leichter verformbar (Steffen, 2003; Nitschko, 2008; Klingler, 2010).

2.5.9 Formgebung und Oberflächengestaltung

Die Teiglinge werden vor der Stückgare in die jeweils gewünschte Form gebracht. Die Formgebung ist durch die plastischen Eigenschaften der Schrotbrotteige einfach. Die Festigkeit des Teiges richtet sich besonders nach dem Feinheitsgrad des Schrotes. Teige mit einem hohen Grobschrotanteil sind weicher und feinere Schrotbrotteige sind fester. Schrotteige besitzen nur wenig Bindigkeit und sind nach dem Knetvorgang sehr feucht. Die Teiglinge werden maschinell oder von Hand geformt. Dabei sollten die Teiglinge ohne Wirkschluss lang gerollt werden. Eine nasse Aufbereitung ist von Vorteil, da damit jegliche Form von Wirkschluss verhindert wird. Dafür werden die Teigstücke mit nassen Händen dem gesamten Teig entnommen, auf einer nassen Waagschale gewogen und auf einer nassen Unterlage mit nassen Händen gewirkt und lang gerollt. Zum Bestäuben eignet sich Kartoffelmehl. Kartoffelmehl verkleistert bei der Beschwadung rasch, trägt zur schnellen Krustebildung bei und sorgt so dafür das Gase gehalten werden können. Außerdem erreicht man dadurch eine erhöhte Dextrinbildung die für glänzende Gebäcke sorgt. Roggenschrotbrote werden in Kästen, Dosen, Formen und freigeschoben gebacken (Doose, 1985; Schild, 1990; Steffen, 2003; Nitschko, 2008; Klingler, 2010).

2.5.10 Stückgare

Die Vorgänge der Teiglockerung, der Aromastoffbildung und des enzymatischen Abbaus finden während der Stückgare intensiviert statt. Während der Stückgare wird der geformte Teigling gelockert damit im anschließenden Backprozess ein optimales Gebäckvolumen erreicht wird. Die während der Knetung in den Teig eingearbeitet Luft sowie die sich bildenden Gärgase sind für die Lockerung verantwortlich. Das CO₂ – Bildungsvermögen der Milchsäurebakterien trägt ebenso zur Lockerung bei wie das Gasbildungsvermögen der Hefen. Die Stückgare dauert bei Schrotbrotten zwischen 45 bis 120 Minuten. Die Stückgare bestimmt wesentlich das Volumen und ist für die Lockerung des späteren Gebäcks verantwortlich (siehe Abbildung 7). Je höher die Ofentemperatur beim anschließenden Backprozess, um so weiter sollte die Stückgare fortgeschritten sein. Während der Stückgare werden die geformten Teiglinge in Gärchränke mit optimalen Gärbedingungen abgestellt. Weitere relevante Prozessparameter sind neben der

Prozessdauer für die Gärführung die Temperatur und die Luftfeuchte. Üblich sind Gärraumtemperaturen zwischen 30 bis 37 °C und relative Luftfeuchten von 70 bis 75 % (Freund, 1995; Nitschko, 2008; Klingler, 2010).

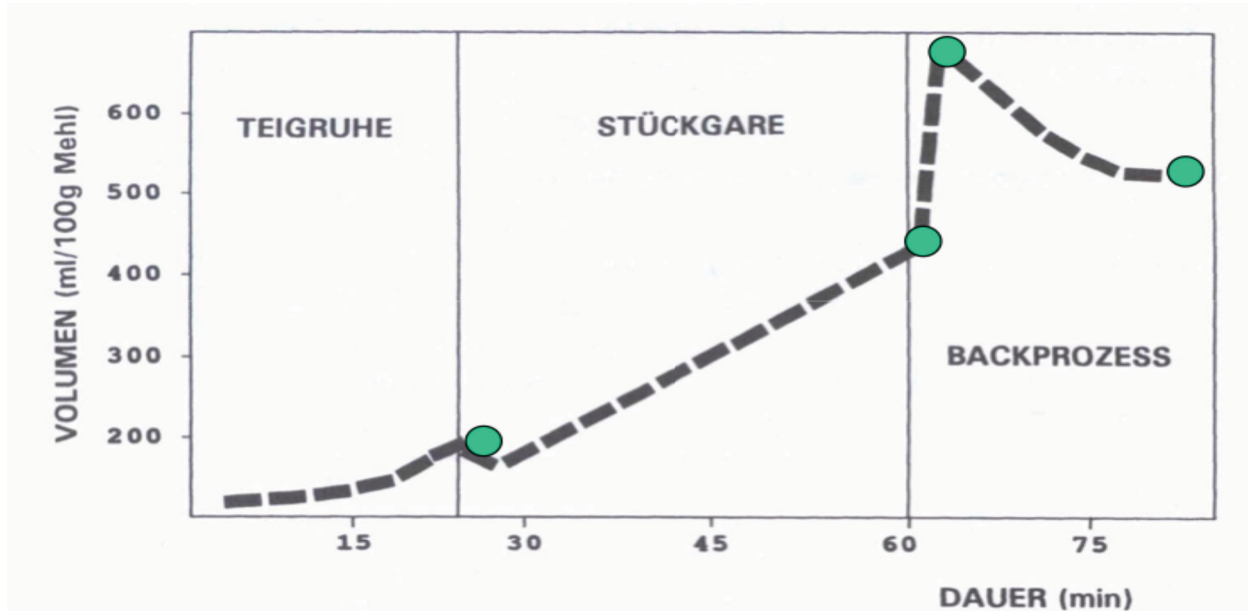


Abbildung 7: Volumenänderung während der Gär- und Backphase (Klingler, 2010)

2.5.11 Backprozess

Durch den Backprozess soll aus dem Schrotbrotteigling ein haltbares, gut verdauliches und gut schmeckendes Roggenschrotbrot entstehen. Während des Backenprozesses wird Wärmeenergie auf die Gebäckstücke übertragen. Die äußere Wärmeübertragung erfolgt durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wärmeströmung (Konvektion) von allen Seiten. Die Backhitze dringt von außen nach innen in das Teigstück ein. Die innere Wärmeübertragung innerhalb der Krume verläuft langsam und ist durch gekoppelte Wärme- und Stofftransporte gekennzeichnet. Der Temperaturverlauf während des Backprozesses ist von entscheidender Bedeutung für das Backergebnis, da die im Teig enthaltenen Inhaltsstoffe unterschiedlich stark von der Temperatur beeinflusst werden. Bei Roggenschrotbrotten wird üblicherweise mit einer hohen Anfangstemperatur gebacken. Im Laufe des Prozesses wird die Backtemperatur reduziert. Durch die hohe Anfangstemperatur wird eine schnelle Krustenbildung erreicht und ein Breitlaufen des Brotes verhindert. Durch die Verfestigung der Kruste wird der Zusammenhalt des Gebäckes gestärkt. Das Beschwaden wird am Anfang des Backprozesses durchgeführt. Darunter ist das Zuführen von Wasserdampf während des Backprozesses zu verstehen. Dadurch kommt es zu einer schlagartigen Luftfeuchtigkeitserhöhung im Backraum. Dabei kondensieren etwa 10 g

Dampf pro kg Brot. Die Teighaut erweicht und die Stärke an der Oberfläche verkleistert rasch. Es bildet sich eine elastische Haut, die weniger durchlässig für Gase ist. Außerdem wird durch das Schwaden die Bildung von Dextrinen (Abbauprodukte der Stärke) gefördert und somit die Bräunung, der Glanz und die Rösche der Gebäcke unterstützt. Ohne Beschwadung werden Gebäcke rissig, kleiner und neigen zu einer ungleichmäßigen Färbung. Roggenschrothaltige Brote müssen bei hoher Temperatur und viel Dampf gebacken werden. Außerdem muss der Schwaden nach einer gewissen Einwirkungszeit wieder aus dem Backraum abgezogen werden da sonst eine gerissene Oberfläche entstehen kann. Daher wird die Beschadung in der Regel in den ersten Minuten des Backprozesses durchgeführt. Anschließend wird der Dampf aus dem Backraum entfernt. Dabei wird der sogenannte Zug gezogen. Schrotbrote sind weniger gelockert als andere Brotsorten. Dadurch benötigt die Backhitze länger um von außen bis in den Kern der Brotkrume zu gelangen. Gleichzeitig haben diese Brote eine höhere Teigausbeute. Dieses Feuchteplus hängt ebenso mit der verlängerten Backzeit zusammen. Die ideale Backzeit ist erreicht, wenn in der Krume eine Kerntemperatur von 98 °C erreicht ist (Steffen, 2003; Nitschko, 2008; Schünemann et al, 2009; Klingler, 2010).

2.5.12 Vorgänge beim Backprozess

Während des Backprozesses finden viele chemische und physikalische Veränderungen im Teig bzw. Gebäckstück statt. Diese Veränderungen werden hauptsächlich durch die einwirkende Wärmeenergie hervorgerufen. Dies führt dazu, dass sich die klebrige Textur des rohen Schrotteiges in die schwammige Textur der Krume umwandelt. Außerdem kommt es zur Krustenbildung und zur Entwicklung einer Fülle an Geschmacks- und Aromastoffen. Der Backprozess lässt sich vereinfacht in drei Abschnitte unterteilen. Dies wären der Ofentrieb, die Krumenbildung und die Krustenbildung. Beim Ofentrieb ist ein kontinuierlicher Temperaturanstieg von anfangs ungefähr 30 °C auf über 80 °C wichtig. In diesem Temperaturbereich laufen intensive enzymatische Prozesse ab. Hefen und Milchsäurebakterien sind anfangs noch aktiv. Es kommt zu einer intensiven Ausdehnung des in den Poren zurückgehaltenen CO₂ und somit zu einer weiteren Volumenzunahme des Brotes. Auch die Verdunstung der Gärungsalkohole (ab ca. 78 °C) trägt zur Volumenzunahme bei. Bei Temperaturen über 80 °C hat das Gebäck sein größtes Volumen erreicht und die endgültige Form angenommen. Außerdem kommt es durch die hohen Temperaturen im Laufe des Prozesses zum Absterben der Hefen und Milchsäurebakterien. Die Zweite Phase (Krumenbildung) beginnt im Temperaturbereich bei ungefähr 55 °C und endet in etwa bei 90 °C. Hierbei kommt es zu

einer intensiven Stärkequellung und Stärkeverkleisterung (Roggenstärke bei 53 – 73 °C), sowie zur Denaturierung der Proteine (60 – 80 °C). Dieser Vorgang ist entscheidend für die Ausbildung einer stabilen Brotkrume. Außerdem erreichen die Amylaseaktivitäten in diesem Bereich ihren Höhepunkt (α - Amylase 65 – 90 °C, β - Amylase 56 – 74 °C). Mit der steigenden Kerntemperatur in der Krume verdunsten flüchtige Stoffe. Die verdunstenden Gärungsalkohole verbinden sich zum Teil mit den Säuren des Teiges zu aromaintensiven Estern. Bei einer Temperatur von ungefähr 95 °C ist die Stärkeverkleisterung beendet, die Proteine denaturiert und die Krumenstruktur dadurch stabilisiert. Ab 98 °C beginnt das Wasser zu Verdampfen. Dadurch verringert sich der Wassergehalt. So entsteht der Backverlust. Die Krustenbildung ist gekennzeichnet durch die Bildung von Bräunungs-, Geschmacks-, und Aromastoffen. Während die Temperatur in der Brotkrume bei knapp unter 100 °C bleibt, entstehen in der Kruste Temperaturen über 150 °C. Dies führt zu Veränderungen der Inhaltsstoffe. Im Vordergrund stehen dabei die Maillard Reaktionen die zur Bildung von Röstprodukten führen. Diese nicht-enzymatischen Bräunungsreaktionen tragen wesentlich zur Bräunung, zum Aroma und zum Brotgeschmack bei. Außerdem tragen auch die beim Abbau von Stärke gebildeten Dextrine, Mono- und Disaccharide sowie ablaufende Karamelisierungsreaktionen zur Aroma- und Farbstoffausbildung der Kruste bei. Durch das Abkühlen nach dem Backen bildet sich im Inneren des Brotes ein Unterdruck und die flüchtigen Aromastoffe der Kruste gelangen in die aromaarme Krume. Nur durch die richtige Abstimmung und Durchführung der gesamten vorher genannten Verfahrenstufen im Verlauf der Teig- bzw. Brotentwicklung lässt ein qualitativ hochwertiges Schrotbrot entstehen (Loderbauer, 2005; Nitschko, 2008; Schünemann et al, 2009; Klingler, 2010).

3 Material und Methoden

Dieser Teil der Arbeit beschreibt den Projektablauf. Beschrieben werden alle experimentellen Versuche, die analytischen Methoden, die verwendeten Rohstoffe und Geräte.

3.1 Projektablauf

Alle Versuche wurden im Technikum der Hochschule Neubrandenburg durchgeführt. Der Versuchsplan sah vor, dass zu Beginn die Herstellung des Rheinischen Schrotbrot nach der Vorgaberezeptur im Technikum zu realisieren war. Dabei sollten der Umgang mit den verwendeten Gerätschaften, die analytischen Methoden und die handwerkliche Umsetzung gefestigt werden. Bei diesen Versuchen sollte eine sichere und reproduzierbare Arbeitsweise entstehen um diese in den Hauptversuchen mitzuführen und somit die Fehlerwahrscheinlichkeit zu senken. In den Hauptversuchen ging es um die Optimierung des Rheinischen Schwarzbrot. Die erste Zielvorgabe war es den Knetprozess zu optimieren. Dabei wurden Teige gleicher Masse mit unterschiedlichen Knetmaschinen geknetet. Die Teige und die daraus hergestellten Brote wurden untersucht. Danach wurden die Versuche auf die optimale Verquellung der Schrote ausgeweitet. Es wurden verschiedene Schrotquellungsmöglichkeiten ausprobiert und die dabei entstandenen Endprodukte analytisch untersucht. Alle Zwischen- und Endprodukte wurden visuell und haptisch analysiert. Zusätzlich wurde eine Änderung für die Prozesszeit der Stückgare getestet. Auch der Temperaturverlauf während des Backprozesses in Krume und Kruste wurde einmalig bestimmt. Zum Teil wurden leichte Rezepturanpassungen vorgenommen. So wurde der Sauerteig auch mit Schrot anderer Granulation hergestellt. Weitere Rezepturanpassungen wurden vorgenommen um den Quellstufenanteil zu reduzieren. Während der Versuche wurde das Anstellgut des Sauerteiges gewechselt um zu untersuchen ob sich die Säuregrade und pH – Werte verändern. Dabei wurde mit einem reifen Sauerteig der Bäckerei De Mäkelbörger und mit einem Reinzuchtsauerteig der Firma Böker experimentiert. Am Ende der Versuchsreihe wurde eine Rheinische Schwarzbrotvariante mit positiven Eigenschaften noch einmal unter gleichen Parametern hergestellt. Die Endprodukte dieser Variante wurden mit dem Roggenschrotbrot der Bäckerei Hatscher verglichen.

3.2 Ausgangsrezeptur und Herstellung

Die Ausgangsrezeptur wurde dem Praktikumsskript für das Getreidetechnologiepraktikum des Fachbereiches Lebensmitteltechnologie an der Hochschule Neubrandenburg entnommen. Als Anstellgut für den Sauerteig wurde ein reifer Sauerteig verwendet. Seine Herstellung entsprach den Vorgaben der Praktikumsanleitung. Die Teigausbeute des Sauerteiges betrug 200 (siehe Tabelle 2). In zwei Versuchen wurde der Sauerteig anstatt mit groben Roggenvollkornschrot mit mittlerem Schrot hergestellt. Die Sauerteigteigtemperatur betrug 24 bis 26 °C und die Reifezeit 15 bis 20 Stunden. Zur Fermentation wurde der Sauerteig am Boden eines 28 °C warmen Wärmerraumes abgestellt. Das Ansetzen des Sauerteiges erfolgte jeweils ein Tag vor dem entsprechenden Versuchstag.

Tabelle 2: Sauerteigherstellungsrezeptur

Sauerteig (einstufige Führung)		
Anstellgut	0,060 kg	60 g
Roggenvollkornschrot grob oder mittel	0,600 kg	600 g
Wasser (20 – 30 °C)	0,600 l	600 l
Summe Sauerteig ohne Anstellgut	1,2 kg	1200 g

Das Hauptziel der Versuche bestand darin, eine optimale Quellung des Schrotetes im Brüh-, Koch- oder Quellstück zu erreichen. Die Herstellung dieser Quellstufen weicht zum Teil voneinander ab. Das Brühstück wurde nach der Rezepturvorgabe angesetzt (siehe Tabelle 3). Die Wassertemperaturen für das Ansetzen des Brühstückes lagen bei den Versuchen zwischen 70 °C und 100 °C (siehe Tabelle 3). Die Abstehtzeiten betragen zwischen 2 und 6 Stunden.

Tabelle 3: Brühstückherstellungsrezeptur

Brühstück		
Roggenvollkornschrot grob	0,600 kg	600 g
Brot geröstet und gemahlen (Semmelbrösel)	0,100 kg	100 g
Salz	0,032 kg	32 g
Wasser (30 °C)	0,660 l	660 ml
Summe Brühstück	1,392 kg	1392 g

Für die Herstellung des Quellstückes betrug die Schüttflüssigkeitstemperatur 30 °C. Die Abstehtzeit betrug etwa 24 Stunden. Zur Herstellung des Quellstückes wurde die Rezeptur verwendet siehe Tabelle 4. Das Ansetzen des Sauerteiges erfolgte jeweils ein Tag vor dem Versuchstag.

Tabelle 4: Quellstückherstellungsrezeptur

Quellstück		
Roggenvollkornschrot grob	0,600 kg	600 g
Brot geröstet und gemahlen (Semmelbrösel)	0,100 kg	100 g
Salz	0,032 kg	32 g
Wasser (30 °C)	0,660 l	660 ml
Summe Quellstück	1,392 kg	1392 g

Bei der Herstellung des Kochstückes wurde zur Menge des Schrotgetreides die doppelte Menge Wasser hinzugegeben. Damit erhöhte sich die Teigausbeute gegenüber den Brüh- und Quellstücken. In einigen Kochstückversuchen wurde nur 20 % der Getreidemahlerzeugnisse verquollen. Dafür wurde die Schrotmenge dementsprechend reduziert (siehe Tabelle 5). Die hierbei reduzierte Menge von Grobschrot (200 g) wurde als Feinschrot später bei der Teigherstellung zusätzlich hinzugegeben. In anderen Versuchen betrug der Kochstückanteil 30 % (siehe Tabelle 6).

Tabelle 5: Kochstückherstellungsrezeptur mit reduzierter Schrotmenge

Kochstück		
Roggenvollkornschrot grob	0,400 kg	400 g
Brot geröstet und gemahlen (Semmelbrösel)	0,100 kg	100 g
Salz	0,032 kg	32 g
Wasser	0,880 l	880 ml
Summe Kochstück	1,412 kg	1412 g

Tabelle 6: Kochstückherstellungsrezeptur ohne Schrotmengenreduzierung

Kochstück		
Roggenvollkornschrot grob	0,600 kg	600 g
Brot geröstet und gemahlen (Semmelbrösel)	0,100 kg	100 g
Salz	0,032 kg	32 g
Wasser	1,320 l	1320 ml
Summe Kochstück	2,052 kg	2052 g

Bei der Teigherstellung wurden zum kneten noch Roggenfeinschrot, Hefe, Rübenkrautsirup und Wasser dem reifen Sauerteig und dem jeweiligen Quellteig hinzugegeben. Die Tabelle 7 zeigt die Rezeptur der Teige, in denen ein Brüh- oder Quellstück verarbeitet worden ist. Die Rezepturen zur Teigherstellung mit einem Kochstückanteil werden im Anhang aufgeführt (siehe Anlage 1 und 2). Um das benötigte Roggenfeinschrot zu erhalten wurde Roggenmittelschrot in der Laborgetreidemühle zerkleinert. Die beim herstellen Kochstück reduzierte Grobschrotmenge wurde bei der Teigherstellung als Roggenfeinschrot wieder hinzugegeben.

Tabelle 7: Teigherstellung

Teig		
Sauerteig	1,200 kg	1200 g
Brühstück / Quellstück	1,392 kg	1392 g
Roggenfeinschrot	0,800 kg	800 g
Hefe	0,020 kg	20 g
Rübenkrautsirup	0,040 kg	40 g
Wasser	0,100 l	100 ml
Summe Teig	3,552 kg	3552 g

Die Knetung erfolgte langsam und dauerte 30 Minuten. Die Teigtemperatur sollte nach dem Kneten eine Temperatur von 28 bis 30 °C erreicht haben. Danach folgte abgedeckt im Knetbehälter eine 30 minütige Teigruhe. Die Backkästen wurden zusätzlich mit Rapsöl eingefettet. Nach der Teigruhe wurden die Teiglinge nass aufgearbeitet und in Teigstücke von genau 700 g (± 1 g) abgewogen. Die Teigstücke wurden dann in Kastenformen gelegt und vor der Stückgare zusätzlich mit Kartoffelmehl bestreut. Anschließend folgte bei 32 °C Umgebungstemperatur und 70 % Luftfeuchte eine 45 minütige Stückgare. In einem Versuch wurde die Stückgare doppelt so lange durchgeführt (90 min). Vor dem Backprozess sind die Oberflächen der Teiglinge mit Wasser abgestrichen und mit nassen Händen nachgestrichen worden. Die Backtemperatur ist von anfangs 270 °C, nach 20 Minuten Backzeit, auf 200 °C abgesenkt worden. Zu Beginn des Backprozesses wurde 2 Minuten lang reichlich beschwadet. Danach wurde der Zug gezogen und nach 30 Minuten wieder geschlossen. Die Backzeit betrug 60 Minuten. Aufgrund des geringeren Grobschrotanteils wurde in zwei Versuchen die Backzeit auf 50 Minuten verkürzt. Nach dem Backen wurden die Rheinischen Schwarzbrote zum abkühlen auf ein Blech abgelegt und am folgenden Tag analytisch untersucht.

3.3 Versuchsübersicht

In diesem Abschnitt werden die durchgeführten Versuche in tabellarischer Form übersichtlich dargestellt. Es werden nur die Parameter gezeigt die verändert wurden. Alle anderen Parameter blieben konstant.

Für die Herstellung des Sauerteiges wurde abweichend in zwei Fällen statt Roggen grobschrot Mittelschrot verwendet. In diesen Versuchen wurde die Backzeit auf 50 Minuten reduziert. Ansonsten wurde als Getreidegrundlage für den Sauerteig grober Roggenschrot verwendet. Die meisten Änderungen der Prozessparameter wurden bei der Quellung des Schrottes vorgenommen. So wurden Brühstücke mit verschiedenen Schüttflüssigkeitstemperaturen und verschiedenen langen Stehzeiten hergestellt. Außerdem gab es eine Quellstückvariante. Weiterhin gab es zwei

Kochstückvarianten bei denen das dafür eingesetzte Schrot in einem Quellstück vorverquollen war. In einigen Kochstückvarianten wurde der Quellstufenanteil auf 20 % reduziert. In den anderen Kochstückvarianten war die verarbeitete Getreidemenge wie bei den restlichen Varianten. In fast allen Versuchen wurde als Knetorgan der Spiralkneter verwendet. Nur in zwei Varianten kam ein Flachrührer zum Einsatz. Einmal wurde die Stückgare auf 90 Minuten verlängert um dessen Auswirkungen auf das Endprodukt zu untersuchen. Eine Kochstückvariante wurde zweimal hergestellt um die Reproduzierbarkeit zu vergleichen. Diese Variante wurde zum Vergleich mit einem Industrieprodukt genutzt. Alle durchgeführten Hauptversuche werden in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Durchgeführte Hauptversuche und deren Parameter

Versuch	Sauerteig	Schrotquellung	Knetung	Stückgare	Backzeit
Variante 1 (V1)	Grobschrot	Brühstück Wasser 85 °C Stehzeit 2 h	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 2 (V2)	Grobschrot	Brühstück Wasser 85 °C Stehzeit 2 h	Hobart Flachrührer	45 min	60 min
Variante 3 (V3)	Mittelschrot	Brühstück Wasser 85 °C Stehzeit 2 h	Hobart Spiralkneter	45 min	50 min
Variante 4 (V4)	Mittelschrot	Brühstück Wasser 85 °C Stehzeit 2 h	Hobart Flachrührer	45 min	50 min
Variante 5 (V5)	Grobschrot	Kochstück Anteil 20 %	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 6 (V6)	Grobschrot	Brühstück Wasser 100 °C Stehzeit 2 h	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 7 (V7)	Grobschrot	Brühstück Wasser 100 °C Stehzeit 4 h	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 8 (V8)	Grobschrot	Quellstück	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 9 (V9)	Grobschrot	Quellstück im Kochstück verarbeitet	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 10 (V10)	Grobschrot	Brühstück Wasser 100 °C Stehzeit 6 h	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 11 (V11)	Grobschrot	Quellstück im Kochstück Anteil 20 %	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 12 (V12)	Grobschrot	Kochstück	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 13 (V13)	Grobschrot	Kochstück	Hobart Spiralkneter	90 min	60 min
Variante 14 (V14)	Grobschrot	Brühstück Wasser 70 °C Stehzeit 2 h	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min
Variante 15 (V15)	Grobschrot	Kochstück Anteil 20 %	Hobart Spiralkneter	45 min	60 min

3.4 Rohstoffe

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten sind während der gesamten Studienarbeit die gleichen Rohstoffe verwendet worden. Diese wurden während der gesamten Versuchszeit produktgerecht gelagert.

- Vollsauer (5 kg)
Firma: De Mäkelbörger
- Rheinzucht Sauerteig (1 kg)
Firma: Uniferm Böcker
- Back – Hefe (500 g)
Firma: Uniferm GmbH & Co.KG
- Roggenvollkornschrot grob (25 kg)
Firma: Nordland
- Roggenvollkornschrot mittel (25 kg)
Firma: Nordland
- Jodsalz mit Fluor (500 g)
Firma: real,- Handels GmbH
- Semmelbrösel (1 kg)
Firma: Leimer
- Rheinischer Zuckerrübensirup (450 g)
Firma: Grafschafter Krautfabrik – Josef Schmitz KG
- Kartoffelmehl (500 g)
Firma: real,- Handels GmbH
- Leitungswasser
Stadt Neubrandenburg
- Rapsöl (1000 ml)
Firma: Classic

3.5 Geräte

In diesem Abschnitt sind die verwendeten Geräte zur Herstellung des Rheinischen Schwarzbrottes aufgeführt (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Verwendete Geräte

Waage	Kern GJ 6100 – 111 (Kern & Sohn)
Kochplatte	CERAN Kochplatte CK 111 (Schott – Geräte)
Getreidemühle	hawo's Mühle 2 (Hawos)
Knetter	A 200 (Hobart)
Universalmischer	UM / SK5 (Stephan und Söhne) MP-T 25 X 11 201 (Somakon) IMC – E10 (Lipp Mischtechnik)
Gärschrank	GS8/16/8K SG 130 (Wiesheu)
Backofen	EBO 2 – 64R (Wiesheu)

Weitere verwendete Utensilien zur Herstellung waren Messbecher, große und kleine Schüsseln, Töpfe, feine Siebe, Teigschaber, Löffel und Gummipinsel.

3.6 Analytische Methoden

Die Analytischen Methoden werden nur kurz erläutert, da die Kenntnisse über diese Methoden als bekannt vorausgesetzt werden. Die Untersuchung der hergestellten Schrotbrotvarianten erfolgte immer 1 Tag nach der Herstellung.

3.6.1 Säuregradbestimmung

Mit der Säuregradbestimmung wird die Menge an Säure in einem Teig bestimmt. Zur Bestimmung wird die Teigprobe mit Aceton und Destilliertem Wasser aufgeschlämmt und anschließend mit Natronlauge bis zum pH – Wert von 8,5 titriert. Die Einwaage der Sauerteigprobe hängt von der Teigausbeute ab. Bei einer Teigausbeute von 200 beträgt die Probeneinwaage 10 g. Bei anderen Teigausbeuten reduziert oder erhöht sich der Feststoffanteil (Mehlmenge) und die Teigeinwaage muss angepasst werden (Schild, 1989; Freund, 1995).

Der Säuregrad wurde von jeden angesetzten Sauerteig bestimmt. Dafür wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. Es wurde zudem an jedem Versuchstag der Säuregrad des Anstellgutes einmalig bestimmt. Zur Bestimmung des Säuregrades wurden die für die Untersuchung benötigten Mengen an Sauerteig exakt abgewogen (10 g), anschließend in einer

Reibschale mit 5 ml Aceton verrieben und in ein Becherglas überführt. Danach wurden 95 ml destilliertes Wasser hinzugegeben und die Suspension mit Hilfe eines Magnetrührers ununterbrochen gerührt. In die Suspension wurde das pH – Meter gestellt und fixiert. Auf dem pH – Meter konnte dann der pH – Wert des Sauerteiges abgelesen werden. Aus einer Bürette wurde nun tröpfchenweise Natronlauge in die Suspension gegeben bis ein pH – Wert von 8,5 erreicht worden ist. Danach wurde die Suspension 5 Minuten gerührt. Anschließend wurde der pH – Wert von 8,5 falls nötig wieder eingestellt. Nachdem der pH – Wert konstant gehalten wurde, konnte man die verbrauchte Menge an Natronlauge, die dem Säuregrad entspricht, auf der Bürette abgelesen.

Geräte: elektronische Waage: Kern GJ 6100 – 111 (Kern & Sohn GmbH)
pH-Meter mit Thermostat: HI 9024 (HANNA instruments)
Messzylinder 100 ml
Becherglas 200 ml
Reibeschale mit Pistill
Magnetrührer mit Rührstäbchen
Bürette 25 ml

Reagenzien: Natronlauge 0,1 mol/l
Aceton
Destilliertes Wasser

3.6.2 pH – Wert Bestimmung

Der pH-Wert ist der dekadische Logarithmus der H^+ Ionen Konzentration in wässriger Lösung. Er gibt an, wie stark sauer ($pH < 7$), neutral ($pH = 7$) und alkalisch ($pH > 7$) eine Lösung ist (Freund, 1995).

Der pH – Wert wurde während der Säuregradbestimmung wie oben beschrieben bestimmt.

3.6.3 Volumenbestimmung

Die Volumenbestimmung dient der Beurteilung der Größe eines Brotes. Zur Beurteilung der Backfähigkeit stellt das Volumen ein wichtiges Bewertungskriterium dar. Das Volumen steht auch mit anderen Broteigenschaften im Zusammenhang wie z.B. die Lockerung (Nitschko, 2008).

Gemessen wurde das Volumen mittels der Verdrängungsmethode mit Rappssamen. Ein Messgefäß (Schüssel) wird bis zum Rand mit Rapssamen befüllt und an der Oberfläche glatt abgestrichen. Anschließend werden die Rapssamen in ein anderes Behältnis umgefüllt. Danach wurde das Gebäckstück in das leere Messgefäß (Schüssel) gelegt und mit Rapssamen wieder aufgefüllt. Die überschüssigen Rapssamen zeigen dann in einem Messzylinder die verdrängte Menge in ml an. Das bestimmte Volumen in ml entspricht dem in cm^3 .

Die Untersuchungen zum Volumen erfolgten am darauffolgenden Tag nach der Herstellung.

Geräte: Schüsseln
 Messbecher 1000 ml
 Hilfsmittel: Rapssamen

3.6.4 Dichtebestimmung

Die Dichte eines Körpers ist das Verhältnis seiner Masse zu seinem Volumen. Die Dichte steht mit Broteigenschaften wie der Lockerung im Zusammenhang (Nitschko, 2008). Die Dichte wurde über das Brotgewicht und dem Brotvolumen aus der Volumenbestimmung bestimmt. Die Bestimmung der Dichte erfolgte am folgenden Tag der Herstellung.

Die Ermittlung der Dichte erfolgte über die folgende Formel:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ = Dichte (g/cm^3)

m = Brotgewicht (g)

V = Brotvolumen (cm^3)

Gerät: Laborwaage Kern GJ 6100 – 111 (Kern & Sohn)

3.6.5 Backverlust

Die Abnahme der Teigmasse während des Backprozesses ergibt den zu bestimmenden Backverlust. Die Höhe des Backverlustes ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu zählen unter anderem die Teigfestigkeit, die Teigführung, die Gebäckgröße, die Gebäckform, der Lockerungsgrad, die Gärreife, die Backtemperatur und die Backzeit (Schünemann, 2009). Für

die Bestimmung des Backverlustes wurde die Abnahme der Teigmasse in Prozent errechnet. Die Berechnungen zum Backverlust erfolgten am folgenden Tag der Herstellung.

Mit folgender Formel wurde der Backverlust bestimmt:

$$\text{Backverlust}(\%) = \frac{\text{Teiginlage}(g) - \text{Brotgewicht}(g)}{\text{Teiginlage}(g)} \times 100$$

Gerät: Laborwaage Kern GJ 6100 – 111 (Kern & Sohn)

3.6.6 Temperaturbestimmung

Temperaturbestimmungen dienten der Kontrolle zur Einhaltung der erforderlichen Prozesstemperaturen. Die Teigtemperatur wurde für jeden Teig nach dem Kneten an 3 Verschiedenen Messpunkten bestimmt. Außerdem wurden bei der Herstellung der Kochstücke die Temperaturen permanent gemessen um sicherzustellen, dass die Temperaturen im geforderten Bereich von 85 – 90 °C liegen. Der Temperaturverlauf in der Mitte des Teiglings und direkt unterhalb der Kruste wurde einmalig erfasst.

Geräte: Einstichthermometer Ebro TTX 100 type T (Ebro Elektronik)
F – Wert – Messgerät Digitalthermometer CTF 9008 (Ellab)

3.6.7 Farbmessung

Mit der Farbmessung wurden die Farbunterschiede der Brote festgestellt. Dafür gibt es Farbmesssysteme wie das L*a*b* - Farbsystem. Das L*a*b* - System ist durch die Helligkeit L* und den Farbkoordinaten a* und b* gekennzeichnet. Zum Auswerten der a* und b* Werte dient eine Farbtabelle die gleichzeitig den Buntton und die Buntheit einer Farbrichtung erkennen lässt. Die Vorzeichen zeigen die Farbrichtung an. Ein +a* deutet auf einen Rotanteil hin während ein –a* auf einen Grünanteil hinweist. Außerdem bedeutet ein +b* Gelb und ein –b* Blau. Im Koordinatenursprung befindet sich ein neutrales Grau ohne jede Buntheit. Für die Bestimmung gilt je weiter die a*b* - Werte vom Koordinatenursprung entfernt sind desto größer wird die Buntheit. Der L* - Wert gibt die Helligkeit an dabei gilt je höher der L* Wert umso heller ist die Probe (Berger, 1994).

Die Durchführung der Farbmessung erfolgte für vier Varianten. Zur Beurteilung der Kruste wurde von allen Seiten eine Messung durchgeführt. Die Farbmessung der Krume erfolgte in 5 verschiedenen Messpunkten auf einer 1 cm dicken Brotscheibe. Die Untersuchungen zur Farbe der Krume und Kruste erfolgten am folgenden Tag der Herstellung.

Gerät: Farbmessgeräte Minolta Chroma-Meter CR-300 (Minolta)

3.6.8 Texturmessung

Eine Texturmessung kann durch sensorische Prüfungen oder instrumentelle Messmethoden durchgeführt werden. Eine mögliche instrumentelle Messmethode ist die Nutzung eines Texture Analysers. Ein Texture Analyser untersucht die Strukturstärke über einen eingedrückten Messkörper bei einer bestimmten Eindrückzeit und einer bestimmten Eindrücktiefe. Messen kann man die Kräfte beim Eindringen in das Produkt, während einer Haltezeit oder während des nach oben Fahrens des Stempels, wie beispielsweise bei einer Elastizitätsmessung. Die erhaltenen Messdaten geben einen guten Überblick über die meisten Textureigenschaften und sind durchaus vergleichbar mit Untersuchungen eines Sensorikpanels (Metzger, 2000; Seidel, 2010).

Wichtige Textureigenschaften für Brot sind die Weichheit und die Elastizität der Brotkrume. Die Texturmessung erfolgte mit dem Texture Analyser TA-XT2i mit installierter 5 kg Kraftzelle. Zur Messung der Brotkrumen wurde das Messprogramm „REF: CAK1/P36R“ gewählt. Die Sondenhöhe musste vor der Untersuchung kalibriert werden. Die Eigentliche Messung erfolgte danach. Dafür fährt der Messkörper (P/0.5; 1/2 ” DIA DELRIN) mit eine Geschwindigkeit von 1,0 mm/sec an die ca. 1 cm dicke Probe heran. Anschließend drückt der Messkörper bis zu einer Tiefe von 25 % in die Probe. Die Test Geschwindigkeit beträgt dabei 1,0 mm/sec. Dabei wird die benötigte Kraft gemessen. Diese Kraft kann zur Auswertung der Festigkeit herangezogen werden. Dabei gilt je weniger Kraft benötigt wird um in eine tiefe von 25 % der Probe einzudrücken umso weicher ist die Brotkrume. Nachdem der Messkörper in die Probe gedrückt worden ist findet anschließend eine 30 Sekunden lange Haltezeit statt. Während dieser Haltezeit erfolgt eine Kraftabnahme über der Zeit. Diese ist je nach Elastizität der Brotkrume unterschiedlich. Hierbei gilt, umso geringer die Kraftabnahme umso Elastischer ist die Krume. Die Elastizität berechnet sich aus der Kraft nach der Haltezeit dividiert durch die maximale Kraft. Dies wird dann multipliziert mit 100 %, und man erhält die Elastizität in Prozent. Dabei gilt je näher das Ergebnis bei 100 % ist desto größer ist die Elastizität. Nach der Haltezeit fährt

der Messkörper mit einer Geschwindigkeit von 10,0 mm/sec in die Ausgangsstellung zurück. Eine detaillierte Erläuterung des Messprofils wird in Abbildung 8 dargestellt. Für die Untersuchung mit der Texture Analyser wurde von jeder Variante 1 Brotscheibe aus der Leibmitte mithilfe einer Brotschneidemaschine genau 1 cm breit geschnitten und sofort untersucht. Es wurde immer nur eine Brotscheibe je Probe analysiert. Auf einer Brotscheibe wurden 5 Messungen an jeweils verschiedenen Messpunkten durchgeführt. Die Untersuchungen zur Textur der Krume erfolgten am folgenden Tag der Herstellung.

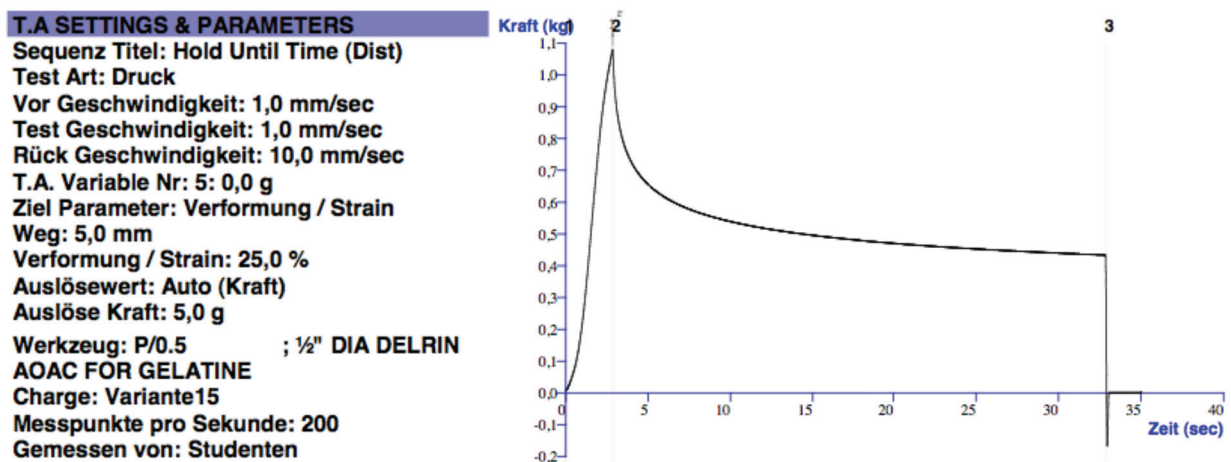


Abbildung 8: Messprogramm für die Brotkrumenmessung

Geräte: Texture Analyser TA-XT2i (Stable Micro Systems)
 Brotschneidemaschine IFF TCH. 91/014 (Rewebo)

3.6.9 Sensorische Endproduktprüfung

Als sensorischer Endprodukttest diente die bewertende Prüfung mit Skale der Deutschen Landwirtschafts – Gesellschaft (DLG). In dieser Sensorischen Untersuchung wird anhand des dazugehörigen Prüfschemas das Brot auf die wichtigsten Qualitätsmängel untersucht. Dafür gibt es 5 verschiedene Prüfmerkmale. Dies sind Form und Aussehen, Oberflächen und Krusteneigenschaften, Lockerung und Krumenbild, Struktur und Elastizität sowie Geruch und Geschmack. Zu den jeweiligen Prüfmerkmalen gehört eine Sammlung von Negativbeschreibungen. Treffen die Fehlerbeschreibungen zu, werden diese auf dem Prüfbogen unterstrichen und in der Bewertungszeile angekreuzt. Dadurch werden dann, statt der möglichen 5, weniger Punkte vergeben. Jede Note eines Kriteriums wird mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert und auf dem Prüfbogen eingetragen. Am Ende dividiert man die Summe aller Gewichtungsbewertungen durch die Summe der Gewichtungsfaktoren. Als Ergebnis erhält man

eine Qualitätszahl die der Einordnung dient. Bestimmte Qualitätszahlen entsprechen gewissen Prämierungen siehe Tabelle 10 (BIB – Ulmer Spatz, 2006).

Tabelle 10: Qualitätszahlen für DLG – Prämierungen (BIB – Ulmer Spatz, 2006)

Goldener DLG - Preis	Qualitätszahl 5,00
Silberner DLG – Preis	Qualitätszahl 4,50 – 4,99
Bronzener DLG - Preis	Qualitätszahl 4,00 – 4,49

Für die Durchführung wurde bei den Prüfmerkmalen 1 (Form und Aussehen) und 2 (Oberflächen und Krusteneigenschaften) der Schrotbrotleib von allen Seiten betrachtet und mit der Mängelliste abgeglichen. Um die Kruste vollständig beurteilen zu können musste der Brotleib mit einem Brotmesser geteilt werden. Für die Beurteilung von Merkmal 3 (Lockerung und Krumenbild) wurden zur besseren Beurteilung mehrere Scheiben von der Brotmitte beginnend abgeschnitten. Die Beurteilung der Krume erfolgt hierbei mit Hilfe der Negativbeschreibungen nur visuell. Danach wurde Merkmal Nummer 4 (Struktur und Elastizität) geprüft. Diese Überprüfung wurde über haptische Eindrücke durchgeführt. Zur Überprüfung diente die Daumenprobe (mit dem flachen Daumen wurde auf die Brotkrume gedrückt). Im Anschluss daran wurde die Krume verkostet und auf Fehler im Kauverhalten geachtet. In dieser Phase fand noch keine Geschmacksbeurteilung statt. Die gesamte Fehlerliste diente als Bestimmungsgrundlage. Für das letzte und wichtigste Kriterium der Geruchs- und Geschmacksbeurteilung (höchster Gewichtungsfaktor) war es wichtig zuerst zu riechen und dann zu schmecken. Durch Zusammendrücken des Brotleibes wurde der Geruch ermittelt und beurteilt. Danach wurde die Krume geschmeckt. Dabei sollte die gesamte Zungenfläche am Schmecken beteiligt sein. Die Beurteilung erfolgte, wie in den Punkten zuvor, anhand der Mängelliste. Die Qualitätsbewertung nach dem 5 - Punkte Prüfschema der DLG wurde nur mit der Variante 15 und der gekauften Vergleichsprobe (Variante 16) durchgeführt. An der Qualitätsbewertung nahmen zwei mit dem Prüfschema vertrauten Kommilitonen teil. Die anderen Varianten wurde nur grob sensorisch beurteilt. Dies erfolgte durch optische Begutachtung sowie durch fühlen, riechen und schmecken.

Probe: Roggenschrotbrot (Bäckerei Hatscher)

3.7 Statistische Methoden

Für die Berechnung des Mittelwertes wurde folgende Formel verwendet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Für die Berechnung der Standardabweichung wurde folgende Formel verwendet:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Für die Berechnung des Variationskoeffizienten wurde folgende Formel verwendet:

$$VK = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

4 Ergebnisse

Dieser Teil zeigt die Ergebnisse der Vor- und Hauptversuche.

4.1 Vorversuche

Hauptziel der Vorversuche war es, für die Herstellung des Rheinischen Schwarzbrottes die Umsetzung der Prozessschritte zu optimieren. Dafür werden nun folgend die Ergebnisse dargestellt.

4.1.1 Quellteigherstellung

Die Herstellung von Quell- und Brühstücken ist einfach, da hierbei nur die Zutaten in einen Kochtopf eingewogen werden. Anschließend wird Wasser einer bestimmten Temperatur zugegeben und das ganze noch kurz gerührt. Das so hergestellte Quell- oder Brühstück bleibt dann abgedeckt stehen. Die Kochstückherstellung ist dagegen arbeitsintensiver. Im Technikum eignet sich die Herstellung im Kochtopf auf einer Heizplatte. Grobschrot und Wasser werden zusammen erhitzt. Beim Erhitzen muss ständig gerührt werden, um ein anbrennen des Teiges zu verhindern. Nach Erreichen einer Kerntemperatur von 95 °C im Kochstück muss die Temperatur eine Zeit lang im Bereich von 85 bis 95 °C gehalten werden. Ein permanentes Rühren ist weiterhin erforderlich. Nachdem es zur vollständigen Verkleisterung und einer starken Viskositätszunahme gekommen ist sollte der Teig in einen 50 °C warmen Wärmerraum abgestellt werden. Damit können die gewünschten Quellungstemperaturen annähernd gehalten werden. Nach einer Stunde hoher Teigtemperaturen kann abgekühlt werden. Dafür wird der Teig im Technikum in einem Kälteraum (<8 °C) abgestellt. Bei einer Kochstücktemperatur von unter 30 °C kann die Weiterverarbeitung erfolgen. Die Herstellung eines Kochstückes ist im Technikum sehr arbeitsintensiv. In Abbildung 9 wird ein solches Kochstück gezeigt.



Abbildung 9: Kochstück nach dem aufkochen

4.1.2 Teigtemperatur

Die optimalen Teigtemperaturen liegen bei 28 bis 30 °C. Um diese Temperaturen zu erreichen ist eine Temperierung der Zutaten erforderlich. Schon beim Blick auf die Rezeptur wird deutlich, dass die Temperatureinstellung nicht über die zugegebenen 100 ml Schüttflüssigkeitsmenge zu erreichen ist. Deshalb müssen andere Rezepturbestandteile temperiert werden. Bewährt hat sich die Temperierung von Feinschrot und Rübenkrautsirup im Wärmerraum auf 28 °C. Die Sauerteigtemperatur liegt sowieso schon in diesem Bereich. Mit der leichten Temperaturerhöhung durch das Kneten werden die geforderten Teigtemperaturen eingehalten. Die Quellteige wurden nicht temperiert. Brühstücke haben je nach Stehzeit und Temperatur unterschiedliche Temperaturen. Die Brühstücktemperatur sollte vor dem Kneten unter 30 °C liegen. Quellstücke haben ungefähr Raumtemperatur. Kochstückteige wurden im Kühlraum auf Temperaturen unter 30 °C abgekühlt. Die zugegebene Schüttflüssigkeit wurde auf ungefähr 30 °C temperiert und die Backhefe darin fein verteilt. In Tabelle 11 wird der Temperaturunterschied gezeigt, der sich aus der Temperierung von Rübenkrautsirup und Feinschrot ergibt.

Tabelle 11: Teigtemperaturen nach dem Knetprozess mit und ohne Zutatentemperierung durch Verwendung eines Spiralkneters

Parameter	Zutaten nicht temperiert	Zutaten temperiert
Teigtemperaturen nach dem Kneten (°C)	22,3	27,9
	23,9	26,9
	22,6	27,7
Mittelwert (°C)	22,9	27,5

4.1.3 Oberflächenbemehlung

Nach der Praktikumsanleitung der Hochschule Neubrandenburg sollen die Teiglinge in Kartoffelmehl gewälzt werden. Die Versuche haben gezeigt, dass sich ein Wälzen des Teiglings in Kartoffelmehl eher ungünstig für das optische Erscheinungsbild auswirkt. Durch das Wälzen kommt es zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Kartoffelmehles auf dem Teigling. Nach dem Backprozess ist die Bräunung der Kruste ungleichmäßig, je nachdem wie viel Kartoffelstärke anhaftete. Dies lässt sich vor dem Backprozess auch nicht durch das Nachstreichen mit Wasser ausgleichen. Eine einfache Methode, die zu einer gleichmäßigen Bräunung der Kruste führt, ist das gefühlvolle Bestreuen des Teiglings mit Kartoffelmehl durch ein feines Sieb. Nach der Stückgare wurde mit einem befeuchteten Gummipinsel und nassen Händen nachgestrichen.

4.1.4 Backform

Das Rheinische Schwarzbrot wird freigeschoben oder in Kastenform gebacken. Die Vorversuche zeigten, dass ein Backen in Kastenform Vorteile hat. Freigeschobene Brote liefen breit und hatten somit nicht die gewünschte Brotform. Die Brote waren oft flach. Das Backen in einer Kastenform dagegen verhindert ein Breitlaufen durch die formstabilisierenden Wände. Die Volumenzunahme findet nur nach oben statt.

4.1.5 Temperaturverlauf während des Backprozesses

Die ideale Backzeit ist erreicht, wenn in der Krumenmitte eine Kerntemperatur von 98 °C erreicht ist.

Um dies zu belegen, wurde der Temperaturverlauf während des Backprozesses bestimmt. Bei der Herstellung des Rheinischen Schwarzbrottes mit einer Teigeinwaage von 700 g in einer Kastenbackform beträgt die optimale Backzeit 60 Minuten. Dabei wird die ersten 2 Minuten reichlich beschwadet und anschließend für 30 Minuten der Zug gezogen. Die Ober- und Unterhitze im Backofen betragen in den ersten 20 Minuten 270 °C. Anschließend wurde die Backtemperatur auf 200 °C eingestellt. In Abbildung 10 ist der Temperaturverlauf dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Temperatur in der Krumenmitte langsamer ansteigt. Die Temperatur knapp unterhalb der Kruste steigt sehr schnell über 130 °C. Danach steigt sie weiter bis auf über 140 °C. Die langsame Temperaturniedrigung nach 20 Minuten im Backofen führt auch

unterhalb der Kruste zu einem langsamen Temperaturrückgang. Temperaturen unterhalb der Kruste von ca. 140 °C ergeben optimale Bräunungsbedingungen für die Kruste. In der Krume wird die gewünschte Kerntemperatur von 98 °C erreicht. Somit wurden die für einen optimalen Backprozess erforderlichen Backtemperaturen erreicht.

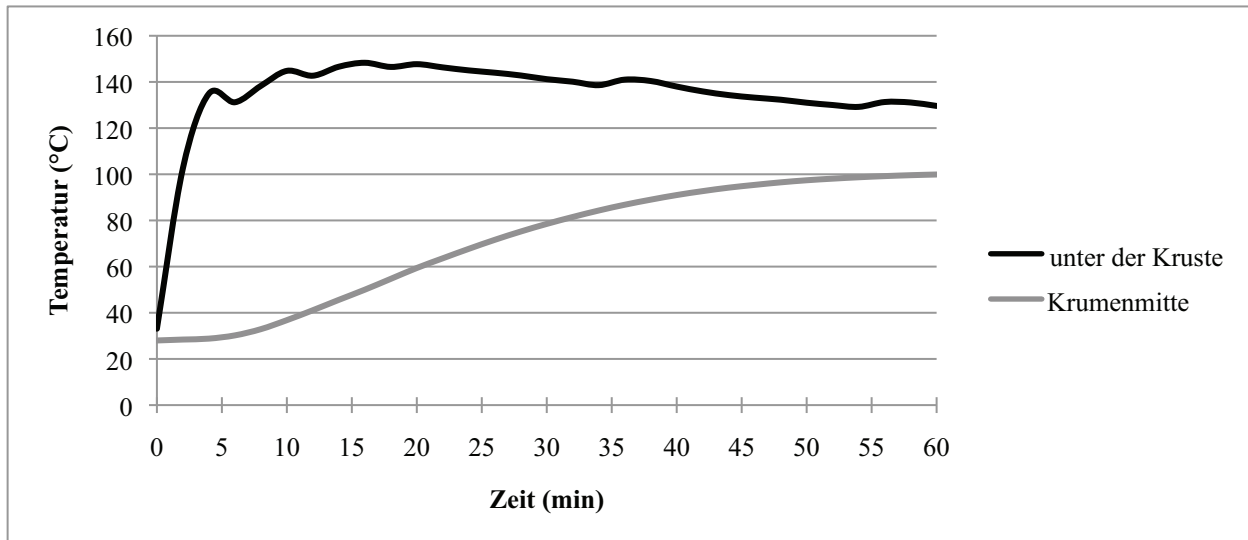


Abbildung 10: Temperaturverlauf während des Backprozesses

4.2 Hauptversuche

Ziel der Hauptversuche war es, mit Hilfe der analytischen Methoden eine Optimierung des Rheinischen Schwarzbrottes zu erreichen. Dafür werden nun folgend die Ergebnisse dargestellt.

4.2.1 Teigknetung

Ziel des Knetvorganges war ein homogener Teig mit einer Teigtemperatur von 28 bis 30 °C. Die gewünschten Eigenschaften ließen sich annähernd mit dem Knetter A200 von der Firma Hobart herstellen. Alle anderen verwendeten Labormaschinen mit Rührwerk oder Universalmischer lieferten keine zufriedenstellenden Ergebnisse, so dass die Versuche schon nach dem Knetvorgang allesamt abgebrochen wurden. In der UM / SK 5 Labormaschine mit Rührwerk von der Firma Stephan und Sohn kam kein Mischprozess zustande. Ein Großteil des Teiges wurde überhaupt nicht bewegt. Diese Maschine ist für einen Knetprozess mit Schrotteigen nicht ausgelegt. Das gleiche Problem stellte sich bei der Somakon MP-T Model 25 X 11 201 ein. Dieser Labormischer brachte keinen Mischprozess mit dem schweren und klebrigen Schrotteig zustande. Die Labor – Conche IMC – E10 der Firma Lipp ist für den

Mischprozess von Teigen bedingt geeignet. Ungeeignet ist sie jedoch für klebrige Schrotbrotteige. Die Conche vermochte den Teig teilweise zu Kneten. Aufgrund der Klebrigkeit blieb jedoch ein Großteil des Teiges in den Ecken der Conche hängen und nahm somit nicht am Mischprozess teil. Außerdem war der anschließende Reinigungsprozess sehr zeit- und arbeitsaufwendig. Zum Kneten von Schrotbrotteigen sind diese drei Maschinentypen ungeeignet. Die Untersuchungen zum Knetprozess konzentrierten sich somit auf den Knetter A200 der Firma Hobart. Für den Knetter standen 2 verschiedene Knetwerkzeuge zur Verfügung. Ein Spiralknetter und ein Flachrührer. Beide wurden getestet. Der Knetprozess mit dem Spiralknetter war nicht so optimal. Der Teig klebte aufgrund seiner hohen Klebrigkeit immer wieder an der Behälterwand fest. Dieser Teiganteil nimmt somit nicht am Knetprozess teil. Durch die offene Bauweise des A200 konnte der Knetprozess unterbrochen und die festklebenden Teigbestandteile von der Behälterwand gelöst werden. Danach lief das Kneten für kurze Zeit optimal ab. Nach etwa 30 Sekunden stellte sich der gleiche negative Effekt ein. Durch weitere Versuche stellte sich heraus, dass sich die Zugabe des feinen Schrotes als letztes zum Knetprozess positiv auf die Teigknetung auswirkt. Die gestaffelte Zugabe verhinderte einige Zeit das festkleben. Der Einsatz des Flachrührers zeigte ebenfalls kein optimales Knetergebnis. Hierbei klebte sich der Teig nicht an der Behälterwand sondern am Flachrührer fest. Die Bauweise des Knetorgans fördert das Einlagern des klebrigen Schrotteiges in vorhandene Zwischenräume. Das Ablösen des Teiges vom Flachrührer gestaltete sich schwieriger als beim Spiralknetter. An der Behälterwand kann sich hier kein Teig absetzen. Insgesamt liefern beide Rührerbauarten ähnliche qualitative Ergebnisse. Dies lässt sich anhand der Versuche 1 und 2 belegen. Die Messwerte zeigen einen größeren Unterschied bei der Festigkeitsmessung mit dem Texture Analyser. Danach ist die Flachrührervariante weicher (siehe Tabelle 12). Bei Begutachtung der Brote und Brotscheiben konnten optisch und sensorisch keine Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 12: Vergleich der Variante 1 und 2

Parameter	Variante 1 (Spiralknetter)		Variante 2 (Flachrührer)	
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung
Teigtemperatur in °C	28,9	0,21	29,6	0,44
Backverlust in %	11,6	0,27	12,1	0,28
Volumen in cm ³	783	10	800	15,28
Dichte in g/cm ³	0,79	0,01	0,77	0,02
Festigkeit in g	1411,05	229,06	1267,66	108,2
Elastizität in %	42,7	2,97	41,53	1,91

4.2.2 Säuregrade und pH – Werte im angesetzten Sauerteig

Ziel war es, im angesetzten Schrotsauerteig Säuregrade zwischen 16 und 17 und pH – Werte von <4,5 zu erreichen. Zum Ansetzen dieser wurden reife Sauerteige verwendet, die Säuregrade von immer >20 und pH – Werte von <4,2 hatten (siehe Anlage 5). Die gewünschten Säuregrade wurden nicht erreicht. In den angesetzten Sauerteigen stellten sich Säuregrade zwischen 12 und 14 ein. Die geforderten pH – Werte wurden dafür in jeden Sauerteig erreicht (siehe Tabelle 13). Es zeigte sich, dass sich bei Verwendung von mittlerem Schrot zum Ansetzen des Sauerteiges höhere Säuregrade einstellen lassen.

Tabelle 13: Mittelwerte der Säuregrade und pH – Werte im angesetzten Sauerteig

Parameter	Versuchstag					
	1	2	3	4	5	6
Anstellgut	reifer Sauerteig	reifer Sauerteig	reifer Reinzucht-sauerteig	reifer Reinzucht-sauerteig	reifer Reinzucht-sauerteig	reifer Reinzucht-sauerteig
Schrot-granulation	grob	mittel	grob	grob	grob	grob
erreichter Säuregrad	13,7	19,55	13,15	13,85	12,1	12,25
erreichter pH – Wert	4,22	4,04	4,21	4,3	4,21	4,21

4.2.3 Festigkeitsunterschiede der Krume

Diese Bestimmung wurde durchgeführt, da die Krumenweichheit ein Qualitätskriterium für Brotwaren ist. In Abbildung 11 sind die mit dem Texture Analyser aufgenommenen Krumenfestigkeiten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Varianten unterschiedliche Krumenfestigkeiten haben. Die Kochstückvarianten liegen im Bereich der gekauften Referenzprobe Variante 16. Auch die Variante 4 mit dem reduzierten Grobschrotanteil liegt im Bereich der Variante 16. Die anderen Varianten haben allesamt eine um mindestens 25 % höhere Krumenfestigkeit.

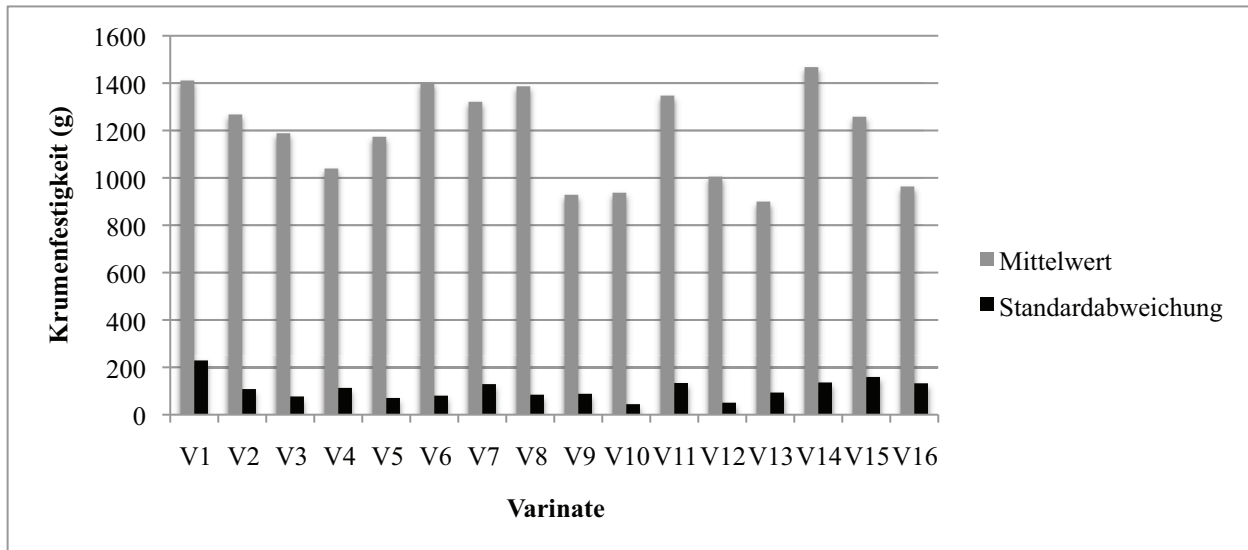


Abbildung 11: Krumenfestigkeit der Varianten

Die Höhe der Wassertemperatur mit der das Brühstück angesetzt wird hat einen Einfluss auf die Weichheit der Krume. Die Wirksamkeit ist jedoch begrenzt. Dies zeigt der genaue Vergleich der Varianten 1, 6 und 14. Diese wurden mit unterschiedlichen Schüttwassertemperaturen im Brühstück (V14 = 70 °C / V1 = 85 °C/ V6 = 100 °C) angesetzt. Die Stehzeit betrug in allen 3 Varianten 2 Stunden. Die Mittelwerte der bestimmten Krumenfestigkeiten liegen dicht beieinander (siehe Tabelle 14). Die Variante 14, dessen Schüttwassertemperatur zum Brühstück am niedrigsten ist, hat die härteste Krume. Mit zunehmender Temperatur der Schüttflüssigkeit wird die Krume der Rheinischen Schwarzbrote weicher.

Tabelle 14: Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 1, 6 und 14

Parameter	V14 (70 °C)		V1 (85 °C)		V6 (100 °C)	
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung
Festigkeit in g	1467,555	136,037	1411,046	229,057	1402,502	80,375

Die Ergebnisse der Krumenfestigkeitsbestimmung zeigen, dass die Dauer der Brühstückstehzeit einen Einfluss auf die Festigkeit der Krume hat. Dies zeigt der Vergleich der Varianten 6, 7 und 11. Diese Varianten wurden als Brühstück mit 100°C heißem Wasser angesetzt und anschließend unterschiedlich lange Quellen gelassen (V6 = 2 h/ V7 = 4 h/ V11 = 6 h). In der Variante 7 mit der Brühstückstehzeit von 4 Stunden ist die Krume weicher als in der 2 Stundenvariante. In der Variante mit 6 Stunden Quellzeit ist die Krumenfestigkeit jedoch wieder leicht erhöht gegenüber der 4 Stunden Variante (siehe Abbildung 12).

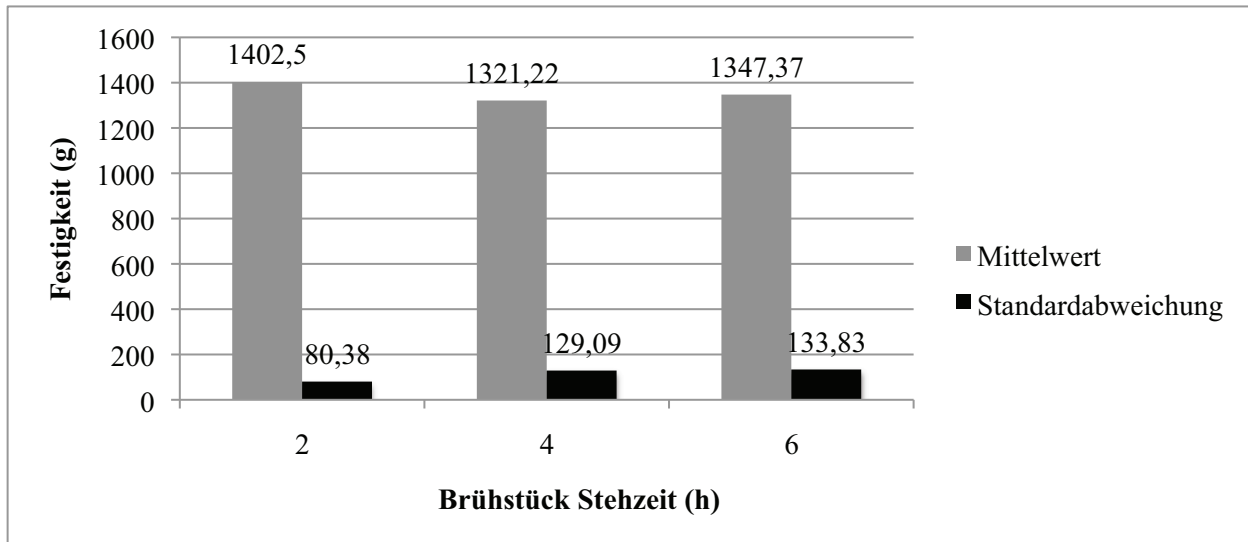


Abbildung 12: Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 2, 4 und 6

Vergleicht man den Einfluss des Quellteiges zeigt sich, dass die Kochstückvarianten (V5 / V9 / V11 / V12 / V13 / V15) weichere Krumen als die Quellstück und Brühstückvarianten haben. Des weiteren stellte sich heraus, umso höher der Kochstückanteil in der Rezeptur wird, umso weicher wird die Krume. Quell- und Brühstückvarianten liefern dagegen ähnliche Krumenfestigkeiten. Am weichsten ist die Krume, wenn das Grobschrot erst in einem Quellstück vorgequollen und anschließend im Kochstück weiter verarbeitet wird. Dies verdeutlicht die Abbildung 13. Schon die Verwendung einer reduzierten Kochstückmenge verringert die Krumenfestigkeit deutlich.

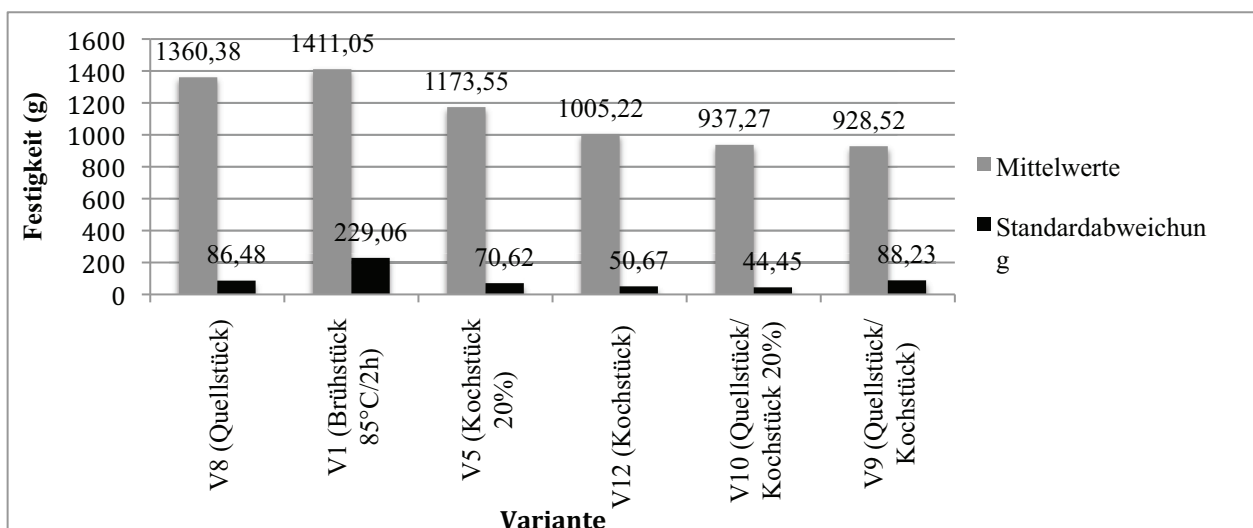


Abbildung 13: Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 1, 5, 8, 9, 10 und 12

Auch durch eine Verlängerung der Stückgare wird die Krumenfestigkeit reduziert. Dies wird im Vergleich von Variante 12 und 13 deutlich. Diese beiden Varianten unterscheiden sich nur in

der Länge der Stückgare. Variante 13 durchlief die doppelte Stückgarezeit und hat im Ergebnis etwa eine um 10 % weichere Krume als Variante 12 (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 12 und 13

Parameter	V 12 (45 min)		V13 (90 min)	
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung
Festigkeit in g	1005,218	50,672	899,928	93,477

Eine Grobschrotminimierung führt zu einer weicheren Krume. Der Vergleich der Varianten 1 und 3 zeigt dies. In Variante 3 wurde die Sauerteigrezeptur dahingehend geändert, dass der Grobschrot gegen Schrot mittlerer Granulation ausgetauscht wurde. Es wurden 30% des Grobschrotanteils durch Mittelschrot ersetzt. Die beiden Varianten unterscheiden sich noch dadurch, dass für Variante 1 der Spiralknetter verwendet wurde und für Variante 3 der Flachrührer. In Tabelle 16 zeigt sich, dass der Einsatz von feinerem Schrot eine weichere Krume entstehen lässt. Die Krume festigkeit nimmt in diesem Versuch um 18,7 % ab.

Tabelle 16: Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 1 und 3

Parameter	V 1 (Grobschrot)		V3 (Feinschrot)	
	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung
Festigkeit in g	1411,046	229,057	1188,453	76,978

4.2.4 Elastizitätsunterschiede der Krume

Die Elastizität der Brotkrume ist ein Qualitätskriterium für Brote. Die Elastizität ist die Eigenschaft eines Körpers reversibel auf eine einwirkende Kraft zu reagieren. In Abbildung 14 sind die mit dem Texture Analyser aufgenommenen Elastizitäten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Rheinischen Schwarzbrotvarianten Elastizitätsunterschiede aufweisen. Die besten Elastizitäten weisen die Brühstückvarianten 6, 7 und 14 auf. Das Industrieprodukt (V16) kommt auf eine ähnliche Elastizität wie diese Brühstückvarianten. Rheinische Schwarzbrote dessen Grobschrot im Kochstück verquollen wurde weisen die geringsten Elastizitäten auf.

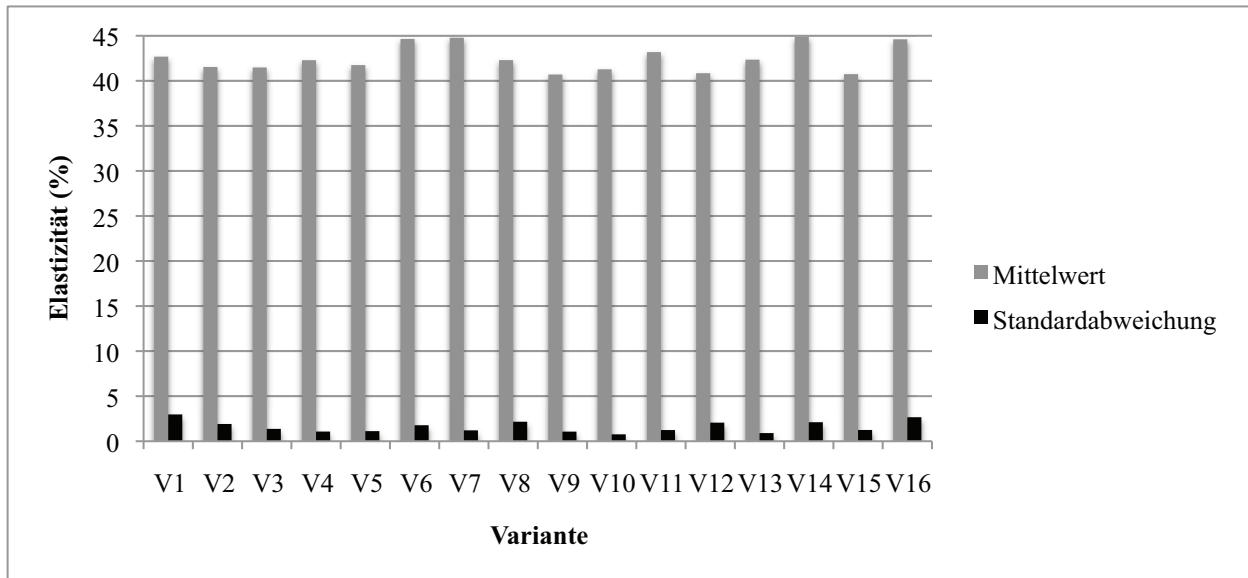


Abbildung 14: Elastizität der Varianten

Vergleicht man den Einfluss des Quellteiges zeigt sich, dass Elastizitätsunterschiede vor allem zwischen Kochstückvarianten und Brüh- und Quellstückvarianten erkennbar sind. Dies wird deutlich, wenn man die Rheinischen Schrotbrotvarianten mit der besten und schlechtesten Elastizität vergleicht (siehe Tabelle 15). Es ist erkennbar, dass die Rheinischen Schwarzbrote elastischer sind wenn das Schrot im Brühstückstück verquollen wurde. Die geringste Elastizität zeigt Variante 9. In dieser wurde das Grobschrot in einem Quellstück vorgeweicht und dann anschließend wie ein Kochstück verarbeitet. Die größte Elastizität zeigt die Variante 14 in der das Grobschrot bei 70°C für 2 Stunden vorgequollen wurde.

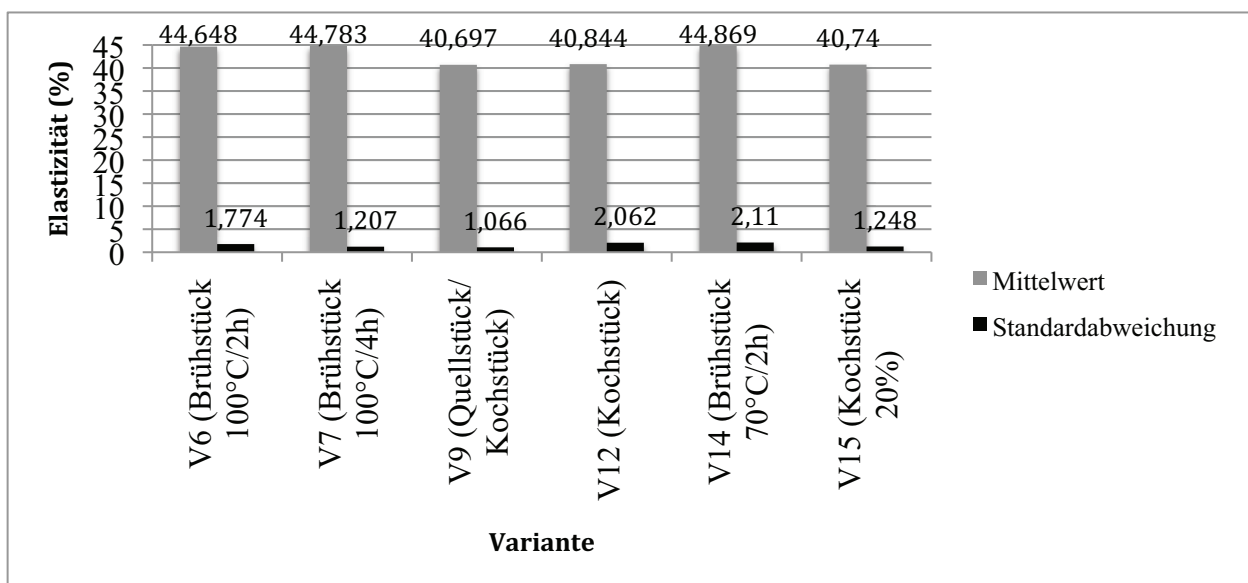


Abbildung 15: Elastizitätsunterschiede der Varianten 6, 7, 9, 12, 14 und 15

Versucht man die einzelnen Daten der Texture Analyser Messung weiter aufzuschlüsseln ist es schwer einen Trend zu erkennen. Es wird vermutet, dass die Quellzeit eines Brühstückes einen größeren Einfluss auf die Elastizität hat als die Temperatur. Dies lässt sich daran erkennen, dass die Elastizität nach einer Brühzeit von 2 Stunden (V6) höher ist als nach 6 Stunden Stehzeit (V10). Die Elastizität für den 4 Stundenversuch (V7) liegt jedoch sehr nah an Variante 6 (siehe Abbildung 16).

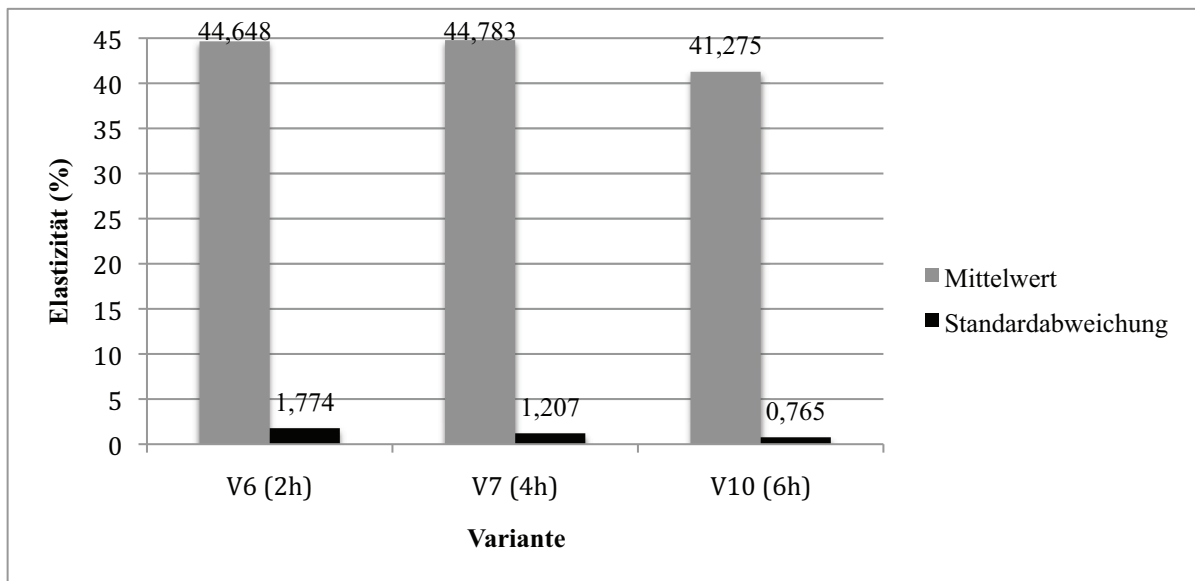


Abbildung 16: Elastizitätsunterschiede der Varianten 6, 7 und 10

Außerdem scheint eine Reduzierung von Grobschrot durch Austausch im Sauerteig mit Mittelschrot keine wirklich messbaren Elastizitätsänderungen zu bewirken (V3 / V4). Die Quellstückvariante (V8) liefert durchschnittliche Elastizitätsergebnisse im Vergleich zu den anderen Varianten (siehe obige Abbildung 14).

4.2.5 Farbunterschiede der Kruste und Krume

Rheinische Schwarzbrote haben in der Regel eine dunkle braun glänzende Kruste. Es wurde die Farbe der Kruste und der Krume bestimmt.

Um die Farbmerkmale der Rheinischen Schwarzbrote zu bestimmen wurden 4 Varianten mit dem Minolta Chroma-Meter CR-300 analysiert. Es wurde eine Brühstück- (V1), Quellstück- (V8) und Kochstückvariante (V15) und ein gekauftes Roggenschrotbrot (V16) untersucht. Die Untersuchung der Kruste ergab, dass zwischen allen Varianten keine großen Helligkeits- und Farbunterschiede festgestellt wurden (siehe Tabelle 17). Die Helligkeitswerte (L) schwanken

nicht allzu stark. Sie liegen noch im dunkleren Bereich. Die Kochstückvariante und das Industrieprodukt sind von der Helligkeit fast gleich. Sie sind leicht heller als die anderen beiden Varianten. Die a^* und b^* Werte liegen noch nah am Koordinatenursprung das für ein neutrales Grau ohne Buntheit steht. Die Farbrichtung liegt für alle Varianten im schwach rot gelben Farbbereich. Die Varianten 1 und 4 haben ganz leicht eine intensivere gelbe bzw. rote Farbe.

Tabelle 17: Farbewerte der Varianten 1, 8, 15 und 16 für die Kruste

Werte	Variante 1		Variante 8		Variante 15		Variante 16	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
L	37,62	1,92	37,66	1,28	39,54	2,54	39,6	2,58
a	+10,65	0,98	+10,96	1,85	+9,17	1,2	+8,42	1,1
b	+17,63	3,23	+15,92	2,81	+13,02	2,74	+13,06	2,82

Die Farbmessung der Krume zeigt, dass diese heller ist als die Kruste. Die Unterschiede in der Helligkeit sind hier in den verschiedenen Varianten etwas größer als zuvor bei der Kruste. Die Quellstückvariante (V8) liegt wie auch die Kochstückvariante (V15) im Bereich zwischen hell und dunkel. Die anderen Varianten liegen noch leicht im dunklen Bereich. Die Farbwerte sind in allen Varianten sehr ähnlich. Diese liegen hier weniger im roten Bereich als noch in der Kruste. Sie befinden sich dagegen mehr im Bereich von neutralem Grau. Die gelbe Farbe ist ähnlich stark bzw. leicht stärker ausgeprägt als zuvor in der Kruste (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Farbewerte der Varianten 1, 8, 15 und 16 für die Krume

Werte	Variante 1		Variante 8		Variante 15		Variante 16	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
L	44,2	1,03	50,23	1,25	49,59	0,81	43,94	2,11
a	+4,41	0,65	+3,67	0,6	+3,89	0,5	+4,52	1,12
b	+17,48	0,58	+17,05	0,69	+16,3	0,89	+16,3	0,72

4.2.6 Backverluste

Der Backverlust beträgt im Durchschnitt 11,86 % bei den hergestellten Rheinischen Schwarzbroten. Der Backverlust schwankt in einer bestimmten Bandbreite (siehe Abbildung 17). Die Varianten 3 und 4 wurden 10 Minuten weniger gebacken als die restlichen Varianten. Bei diesen zeigt sich ein geringer Backverlust als im Gesamtdurchschnitt. Den höchsten Backverlust weisen die Varianten 1, 2 und 5 auf. Ob die Art der Schrotquellung einen Einfluss auf den Backverlust ausübt ist nicht zu erkennen.

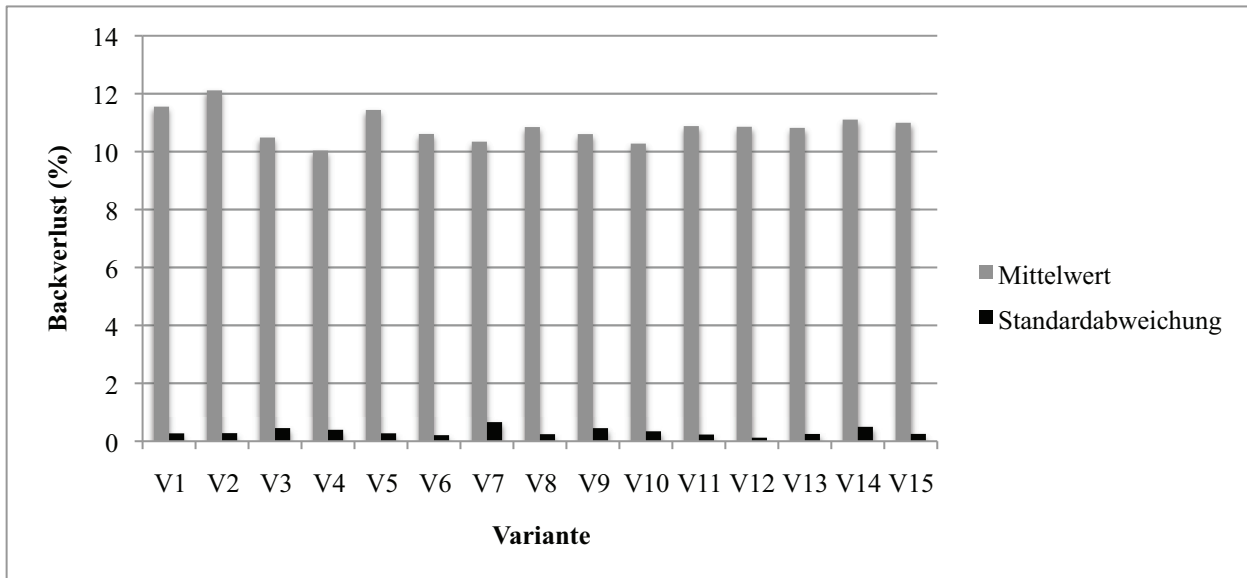


Abbildung 17: Backverluste der Varianten

4.2.7 Brotvolumen und Dichte

In Abbildung 18 sind die Volumina der Rheinischen Schwarzbrote dargestellt. Die Varianten mit dem verringerten Anteil an Grobschrot (Variante 3, 4) erreichen ein um ca. 20 % höheres Volumen als alle weiteren Varianten. Die Variante (V13) mit der verlängerten Stückgare erreicht das höchste Volumen unter den Varianten in denen der Sauerteig Roggengrobschrot enthielt. Volumenunterschiede aufgrund der Quellung des Schrottes sind nicht zu erkennen. Dies zeigen die ähnlichen Volumina von Quellstücken, Kochstücken und Brühstücken.

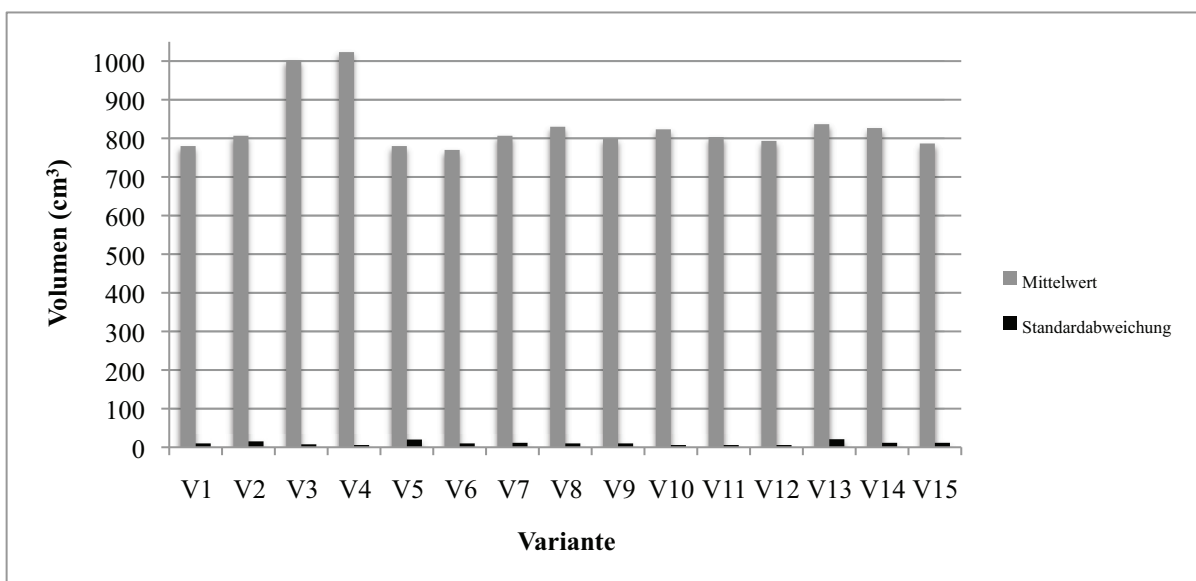


Abbildung 18: Brotvolumen der Varianten

Die Dichte der Rheinischen Schwarzbrotvarianten wird in Abbildung 19 gezeigt. Die geringste Dichte weisen die Varianten 3 und 4 auf. Diese erreichten auch die größten Brotvolumen. Unter den Varianten mit 60 Minuten Backzeit hat Variante 13 (verlängerte Stückgare) die geringste Dichte. Dichteunterschiede aufgrund anderer Unterscheidungsparameter sind schwer festzustellen.

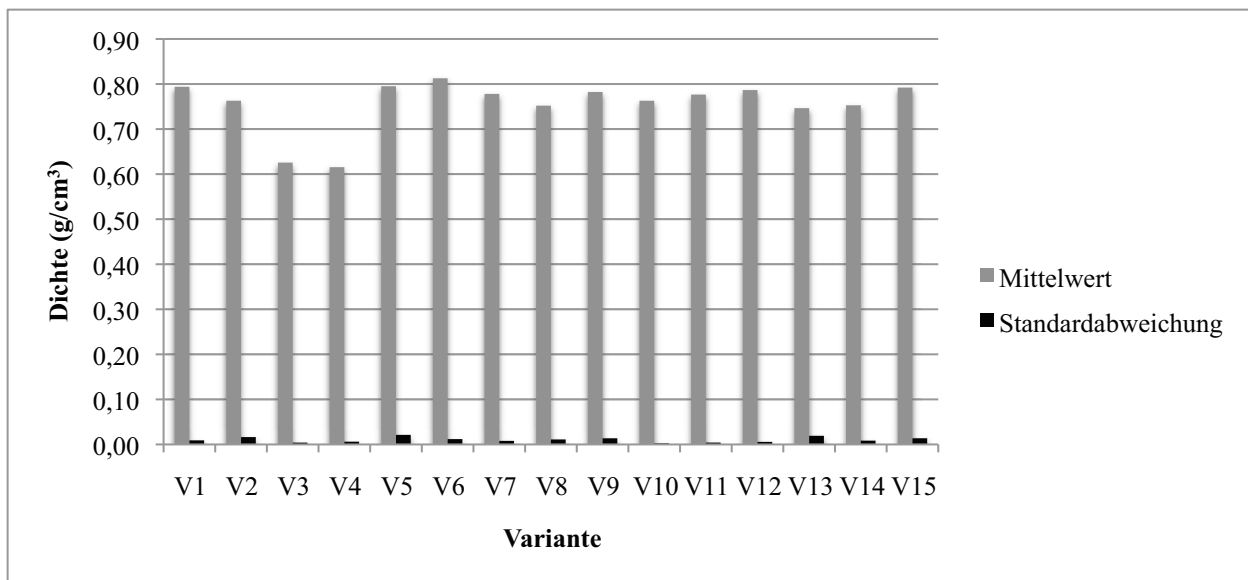


Abbildung 19: Dichte der Varianten

4.2.8 Sensorik

Alle Varianten der Hauptversuche wurden einen Tag nach der Herstellung optisch begutachtet und verkostet.

Alle Varianten lieferten Brote mit ansprechender Qualität. Die Brote besaßen eine dünne braune Kruste. Die Seiten und der Boden der Rheinischen Schwarzbrote hatten ein gleichmäßiges Erscheinungsbild. Zum Teil waren jedoch leichte Verfärbungen zu erkennen. Die Krustenfarbe war dunkelbraun. Die Oberseite der Kruste war dunkler als die Seitenflächen und der Boden. Vereinzelt konnten auch kleine Risse auf der Oberkruste auftreten. Äußerlich waren die Varianten kaum zu unterscheiden. Jedoch zeigte die Variante mit verlängerter Stückgare (V13) eine breitgelaufene Oberfläche. Die Wölbung war geringer als bei den restlichen Varianten. Bei der optischen Begutachtung der Krumen zeigten alle Rheinischen Schwarzbrote eine geringe und ungleichmäßige Lockerung. Die beste Lockerung erreichten die Varianten in denen Grobschrot gegen Mittelschrot im Sauerteig getauscht wurde. Im optischen Vergleich der Varianten war ersichtlich, dass die Art der Verquellung des Schrotes Einfluss auf die Krume hat. Die

hergestellten Brühstück- und Quellstückvarianten zeigten ein wenig unverkleisterte Stärke in den in die Krume eingearbeiteten Körner (siehe Anlage 13). Bei den Kochstückvarianten war keine unverkleisterte Stärke zu erkennen. Die Weichheit der Krumen der Kochstückvarianten war weicher und feuchter. Bei den Varianten in denen das Quellstück im Kochstück verarbeitet wurde, ist dies als zu feucht empfunden worden. Die Krume ergab in allen Varianten ein gleichmäßiges zusammenhängendes Erscheinungsbild, wenn die vereinzelt unverkleisterte Stärke außer acht gelassen wird. Die Elastizität der Krume war in allen Varianten gering. Die durchgeführte Daumenprobe zeigte, dass die Krume nach dem Eindrücken die ursprüngliche Form nicht wieder erreichte. Die Elastizität wurde durch das Bestimmen mittels Daumenprobe auf ca. 50 % geschätzt, da die eingedrückte Krume etwa die Hälfte der ursprünglichen Form erreichte. Die Kochstückvarianten zeigten eine schlechtere Elastizität als die restlichen Varianten. In Geschmack und Geruch wurden alle Brote als aromatisch bewertet. Die Kruste war süß – und röstaromatisch, die Krume dagegen eher mild und leicht säuerlich nach Roggen. Die Brotsorten mit dem reduzierten Grobschrot waren nach eigener Einschätzung ein wenig kräftiger im Aroma. Die Kochstückvarianten waren etwas süßer. Die enthaltenen Körner bzw. der Grobschrot wurden beim kauen in allen Rheinischen Schwarzbrot Varianten als nicht störend empfunden. Dies gilt auch für die Rheinischen Schrotbrote mit Brüh- oder Quellstück wo ein kleiner Teil der Stärke noch unverkleistert war.

Mit der Variante 15 (siehe Anlage 14) und einem Roggenschrotbrot aus einer Bäckerei in Neubrandenburg wurde das DLG – Prüfschema für Brot durchgeführt. Für die Prüfkriterien Form und Aussehen wurden als Mangel beim Industrieprodukt unsaubere Seitenflächen festgestellt. Für die selbst hergestellte Variante konnten diesbezüglich keine Mängel festgestellt werden. Die Oberflächen- und Krusteneigenschaften wurden für beide Brote als arttypisch eingeschätzt. In punkto Lockerheit und Krumenbild wurde eine ungleichmäßige Lockerung für beide Brote bestimmt. Für das Prüfschema Struktur- und Elastizität wurde, nach der Mängelliste für Variante 15, der Mangel geschwächte Krumenelastizität festgestellt. Für das gekaufte Produkt konnte dieser Mangel nicht bestimmt werden. Für das Kriterium Geruch und Geschmack konnten keine Mängel bestimmt werden. Alle anderen im DLG – Prüfschema aufgeführten Mängel waren nicht relevant.

Variante 15 kam in der Auswertung auf eine Qualitätszahl von 4,6. Das gekaufte Schrotbrot kam auf eine Qualitätszahl von 4,75. Dies entspricht bei beiden Broten einem silbernen DLG – Preis.

5 Auswertung der Versuche

Für die Herstellung eines Rheinischen Schwarzbrot mit optimalen Eigenschaften müssen viele Prozessschritte sehr exakt durchgeführt werden. Es beginnt mit der Herstellung eines einwandfreien Sauerteiges, der das Endprodukt stark beeinflusst. Sauerteig ist ein Fermentationsprodukt das bei genauer Einhaltung der Parameter Temperatur, Teigausbeute und Stehzeit gleiche Säuregrade erreicht. Dies zeigen auch die eigenen Versuche mit Grobschrotsauerteig. Obwohl die in der Literatur angegeben Säuregrade für Grobschrotsauerteig von 17 bis 18 nie erreicht wurden ist dies trotzdem nicht negativ zu bewerten. Erreicht wurden Säuregrade zwischen 12 und 14. Durch den Umstieg auf einen Rheinzuchtsauerteig konnte auch keine Erhöhung herbeigeführt werden. Die erreichten Säuregrade und die Sauerteigtemperaturen von ca. 28 °C, die eine Milchsäurebildung unterstützen, führten im Endergebnis zu dem sensorisch wahrgenommenen milden Aroma. Durch den Austausch des Grobschrot gegen Mittelschrot im Sauerteig wurde ein um 20 % höheres Brotvolumen erreicht. Grobschrot nimmt weniger an der Teigbildung teil als feineres Schrot. Deshalb entsteht das größere Brotvolumen. Feineres Schrot führt auch zu einer Zunahme der Lockerung. Außerdem zeigte sich, dass durch Verwendung von Mittelschrot die Säuerung schneller abläuft als mit Grobschrot. Dies liegt daran je grober das Schrot ist umso kleiner ist die spezifische Oberfläche und umso langsamer verläuft die Säuerung. Grobschrot führt deshalb zu einem milderem Aroma. Die Eigenschaften Brotvolumen und Brotaroma können so gut und einfach durch den Sauerteig beeinflusst werden. Für die Versäuerung von groben Schrot spricht, dass dieser im Sauerteig gut quillt und somit der Grobschroteffekt im Krumenbild minimiert werden kann. Häufig kann nicht der gesamte Grobschrotanteil in einem Quellteig verquollen werden und dann ist ein Grobschrotsauerteig immer empfehlenswert. Auch ein gewünschtes mildes Aroma kann über einen Grobschrotsauerteig wie beschrieben eingestellt werden. Die gewünschten pH – Werte von < 4,5 wurden auch mit Grobschrotsauerteigen erreicht. Damit werden die Amylasen am Stärkeabbau ausreichend gehindert. Im Ergebnis entstehen gute Backergebnisse. Grobschrotsauerteige sind für die Herstellung von Rheinischen Schwarzbrot gut geeignet.

Die Herstellung des Quellteiges ist der nächste Herstellungsschritt der die Qualität eines Rheinischen Schwarzbrot in großem Maße beeinflusst. Grundsätzlich lieferten alle Quellteige akzeptable Endergebnisse. Die Herstellung von Quell- und Brühstücken ist einfach, wenig zeit- und arbeitsintensiv. Dagegen ist die Herstellung eines Kochstückes durch einen hohen Arbeitsaufwand gekennzeichnet. Kochstücke bringen einige Vorteile. Das Krumenbild verbessert sich solange der Kochstückanteil an der Gesamtzeptur nicht zu groß wird. Die

gesamte Stärke verkleistert in einem Kochstück komplett und führt somit zu einem gleichmäßigeren Erscheinungsbild des groben Schrotetes und der ganzen Körner im Krumenbild. Im Kochstück sollten jedoch nicht mehr als 20 % der Getreidemahlerzeugnisse verquollen werden. Durch die frühzeitige Verkleisterung fällt dieser Stärkeanteil für die Gerüstbildung der Krume aus. Die Versuche ergaben, dass bei Verwendung eines Kochstückes die Krume weicher, feuchter und unelastischer wird. Bei zu großem Kochstückanteil war die Krume sehr nass und unelastisch. Dies ist auf die höhere Wasserzugabe und auch besser Wasseraufnahme zurückzuführen. Brühstücke und Quellstücke liefern dagegen bessere Elastizitäten und festere Krumen. Dies ist auf die geringere Wasserzugabe und auf die schlechtere Wasseraufnahme durch niedrigere Quellungstemperaturen zurückzuführen. Um in punkto Krumenweichheit näher an eine Kochstückvariante heranzukommen sind für ein Brühstück eine hohe Schüttwassertemperatur und eine lange Stehzeit zu empfehlen. Dies ist ein Ergebnis der eigenen Versuche. Temperaturerhöhungen und längere Quellzeiten sind dagegen für ein Quellstück nur begrenzt möglich. Schrotbrote haben im Vergleich zu anderen Brotsorten die schlechteste Elastizität. Die eigenen Ergebnisse bestätigen dies. Außerdem zeigten die Rheinischen Schwarzbrote, dessen Grobschrot im Quell- oder Brühstück verquollen wurde zum Teil noch unverkleisterte Stärke im Krumenbild. Dies ist optisch nicht erwünscht. Die Temperaturen und Schüttwassermengen reichen für eine vollständige Wassersättigung nicht aus. Für die Herstellung des Rheinischen Schwarzbrotetes mit hohem Grobschrotanteil ist die Verwendung eines Kochstückes deshalb zu empfehlen. Dafür sollte der Kochstückanteil wie oben beschrieben nicht mehr als 20 % betragen. Die Rheinischen Schwarzbrote mit reduziertem Kochstückanteil lieferten insgesamt die besten Ergebnisse. Die Herstellung eines Kochstückes lässt sich auch im Technikumsmaßstab gut umsetzen. Für die Nutzung eines Brüh- und Quellstückes ist Verwendung von Schrot mittlerer Granulation zu empfehlen. Diese binden leichter Wasser wodurch die vorher genannten Nachteile von Brüh- und Quellstücken reduziert würden. Die gewonnenen Ergebnisse zum Quellteig zeigen das hier viele Möglichkeiten bestehen um auf die Eigenschaften des Rheinischen Schwarzbrotetes einzuwirken.

Für die Herstellung von Rheinischen Schwarzbroteten hat auch die Einhaltung von Teigtemperaturen von 28 bis 30 °C eine große Bedeutung. Dadurch wird eine Nachquellung des Schrotetes gefördert. Eine unreichende Wasseraufnahme würde nicht verkleisterte Stärke im Krumenbild erzeugen. Dieser Stärkeanteil würde für die Teigbildung ausfallen. Die Folge wären schlechtere Krumenqualitäten. Die Teigtemperaturen in der verwendeten Rezeptur lassen sich einfach steuern indem Rezepturbestandteile temperiert werden. In einen Wärmeraum ist dies gut möglich.

Das beste Knetergebnis lieferte der Knetter A200 der Firma Hobart unter Verwendung eines Spiralknetters. Der Flachrührer liefert ähnlich gute Ergebnisse hat jedoch den Nachteil das anhaftender Teig schwerer zu lösen ist. In der Industrie wird häufig ein Hubknetter verwendet. Dieser liefert wahrscheinlich bessere Knetergebnisse.

Brot backen ist ein Handwerk das erlernt werden muss. Die Herstellung von Schrotbrot wie das Rheinische Schwarzbrot gehört handwerklich zu den am schwierigsten herzustellenden Brotsorten. Dies zeigte sich beim Umgang mit dem klebrigen Teig. Durch die nasse Aufarbeitung können jedoch gute Verarbeitungseigenschaften erzielt werden. Die nasse Aufbereitung bringt ein Flüssigkeitseintrag mit sich. Dies ist eher positiv zu bewerten, da dadurch eine Quellung des Schrotetes in den Randzonen weiter gefördert wird. Außerdem verdampft überschüssiges Wasser in den Randzonen des Teiglings schnell während des Backprozesses. Dagegen würde eine Aufarbeitung unter Verwendung von Mehl oder Schrot einer Nachquellung eher entgegenwirken. Außerdem würden sich dadurch die Getreideanteile verändern.

Eine weichere Krume ist durch eine Verlängerung der Stückgare zu erreichen. Dies ist darauf zurückzuführen das durch die verlängerte Wirkzeit der Milchsäurebakterien und Hefen, ein vermehrter Trieb stattfindet und das Volumen und die Lockerung verbessert wird. Eine verlängerte Stückgare führt jedoch auch zum Breitlaufen der Brote. Daher ist eine Stückgarezeit von 45 Minuten akzeptabel. Eine längere Stückgare führt außerdem zu einem süßeren Brotgeschmack. Dies lässt sich darauf zurückführen das durch die verlängerte Gare mehr Stärke abgebaut wird und dadurch der Gehalt an Mono- und Disacchariden sowie Dextrine zunimmt.

Die Oberflächenbemehlung mit dem Kartoffelmehl sollte durch ein dünnes Sieb erfolgen. Dadurch wird eine gleichmäßige Verteilung erreicht. Ein Backen in einer Kastenform ist zu empfehlen da Schrotbrote zum Breitlaufen neigen. Für die Herstellung von freigeschobenen Broten sind eventuell höhere Anbacktemperaturen zu empfehlen. Dadurch würde die Krustenbildung beschleunigt und die Form wäre stabilisiert. Höhere Säuregrade könnten auch ein stabileres Backen von freigeschobenen Schrotbrot ermöglichen, da dadurch die Enzymaktivitäten reduziert würden. Die Stärke und Pentosane würde nicht in so hohem Maße abgebaut was ein stabileres Brotgerüst erzeugen würde.

Die Backzeit und Temperaturführung ist für die Herstellung der Roggenschrotbrote nach der verwendeten Rezeptur optimal. Bei größeren Teiglingen sollten jedoch längere Backzeiten gewählt werden da es hier länger dauert bis die Hitze von außen in den Kern der Krume vorgedrungen ist. Diese Temperaturführung besitzt keine Allgemeingültigkeit da jeder Backofen unterschiedlich gut die Wärme überträgt.

Im Vergleich zu gekauften Referenzprodukt wurden nur geringe Qualitätsunterschiede festgestellt. Die Varianten hatten allesamt eine ungleichmäßige Lockerung. Dies könnte auf eine unzureichende Gasbildung der Hefen oder Milchsäurebakterien zurückzuführen sein. Die zur Herstellung der Varianten in den Hauptversuchen eingesetzte Backhefe lagerte schon einige Wochen im Kühlraum. Die bessere Krumenelastizität des Industrieproduktes liegt wahrscheinlich daran das in diesem Produkt ein höherer Feinschrot bzw. Mehllanteil verarbeitet wird. Die starke wahrzunehmende Säure in diesem Produkt lässt darauf schließen, dass für die Herstellung des Sauerteiges kein Grobschrot sondern feinerer Schrot verwendet wurde. Vielleicht wurden auch Teigsäuerungsmittel zur Herstellung genutzt.

Die Analytischen Messmethoden eigneten sich gut für die Bestimmung der Eigenschaften des Rheinischen Schwarzbrottes. Die Elastizitätsbestimmung mittels Texture Analyser ist jedoch verbesserungswürdig. Dafür würde sich ein Messprogramm eignen das nach der Bestimmung zur Maximalkraft zurückfahren würde und dann gleichzeitig den Gegendruck der Krume aufnehmen würde sowie die Haftkräfte. In einer zweiten Messung an derselben Stelle müsste anschließend noch die Rückverformungsrate aufgenommen werden.

Um die Untersuchungsergebnisse zu bestätigen müssten weitere Versuche folgen.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Optimierung eines Rheinischen Schwarzbrottes erreicht wurde. Dies lässt sich hauptsächlich auf die Nutzung eines Kochstückes zurückführen. Auch die handwerkliche Optimierung lässt wesentlich besser Schrotbrote entstehen. Für eventuell weitere Versuche bietet sich eine Optimierung der Kochstückherstellung an. Auch die Herstellung von Rheinischen Schwarzbrotten mit hohem Mittelschrot oder Feinschrotanteil könnten durchgeführt werden. Außerdem könnten weitere Untersuchungen zur Stückgare erfolgen. Dabei könnten auch die Auswirkungen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur untersucht werden

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, den Herstellungsprozesses des Rheinischen Vollkornbrottes im Technikumsmaßstab zu optimieren. Es wurden Versuche durchgeführt um den Einfluss der Vorteigführung, der Knetung, der Stückgare und des Backprozesses sowie die handwerkliche Umsetzung auf die Qualität des Endproduktes zu erfassen. Außerdem wurde mit Rezepturanpassungen experimentiert. Als technisches Hilfsmittel wurde zum Beispiel ein Texture Analyser verwendet um die Krumeneigenschaften wie Festigkeit und Elastizität zu bestimmen.

In den Versuchen konnte ermittelt werden, dass die optimale Umsetzung des Knetprozesses mit dem klebrigen Schrotteig im Technikum der Hochschule Neubrandenburg nicht möglich ist.

Es konnte außerdem festgestellt werden, dass der Sauerteig und dessen Eigenschaften das Endprodukt stark beeinflussen. Durch Verwendung von Mittelschrot lässt sich das Brotvolumen um 20 % erhöhen. Außerdem zeigte sich, dass die Sauerteigtemperaturen sowie dessen Säuregrade denn Brotgeschmack entscheidend beeinflussen. Grobschrot im Sauerteig erzeugt niedrige Säuregrade und fördert einen milderen Brotgeschmack. Mittlerer Schrot erzeugt höhere Säuregrade und damit ein intensiveres Aroma. Die Sauerteigtemperaturen von ca. 28 °C, die eine Milchsäurebildung begünstigen führten ebenfalls zu dem sensorisch wahrgenommenen milden Aroma.

Der Großteil der Untersuchungen war auf die Auswirkungen des Quellteiges auf das Endprodukt ausgerichtet. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Verwendung eines Kochstückes die Festigkeit und Elastizität der Brotkrume erniedrigt. Außerdem zeigte sich, dass zu hohe Kochstückanteile zu einer zu feuchten Krume führen. Die Verwendung eines Brühstückes oder Quellstückes erhöht die Krumenfestigkeit und Elastizität. Diese Quellteige führen zur teils unverkleisterter Stärke im Krumenbild, dass bei der Verwendung von Kochstücken nicht auftritt. Im weiteren Versuchsverlauf zeigte sich, dass durch eine Verlängerung der Stückgare das Volumen erhöht sowie die Krumenfestigkeit erniedrigt wird. Diese Veränderung führte jedoch auch zum verstärkten Breitlaufen der Schrotbrote

Für die Formgebung ist die nasse Aufarbeitung günstig. Für die anschließende Oberflächenbemehlung mit Kartoffelmehl stellte sich heraus, dass dies durch ein feines Sieb erfolgen sollte. Dadurch wird eine gleichmäßige Verteilung des Kartoffelmehles erreicht. Ein backen in Kastenform ist am günstigsten dadurch das ein Breitlaufen verhindert wird.

Letztendlich kann behauptet werden, dass die Herstellung des Rheinischen Schwarzbrottes im Technikumsmaßstab verbessert wurde.

7 Literaturverzeichnis

Berger, A.: Praktische Farbmessung: ein Buch für Anfänger, eine Gedächtnisstütze für Könner. 2. Auflage, Göttingen: Muster-Schmid, 1994.

Brandt, M; Spicher, G.: Handbuch Sauerteig. 6. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 2006

Brandt, M.: Sauerteig: Informationen aus dem Wissensforum Backwaren. 3. Auflage. Bonn: Wissensforum Backwaren, 2009

Brümmer, J.: Sauerteige für Weizen- und Roggenbrote. Detmold, Max Ruber-Institut, Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung, Referatzusammenfassung, 2011

BIB – Ulmer Spatz(Hrsg.): Perfekte Brotqualität. 2. Auflage. Bingen. Publikation BIB – Ulmer Spatz, 2006

BIB – Ulmer Spatz(Hrsg.): Die Versäuerung von Roggenmehl. <http://www.meistermarken-ulmerspatz.de>. 07.01.2012

Blumtritt, A.: Berliner Landbrot auf dem Prüfstand, Berlin, Staatliche Fachschule für Lebensmitteltechnik, Technikerarbeit, 2008

Doose, O.: Rustikale Sauerteigbrote. 1. Auflage. Stuttgart: Hugo Matthaees Dtuckerei und Verlag, 1985

Dreisörner, J.: Untersuchungen zur Alterung von Roggenmehlbrotten, Hannover, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Naturwissenschaftliche Fakultät, 2008

Freund, W.: Bäckerei Konditorei Management: Verfahrenstechnik Brot & Kleingebäck. 1. Auflage. Alfeld: Gildebuchverlag, 1995

Freund, W.: Handbuch Backwaren. 8. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 2003

GMF.: Getreide, Mehl und Schrot: Fachinformationen aus Wissenschaft und Praxis für das Qualitätsmanagement im Backgewerbe (2006), Nr. 1, S. 11 – 18.

Jung, W.: Lernfeld Vorteige. 1. Auflage. Bonn: GMF, 2007

Kim, M.: Messung und Beeinflussung der Konsistenz von Teigen aus Roggenmehl. Hannover, Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität, Naturwissenschaftliche Fakultät, Doktorarbeit, 2007

Klingler, R.: Grundlagen der Getreidetechnologie. 2. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 2010

Kraus, I.: Das Brot. Backwaren aktuell (2010), Nr. 1, S. 2 – 6.

Leitsätze für Brot und Kleingebäck, 1993

Lindhauer, M.: Grundlagen der Weizen- und Roggenbackfähigkeit. Detmold, Max Ruber-Institut, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Referatzusammenfassung, 2010

Loderbauer, J.: Das Bäckerbuch. 2. Auflage. Hamburg: Handwerk und Technik Verlag, 2005

Metzger, T.: Das Rheologie-Handbuch. 1. Auflage. Hannover. Vincentz Verlag, 2000

Nitschko, S.: Herstellung von Backwaren aus einer Nacktgersten – Varietät unter Berücksichtigung der funktionellen Inhaltsstoffe. Wien, Universität, Fachbereich Ernährungswissenschaften, Diplomarbeit, 2008

Passauer, Lars.: Beiträge zur Entwicklung Wasser speichernder Materialien auf Basis von Stärke und Lignin, Dresden, Technische Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Diplomarbeit, 2008

Rötz, T.: Unterschiede zwischen von Hand hergestellten und maschinell gerührten Sauerteigen, Berlin, Staatliche Fachschule für Lebensmitteltechnik, Technikerarbeit, 2008

Schild, E.: Der junge Bäcker: Band 2. 13. Auflage. Gießen: Fachbuchverlag Dr. Pfannenberg & Co, 1990

Seidel, J.: Integration einer akustischen Messung in die Texturanalyse von Kartoffelchips und Karotten. Neubrandenburg, Hochschule Neubrandenburg, Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften, Bachelorarbeit, 2012

Seiffert, M.; Albino, A.: Quellen? Ja – dann aber richtig!. Brot und Backwaren (2006) 6, S. 37-38

Seifert, M; Albino, A.: Quellstück, Brühstück, Aromastück. <http://www.webbaecker.de>. 17.01.2012

Steffen, F.: Brotland Deutschland. 1. Auflage. Bochum: BackMedia Verlag, 2003

Stephan, H.: Richtlinien für die Herstellung von Roggenschrot- bzw. Roggenvollkornschrotbrot: Merkblatt Nr. 42. 2. Auflage. Detmold: Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung, 1982

Sitte, P; Weiler, E; Kadereit, J; Bresinsky, A; Körner, C.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 35. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2002

Schünemann, C; Treu, G.: Verkaufslehre der Bäckerei und Konditorei. 2. Auflage. Alfeld: Gildebuchverlag, 2005

Schünemann, C; Treu, G.: Technologie der Backwarenherstellung. 10. Auflage. Alfeld: Gildebuchverlag, 2009

Tegge, G.: Stärke und Stärkederivate. 3. Auflage. Hamburg. Behr's Verlag, 2004

Thamm, L.: Vermahlungstechnische Untersuchungen mit Roggen und Triticale aus dem Anbau reduzierter Intensität zur Herstellung stärkeangereicherter Mahlprodukte für deren Einsatz zur chemischen Modifizierung, Berlin, Technische Universität Berlin, Fakultät 3 Prozesswissenschaften, Diplomarbeit, 2003

Theiss, S.: Bestimmung, Isolierung und Charakterisierung von Roggenpentosanen. Wien, Universität Wien, Fachbereich Ernährungswissenschaften, Diplomarbeit, 2008

8 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

	Seite
Abbildung 1: Rheinisches Schwarzbrot (Steffen, 2003)	8
Abbildung 2: Grundlegende biochemische Vorgänge im Sauerteig (Brandt, 2009)	12
Abbildung 3: Beispielhafter Verlauf einer Roggensauerteigfermentation (Brandt, 2009)	12
Abbildung 4: Roggenschrot grob, mittel und fein (Loderbauer, 2005)	15
Abbildung 5: Typische Zusammensetzung von Schrotten in Prozentanteilen verschiedener Teilchen nach Partikelgröße in Mikrometer (GMF, 2006)	15
Abbildung 6: Wasseraufnahme im Quellstück, Brühstück und Aromastück (Kochstück) in ganzen Roggenkörner (Seifert et al, 2012)	19
Abbildung 7: Volumenänderung während der Gär- und Backphase (Klingler, 2010)	23
Abbildung 8: Messprogramm für die Brotkrume	38
Abbildung 9: Kochstück nach dem aufkochen	42
Abbildung 10: Temperaturverlauf während des Backprozesses	44
Abbildung 11: Krumenfestigkeit der Varianten	47
Abbildung 12: Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 2, 4 und 6	48
Abbildung 13: Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 1, 5, 8, 9, 10 und 12	48
Abbildung 14: Elastizität der Varianten	50
Abbildung 15: Elastizitätsunterschiede der Varianten 6, 7, 9, 12, 14 und 15	50
Abbildung 16: Elastizitätsunterschiede der Varianten 6, 7 und 10	51
Abbildung 17: Backverluste der Varianten	53
Abbildung 18: Brotvolumen der Varianten	53
Abbildung 19: Dichte der Varianten	54
Tabelle 1: Quellstück, Brühstück und Kochstück im Vergleich (Steffen, 2003)	18
Tabelle 2: Sauerteigherstellungsrezeptur	27
Tabelle 3: Brühstückherstellungsrezeptur	27
Tabelle 4: Quellstückherstellungsrezeptur	28
Tabelle 5: Kochstückherstellungsrezeptur mit reduzierter Schrotmenge	28

Tabelle 6:	Kochstückherstellungsrezeptur ohne Schrotmengenreduzierung	28
Tabelle 7:	Teigherstellung	29
Tabelle 8:	Durchgeführte Hauptversuche und des Grundlegende Parameter	31
Tabelle 9:	Verwendete Geräte	33
Tabelle 10:	Qualitätszahlen für DLG – Prämierungen (BIB – Ulmer Spatz, 2006)	39
Tabelle 11:	Teigtemperaturen nach dem Knetprozess mit und ohne Zutaten -temperierung durch Verwendung eines Spiralkneters	42
Tabelle 12:	Vergleich der Variante 1 und 2	45
Tabelle 13:	Mittelwerte der Säuregrade und pH – Werte im angesetzten Sauerteig	46
Tabelle 14:	Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 1, 6 und 14	47
Tabelle 15:	Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 12 und 13	49
Tabelle 16:	Krumenfestigkeitsvergleich der Varianten 1 und 3	49
Tabelle 17:	Farbewerte der Varianten 1, 8, 15 und 16 für die Kruste	52
Tabelle 18:	Farbewerte der Varianten 1, 8, 15 und 16 für die Krume	52

9 Anhang

Anlage 1: Teigrezeptur zur Teigherstellung mit reduziertem Kochstück

Teig		
Sauerteig	1,200 kg	1200 g
Kochstück	ca. 1,5 kg	ca. 1500 g
Roggenfeinschrot	1,0 kg	1000 g
Hefe	0,020 kg	20 g
Rübenkrautsirup	0,040 kg	40 g
Wasser	0,100 l	100 ml
Summe Teig	ca. 3,86 kg	ca. 3860 g

Anlage 2: Teigrezeptur zur Teigherstellung ohne reduziertes Kochstück

Teig		
Sauerteig	1,200 kg	1200 g
Kochstück	ca. 1,700 kg	ca. 1700 g
Roggenfeinschrot	0,800 kg	800 g
Hefe	0,020 kg	20 g
Rübenkrautsirup	0,040 kg	40 g
Wasser	0,100 l	100 ml
Summe Teig	ca. 3,860 kg	ca. 3860 g

Anlage 3: Teigtemperaturen in Grad Celsius nach dem Kneten in den Hauptversuchen

M.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
1	28,8	30,1	27,9	28,9	28,9	26,9	27,3	26,4	28,9	28,7	26,7	28,9	28,4	26,9	28,9
2	28,7	29,4	28,3	29,1	29,9	27,3	27,5	27,1	29,3	29,1	25,9	28,7	28,9	27,9	29,3
3	29,1	29,3	28,4	30,2	29,4	27,8	27,9	27,3	29,9	30,4	26,8	29,6	29,4	28,1	29,1
\bar{x}	28,9	29,6	28,2	29,4	29,4	27,3	27,6	26,9	29,4	29,4	26,5	29,1	28,9	27,6	29,1
σ	0,21	0,44	0,26	0,70	0,50	0,45	0,31	0,47	0,50	0,89	0,49	0,47	0,50	0,64	0,20

Anlage 4: Säuregrade und pH – Werte des Anstellgutes zum Ansetzen des Sauerteiges

Parameter	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6
Säuregrad	20,6	21,6	20,1	20,1	21,3	21,4
pH - Wert	4,06	4,04	3,96	4,01	4,07	4,04

Anlage 4: Säuregrade der angesetzten Sauerteige

Messung	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6
1	13,5	19,7	12,9	14,1	11,6	12,1
2	13,9	19,4	13,4	13,6	12,6	12,4
\bar{x}	13,7	19,6	13,2	13,9	12,1	12,3

Anlage 5: pH - Werte der angesetzten Sauerteige

Messung	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6
1	4,21	4,06	4,19	4,29	4,19	4,19
2	4,23	4,01	4,23	4,3	4,23	4,23
\bar{x}	4,22	4,04	4,21	4,3	4,21	4,21

Anlage 6: Brotgewicht nach dem Backprozess aller hergestellten Rheinischen Schwarzbrote

M.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
1	619,0	615,1	629,3	631,0	620,5	625,5	628,8	624,2	624,8	627,1	625,3	624,1	624,1	624,8	623,9
2	617,3	613,3	627,4	631,7	617,8	627,3	631,5	625,7	623,2	630,8	624,1	623,1	626,1	618,3	624,2
3	621,1	617,2	623,1	626,6	621,5	624,4	622,5	622,3	629,3	626,3	622,1	624,8	622,6	623,7	621,0
\bar{x}	619,1	615,2	626,6	629,8	619,9	625,7	627,6	624,1	625,8	628,1	623,8	624,0	624,3	622,3	623,0
σ	1,9	2,0	3,2	2,8	1,9	1,5	4,6	1,7	3,2	2,4	1,6	0,9	1,8	3,5	1,8

Anlage 7: Backverluste aller hergestellten Rheinischen Schwarzbrote

M.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
1	11,6	12,1	10,1	9,9	11,4	10,6	10,2	10,8	10,7	10,4	10,7	10,8	10,8	10,7	10,9
2	11,8	12,4	10,4	9,8	11,7	10,4	9,8	10,6	11,0	9,9	10,8	11,0	10,6	11,7	10,8
3	11,3	11,8	11,0	10,5	11,2	10,8	11,1	11,1	10,1	10,5	11,1	10,7	11,1	10,9	11,3
\bar{x}	11,6	12,1	10,5	10,0	11,4	10,6	10,3	10,8	10,6	10,3	10,9	10,9	10,8	11,1	11,0
σ	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,2	0,7	0,2	0,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,5	0,3

Anlage 8: Brotvolumen aller hergestellten Rheinischen Schwarzbrote

M.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
1	770,0	820,0	1000,0	1020,0	800,0	780,0	800,0	830,0	800,0	820,0	810,0	800,0	860,0	840,0	780,0
2	780,0	810,0	1010,0	1020,0	780,0	760,0	820,0	820,0	810,0	830,0	800,0	790,0	820,0	820,0	780,0
3	790,0	790,0	995,0	1030,0	760,0	770,0	800,0	840,0	790,0	820,0	800,0	790,0	830,0	820,0	800,0
\bar{x}	780,0	806,7	1001,7	1023,3	780,0	770,0	806,7	830,0	800,0	823,3	803,3	793,3	836,7	826,7	786,7
σ	10,0	15,3	7,6	5,8	20,0	10,0	11,5	10,0	10,0	5,8	5,8	5,8	20,8	11,5	11,5

Anlage 9: Dichte aller hergestellten Rheinischen Schwarzbrote

M.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
1	0,80	0,75	0,63	0,6	0,78	0,80	0,79	0,75	0,78	0,76	0,77	0,78	0,73	0,74	0,80
2	0,79	0,76	0,62	0,62	0,79	0,83	0,77	0,76	0,77	0,76	0,78	0,79	0,76	0,75	0,80
3	0,79	0,78	0,63	0,61	0,82	0,81	0,78	0,74	0,80	0,76	0,78	0,79	0,75	0,76	0,78
\bar{x}	0,79	0,76	0,63	0,62	0,80	0,81	0,78	0,75	0,78	0,76	0,78	0,79	0,75	0,75	0,79
σ	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01

Anlage 10: Temperaturverlauf beim Backprozess

```

Process Time: 00:00:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 33.1 28.0
Fa : 0.000 -.---
Fb : 0.000 -.---

Process Time: 00:02:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 102.6 28.4
Fa : 0.015 -.---
Fb : 1.865 -.---

Process Time: 00:04:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 134.9 28.8
Fa : 15.79 -.---
Fb : 14.38 -.---

Process Time: 00:06:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 131.2 30.2
Fa : 61.67 -.---
Fb : 36.10 -.---

Process Time: 00:08:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 138.3 32.9
Fa : 100.8 -.---
Fb : 57.59 -.---

Process Time: 00:10:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 144.8 36.8
Fa : 429.4 -.---
Fb : 97.23 -.---

Process Time: 00:12:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 142.7 41.1
Fa : 795.2 -.---
Fb : 139.1 -.---

Process Time: 00:14:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 146.6 45.6
Fa : 1232 -.---
Fb : 182.8 -.---

Process Time: 00:16:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 148.3 50.0
Fa : 2482 -.---
Fb : 243.8 -.---

Process Time: 00:18:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 146.5 54.7
Fa : 3249 -.---
Fb : 296.3 -.---

Process Time: 00:20:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 147.7 59.4
Fa : 4066 -.---
Fb : 349.7 -.---

```

```

Process Time: 00:22:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 146.3 63.6
Fa : 4794 -.---
Fb : 401.6 -.---

Process Time: 00:24:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 145.0 67.7
Fa : 5337 -.---
Fb : 448.9 -.---

Process Time: 00:26:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 144.0 71.6
Fa : 5781 -.---
Fb : 493.5 -.---

Process Time: 00:28:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 142.8 75.2
Fa : 6128 -.---
Fb : 534.9 -.---

Process Time: 00:30:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 141.2 78.5
Fa : 6365 -.---
Fb : 571.7 -.---

Process Time: 00:32:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 140.1 81.5
Fa : 6541 -.---
Fb : 605.4 -.---

Process Time: 00:34:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 138.6 84.3
Fa : 6668 -.---
Fb : 635.9 -.---

Process Time: 00:36:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 141.0 86.8
Fa : 6815 -.---
Fb : 667.7 -.---

Process Time: 00:38:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 140.4 89.0
Fa : 6999 -.---
Fb : 701.7 -.---

Process Time: 00:40:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 138.0 91.0
Fa : 7128 -.---
Fb : 732.1 -.---

```

```

Process Time: 00:42:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 135.9 92.7
Fa : 7197 -.---
Fb : 757.3 -.---

Process Time: 00:44:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 134.3 94.2
Fa : 7244 -.---
Fb : 779.8 -.---

Process Time: 00:46:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 133.2 95.4
Fa : 7279 -.---
Fb : 800.6 -.---

Process Time: 00:48:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 132.3 96.5
Fa : 7308 -.---
Fb : 819.9 -.---

Process Time: 00:50:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 131.0 97.4
Fa : 7329 -.---
Fb : 837.8 -.---

Process Time: 00:52:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 130.0 98.1
Fa : 7346 -.---
Fb : 854.3 -.---

Process Time: 00:54:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 129.2 98.7
Fa : 7360 -.---
Fb : 869.8 -.---

Process Time: 00:56:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 131.3 99.2
Fa : 7375 -.---
Fb : 885.6 -.---

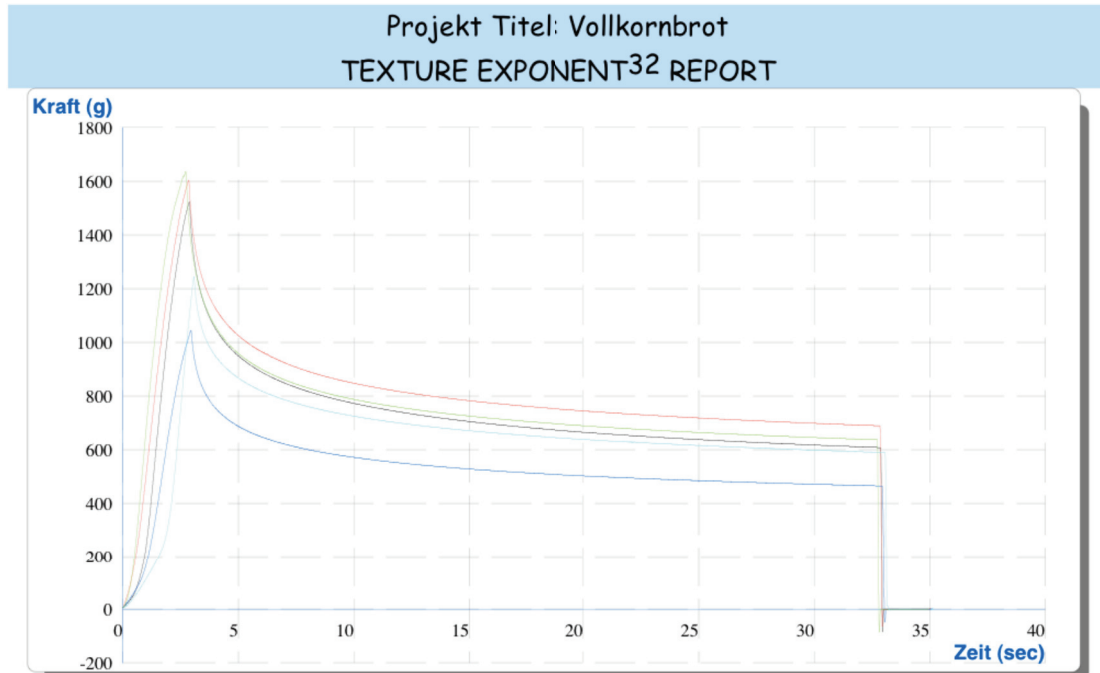
Process Time: 00:58:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 131.1 99.6
Fa : 7397 -.---
Fb : 903.6 -.---

Process Time: 01:00:00
Ch.: #1 Tc #2 Ta #3 Ta #4 Ta #5 Ta #6 Ta #7 Ta #8 Ta RPM
°C : 129.6 99.9
Fa : 7413 -.---
Fb : 919.9 -.---

```

Anlage 11: Texture Analyser Ergebnisse aller hergestellten Rheinischen Schwazbrote

Thursday, 12 January, 2012 12/01/20129:32 AM

**Dateiname: Roggenschrotbrot V1****T.A SETTINGS**

Test Art: Druck
 Hold Until Time (Dist)
 Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
 Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
 Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec
 Weg: 5,0 mm
 Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

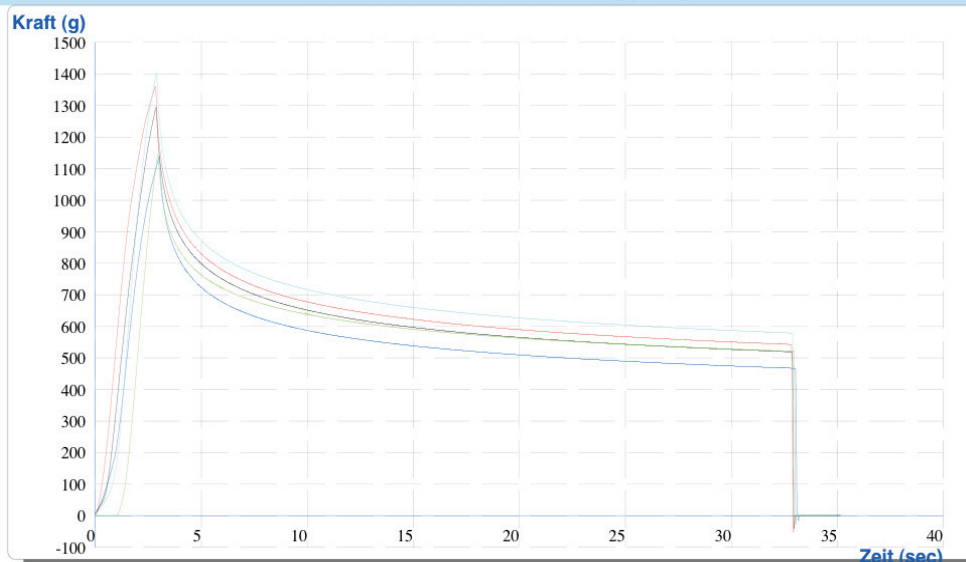
Charge: Variante1
 Gemessen am: Donnerstag, 12. Januar 2012
 09:28:07
 Gemessen von: Studenten
 Messpunkte pro Sekunde: 200
 Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
 DELRIN AOAC FOR GELATINE
 Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

Notes**RESULTS**

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Unbekannt	Unbekannt				
V1.1	Unbekannt	1524,019		2,861	39,875
V1.2	Unbekannt	1045,366		2,936	44,527
V1.3	Unbekannt	1604,592		2,834	42,973
V1.4	Unbekannt	1636,382		2,709	38,970
V1.5	Unbekannt	1244,870		3,056	47,050
Ende Charge: Unbekannt	Unbekannt				
Average	Unbekannt (F)	AVERAGE("BATCH")		2,879	42,679
S.D.	Unbekannt (F)	STDEVP("BATCH")		0,115	2,974
C.V.	Unbekannt (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100		3,985	6,969
End of Test Data					

Thursday, 12 January, 2012 12/01/2012 9:45 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V2

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante2
Gemessen am: Donnerstag, 12. Januar 2012
09:40:44
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELTRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

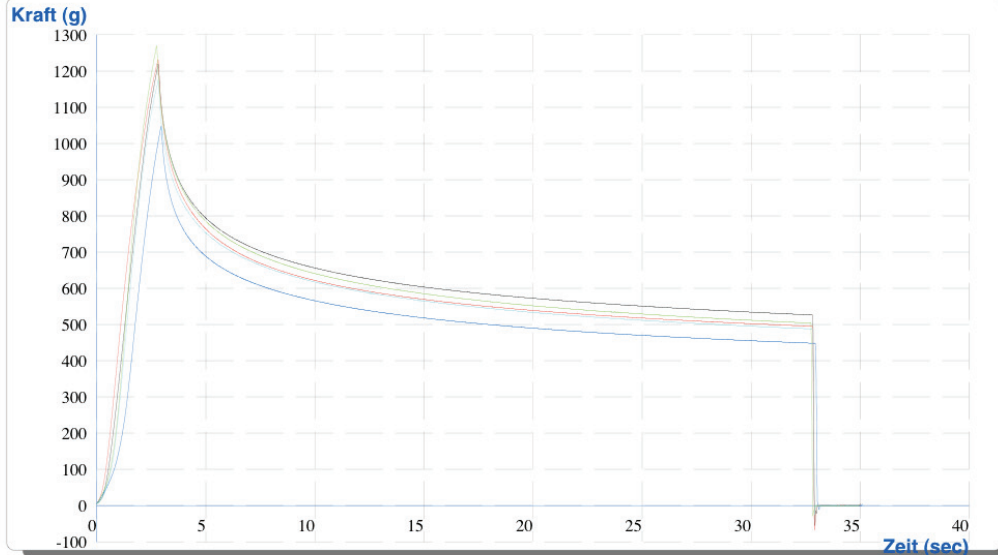
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: V2.	V2.				
V2.1	V2.	1293,701		2,854	40,136
V2.2	V2.	1136,821		3,004	41,085
V2.3	V2.	1359,842		2,821	39,914
V2.4	V2.	1147,175		2,943	45,206
V2.5	V2.	1400,774		2,877	41,321
Ende Charge: V2.	V2.				
Average	V2. (F)	AVERAGE("BATCH")		2,900	41,532
S.D.	V2. (F)	STDEVP("BATCH")		0,066	1,914
C.V.	V2. (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100		2,264	4,607
End of Test Data					

Friday, 13 January, 2012 13/01/201210:30 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V3

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante3
Gemessen am: Freitag, 13. Januar 2012
10:27:18
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

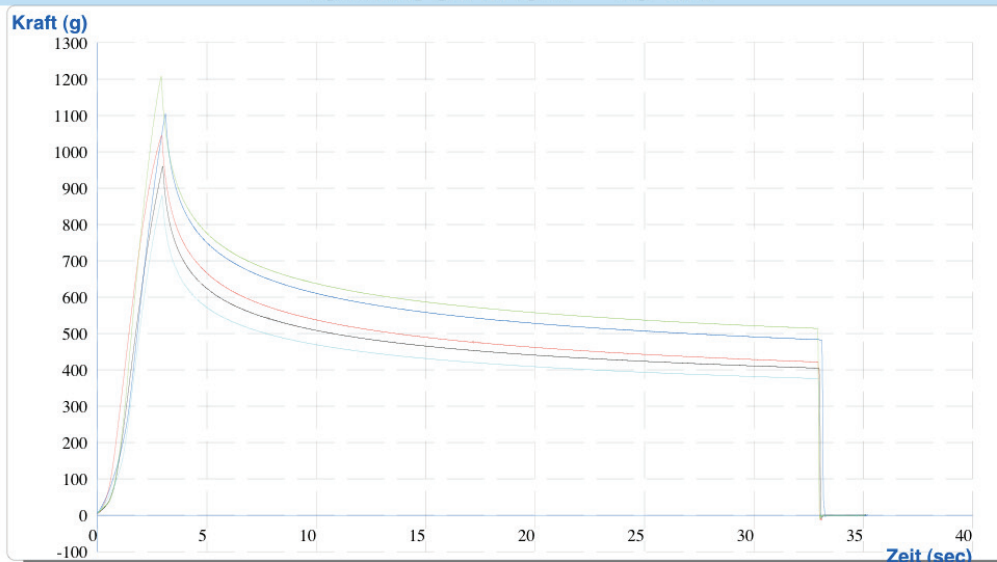
Notes

RESULTS

Test ID	Batch		Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
			Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: V3.	V3.					
V3.1	V3.		1219,497		2,802	43,175
V3.2	V3.		1047,117		2,938	42,797
V3.3	V3.		1231,849		2,796	40,205
V3.4	V3.		1269,691		2,730	39,700
V3.5	V3.		1174,111		2,801	41,520
Ende Charge: V3.	V3.					
Average	V3. (F)	AVERAGE("BATCH")	1188,453		2,813	41,479
S.D.	V3. (F)	STDEVP("BATCH")	76,978		0,068	1,371
C.V.	V3. (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	6,477		2,414	3,306
End of Test Data						

Friday, 13 January, 2012 13/01/2012 10:12 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V4

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante4
Gemessen am: Freitag, 13. Januar 2012
10:05:33
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

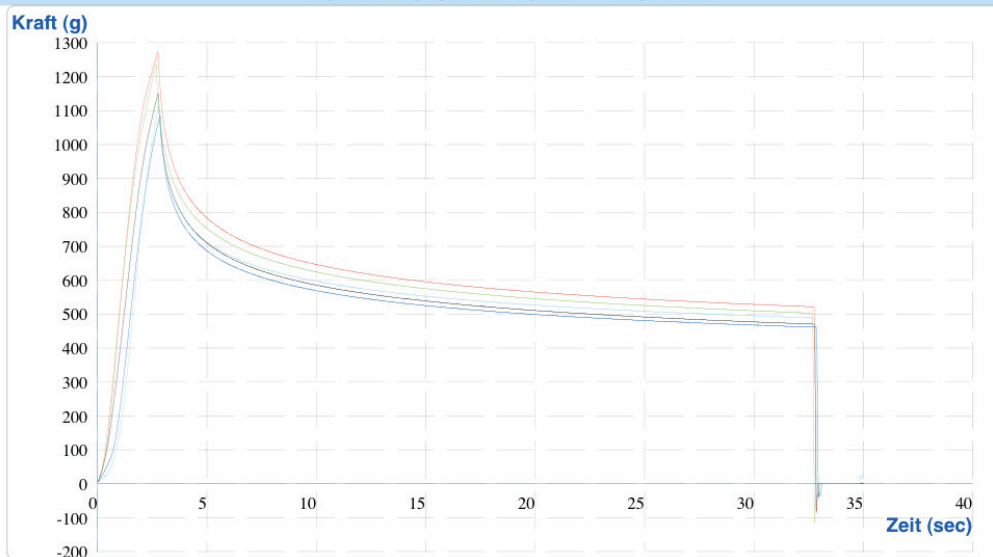
Notes

RESULTS

Test ID	Batch		Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
			Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: V4.	V4.					
V4.1	V4.		960,069		2,967	42,188
V4.2	V4.		1104,103		3,090	43,629
V4.3	V4.		1045,154		2,924	40,360
V4.4	V4.		1207,275		2,894	42,594
V4.5	V4.		880,330		2,939	42,668
Ende Charge: V4.	V4.					
Average	V4. (F)	AVERAGE("BATCH")	1039,386		2,963	42,288
S.D.	V4. (F)	STDEVP("BATCH")	113,136		0,068	1,074
C.V.	V4. (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	10,885		2,289	2,539
End of Test Data						

Wednesday, 18 January, 2012 18/01/2012 10:31 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V5

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante5
Gemessen am: Mittwoch, 18. Januar 2012
10:27:02
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

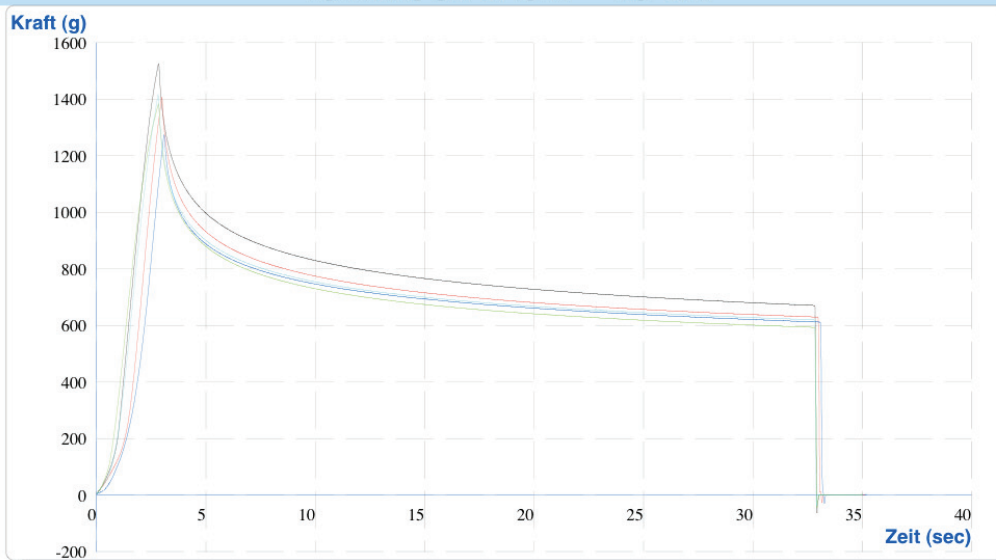
Notes

RESULTS

Test ID	Batch		Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
			Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante5	Variante5					
V5.1	Variante5		1149,878		2,753	40,903
V5.2	Variante5		1085,852		2,849	42,502
V5.3	Variante5		1274,133		2,747	40,977
V5.4	Variante5		1235,997		2,661	40,742
V5.5	Variante5		1121,872		2,792	43,590
Ende Charge: Variante5	Variante5					
Average	Variante5 (F)	AVERAGE("BATCH")	1173,547		2,760	41,743
S.D.	Variante5 (F)	STDEVP("BATCH")	70,624		0,062	1,121
C.V.	Variante5 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	6,018		2,231	2,685
End of Test Data						

Wednesday, 18 January, 2012 18/01/2012 11:41 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V6

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante6
Gemessen am: Mittwoch, 18. Januar 2012
11:38:37
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

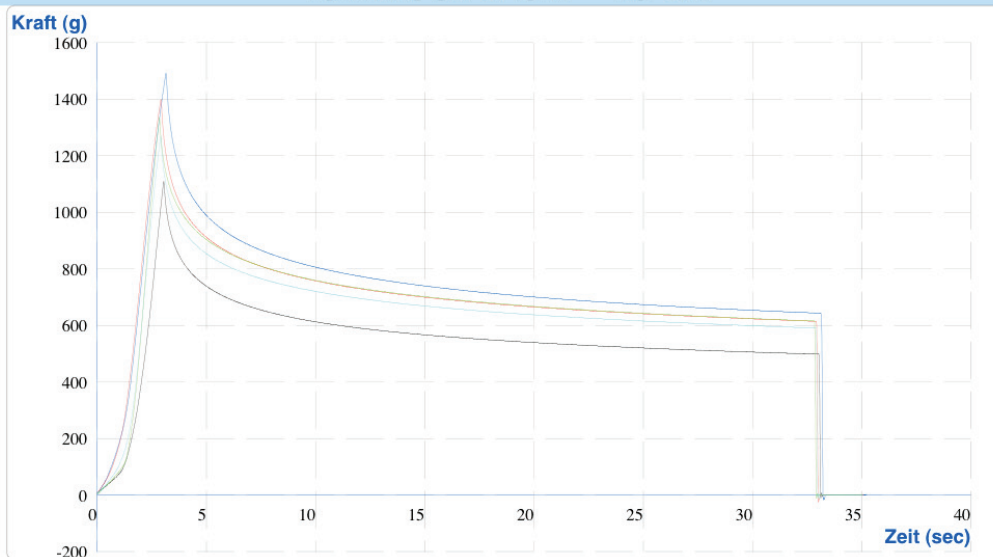
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante6	Variante6				
V6.1	Variante6	1527,651		2,826	43,765
V6.2	Variante6	1275,579		3,074	48,008
V6.3	Variante6	1407,943		2,967	44,710
V6.4	Variante6	1384,968		2,823	42,912
V6.5	Variante6	1416,369		2,802	43,845
Ende Charge: Variante6	Variante6				
Average	Variante6 (F)	AVERAGE("BATCH")		2,898	44,648
S.D.	Variante6 (F)	STDEVP("BATCH")		0,106	1,774
C.V.	Variante6 (F)	STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100		3,644	3,973
End of Test Data					

Wednesday, 18 January, 2012 18/01/2012 1:11 PM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V7

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante7
Gemessen am: Mittwoch, 18. Januar 2012
13:06:34
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

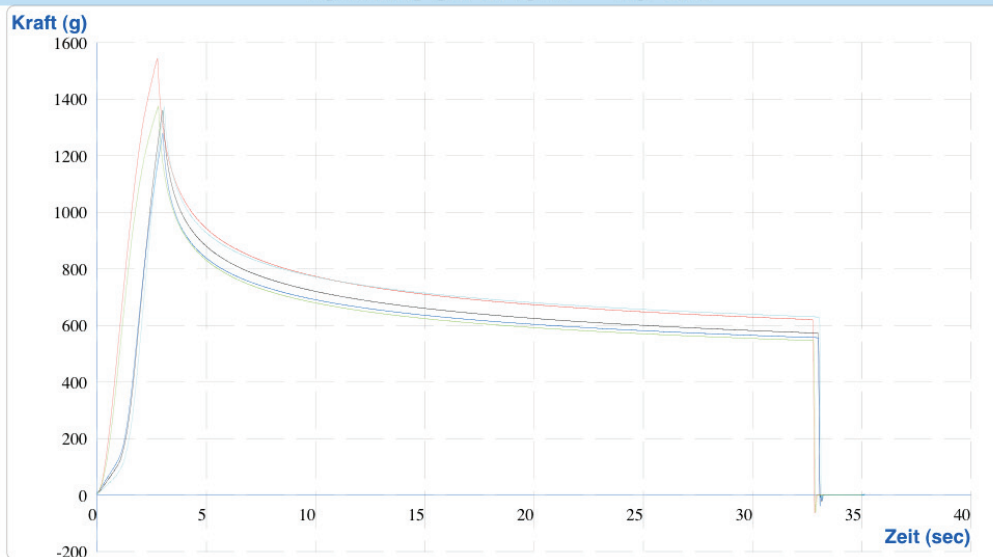
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante7	Variante7				
V7.1	Variante7	1109,862		3,032	44,631
V7.2	Variante7	1492,641		3,139	43,140
V7.3	Variante7	1400,422		2,909	43,965
V7.4	Variante7	1334,951		2,831	45,604
V7.5	Variante7	1268,245		2,894	46,577
Ende Charge: Variante7	Variante7				
Average	Variante7 (F) AVERAGE("BATCH")	1321,224		2,961	44,783
S.D.	Variante7 (F) STDEVP("BATCH")	129,093		0,110	1,207
C.V.	Variante7 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	9,771		3,725	2,695
End of Test Data					

Thursday, 19 January, 2012 19:01/20129:13 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V8

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante8
Gemessen am: Donnerstag, 19. Januar 2012
09:10:36
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

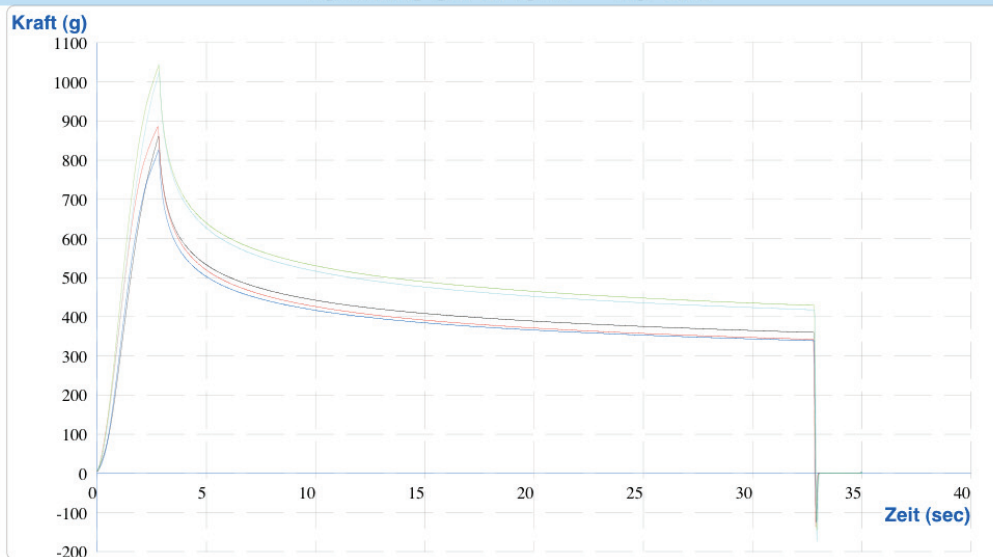
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante8	Variante8				
V8.1	Variante8	1360,347		2,990	42,179
V8.2	Variante8	1279,516		2,989	43,544
V8.3	Variante8	1544,503		2,744	40,252
V8.4	Variante8	1375,260		2,784	39,816
V8.5	Variante8	1373,521		3,054	45,688
Ende Charge: Variante8	Variante8				
Average	Variante8 (F) AVERAGE("BATCH")	1386,630		2,912	42,296
S.D.	Variante8 (F) STDEVP("BATCH")	86,475		0,124	2,163
C.V.	Variante8 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	6,236		4,255	5,115
End of Test Data					

Thursday, 19 January, 2012 19/01/2012 11:06 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V9

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante9
Gemessen am: Donnerstag, 19. Januar 2012
11:03:40
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

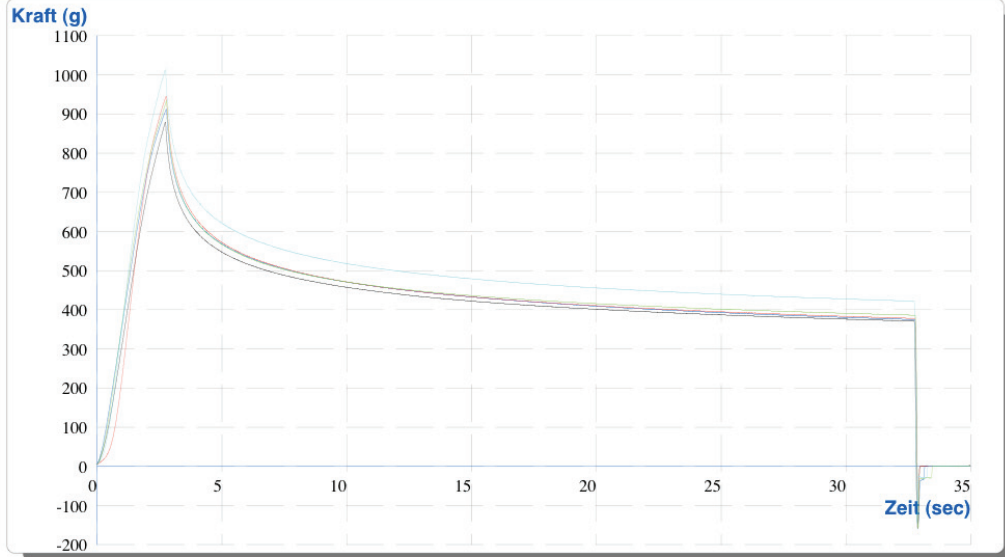
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante9	Variante9				
V9.1	Variante9	861,797		2,802	41,806
V9.2	Variante9	826,505		2,799	41,022
V9.3	Variante9	886,759		2,773	38,673
V9.4	Variante9	1042,851		2,811	41,188
V9.5	Variante9	1024,705		2,831	40,796
Ende Charge: Variante9	Variante9				
Average	Variante9 (F) AVERAGE("BATCH")	928,524		2,803	40,697
S.D.	Variante9 (F) STDEVP("BATCH")	88,234		0,019	1,066
C.V.	Variante9 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	9,503		0,670	2,619
End of Test Data					

Thursday, 19 January, 2012 19/01/2012 11:22 AM

**Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT**



Dateiname: Roggenschrotbrot V10

T.A SETTINGS	PRODUCT PARAMETERS
---------------------	---------------------------

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

Charge: Variante10
Gemessen am: Donnerstag, 19. Januar 2012 11:17:36
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

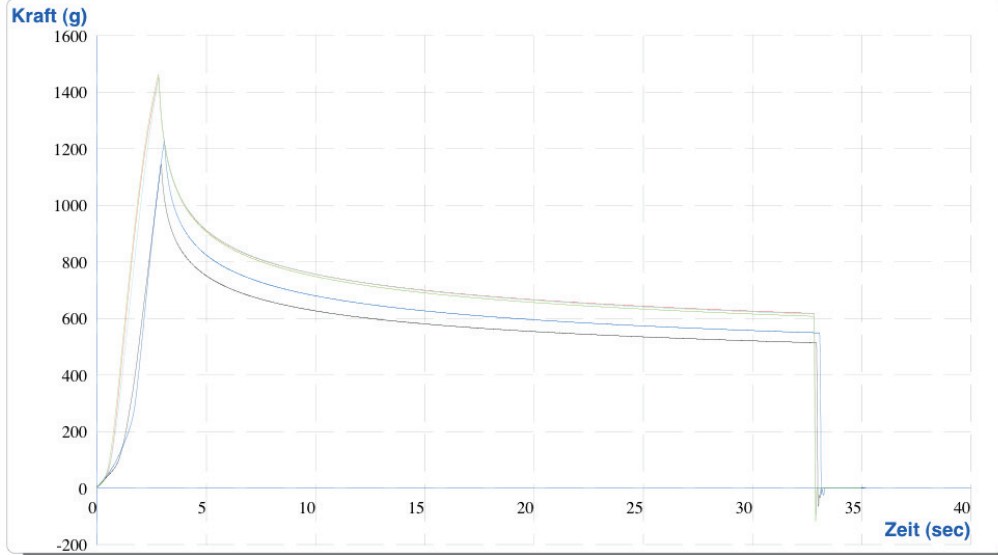
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
<i>Start Charge: Variante10</i>	Variante10				
V10.1	Variante10	879,555		2,716	42,253
V10.2	Variante10	912,555		2,755	41,104
V10.3	Variante10	947,047		2,756	39,945
V10.4	Variante10	933,544		2,764	41,397
V10.5	Variante10	1013,623		2,719	41,674
<i>Ende Charge: Variante10</i>	Variante10				
Average	Variante10 (F) AVERAGE("BATCH")	937,265		2,742	41,275
S.D.	Variante10 (F) STDEVP("BATCH")	44,455		0,020	0,765
C.V.	Variante10 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	4,743		0,739	1,854
End of Test Data					

Thursday, 19 January, 2012 19/01/2012 1:36 PM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V11

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante11
Gemessen am: Donnerstag, 19. Januar 2012
13:32:22
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

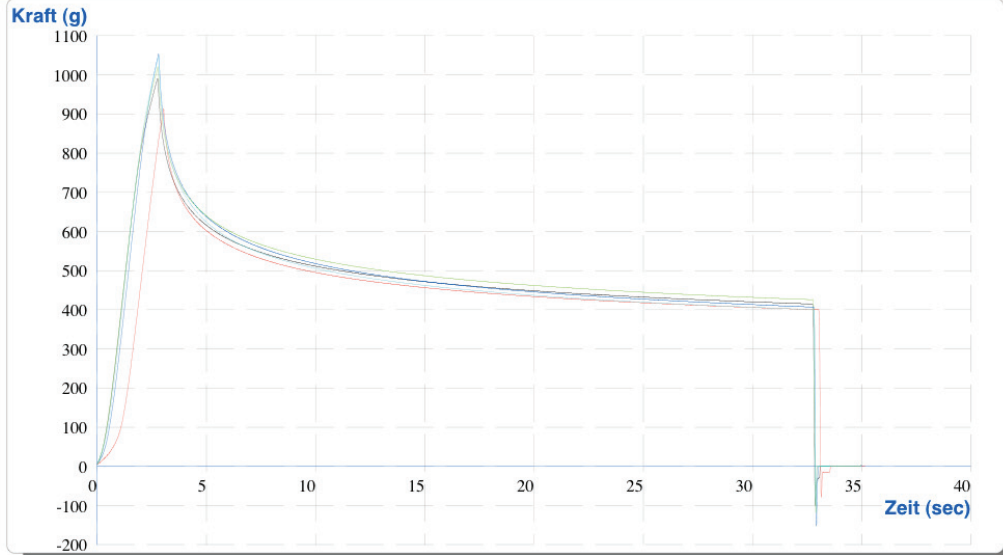
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante11	Variante11				
V11.1	Variante11	1145,717		2,914	44,595
V11.2	Variante11	1227,642		3,058	44,691
V11.3	Variante11	1452,613		2,802	42,493
V11.4	Variante11	1463,261		2,791	41,584
V11.5	Variante11	1447,618		2,801	42,562
Ende Charge: Variante11	Variante11				
Average	Variante11 (F) AVERAGE("BATCH")	1347,370		2,873	43,185
S.D.	Variante11 (F) STDEVP("BATCH")	133,832		0,103	1,240
C.V.	Variante11 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	9,933		3,578	2,871
End of Test Data					

Friday, 20 January, 2012 20/01/20128:56 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V12

T.A SETTINGS

PRODUCT PARAMETERS

Test Art: Druck

Charge: Variante12

Hold Until Time (Dist)

Gemessen am: Freitag, 20. Januar 2012

08:53:50

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec

Gemessen von: Studenten

Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec

Messpunkte pro Sekunde: 200

Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA

DELRIN AOAC FOR GELATINE

Weg: 5,0 mm

Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

Auslöse Kraft: 5,0 g

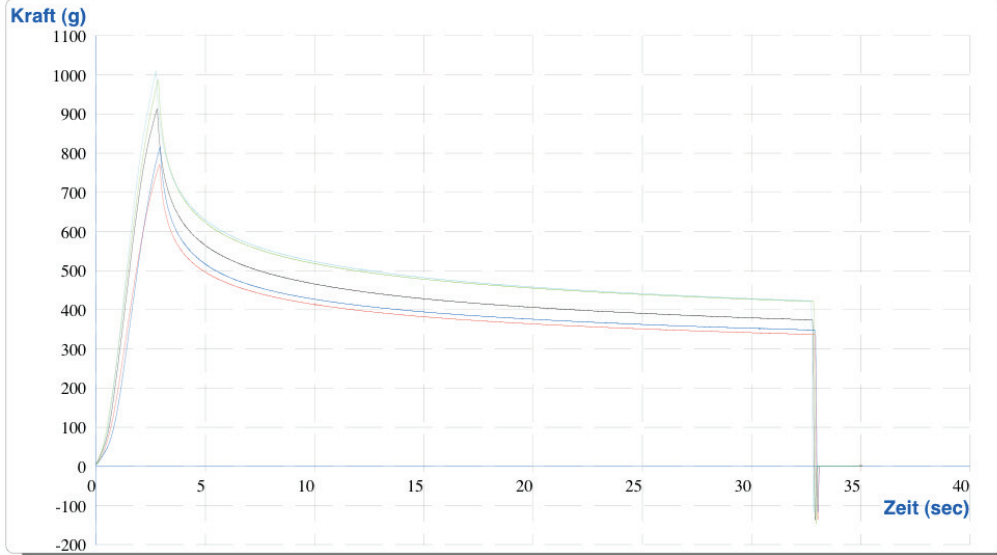
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
Start Charge: Variante12	Variante12	Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
V12.1	Variante12	991,564		2,757	41,685
V12.2	Variante12	1053,475		2,800	38,670
V12.3	Variante12	913,565		3,025	43,821
V12.4	Variante12	1021,591		2,770	41,697
V12.5	Variante12	1045,895		2,792	38,346
Ende Charge: Variante12	Variante12				
Average	Variante12 (F) AVERAGE("BATCH")	1005,218		2,829	40,844
S.D.	Variante12 (F) STDEVP("BATCH")	50,672		0,099	2,062
C.V.	Variante12 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	5,041		3,510	5,050
End of Test Data					

Friday, 20 January, 2012 20/01/20129:10 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V13

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante13
Gemessen am: Freitag, 20. Januar 2012
09:07:29
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

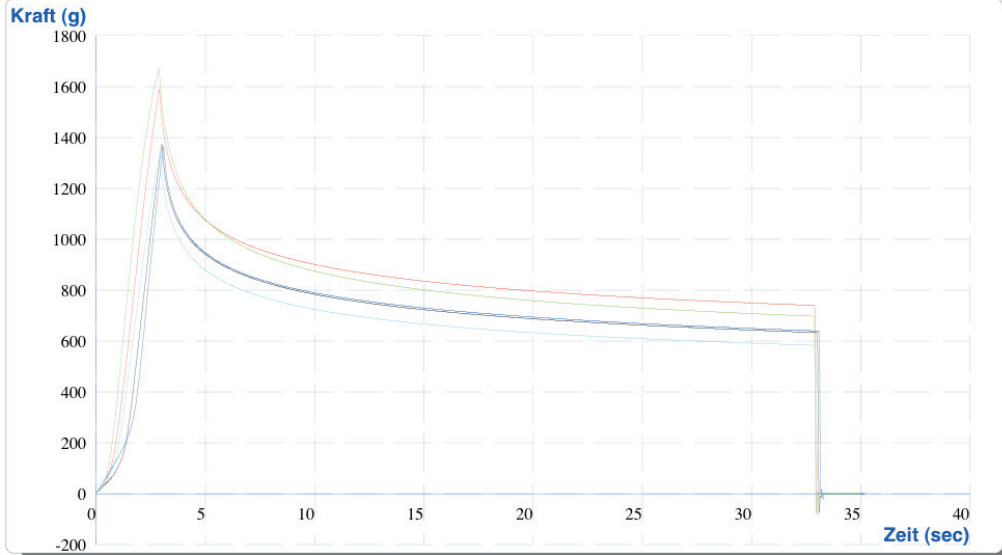
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante13	Variante13				
V13.1	Variante13	913,119		2,779	41,036
V13.2	Variante13	815,952		2,911	42,688
V13.3	Variante13	771,752		2,891	43,663
V13.4	Variante13	988,415		2,829	42,647
V13.5	Variante13	1010,403		2,722	41,699
Ende Charge: Variante13	Variante13				
Average	Variante13 (F) AVERAGE("BATCH")	899,928		2,826	42,346
S.D.	Variante13 (F) STDEVP("BATCH")	93,477		0,070	0,903
C.V.	Variante13 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	10,387		2,476	2,132
End of Test Data					

Friday, 20 January, 2012 20/01/20129:36 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V14

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante14
Gemessen am: Freitag, 20. Januar 2012
09:34:14
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; 1/2" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

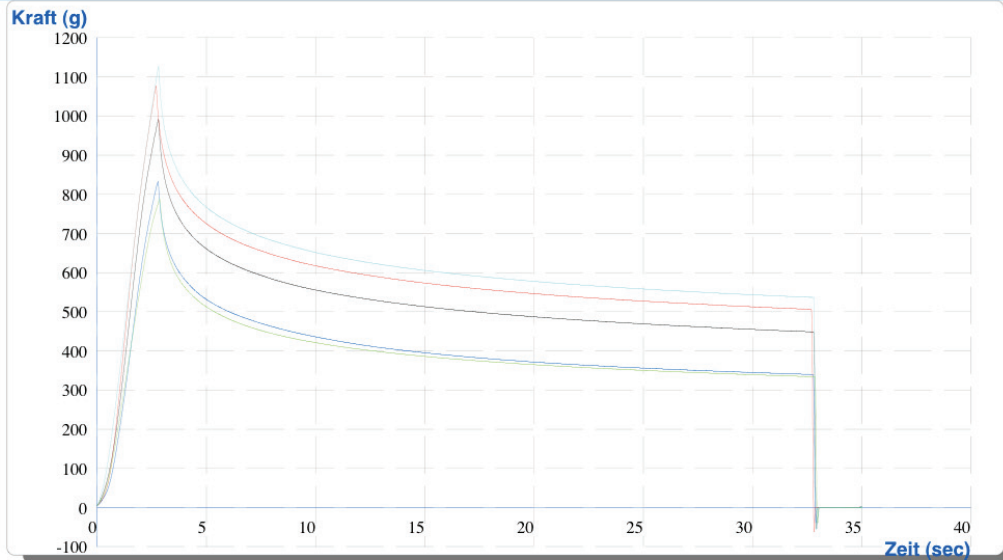
Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
Start Charge: Variante14	Variante14	Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
V14.1	Variante14	1372,604		2,991	45,949
V14.2	Variante14	1363,837		3,068	46,928
V14.3	Variante14	1587,916		2,875	46,560
V14.4	Variante14	1672,848		2,858	41,377
V14.5	Variante14	1340,568		2,916	43,529
Ende Charge: Variante14	Variante14				
Average	Variante14 (F) AVERAGE("BATCH")	1467,555		2,942	44,869
S.D.	Variante14 (F) STDEVP("BATCH")	136,037		0,078	2,110
C.V.	Variante14 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	9,270		2,655	4,702
End of Test Data					

Wednesday, 15 February, 2012 15/02/2012 11:43 AM

Projekt Titel: Vollkornbrot
TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: Roggenschrotbrot V16

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Hold Until Time (Dist)

Vor Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,0 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec

Weg: 5,0 mm
Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: Variante16
Gemessen am: Mittwoch, 15. Februar 2012
11:38:00
Gemessen von: Studenten
Messpunkte pro Sekunde: 200
Werkzeug: P/0.5 ; ½" DIA
DELRIN AOAC FOR GELATINE
Kapazität Kraftmesszelle : 5000g

Notes

RESULTS

Test ID	Batch	Firmness g	Springiness %	Weg Differenz 1:2 mm	Verhältnis 2:3 %
		Force 1	Ratio 1:2	Weg Differenz 1:2	Verhältnis 2:3
Start Charge: Variante16	Variante16				
V16.1	Variante16	991,858		2,788	45,293
V16.2	Variante16	833,651		2,774	40,724
V16.3	Variante16	1077,273		2,681	47,051
V16.4	Variante16	788,593		2,854	42,367
V16.5	Variante16	1126,914		2,790	47,592
Ende Charge: Variante16	Variante16				
Average	Variante16 (F) AVERAGE("BATCH")	963,658		2,777	44,605
S.D.	Variante16 (F) STDEVP("BATCH")	132,594		0,056	2,663
C.V.	Variante16 (F) STDEVP("BATCH")/AVERAGE("BATCH")*100	13,759		2,001	5,970
End of Test Data					

Anlage 13: Unverkleisterte Stärke im Krumenbild



Anlage 14: Kruste und Krume der Variante 15 (reduzierter Kochstückanteil)





Erklärung über die selbständige Anfertigung der Arbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum

Unterschrift