

Emil - Fischer - Schule Berlin

Fachschule für Lebensmitteltechnik

Fachrichtung Bäckereitechnik

**Technikerarbeit**

Einfluss von Sauerstoffeintrag in Ascorbinsäure-haltiges  
Zugusswasser auf die rheologischen Eigenschaften von  
Weizenteigen

Vorgelegt von: Jan Ronniger

Berlin 05.05.2006

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	0
Abkürzungsverzeichnis: .....	2
Abbildungsverzeichnis .....	2
Tabellenverzeichnis .....	3
1.0 Einleitung .....	4
1.1 allgemeiner Teil .....	4
1.2 technologische Sichtweise.....	4
2.0 Stand der Technik .....	6
2.1 Entdeckung der backverbessernden Wirkung der Ascorbinsäure .....	6
2.1.1 Wirkungsmechanismus der Ascorbinsäure.....	7
2.1.2 Einfluss von Sauerstoff auf die Wirkungsweise der Asc .....	8
2.2. Projekte über Ascorbinsäure im Zusammenhang mit Sauerstoff.....	9
3.0 Problemstellung .....	11
4.0 Aufbau der Arbeit .....	12
4.1 Vorversuche .....	12
4.2 Hauptversuche .....	13
5.0 Material und Methoden .....	13
5.1 verwendete Geräte und Rohstoffe.....	13
5.1.1 verwendete Geräte und Produktionsanlagen .....	13
5.1.2 verwendete Rohstoffe .....	14
5.2 Methoden.....	15
5.2.1 Bestimmung der Mehlfeuchte des Versuchsmehles.....	15
5.2.1.1 Feuchtigkeitsbestimmung für Mehl: ICC 110 (Trockenschrankmethode) (Vgl. 9).....	15
5.2.1.2 Feuchtebestimmung mittels Jürgens Ultra X Feuchtigkeitsmessgerät .....	16
5.2.2 Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit des Versuchsmehles (ICC Standard 115) (Vgl. 9) .....	16

5.2.3 Bestimmung der Aufnahmefähigkeit sowie der Haltefähigkeit von konzentriertem Sauerstoff in Leitungswasser und destilliertem Wasser .....	18
5.2.4 Bestimmung der plastischen und elastischen Eigenschaften eines Weizenteiges auf dem Extensographen (Vgl. 8).....	20
5.2.5 Durchführung der Backversuche .....	26
5.2.6 Durchführung der Volumenbestimmung .....	28
5.2.7 Durchführung der Zylinderstandversuche.....	29
6.0 Ergebnisse .....	31
6.1 Ermittelter Feuchtigkeitsgehalt des Versuchsmehles .....	31
6.1.1 Trockenschrankmethode.....	31
6.1.2 Ultra X Feuchtigkeitsmessgerät: .....	31
6.2 Wasserabsorption im Farinographen.....	32
6.3 Aufnahmefähigkeit sowie Haltefähigkeit von Sauerstoff in destilliertem Wasser und Leitungswasser.....	33
6.4 Auswertung der Extensographversuche .....	37
6.4.1 Erläuterung der Auswertung .....	37
6.4.2 Ergebnisdarstellung der Extensographauswertung.....	41
6.4.3 Extensogramme mit verkürzter Garzeit.....	45
6.4.4 Extensogramme mit ascorbinsäurehaltigem Mehl (15 ppm) .....	47
6.5 Auswertung des Gebäckvolumens .....	48
6.6 Auswertung der Zylinderstandversuche.....	50
7.0 Fazit .....	52
7.1 Erkenntnisse.....	52
7.2 Schlussfolgerungen .....	53
8.0 Zusammenfassung.....	54
8.1 deutsche Abfassung .....	54
8.2 English Summary .....	56
9.0 Literaturverzeichnis .....	57
Ehrenwörtliche Erklärung .....	58
Danksagung .....	58

## Abkürzungsverzeichnis:

Asc.....	Ascorbinsäure
DHAcS.....	L-threo-Dehydroascorbinsäure
i.d.R.....	In der Regel
GSH.....	Glutathion
SH.....	Schwefel – Wasserstoff (Bindungsart)
SS.....	Schwefel – Schwefel (Bindungsart)
S.....	Sekunden
TA.....	Teigausbeute
ppm.....	parts per million
min.....	Minuten
d.h.....	das heißt
EE.....	Extensogramm-Einheiten
FE.....	Farinograph-Einheiten

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Wirkungsschema der Asc nach Mair und Gorsch.....	7
Abbildung 2 Wirkungsschema des Sauerstoffes (o.V.) .....	9
Abbildung 3 Einfluß der oxidativen Bedingungen während der Teigknetung auf die Dehnungseigenschaften von Weizenteigen direkt nach der Teigbereitung nach Lösche.....	11
Abbildung 4 Darstellung der Sauerstoffmessung .....	20
Abbildung 5 Farinogramm-Kurve / Versuchsmehl: Weizenmehl Typ 550 .....	32
Abbildung 6 Sauerstoffeintrag in dest, und Leitungswasser.....	34
Abbildung 7 Abfall der Sauerstoffkonzentration nach 10 min (Leitungswasser)....	35
Abbildung 8 Abfall der Sauerstoffkonzentration nach 10 min (destilliertes Wasser) .....	37
Abbildung 9 Plastische und elastische Teigeigenschaften nach Lösche (9) .....	38
Abbildung 10 Beispiel eines Extensogrammes zu Erläuterung der Auswertung ...	39
Abbildung 11 Versuch ohne Asc / ohne O <sub>2</sub> .....	41

Abbildung 12 Versuch ohne Asc / mit O <sub>2</sub> .....	41
Abbildung 13 Versuch mit 20 ppm Asc / ohne O <sub>2</sub> .....	42
Abbildung 14 Versuch mit 20 ppm / mit O <sub>2</sub> .....	42
Abbildung 15 Versuch mit 50 ppm Asc / ohne O <sub>2</sub> .....	43
Abbildung 16 Versuch mit 50 ppm Asc / mit O <sub>2</sub> .....	43
Abbildung 17 Versuch mit 100 ppm Asc / ohne O <sub>2</sub> .....	44
Abbildung 18 Versuch mit 100 ppm Asc / mit O <sub>2</sub> .....	44
Abbildung 19 Versuch mit 50 ppm Asc / ohne O <sub>2</sub> / Gärzeit 15;30;45 .....	46
Abbildung 20 Versuch mit 50 ppm Asc / mit O <sub>2</sub> / Gärzeit 15;30;45.....	46
Abbildung 21 Versuch mit asc-haltigem WM, 15 ppm Asc / ohne O <sub>2</sub> .....	47
Abbildung 22 Versuch mit asc-haltigem WM, 15 ppm Asc / mit O <sub>2</sub> .....	48
Abbildung 23 durchschnittliches Volumen einer Schrippe.....	49
Abbildung 24 Zylinderstandversuch mit 100 ppm Asc.....	50
Abbildung 25 Zylinderstandversuch mit 50 ppm Asc.....	51
Abbildung 26 Zylinderstandversuch mit 20 ppm Asc.....	51
Abbildung 27 Zylinderstandversuch ohne Asc .....	52

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Errechnete Asc-Menge in ppm und Gramm .....	23
Tabelle 2 Rezeptparameter.....	26
Tabelle 3 Asc-Menge in ppm und gramm .....	27
Tabelle 4 Parameter: Zylinderstandversuch / Asc-Menge.....	29
Tabelle 5 Mehlfeuchte: Trockenschrankmethode.....	31
Tabelle 6 Sauerstoffaufnahme von destilliertem Wasser und Leitungswasser .....	33
Tabelle 7 Sauerstoffhaltefähigkeit von Leitungswasser .....	34
Tabelle 8 Sauerstoffhaltefähigkeit von destilliertem Wasser .....	36

## 1.0 Einleitung

### **1.1 allgemeiner Teil**

Ob Brötchen, Schrippe oder Semmel - das allseits bekannte Weizenkleingebäck ist bei einem Großteil der deutschen Bevölkerung in mindestens einer Mahlzeit des Tages enthalten. Zum Frühstück, zur Pause, oder auch zum Abendessen füllt das Kulturnahrungsmittel täglich zahlreiche Mägen. In den Filialen deutscher Backbetriebe macht diese Gebäckart in den meisten Fällen den Großteil des angebotenen Sortiments aus. Die Auswahl reicht von der einfachen Schrippe zu Körnerbrötchen aller Art über Baguettebrötchen hin zu Spezialkreationen, wie das von der Backmittelindustrie als Backmischung auf den Markt gebrachte Joggingbrötchen. Bei dem großen Absatzpotential auf dem bestehenden Markt und den steigenden Qualitätserwartungen der Kunden, ist jedes backende Unternehmen stets daran interessiert den höchsten Grad an Qualität für seine Produkte zu erzielen. Um eine gleichmäßigere Qualität und eine sichere Produktion zu gewährleisten, bietet die Backmittelindustrie eine Vielzahl von Additiven für spezifische Zwecke an. Zu den bei der Herstellung von Backwaren eingesetzten Stoffen gehört unter anderem auch die Ascorbinsäure.

### **1.2 technologische Sichtweise**

Ascorbinsäure (Asc) ist der chemische Name von Vitamin C, einem wasserlöslichen, leicht oxidierbaren Vitamin. Die E-Nummer von Asc, wie man sie in Zutatenlisten bei Lebensmitteln findet, ist E 300. (Vgl. 1) Neben dem Einsatz, und der Funktionsweise der Asc in der Bäckereitechnologie, welche in der vorliegenden Arbeit untersucht und diskutiert werden, findet die Asc in den verschiedenen Bereichen der Lebensmittelherstellung Anwendung. Als Antioxidationsmittel verlängert Asc z. B. die Haltbarkeit von Fetten und Ölen. (Vgl. 2)

In der Technologie der Backwarenherstellung ist die Asc das meist verwendete Mehlbehandlungsmittel für Weizenmehl bei der Herstellung von Weizengebäcken. „In Deutschland wird Asc sowohl als Mehlkorrekturmittel von der Müllerei (ca. 10 – 20 ppm) als auch als Backmittel (ca. 10 – 30 ppm) eingesetzt.“ (3)

Trotz hochgezüchteter Getreidesorten und stetig steigender Rohstoffqualität, sind gewisse witterungsbedingte Schwankungen der jährlich eingefahrenen Ernte vorhanden. Aufgrund der chemisch oxidativen Wirkungsweise, welche im weiteren Verlauf näher erläutert wird, dient die Asc unter anderem zur Beschleunigung der Mehltreifung frisch ermahlener Getreideerzeugnisse: Frisch ermahlene Mehle haben grundsätzlich eine verminderte Backfähigkeit. Im Laufe der Mehltreifung führen chemisch enzymatische Vorgänge zu einer besseren Backfähigkeit der Mehle. Diese Vorgänge werden durch die Zugabe von Asc erheblich verkürzt. Dabei sind die Mühlen darauf bedacht eine gleichbleibende Qualität an die Verarbeiter, namentlich die backenden Betriebe zu liefern.

Aber auch bei der täglichen Produktion von Backwaren aus Weizenmahlerzeugnissen kommt die Asc zum Einsatz. Asc ist in den meisten Fällen in Backmittel enthalten, vorzüglich in Additiven, die den Kleber stabilisieren sollen. Bei der Produktion mit langen Teigführungen oder Führungen über den Gärunterbrecher bzw. bei der Herstellung von Tiefkühlteiglingen, welche über mehrere Tage gelagert werden, kommt Asc-haltiges Backmittel zum Einsatz. Durch die Zugabe werden die Teige trockener, erhalten einen besseren Stand und werden somit maschinengängiger, was die industrielle Produktion in kontinuierlichen Produktionssystemen mit hohen Teigdurchsätzen und Stundenleistungen erleichtert. Die fertigen Gebäcke haben in der Regel ein größeres Volumen und einen ausgeprägteren Ausbund als Gebäcke ohne Asc-Zusatz.

## 2.0 Stand der Technik

### **2.1 Entdeckung der backverbessernden Wirkung der Ascorbinsäure**

Die Entdeckung der teigverbessernden Eigenschaften von Asc durch den Dänen Jørgensen geht auf das Jahr 1935 zurück. Der Wirkungsmechanismus des Ascorbinsäurezusatzes wurde allerdings erst 1946 durch die Arbeiten des Holländers Maltha im Zuge seiner Dissertation aufgeklärt. (Vgl.2)

Er untersuchte sechs Isomere der Asc und stellte fest, dass die L-threo-Dehydroascorbinsäure (DHAsc) die beste backverbessernde Wirkung aufzeigt. (Vgl. 5) Im Verlauf weiterer Forschung erhielt Maltha folgende Resultate:

- 1) Mehl enthält Enzyme zur Oxidation der Asc
- 2) Die zugesetzte Asc wird nach einer gewissen Ruhezeit größtenteils wieder zurückgewonnen, da dann keine DHAsc mehr nachweisbar ist
- 3) Die zugesetzte Dehydroascorbinsäure wird zum Teil reduziert. Darauf beruht auch die Rückgewinnung der Asc. Diese Reduktion vollzieht sich nur in Anwesenheit von Glutathion (GSH) (Vgl. 5)

Diese Erkenntnisse über die Wirkungsweise der Asc sind die Basis für eine Reihe weiterer Untersuchungen zahlreicher Wissenschaftler. All diese Arbeiten und deren Erkenntnisse auf zu zählen, gehört jedoch nicht zum Ziel der vorliegenden Arbeit. Für den weitem Verlauf ist es dennoch unabdingbar die chemische Wirkungsweise der Asc, bzw. die Einflussnahme des Sauerstoffs zu erläutern.



## 2.1.1 Wirkungsmechanismus der Ascorbinsäure

„Es ist zunächst überraschend, dass das Reduktionsmittel Asc so ähnlich wirkt wie ein Oxidationsmittel, z. B. Bromat: der Teig wird fester und das Gebäckvolumen steigt in den meisten Fällen an. Im Unterschied zu Oxidationsmitteln wird keine Überdosierung beobachtet.“ (4)

Bei Anwesenheit von Sauerstoff (ca. 21 % in der Atmosphäre), wird die Ascorbinsäure zur Dehydroascorbinsäure (DHAsc) reduziert. Durch das Enzym Dehydrogenase wird dieser Vorgang zum Teil auch katalytisch eingeleitet.

Die Dehydroascorbinsäure wiederum oxidiert das im Mehl vorhandene reduzierte Glutathion (GSH). GSH ist ein Tripeptid welches aus Cystein, Glutaminsäure und Glycin zusammengesetzt ist. Liegt überwiegend reduziertes GSH vor werden die SS-Disulfidbrücken zu SH-Thiolverbindungen abgebaut. Wenn es jedoch durch die Dehydroascorbinsäure zu einer Oxidation des GSH kommt, resultiert ein hoher SS-Gruppengehalt, da das oxidierte Glutathion (GSSG) die SS-Bindungen nicht mehr zu Kleber schwächenden SH-Bindungen umwandeln kann. Die schematische Darstellung zeigt Abbildung 1.

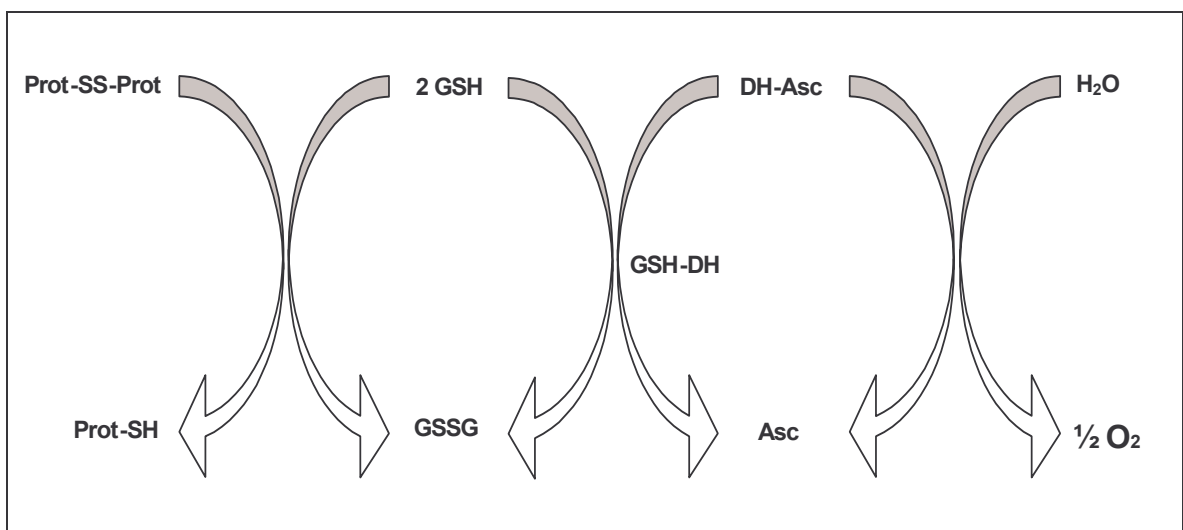


Abbildung 1 Wirkungsschema der Asc nach Mair und Gorsch

Das Verhältnis zwischen SH (Thiol-Verbindungen) und SS (Disulfid-Verbindungen) im Teig ist entscheidend für die Eigenschaften des Klebers. Die Schwefel-Schwefelbrücken (SS) haben einen stärkeren Zusammenhalt als die Schwefel-Wasserstoffbrücken (SH). Geht das Verhältnis anteilmäßig in Richtung der SS-Brücken, so erhält man einen starken Kleber mit hohem Dehnwiderstand. Der Stand des Teiges verbessert sich dadurch und die Maschinengängigkeit wird erhöht. Die Wasseraufnahme des Teiges wird verbessert und man kann davon ausgehen, dass eine gute Gärstabilität gegeben ist. Daraus resultieren ein hohes Gebäckvolumen und eine lockere Krume.

Mit Ascorbinsäure lässt sich also die Qualität des Klebers, bzw. die für die Weizenteigbildung essentielle Kleberbildung während der Knetphase entscheidend beeinflussen.

### **2.1.2 Einfluss von Sauerstoff auf die Wirkungsweise der Asc**

Ein wesentlicher Einfluss auf die Wirkungsentfaltung der Asc wird dem Sauerstoff zugeschrieben. Wie bereits beschrieben, findet bei Vorhandensein von Sauerstoff eine Reduktion von Ascorbinsäure zu Dehydroascorbinsäure (DHAsc) statt. Die Dehydroascorbinsäure wiederum ist das entscheidende Agens um eine Oxidation der kleberschwächenden Proteine (GSH) hin zu einer kleberstabilisierenden (GSSG) Form hervorzurufen. Der für die Reaktion zur Verfügung stehende Sauerstoff ist also ein entscheidender Parameter bei der Wirkungsentfaltung der Ascorbinsäure. In Abbildung 2 ist die Wirkungsweise des Sauerstoffes schematisch dargestellt.

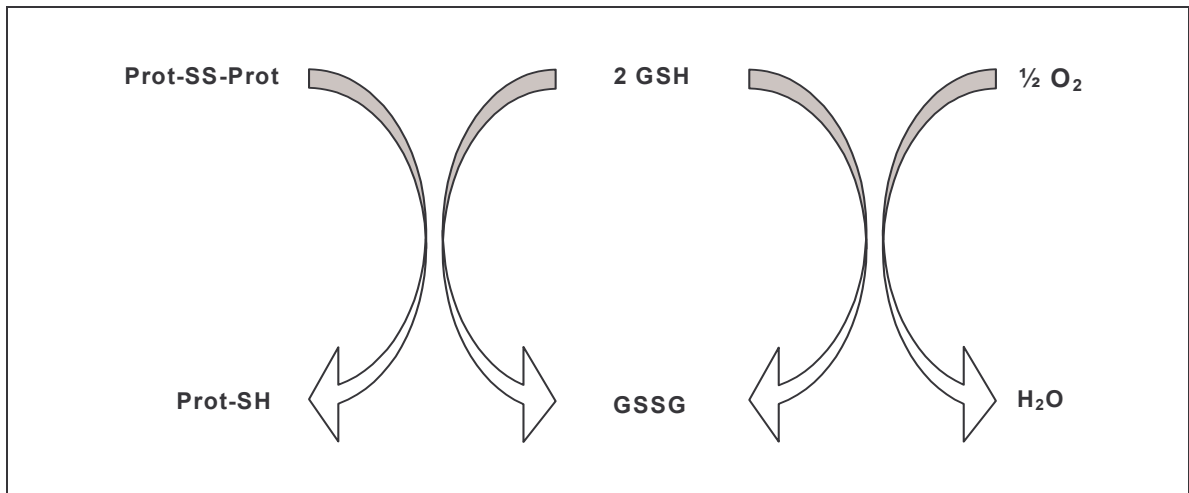


Abbildung 2 Wirkungsschema des Sauerstoffes (o.V.)

## 2.2. Projekte über Ascorbinsäure im Zusammenhang mit Sauerstoff

Nach Lösche wurde die hohe oxidative Reaktivität von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Gasgemischen verschiedentlich zur Teigentwicklung eingesetzt und untersucht. Im Wesentlichen sind dazu verschiedene Knetssysteme untersucht worden, wobei geschlossene Systeme bereits am Markt sind. In Deutschland werden üblicherweise offene Knetter verwendet.

In seiner Arbeit mit modifizierten Knetverfahren beschreibt Lösche ein offenes Knetssystem bei dem ein Gasgemisch durch den hohlen Knetarm am unteren Ende in den Teig gedrückt wird. Um die Bildung explosionsartiger Gemische durch die erhöhte Sauerstoffkonzentration und den Mehlstaub zu verhindern, wird Sauerstoff erst nach der Teigbildungsphase (i. d. R. nach zwei Minuten Langsamgang) in den Knetraum eingetragen. Zusätzlich wird überschüssiges, bzw. nicht adsorbiertes Gas aus dem Knetkopfraum mittels eines exgeschützten Ventilators und einem Metallflexschlauch ins Freie abgesaugt. Untersuchungen belegen das hohe Potential der Sauerstoffeintragung in den Teig. Es wurde festgestellt, dass auch bei Asc-freien Mehlen die oxidativen Eigenschaften des Sauerstoffes einen Anstieg des Dehnwiderstandes im Extensograph hervorrufen. Ein Gasgemisch aus 60 % Sauerstoff und 40 % Stickstoff lieferte dabei die besten Resultate. Bei weiteren Versuchen mit Asc-Zusatz wurde deutlich, dass die Sauerstoffbeaufschlagung die Asc-Reaktivität signifikant beeinflusst. Dabei wurde

unter Sauerstoffbehandlung und einer Asc-Menge von 60 ppm ein Optimum gefunden. Der Dehnwiderstand entspricht etwa den Werten des Versuchs mit 90 ppm Asc, der jedoch ohne Sauerstoffeintrag geknetet wurde. (Vgl. 6)

In seiner Arbeit "Beeinflussung der plastischen bzw. elastischen Eigenschaften bei der Teigbereitung" (Vgl.7) stellt Lösche Extensogramm-Kurven gegenüber, die aus Teigen mit Sauerstoffinjektion nach dem oben beschriebenen Knetprinzip hergestellt wurden und Teigen die ohne Sauerstoffeintrag geknetet wurden. Extensogramme sind Kraft-Weg Diagramme die bei einer Untersuchungsmethode im Extensograph anfallen. Die Durchführung und die Auswertung des Extensographen werden unter 5.2.4 beschrieben.

Abbildung 3 zeigt verschiedene Extensogrammkurven auf. Vergleicht man die Kurven der Sauerstoffknetung mit der Kurve ohne Sauerstoffinjektion wird deutlich, dass der Sauerstoff ein signifikanter Einflussfaktor bei der Beeinflussung der Teigentwicklung ist. Nach Lösche kommt durch die Verwendung von Asc ein Anstieg des Dehnwiderstandes zu stande, während die Dehnbarkeit abnimmt. In Verbindung mit Sauerstoff stellt er jedoch ebenfalls einen Anstieg der Dehnbarkeit fest. Die Kurven der Sauerstoffknetung zeigen einen hohen Anstieg des Dehnwiderstandes und der Dehnbarkeit auf. Es werden also neben den elastischen auch die plastischen Eigenschaften eines Teiges verbessert. (Vgl. 10)

Wird CO<sub>2</sub> während der Knetung eingetragen (grüne Kurve), wird der Sauerstoff verdrängt und die Oxidation der Kleberproteine reduziert. Die Folge sind eher plastische Teigeigenschaften die sich durch den verringerten Dehnwiderstand aber durch eine gesteigerte Dehnbarkeit bemerkbar machen. Durch die Sauerstoffzufuhr kann die Backmittelzugabe reduziert werden, was aus der lilafarbenen Kurve der Abbildung hervorgeht.

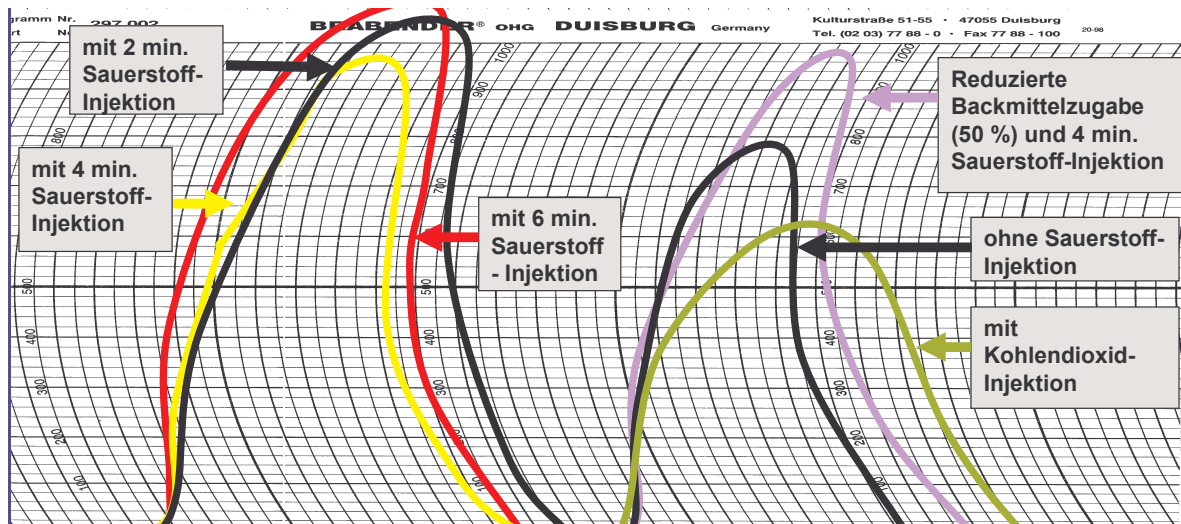


Abbildung 3 Einfluß der oxidativen Bedingungen während der Teigknetung auf die Dehnungseigenschaften von Weizenteigen direkt nach der Teigbereitung nach Lösche

### 3.0 Problemstellung

Es muss die Frage gestellt werden, ob ein gezieltes Einbringen von reinem Sauerstoff die Reduktion der Asc hin zur DHAsc beschleunigt, bzw. quantitativ erhöht.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird die Einflussnahme des Sauerstoffs auf die Wirkungsweise der Asc in vielen Arbeiten und Veröffentlichungen diskutiert. Jedoch handelt es sich dabei in den meisten Fällen um Untersuchungen bei denen der Sauerstoff direkt in den Teig eingebracht wird. Aufgrund der möglichen Bildung explosionsartiger Gemische durch den aufgewirbelten Mehlstaub im Knetkessel und der erhöhten Sauerstoffkonzentration, ist ein Eintrag des Gases erst dann möglich, wenn die Mischphase der Zutaten weitgehend abgeschlossen ist und kein Mehlstaub mehr gebildet wird. Da die Teigbildung je nach Laufzeit der ersten Knetphase zu diesem Zeitpunkt schon relativ weit fortgeschritten ist, und die Einflussnahme des Sauerstoffs wahrscheinlich nicht mehr in dem Maße zum Tragen kommt wie es vor der Teigbildung möglich gewesen wäre, muss eine Weg gefunden werden, den Sauerstoff anderweitig in den Teig einzubringen.

Ziel dieser Arbeit ist es, Teige herzustellen, bei welchen die Asc direkt in das Schüttwasser dosiert wird und anschließend durch das Eintragen von

konzentriertem Sauerstoff in das Schüttwasser der Versuch unternommen wird, die Asc vollständig zur DHAsc umzuwandeln. Das so behandelte Zugusswasser wird danach mit weiteren Zutaten zu einem Teig geknetet und nach Abschluss des Knetvorgangs im Extensograph untersucht. Die Gärstabilität wird ebenfalls beurteilt.

Des Weiteren werden Teige mit dem vorangegangenen Prinzip hergestellt, um anschließend im Backversuch die sensorischen Gebäckigenschaften sowie das Gebäckvolumen zu untersuchen.

Durch diese Arbeit soll Aufschluss darüber erhalten werden, ob sich die Wirkungsweise der Asc durch den Einfluss von Sauerstoff im Zugusswasser steuern bzw. verbessern lässt.

## 4.0 Aufbau der Arbeit

### **4.1 Vorversuche**

- Bestimmen des Feuchtigkeitsgehalts des Versuchsmehles mit der ICC Standardmethode 110 sowie mit Jürgens Ultra X Feuchtigkeitsmessgerät
- Einstellen der Wasseraufnahmefähigkeit des Versuchsmehles auf dem Farinograph
- Aufzeigen der Sauerstoffaufnahmefähigkeit von Leitungswasser bzw. destilliertem Wasser. Wie viel Sauerstoff lässt sich in Leitungswasser bzw. destilliertem Wasser einbringen?
- Aufzeigen der Sauerstoffhaltefähigkeit von Leitungswasser bzw. destilliertem Wasser. Wie lange hält sich der Sauerstoff im Wasser bzw. wie schnell ist der Abfall der eingebrachten Sauerstoffkonzentration?
- Einfluss der Wassertemperatur auf die Aufnahmefähigkeit und Haltefähigkeit von Sauerstoff im Schüttwasser. Welche Temperaturen

bieten die optimale Voraussetzung für das Einbringen und Halten von Sauerstoff im Wasser?

## **4.2 Hauptversuche**

- Einfluss der Ascorbinsäuremenge auf dem Extensographen
- Einfluss des mit Sauerstoff angereicherten Wassers auf die Wirkungsweise der Ascorbinsäure auf dem Extensographen
- Darstellen der Einflussnahme von Ascorbinsäure auf die Gebäudeigenschaften (Backversuche)
- Untersuchen der Einflussnahme des mit Sauerstoff angereicherten Wassers auf die Wirkungsweise der Ascorbinsäure bzw. auf die daraus resultierenden Gebäudeigenschaften

## **5.0 Material und Methoden**

### **5.1 verwendete Geräte und Rohstoffe**

#### **5.1.1 verwendete Geräte und Produktionsanlagen**

- Brabender Farinograph, Brabender Extensograph jeweils mit EDV gestützter Auswertung
- Diosna Spiralkneter
- Werner und Pfleiderer Brötchenstraße „Rollboy“ mit Werner und Pfleiderer Kopfmaschine „Multimac“
- Miwe Gärraum DS
- Miwe Condo Etagenofen

- SPR Nordcap Eismaschine
- Oxi 320 Sauerstoffmessgerät / Sauerstoffsensor CelIOX 325
- Memmert Omilab Trockenschrank
- Sartorius A200S Analysewaage
- Sartorius QC34EDE-D Arbeitswaage
- Jürgens Ultra X Feuchtigkeitsmessgerät
- Kunststoffmesszylinder für Zylinderstandversuche

#### **5.1.2 verwendete Rohstoffe**

- Asc-freies Weizenmehl Typ 550 der Rolandmühle Bremen
- Asc-haltiges Weizenmehl (15 ppm)Typ 550 der Rolandmühle Bremen
- Speisesalz
- Kristalline Ascorbinsäure für den Laborgebrauch
- Leitungswasser (Bremerhaven)
- Bi-destilliertes Wasser
- Kristall-Zucker
- Schweineschmalz



## 5.2 Methoden

### 5.2.1 Bestimmung der Mehlfeuchte des Versuchsmehles

Die Bestimmung der Mehlfeuchte ist notwendig um Untersuchungen im Farinograph sowie im Extensograph durchzuführen. Die ermittelte Mehlfeuchte geht als Parameter in die rheologischen Untersuchungen mit ein. Weicht die Mehlfeuchte von 14 % ab, muss die Mehleinwaage im Farinographen korrigiert werden. (siehe Durchführung 5.2.4)

#### 5.2.1.1 Feuchtigkeitsbestimmung für Mehl: ICC 110 (Trockenschrankmethode) (Vgl. 9)

Geräte:

- analytische Waage
- Wägegläschen (WG) mit Schliffdeckel
- Trockenschrank
- Exsiccator

Es werden ca. 5 g der Mehlprobe analytisch in die vorher auf Massekonstanz gebrachten WG eingewogen. Der Ansatz einer Doppelbestimmung ist unbedingt erforderlich. Die Einwaage des Mehle ergibt sich aus der Massendifferenz WG + Mehl und der Leermasse des WG. Der Trocknungsvorgang erfolgt bei 130 - 133 °C unter Normbedingungen 1 ½ Stunden lang. Die mit dem zu trocknenden Gut gefüllten WG werden im Trockenschrank geöffnet, dabei werden die Deckel der WG neben das WG gelegt. Nach der Trocknung werden die WG möglichst schnell mittels Zange oder Gummifingern verschlossen und zur Abkühlung in einen bereitgestellten Exsiccator gebracht, der mit CaCl<sub>2</sub> bzw. Blaugel (Silicagel) gefüllt ist. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur werden die WG mit Deckel auf der analytischen Waage zurückgewogen.

Aus dem Masseverlust der Probe während der Trocknung errechnet sich der Wassergehalt der Probe.

$$\text{Feuchtigkeitsgehalt in \%} = \frac{\text{Masseverlust}(g) * 100}{\text{Einwaage}(g)}$$

Das Ergebnis wird mit einer Stelle hinter dem Komma angegeben. Die Doppelbestimmung darf nicht mehr als um  $\pm 0,1$  % voneinander abweichen.

#### **5.2.1.2 Feuchtebestimmung mittels Jürgens Ultra X Feuchtigkeitsmessgerät**

30 min vor der Messung muss die Heizlampe zur Wägevorrichtung hingeschwenkt und die Aluschale vorgeheizt werden. Nach Ablauf der Vorheizzeit, muss das Feuchtigkeitsmessgerät über die Bedientasten auf %-Feuchte eingestellt sowie die erforderliche Einwirkzeit festgelegt werden. Anschließend werden ca. 5 g Probenmaterial auf die Aluschale der Wägevorrichtung aufgewogen und über die Aluplatte verteilt. Die Heizlampe wird auf die Wägevorrichtung eingeschwenkt. Die Heizphase startet automatisch. Nach Ablauf der Einwirkzeit kann der prozentuale Wassergehalt direkt von der Anzeige des Gerätes abgelesen werden.

Die Heizintensität der Lampe sowie die Dauer der Einwirkzeit muss über die Einstellparameter dem Probenmaterial entsprechend eingestellt werden:

Heizintensität: Stufe 3

Einwirkdauer: 30 min

#### **5.2.2 Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit des Versuchsmehles (ICC Standard 115) (Vgl. 9)**

Diese Untersuchungsmethode wird durchgeführt, um die Wasseraufnahme des Mehles bei entsprechender Konsistenz zu bestimmen. Die Wasseraufnahme ist notwendig um eine geeignete Teigausbeute (TA) zu ermitteln

In der Bäckereitechnologie wird üblicherweise mit der TA gerechnet:

Sie beschreibt das Verhältnis von Mehlteilen zu Wasserteilen

Prinzip für den Einsatz des Farinographen:

Der Farinograph misst und registriert den Knetwiderstand eines Teiges, seine Bildung aus Mehl und Wasser, seine Entwicklung und Teigerweichung. Den Widerstand nennt man Konsistenz. Die Maximalkonsistenz wird durch Änderung der zugegebenen Wassermengen auf einen bestimmten Wert eingestellt. Mit dieser Menge- der Wasserabsorption- erhält man eine vollständige Knetkurve, aus deren verschiedenen Kennzeichen die Qualität des Mehles ersichtlich ist.

Durchführung:

Im Vorfeld ist der Feuchtigkeitsgehalt des Mehles zu bestimmen.

Die Temperatur der doppelwandigen Kneterkammer soll ca. 30 °C betragen, was über eine Wasserpumpe, die an den Farinographen angeschlossen ist, erreicht wird. Das destillierte Wasser in der Bürette muss auf ca. 30 °C temperiert werden. In den Knetter wird das Äquivalent von  $300 \pm 0,1$  g Mehl mit 14 % Feuchtigkeit gegeben. Der Knetter muss zugedeckt werden.

Es wird mit hoher Geschwindigkeit 1 min lang geknetet. Die Wasserzugabe aus der Bürette erfolgt in die rechte vordere Ecke des Kneters, wenn die Anzeige auf dem Diagramm die Zeitlinie bei Null kreuzt. Es wird eine Wassermenge zugegeben, die ungefähr der erwarteten Menge entspricht, bei der die Kurve die 500 FE Linie erreicht. Wenn die Konsistenz zu hoch ist, wird etwas mehr Wasser zugegeben, so dass das Zentrum der Kurve bei ihrem Höhepunkt bei  $500 \pm 20$  FE liegt. Das Kneten wird eingestellt und der Knetter gereinigt.

Falls erforderlich wird nochmals und wiederholt geknetet bis die richtige Wassermenge innerhalb von 25 s erreicht wird. Das Kneten wird bis 12 min nach Erreichen des Höhepunktes oder bis zur Herausstellung der gewünschten Kennzeichen der Kurve fortgesetzt.

### **5.2.3 Bestimmung der Aufnahmefähigkeit sowie der Haltefähigkeit von konzentriertem Sauerstoff in Leitungswasser und destilliertem Wasser**

Da für die teigrheologischen Untersuchungen im Extensographen destilliertes Wasser und für die Backversuche Leitungswasser Verwendung findet, wird sowohl das destillierte, wie auch das gewöhnliche Leitungswasser auf nachfolgende Parameter untersucht.

Die Grundüberlegung der vorliegenden Arbeit besteht darin, Asc direkt im Wasser des zur Teigherstellung verwendeten Schüttwassers über eine definierte Menge eingebrachten Sauerstoffs zu oxidieren und quantitativ in DHAsc umzuwandeln. Hierzu wird ermittelt, wie viel Sauerstoff unter Normalbedingungen in Leitungswasser bzw. in destilliertes Wasser eingebracht werden kann und für welche Zeit die eingebrachte Sauerstoffkonzentration im Medium erhalten bleiben kann. Auch der Einfluss der Wassertemperatur auf die Menge an Sauerstoff, die eingebracht werden kann sowie die Gashaltefähigkeit über eine bestimmte Zeit bei jeweils unterschiedlicher Temperatur wird untersucht.

Um die oben beschriebenen Parameter zu evaluieren, werden folgende Geräte und Materialien verwendet:

- Sauerstoffmessgerät Oxi 320 / Sauerstoffsensor CelIOX 325 mit integriertem Temperatursensor
- technischer Sauerstoff aus Sauerstoffdruckflasche
- mehrere 1000 ml Erlen-Meyer-Kolben (EMK)
- Zwei Eiskühlbehälter aus Schaumstoffverbundmaterial
- Zur Kühlung wird Chrush – Eis verwendet, welches mit einer SPR Nordcap Eis-Maschine hergestellt wird
- Stativ mit Klemme zur Befestigung des Plastikschauches für den Sauerstoffeintrag und zur Befestigung der Messdiode des Sauerstoffmessgerätes

- Plastikschauch über den der Sauerstoff aus den Gashähnen im Labor abgezogen wird und in den das Medium im EMK eingebracht wird

Um festzustellen welche Menge an Sauerstoff max. bei einer bestimmten Wassertemperatur eingebracht werden kann, wird der EMK bis zur 800 ml Linie mit Leitungs-, bzw. destilliertem Wasser aufgefüllt. Anschließend wird der EMK in die Eiskühlbehälter gestellt und die Messdiode des Sauerstoffmessgerätes so angebracht, dass die Messeinheit ca. bis zur Hälfte in das Wasser eintaucht.

Um das Wasser auf die gewünschte Temperatur zu bringen, wird der Eiskühlbehälter (in dem der EMK steht) mit einer entsprechenden Menge Chrush-Eis befüllt so dass der EMK „passiv“ von außen gekühlt wird. Mittels einem Löffel oder einem Glasstab wird das Wasser im EMK in Bewegung gehalten, damit der gesamte Inhalt im EMK eine gleichmäßige Temperatur besitzt. Sobald das Wasser im EMK die gewünschte Temperatur erreicht hat, wird der Anfangswert des Sauerstoffgehaltes, welcher bereits vor dem gesteuerten Einbringen von technischem Sauerstoff im Medium vorhanden ist, notiert.

Nun wird über den Plastikschauch so lange Sauerstoff in das Wasser eingebracht, bis der Gehalt konstant bleibt bzw. nicht mehr nennenswert ansteigt. Die maximal eingebrachte Konzentration wird ebenfalls notiert. Während diesem Vorgang wird gegebenenfalls die Temperatur über Zugabe von Chrush-Eis oder warmen Wasser in den Eiskühlbehälter reguliert.

Um festzustellen wie sich der Sauerstoffgehalt bei Erschütterung und Bewegung verhält, wird der Inhalt nach Erreichen des Maximalwertes in einen zweiten EMK überführt und anschließend wieder zurück geschüttet. Der EMK mit dem eingebrachten Sauerstoff verweilt nun 10 min ohne Erschütterung. Nach Ablauf der Zeit wird der noch vorhandene Sauerstoffgehalt ermittelt.

Dieser Vorgang wird mit destilliertem Wasser sowie mit Leitungswasser bei folgenden Temperaturen durchgeführt: 20, 15, 10, 5 und 0 °C.

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 4 dargestellt.

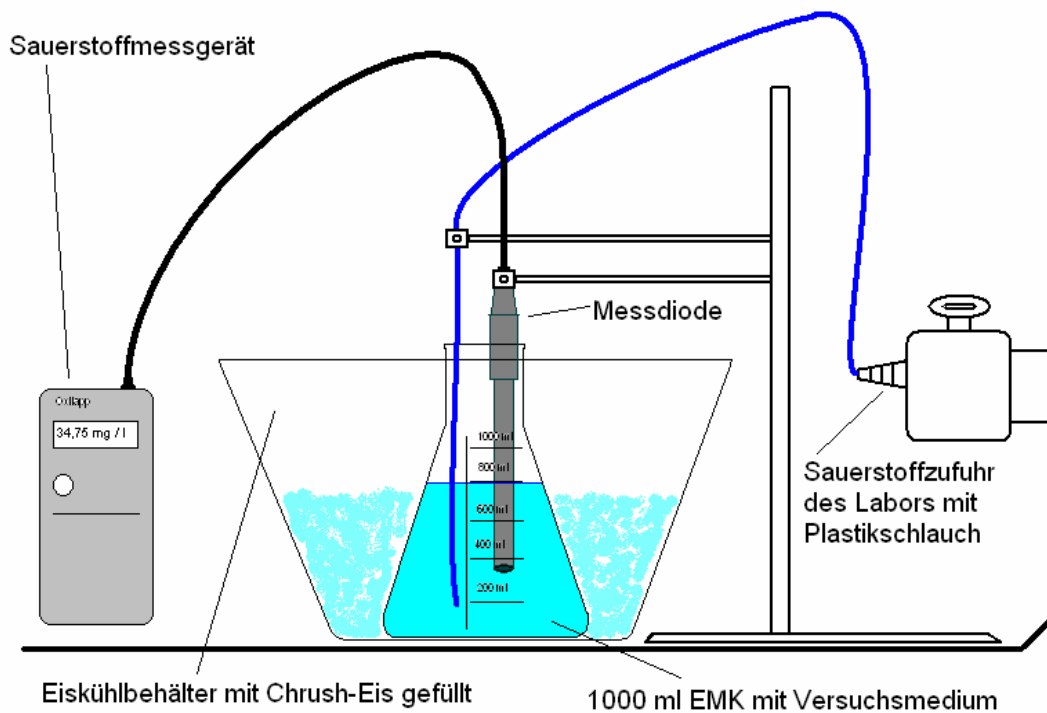


Abbildung 2 Darstellung der Sauerstoffmessung

### 5.2.4 Bestimmung der plastischen und elastischen Eigenschaften eines Weizenteiges auf dem Extensographen (Vgl. 8)

Prinzip:

Ein Teig aus Mehl, Salz und Wasser wird im Farinographen hergestellt und im Extensographen standardmäßig geformt. Nach einem festgelegten Zeitabschnitt wird der Teig gedehnt und eine Kurve aufgezeichnet, die den Dehnwiderstand des Teiges darstellt. Der Teig wird sofort neu geformt und nach einem festgelegten Zeitabschnitt wieder gedehnt. Das Formen, Abstehen und Dehnen wird noch einmal wiederholt. Die Größe und Form der aufgezeichneten Kurven geben Hinweise für die Backfähigkeit des Mehles.

Die Wirkung der Asc lässt sich mit dieser Untersuchungsmethode sehr deutlich aufzeigen.

Durchführung:

Die standardmäßige Durchführung des Extensographen wird in einigen Punkten modifiziert, um die sehr geringen Asc-Mengen entsprechend dosieren zu können.

Ziel ist es, das Zugusswasser welches für die Herstellung des Teiges im Farinographen verwendet wird, mit konzentriertem Sauerstoff anzureichern. Die entsprechende Menge an Asc wird vor dem Sauerstoffeintrag in das Zugusswasser dosiert und aufgelöst. Durch den im Überfluss vorhandenen Sauerstoff soll die Asc quantitativ in DHAsc umgewandelt werden. Das so behandelte Wasser wird nun in die Bürette des Farinographen gefüllt und zur Herstellung des Teiges verwendet, welcher anschließend im Extensograph auf seine Dehnungseigenschaften untersucht wird.

Um den Einfluss des Sauerstoffs auf die Asc-Reaktion zu untersuchen, werden vier Versuche mit Sauerstoffzugabe und vier Versuche ohne Sauerstoffzugabe durchgeführt. Die Asc-Menge beträgt jeweils 100 ppm, 50 ppm, 20 ppm und 0 ppm Asc.

Die Asc-Menge, die für das Äquivalent von 300 g Mehl auf der Basis von 14 % Wasser notwendig ist, wird so umgerechnet, dass die für 300 g Mehl erforderliche Konzentration an Asc in 1000 ml destilliertem Wasser aufgelöst werden kann. Die errechnete Menge an Asc wird analytisch ausgewogen und in den EMK überführt.

Um die entsprechende Menge Asc bei der Teigbereitung im Farinographen zu erlangen, wurde folgende Dreisatzrechnung durchgeführt:

Gesucht ist die Asc Menge, die in einen 1000 ml EMK dosiert werden muss, damit die auf 300 g Mehl bezogene Asc-Menge 100 bzw. 50 und 20 ppm entspricht. Es wird von einer Mehlfuchte von 14 % ausgegangen.

Bei abweichender Mehlfuchte muss die Mehleinwaage im Farinographen korrigiert werden.

Die ermittelte Mehlfuchte beträgt: 14,8 %

Umrechnungsformel:

$$\text{korrigierte Mehlmenge} = \frac{300 * (100 - \text{Sollfeuchte})}{100 - \text{IstFeuchte}}$$

$$\text{korrigierte Mehlmenge} = \frac{300 * (100 - 14)}{100 - 14,8}$$

$$\text{korrigierte Mehlmenge} = \underline{302,82 \text{ g}}$$

1 ppm = 0,001 g auf 1000 g Mehl
1 ppm = x g auf 302,82 g Mehl

$$x = \frac{0,001 \text{ g} * 302,82 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \quad \underline{x = 0,0003 \text{ g}}$$

Die entsprechende Wasseraufnahme in % des Mehles, welche vorher im Farinographen ermittelt wurde, wird nun zur Teigherstellung herangezogen:

Wasseraufnahme = 62,6 %

Dieser Wert entspricht einer Teigausbeute (TA) von 162,6

TA 162,6 = 100 Teile Mehl und 62,6 Teile Wasser

Die benötigte Wassermenge wird wie folgt errechnet:

100 = 302,82 g Mehl
62,6 = x

$$x = \frac{302,82 * 62,6}{100} \quad x = 189,56 \text{ g}$$

Anschließend wird die erforderliche Menge an Asc (in g) errechnet, die in den 1000 ml EMK dosiert werden muss, damit die Asc-Konzentration auf 302,82 g Mehl 100, 50 bzw. 20 ppm entspricht.



Um eine Konzentration von 1 ppm Asc in einem Teig mit 302,82 g Mehl zu erreichen, müssen 0,0003 g Asc in eine Zugussmenge von 189,56 g dosiert und aufgelöst werden.

Die Konzentration muss nun auf 1000 ml Wasser umgerechnet werden, da die Asc im 1000 ml EMK mit Sauerstoff versetzt werden soll.

$\begin{aligned} 0,0003 \text{ g} &= 189,56 \text{ g} \\ x \text{ g} &= 1000 \text{ g} \end{aligned}$	$x = \frac{0,0003 * 1000}{189,56} = 0,0016 \text{ g}$
---	---

1 ppm Asc in einem Teig mit 302,82 g Mehl sind 0,0016 g Asc auf 1000 g Zugusswasser. Die erforderlichen Mengen für 100, 50 und 20 ppm werden über den Dreisatz errechnet:

$\begin{aligned} 0,0016 \text{ g} &= 1 \text{ ppm} \\ x \text{ g} &= 20 \text{ ppm} \end{aligned}$	$x = \frac{0,0016 * 20}{1} \quad x = 0,0320 \text{ g}$
--	--

usw. siehe Ergebnisse siehe Tabelle 1

**Tabelle 1 Errechnete Asc-Menge in ppm und Gramm**

Menge an ppm Asc	Menge an Asc in g [ x ]
20 ppm	0,0320 g
50 ppm	0,0800 g
100 ppm	0,1600 g

Bevor der Versuchsablauf weitergeführt wird, muss die Knetkammer des Farinographen mit der ermittelten Mehlmenge befüllt werden (302.83 g). Die in den Standardmethoden beschriebene Durchführung weist eine Zugabe von 2 % Salz auf. Da die Abweichung von den Standardmethoden möglichst gering sein soll, wird die Zugabe des Salzes beibehalten. Die Salzzugabe wird hier auf die Mehlmenge bezogen errechnet.

Ermittlung der Salzmenge:

$100 \% = 302,82 \text{ g}$
$2 \% = x$

$$x = 6,06 \text{ g}$$

Sauerstoffeintrag in das Zugusswasser:

Die errechnete Menge an Asc wird in den EMK dosiert und mit bi-distilliertem Wasser bis zur 1000 ml Linie aufgefüllt. Die Wassertemperatur wird vorher auf ca. 5 °C eingestellt. Bei der in 5.1.3 beschriebenen Durchführung der Aufnahme- und Haltefähigkeit von Sauerstoff in destilliertem Wasser wurde festgestellt, dass die besten Ergebnisse bei niedrigen Temperaturen erreicht werden. Aus diesem Grund wird die Temperatur von 5 °C gewählt.

Beim Auflösen der Asc, wird der EMK erst bis ca. 200 ml aufgefüllt und die Asc durch leichtes Schwenken des EMK vollständig gelöst. Um zu gewährleisten, dass sich die Asc gleichmäßig im Wasser verteilt, wird die Lösung mit einem Rührstab ca. 20 Sekunden vermischt. Bei den vier Versuchen mit Sauerstoffeintrag wird nun der Sauerstoff eingebracht. Wie bereits in Abbildung 4 dargestellt, wird der EMK welcher das Zugusswasser mit Asc enthält in einen Eiskühlbehälter gestellt, damit die Temperatur von 5°C eingehalten werden kann. Über ein Stativ wird der Kunststoffschlauch, über den der Sauerstoff eingetragen wird, sowie die Messdiode des Sauerstoffmessgerätes über dem EMK befestigt, so dass Schlauch und Messdiode ca. bis zur Hälfte in das Wasser eintauchen.

Nun wird so lange Sauerstoff eingebracht, bis das Messgerät 50 ppm anzeigt (entspricht 50 mg / l).

Anschließend wird die mit 5°C kaltem Wasser vorgespülte Bürette des Farinographen vollständig mit der mit Sauerstoff behandelten Asc-Lösung gefüllt und der Knetvorgang gestartet. Das Wasser wird möglichst schnell bis zur Markierung von 62,6 ml auf der Bürette zugegeben.

Den Knetter 1 min lang auf Stufe 1 laufen lassen. Dann den Knetter abschalten und den Teig zugedeckt 5 min ruhen lassen. Nun 2 min auf Stufe 2 kneten. Den Teig nach Abschluss des Knetvorgangs unverzüglich mit einer Schere so aus der Knetkammer entfernen, dass der Teig keine weitere Beanspruchung erfährt. Der Versuch wird als Doppelversuch durchgeführt. Zwei Teigstücke mit einem Gewicht von 150 g abstechen und im Kugelhomogenisator des Extensographen ausformen. Die so behandelten Teigstücke in jeweils eine der Mess-Schatullen einsetzen und eine definierte Zeit in den Gärkammern ruhen lassen. Nach Abschluss der Ruhezeit werden die zwei Schatullen nacheinander in die Dehnvorrichtung eingesetzt und der Dehnvorgang gestartet. Eine Messvorrichtung überträgt das ansteigende Drehmoment beim Dehnen des Teiges und die anfallende Kraft in Form einer Kurve auf ein Diagramm. Die Aufzeichnung der Messung kann EDV gestützt oder über eine Papierschiebevorrichtung erfolgen.

Die Teigstücke werden unmittelbar nach der Dehnung im Kugelhomogenisator ausgeformt und abermals nach einer bestimmten Ruhezeit in der Gärkammer auf der Dehnvorrichtung gedehnt. Dieser Vorgang wird ein drittes Mal wiederholt. Der Vorgang wird in den Standardmethoden alle 45 min wiederholt, d.h. bei 45, 90 und 135 min.

Die sechs resultierenden Kurven der Messung dienen zur Interpretation des Dehnwiderstandes, der Dehnbarkeit und der Energie, welche die Fläche der Kurve beschreibt sowie der Verhältniszahl. (Die Verhältniszahl ist die Division von Dehnwiderstand und Dehnbarkeit.)

Zusätzlich wird ein Teig nach dem oben beschriebenen Prinzip hergestellt dem 50 ppm Asc über das Schüttwasser zudosiert werden. Dieser Teig wird ebenfalls einmal mit und einmal ohne Sauerstoffeinzufuhr erzeugt. Jedoch wird die Gärzeit in der Garkammer des Extensographen verkürzt. Die Dehnversuche erfolgen bei 15, 30 und 45 min.

Überdies wird noch ein Teig nach dem oben beschriebenen Prinzip hergestellt, jedoch mit handelsüblichem ascorbinsäurehaltigem Weizenmehl, welches 15 ppm Asc enthält. Auch bei diesem Versuch wird ein Teig mit Zugusswasser, in welches

im Vorfeld 50 ppm Sauerstoff eingetragen wurden, fabriziert. Der Einfluss des mit Sauerstoff angereicherten Zugusswassers auf Asc, die schon im Mehl vorhanden ist, soll somit festgestellt werden.

### 5.2.5 Durchführung der Backversuche

Um einen Einfluss der Asc, welche im Zugusswasser durch Sauerstoffeintrag zur DHAsc reduziert wird, herauszustellen, werden analog zu den Versuchen im Extensographen, Backversuche mit unterschiedlichen Asc-Mengen sowie mit und ohne Sauerstoffeintrag durchgeführt.

Zu diesem Zweck werden jeweils vier Teige mit Sauerstoffzugabe und vier Teige ohne Sauerstoffzugabe hergestellt und anschließend als Schrippen abgebacken. Die Rezeptparameter sind in Tabelle 2 aufgeführt.

**Tabelle 2 Rezeptparameter**

Rohstoff	Menge [g]	Versuch ohne Asc	Versuch 20 ppm Asc (x <sub>1</sub> )	Versuch 50 ppm Asc(x <sub>2</sub> )	Versuch 100 ppm Asc(x <sub>3</sub> )
Weizenmehl Typ 550	5000,0				
Salz	100,0				
Zucker	50,0				
Schmalz	50,0				
Hefe	150,0				
<b>Asc</b>	<b>X g</b>	<b>0,0 g</b>	<b>0,1 g</b>	<b>0,25 g</b>	<b>0,5 g</b>
Wasser	2900,0				

Die Asc-Menge errechnet sich wie folgt:

1 ppm = 0,001g auf 1000 g Mehl

0,001 g = 1000 g	$x = \frac{0,001 * 5000}{1000} x = 0,005 \text{ g}$
x = 5000 g	

0,005 g Asc entsprechen 1 ppm auf 5000 g Mehl

0,005 g = 1 ppm	$x = \frac{0,005 * 20}{1} x = 0,1 \text{ g}$
x = 20 ppm	

**Tabelle 3 Asc-Menge in ppm und gramm**

Versuch Nr.	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
ppm	0	20	50	100
Menge in [g]	0	0,1	0,25	0,5

Sauerstoffeintrag in das Schüttwasser:

Der Eintrag des Sauerstoffs erfolgt wie bei den Extensograph-Versuchen direkt in das Zugusswasser der Teige. Die entsprechende Menge an Asc, wird vor dem Sauerstoffeintrag zudosiert, um beim Eintrag des Sauerstoffs quantitativ in DHAsc reduziert zu werden. Das so behandelte Wasser wird unverzüglich mit den anderen Zutaten in den Knetkessel gegeben und geknetet. Es wird so lange Sauerstoff zugegeben bis das Sauerstoffmessgerät 70 ppm anzeigt. (entspricht 70 mg / l).

Die Schüttwassertemperatur beträgt 4°C, da sich bei kalten Temperaturen höhere Sauerstoffkonzentrationen einbringen lassen. Um das Schüttwasser mit Sauerstoff

anzureichern, wird wie in 5.2.3 vorgegangen. Um die höhere Wassermenge aufzunehmen, wird statt des EMK ein 5 Liter Kunststoffeimer verwendet.

Die Knetzeit beträgt 4 min auf Stufe 1 (Mischphase) und 4 min auf Stufe 2.

Nach Abschluss des Knetvorgangs wird die Teigtemperatur gemessen und der Teig erhält eine Ruhezeit von 25 min. Um eine Hautbildung der Teigoberfläche zu vermeiden wird der Teig mit einem Baumwolltuch abgedeckt.

Bei der vorliegenden Arbeit werden die Teige mit einem Diosna Spiralknetter hergestellt und auf der Werner und Pfleiderer Brötchenstraße „Rollboy“ mit Werner und Pfleiderer Kopfmaschine „Multimac“ ausgeformt. Die Einwaage der Kopfmaschine wird auf 84 g Stückgewicht eingestellt.

Die Brötchenstraße „Rollboy“ formt die Teiglinge über Rollbänder zu Schrippen. Über eine Vorrichtung mit Schneiderädern erhalten die Brötchen einen Längsschnitt. Die Teiglinge fallen automatisch auf Bretter mit Stoffüberzug.

Die Gärzeit beträgt 45 min bei 75 % Luftfeuchte und 32 °C in einem Miwe Gärraum „DS“.

Nach Ablauf der Gärzeit werden die Teiglinge auf Lochbleche gestürzt und in einem Miwe Condo Etagenofen bei einer Ober- und Unterhitze von 220 °C abgebacken. Beim Einschießen wird 3 s Dampf gegeben.

Nach dem Backvorgang werden die Brötchen auf Raumtemperatur abgekühlt und das Gebäckvolumen bestimmt.

### **5.2.6 Durchführung der Volumenbestimmung**

Das Gebäckvolumen wird nach der Verdrängungsmethode mit Rapssamen ermittelt. Dabei wird ein geeigneter Behälter mit Rapssamen gefüllt, bis diese den Behälter vollständig ausfüllen. Der Überstand wird mit einem Lineal abgestrichen, so dass keine Häufung der Samen mehr vorhanden ist. Die so ausgemessene Menge wird in einen zweiten Behälter überführt. Anschließend wird der Boden des

ersten Behälters mit einem Teil der ausgemessenen Rapssamen befüllt. Nun werden abwechselnd ein Teil Brötchen und ein Teil Rapssamen zugegeben bis der Behälter gefüllt ist. So wird drei Mal mit jeweils 10 Brötchen verfahren. Es ist darauf zu achten, dass die Brötchen gleichmäßig zwischen den Rapssamen im Behälter verteilt sind und keine „toten Zonen“ entstehen. Die Brötchen dürfen nicht über die obere Kante des Behälters hinausstehen, da beim Abstreichen der Rapssamen eine Verfälschung des Messergebnisses unvermeidbar wäre. Der Anteil an Rapssamen, der beim Abstreichen über den Behälter hinausfällt, wird mit einem ausreichend großen Leintuch, welches unter dem Behälter ausgebreitet ist, aufgefangen und ausgewogen. Dieses Gewicht aus den drei Messungen wird addiert und anschließend durch die Dichte der Rapssamen dividiert. Somit erhält man das Gebäckvolumen von 30 Brötchen in  $\text{cm}^3$ . Das Volumen wird durch 30 geteilt, um das durchschnittliche Gebäckvolumen von einem Brötchen zu erhalten.

### 5.2.7 Durchführung der Zylinderstandversuche

Von den in 5.2.5 beschriebenen Backversuchen wird parallel zu jedem Backversuch jeweils ein Zylinderstandversuch durchgeführt. Die Durchführung erfolgt im Doppelversuch. Die unterschiedlichen Parameter der Teige entsprechen den in Tabelle 3 der Versuchsdurchführung 5.2.5 aufgeführten Daten, d.h. es werden insgesamt acht Teige im Zylinderstandversuch durchgeführt.

Eine Übersicht liegt in Tabelle 4 vor.

**Tabelle 4 Parameter: Zylinderstandversuch / Asc-Menge**

Sauerstoffeintrag	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
+	Ohne Asc	20 ppm Asc	50 ppm Asc	100 ppm Asc
-	Ohne Asc	20 ppm Asc	50 ppm Asc	100 ppm Asc

Prinzip:

Eine definierte Menge Teig wird manuell oder im Kugelhomogenisator rund geformt und in einen skalierten Zylinder überführt. Mit einem geeigneten Holzstab wird der Teigling an den Boden des Zylinders gedrückt. Der Ansatz eines Doppelversuches ist zu empfehlen um die Genauigkeit über eine Mittlung der Ergebnisse zu erhöhen. Anschließend erfolgt der Gärvorgang im Gärraum bei bestimmter Temperatur und Luftfeuchte. Nun wird die Volumenzunahme und Gärstabilität in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Nach vorher festgelegten Zeitabständen wird der Volumenzuwachs des Teiges an der Skala des Zylinders abgelesen. Die Messung gilt in der Regel als beendet, wenn der Teig wieder in sich zusammenfällt.

Im Zylinderstandversuch kann der Grad der Gärkraft, bzw. der Einfluss der Kleberqualität auf das Gärverhalten eines Teiges beurteilt werden. Umso größer der Dehnwiderstand eines Teiges, umso stärker wird die Triebkraft eingeschränkt. Jedoch zeigt ein solcher Teig eine höhere Gärstabilität auf, d.h. das Klebnetzwerk kann die durch Fermentation der Hefe gebildeten CO<sub>2</sub>-Bläschen besser halten. Im Gegenzug wird ein Teig mit geringem Dehnwiderstand schneller an Volumen zunehmen. Jedoch ist die Gärstabilität stark eingeschränkt. Der Teig fällt schneller in sich zusammen.

Durchführung:

Die Teiglinge für die Zylinderstandversuche werden von Teigen der Backversuche, die in 5.2.5 beschrieben sind, abgenommen. Die Durchführung erfolgt unmittelbar nach Ablauf der Knetzeit. Eine Verzögerung ist zu vermeiden, da die einsetzende Fermentation die Messwerte verfälscht. Es werden jeweils zwei 100 g schwere Teigstücke abgewogen, rundgeformt und anschließend in die Messzylinder überführt. Die Teiglinge müssen mit einem geeigneten Holzstab an den Boden des Messzylinders gedrückt werden, da die unter dem Teigling eingeschlossene Luft die Auswertung verfälscht. Die Messung der Volumenzunahme erfolgt nach 30, 60, 90 und 120 min.



## 6.0 Ergebnisse

### **6.1 Ermittelter Feuchtigkeitsgehalt des Versuchsmehles**

#### **6.1.1 Trockenschrankmethode**

Die ermittelte Mehlfuchte der ICC Standardmethode 110 (Trockenschrank) wird im Doppelversuch durchgeführt. Aus Probe A und Probe B wird der Mittelwert gebildet. Die Werte beziehen sich auf % Trockensubstanz

**Tabelle 5 Mehlfuchte: Trockenschrankmethode**

Probe A	Probe B	Mittelwert
14,8 %	14,75 %	14,775 %

#### **6.1.2 Ultra X Feuchtigkeitsmessgerät:**

Das Ergebnis wird direkt von der Digitalanzeige des Messgerätes abgelesen:.

Mehlfuchte in % Trockensubstanz: 14,9 %

Für einen genaueren Wert wird das Ergebnis beider Feuchtigkeitsbestimmungen abermals gemittelt:

Mittelwert: Trockenschrank / Ultra X Messung: 14,83 %

## 6.2 Wasserabsorption im Farinographen

Das Versuchsmehl hat im Farinographen folgende Werte erzielt:

Wasseraufnahme korrigiert auf 500 FE (Farinogrammeinheiten):	62,6 %
Wasseraufnahme korrigiert auf 14 % Feuchte	: 63,5 %
Teigentwicklungszeit	: 6,5 min
Stabilität	: 9,2 min
Teigerweichung (10 min nach Beginn)	: 15 FE
Teigerweichung (ICC / 12 min nach max.)	: 63 FE
Farinograph Qualitätszahl	: 119

Die geeignete Konsistenz für einen Weizenteig zur Brötchenherstellung stellt sich bei 500 FE ein. Die Wasseraufnahme wird nach Abschluss des Knetvorgangs direkt von der Burette abgelesen.

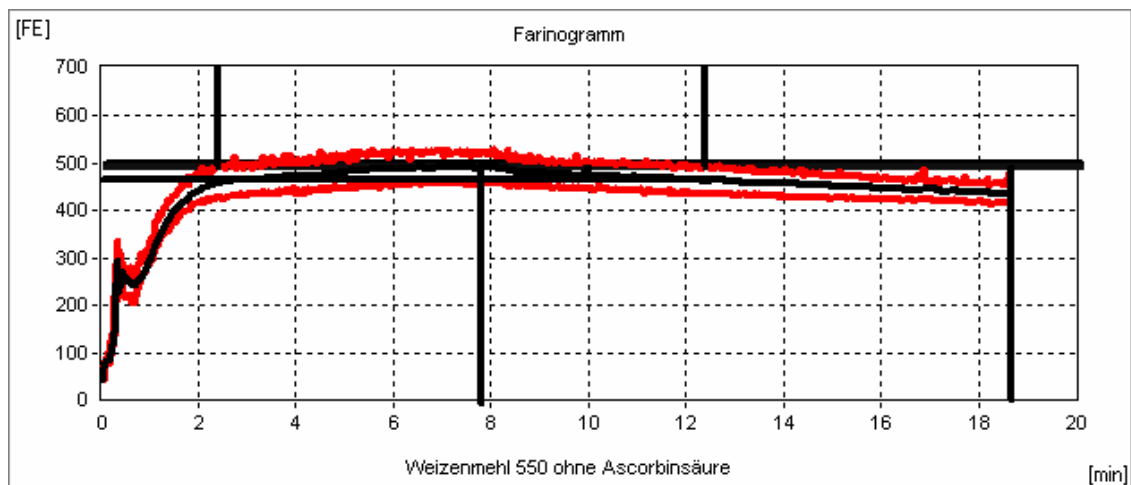


Abbildung 3 Farinogramm-Kurve / Versuchsmehl: Weizenmehl Typ 550

### 6.3 Aufnahmefähigkeit sowie Haltefähigkeit von Sauerstoff in destilliertem Wasser und Leitungswasser

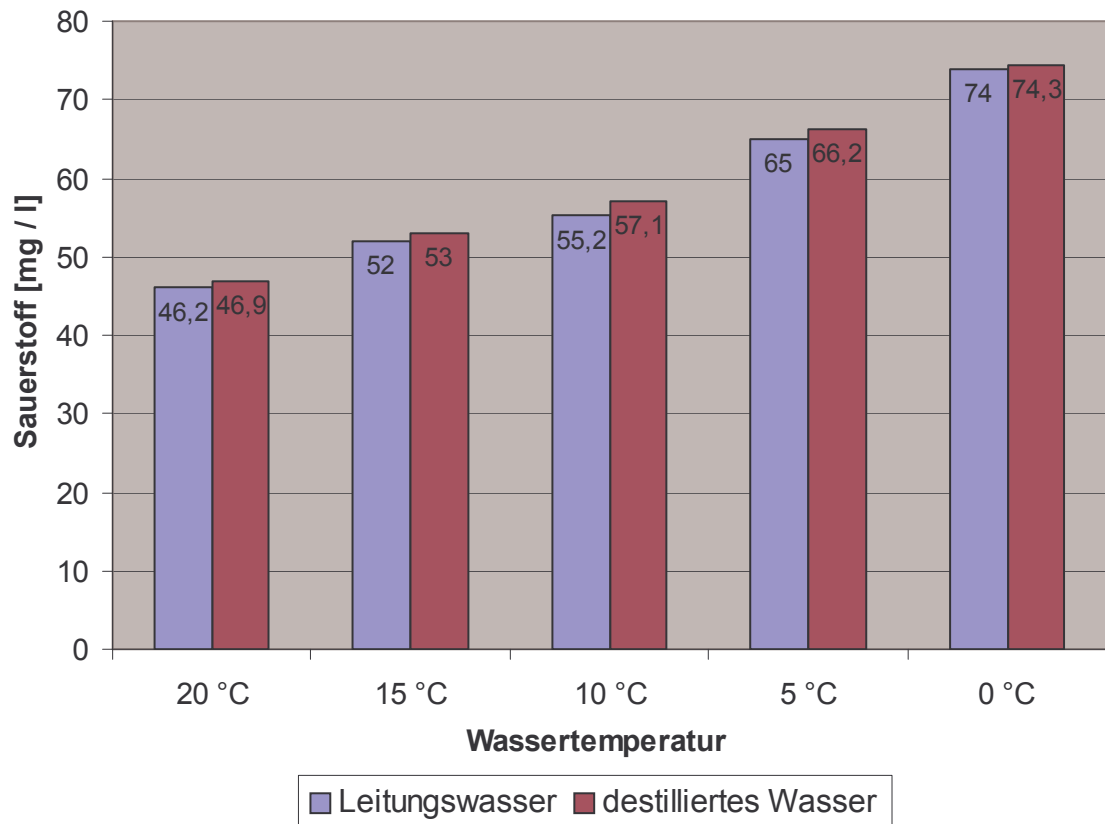
In Tabelle 6 ist die maximale eingebrachte Konzentration an Sauerstoff aufgezeigt. Die Einheit ist mg / l, oder auch ppm.

Tabelle 6 Sauerstoffaufnahme von destilliertem Wasser und Leitungswasser

maximal erreichter Sauerstoffeintrag (mg / l)		
Leitungswasser	destilliertes Wasser	Wassertemperatur
46,2	46,9	20 °C
52	53	15 °C
55,2	57,1	10 °C
65	66,2	5 °C
74	74,3	0 °C

In Abbildung 6 ist gut zu erkennen, dass die maximal eingebrachte Sauerstoffkonzentration fast linear mit fallender Wassertemperatur zunimmt. In destilliertes Wasser lässt sich bei gleicher Temperatur geringfügig mehr Sauerstoff einbringen. Umso kälter also die Schüttwassertemperatur, desto mehr Sauerstoff lässt sich Einbringen.

**Sauerstoffaufnahme­fä­hig­keit von destilliertem Wasser und Leitungswasser in Abhän­gig­keit der Wassertempe­ra­tur**



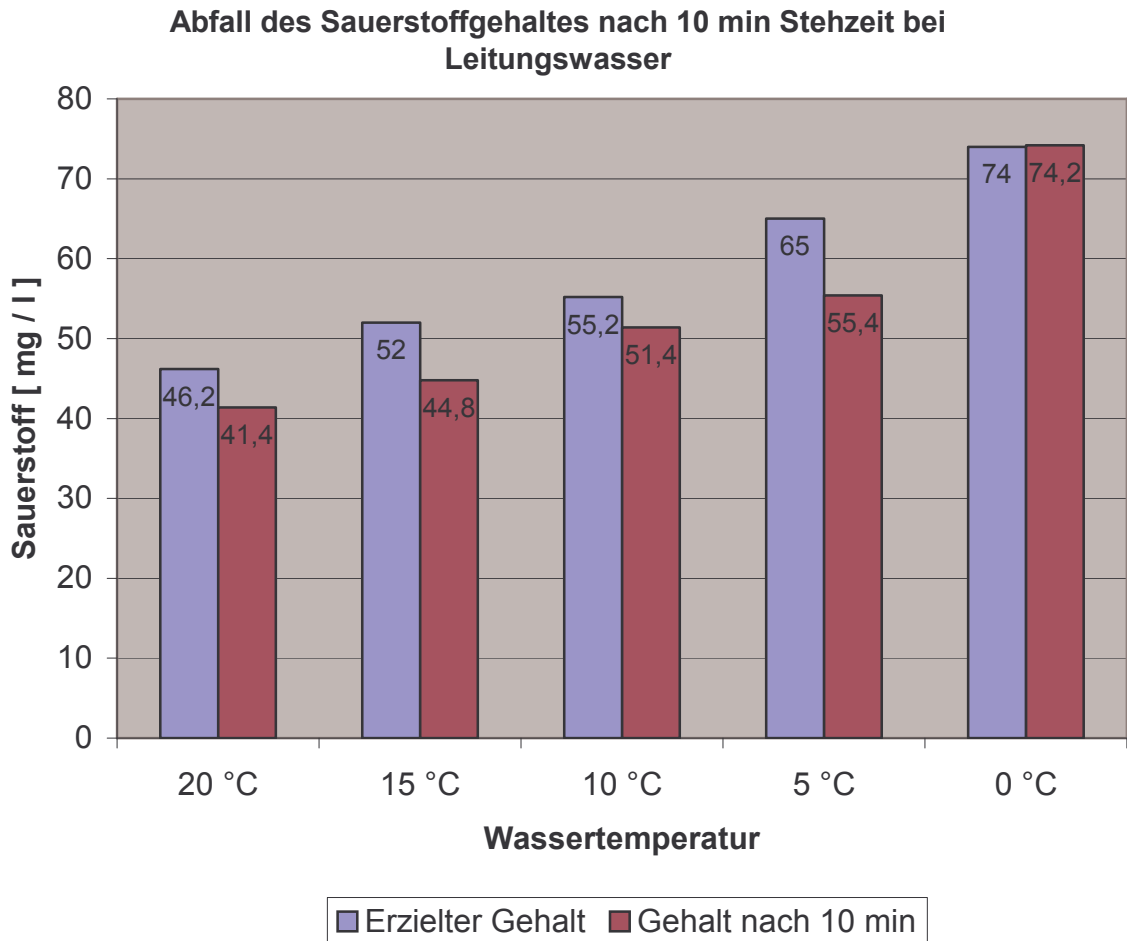
**Abbildung 4 Sauerstoffeintrag in dest, und Leitungswasser**

In Tabelle 7 ist der maximal eingebrachte Gehalt sowie die Konzentration die nach 10 min Abste­hzeit nach Einbringen des Sauerstoffes im Leitungswasser noch vorhanden ist dargestellt.

**Tabelle 7 Sauerstoffhalte­fä­hig­keit von Leitungswasser**

Sauerstoffhalte­fä­hig­keit von Leitungswasser [ mg / l ]		
Wassertempe­ra­tur	Erzielter Gehalt	Gehalt nach 10 min
20 °C	46,2	41,4
15 °C	52	44,8
10 °C	55,2	51,4
5 °C	65	55,4
0 °C	74	74,2

In Abbildung 7 ist der Abfall des Sauerstoffgehaltes im Leitungswasser dargestellt, der 10 min nach Einbringen der maximalen Konzentration eingetreten ist. Bei 5 °C ist der Abfall am größten. Bei 0 °C hat sich der Sauerstoffgehalt um 0,2 mg / l erhöht.



**Abbildung 5 Abfall der Sauerstoffkonzentration nach 10 min (Leitungswasser)**

In Tabelle 8 ist der maximal eingebrachte Gehalt sowie die Konzentration die nach 10 min Abstehtzeit nach Einbringen des Sauerstoffes noch im destilliertem Wasser vorhanden ist dargestellt.

**Tabelle 8 Sauerstoffhaltefähigkeit von destilliertem Wasser**

Sauerstoffhaltefähigkeit von destilliertem Wasser [ mg / l ]		
Wassertemperatur	Erzielter Gehalt	Gehalt nach 10 min
20 °C	46,9	45,2
15 °C	53	50,9
10 °C	57,1	48,9
5 °C	66,2	50,1
0 °C	74,3	61,2

In Abbildung 8 ist der Abfall des Sauerstoffgehaltes in destilliertem Wasser dargestellt, der 10 min nach Einbringen der maximalen Konzentration eingetreten ist. Im Vergleich zu Leitungswasser, fällt der Sauerstoffgehalt in destilliertem Wasser bei den höheren Temperaturen (15-20 °C) langsamer ab. Bei Temperaturen von 15 bis 0 °C, fällt der Gehalt in destilliertem Wasser stärker ab. In destilliertem Wasser ist bei 0 °C im Gegensatz zum Leitungswasser ein deutlicher Abfall vorhanden.

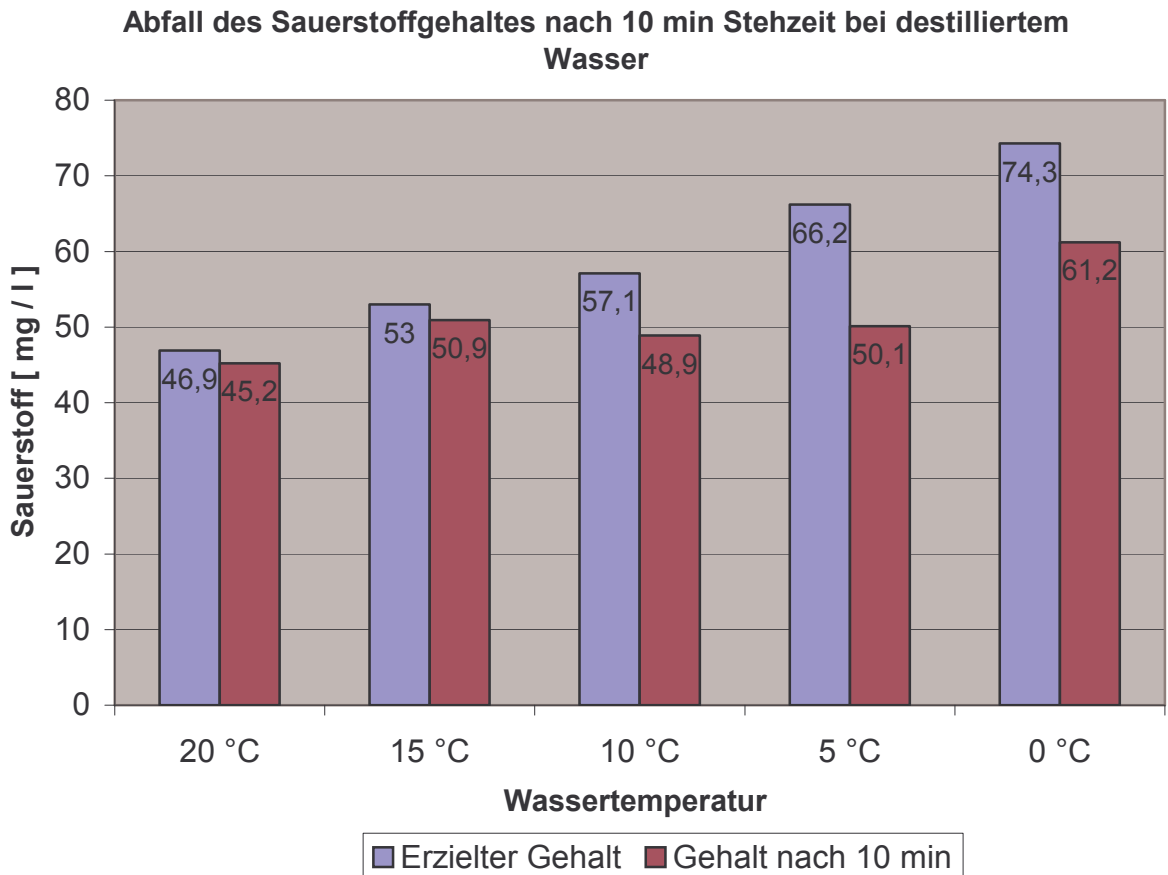


Abbildung 6 Abfall der Sauerstoffkonzentration nach 10 min (destilliertes Wasser)

## 6.4 Auswertung der Extensographversuche

### 6.4.1 Erläuterung der Auswertung

Um eine Vorstellung der Teigeigenschaften zu erlangen, die bei entsprechenden Kurven des Extensogrammes resultieren, wird in Abbildung 9 die Auswirkung der plastischen und elastischen Eigenschaften eines Teiges, die sich in der Form der Diagramm-Kurve niederschlagen beschrieben. Die Kurve, die als überstabilisiert bezeichnet wird, kann eine typische Auswirkung von Asc-Überdosierung darstellen. Die „normale“ Kurve könnte auf ein Handelsmehl mit 10 – 15 ppm Asc hindeuten. Der Einsatz von Cystein und oder Proteasen würde sich in einer viskos-plastischen Kurve niederschlagen. Plastisch-viskos hingegen sind frisch

ermahlene Mehle, bei denen die Mehltreifung noch unzureichend fortgeschritten ist.

Deutlich wird auch wie sich das SH- und SS-Bindungsverhältnis auf die Dehneigenschaften eines Teiges auswirkt. Bei einem hohen SS-Gruppenanteil erhöht sich die elastische Komponente. Plastisch-viskose Eigenschaften resultieren durch einen hohen SH-Gruppenanteil.

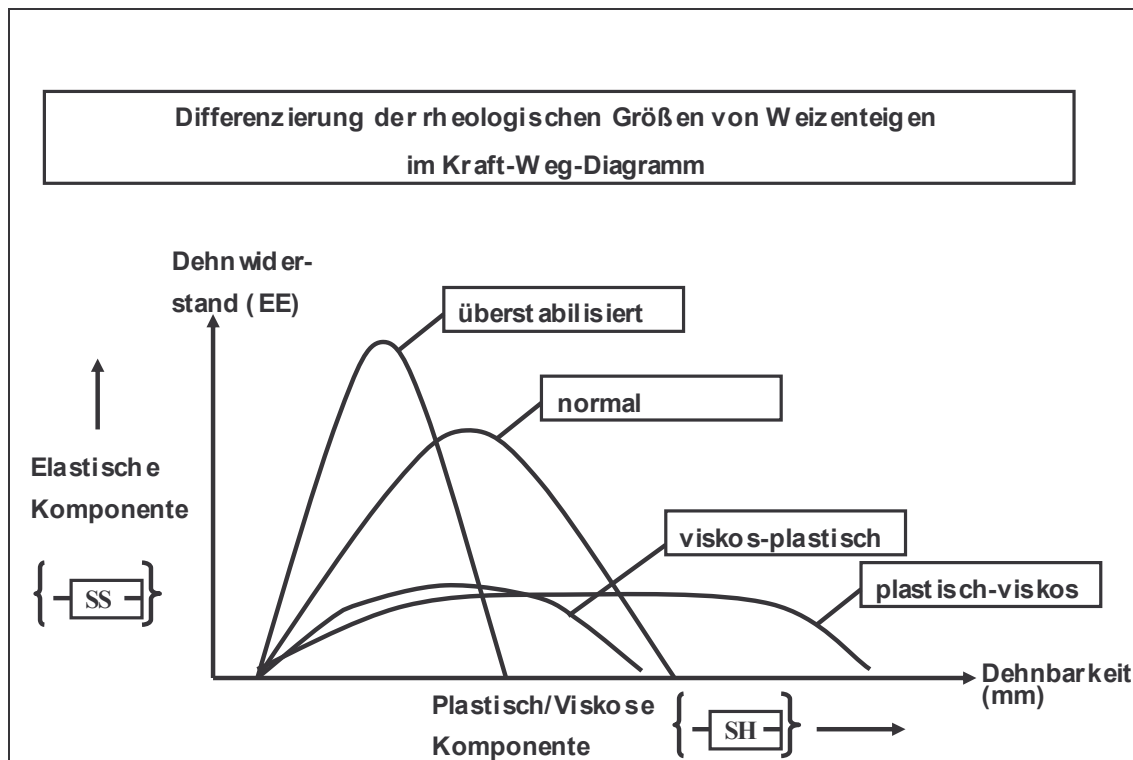


Abbildung 7 Plastische und elastische Teigeigenschaften nach Lösche (9)

In der folgenden Abbildung ist ein Beispieldiagramm eines Extensogrammes dargestellt. Die Y-Achse beschreibt die Kraft die aufgebracht wurde, die X-Achse steht für den Weg der zurückgelegt wurde. Wie in 5.2.4 beschrieben, wird der Versuch als Doppelversuch ermittelt. Aus dem im Farinograph hergestellten Teig, werden zwei geformte Teigstücke mit einem Gewicht von je 150 g in die Messschatullen eingesetzt und nach 45, 90 und 135 min in die Messvorrichtung eingebracht und der Dehnvorgang gestartet. Jede Messzeit ist einer bestimmten Farbe zugeordnet. Versuch I ist blau, Versuch II grau und Versuch III schwarz gekennzeichnet. So entstehen im Laufe der Versuchsdurchführung für jede Zeiteinheit zwei Kurven einer Farbe.



Extensogramm Beispiel zur Erläuterung der Kurven:

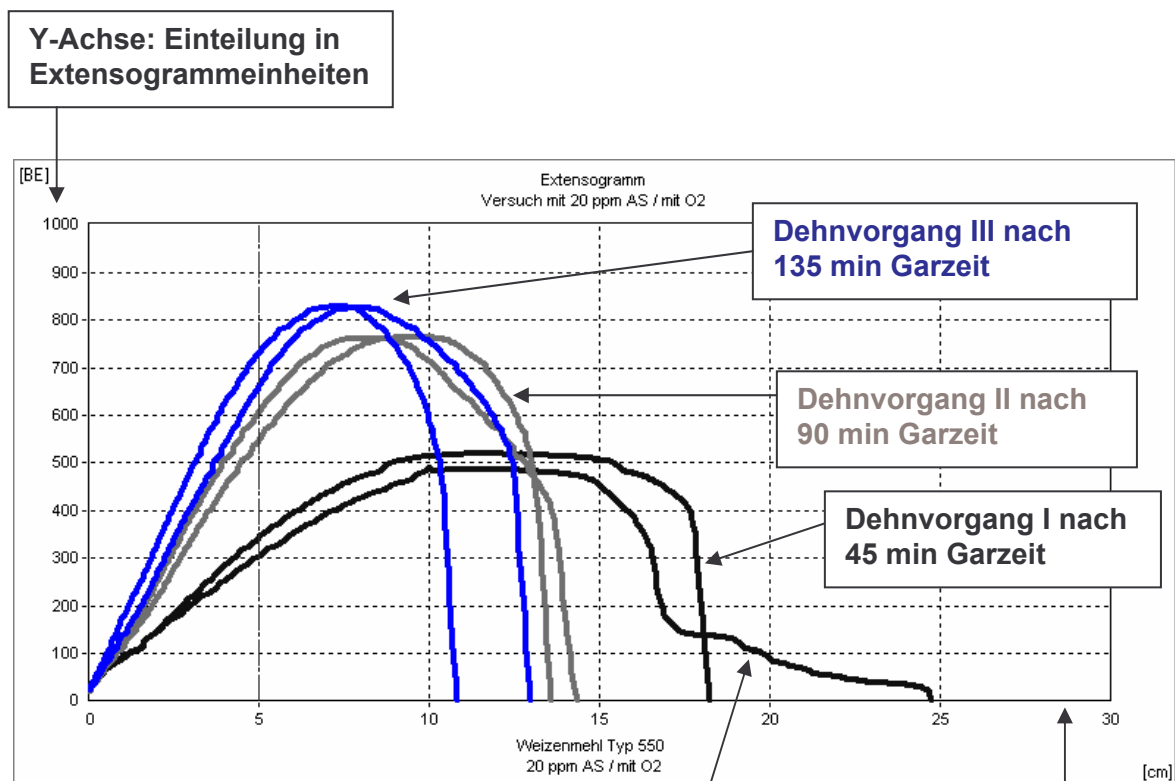


Abbildung 8 Beispiel eines Extensogrammes zu Erläuterung der Auswertung

**Unregelmäßigkeiten in der Kurve, wie sie bei Dehnvorgang I des Diagramms zu sehen sind treten auf, wenn der gedehnte Teigstrang nicht vollständig abreist und weiterhin einen Widerstand an die Messdose liefert. In diesem Fall wird geschätzt, bei welcher Stelle die Kurve die X-Achse im Normalfall schneiden würde.**

**X-Achse:  
Einteilung in cm**

Ziel dieser Untersuchungsmethode ist es festzustellen, welchen Einfluss der in das Zuguswasser eingebrachte Sauerstoff auf die Kurvenform im Extensogramm nimmt.

Mit Hilfe der Daten, die das EDV-Programm nach dem Messvorgang errechnet, können theoretisch Tabellen zur besseren Veranschaulichung der ermittelten Werte erstellt werden. Da die entstandenen Kurven jedoch teilweise Unregelmäßigkeiten in der Kurvenform besitzen (siehe Abbildung 9), können diese Daten nicht zur Auswertung herangezogen werden. Solche Unregelmäßigkeiten entstehen, wenn der Teigstrang am Ende des Dehnvorgangs nicht vollständig abreist. Tritt dies ein, wird die Fläche, die die Kurve beschreibt, verfälscht. Beispielsweise errechnet sich die Energie aus der Fläche der Kurve in  $\text{cm}^2$ .

Um dennoch einen Einfluss des in das Zugusswasser eingebrachten Sauerstoffs darstellen zu können, sind die ermittelten Extensogramm-Kurven im weiteren Verlauf dargestellt. Es werden Extensogramme der Teige mit 100 ppm, 50 ppm, 20 ppm sowie ohne Asc ermittelt. Diese Versuchsreihenfolge wird einmal mit Sauerstoffeintrag durchgeführt, einmal ohne.

Um einen Einfluss des Sauerstoffs auf die Kurvenform darzustellen, werden die Extensogramm-Kurven der Knetung mit Sauerstoffeintrag und der ohne Sauerstoffeintrag gegenübergestellt.

## 6.4.2 Ergebnisdarstellung der Extensographauswertung

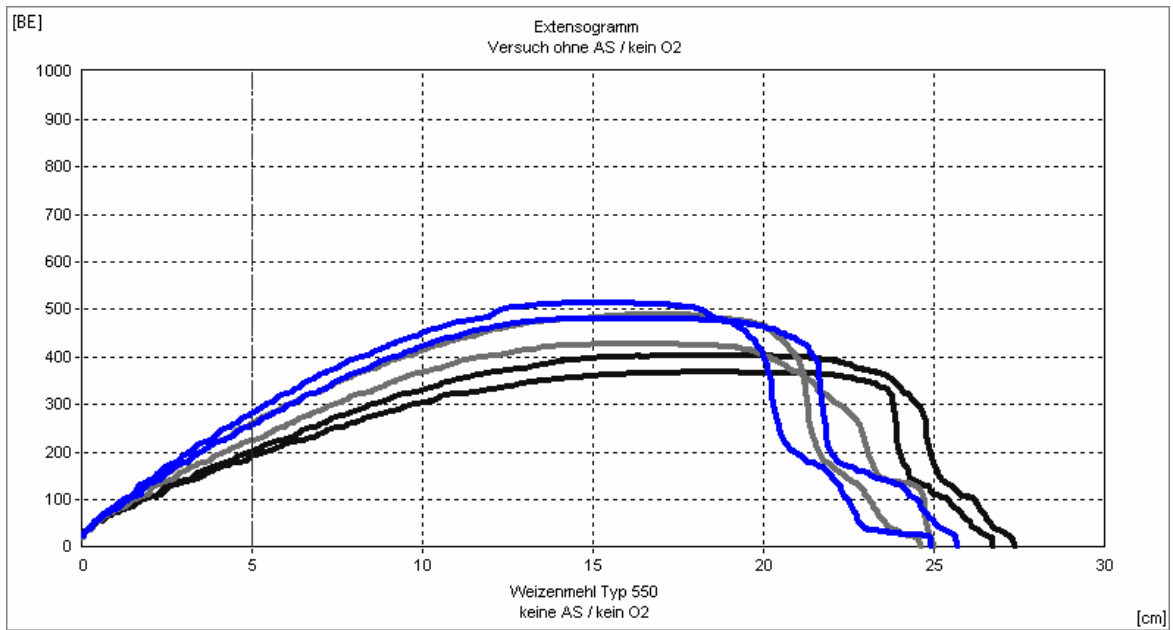


Abbildung 9 Versuch ohne Asc / ohne O<sub>2</sub>

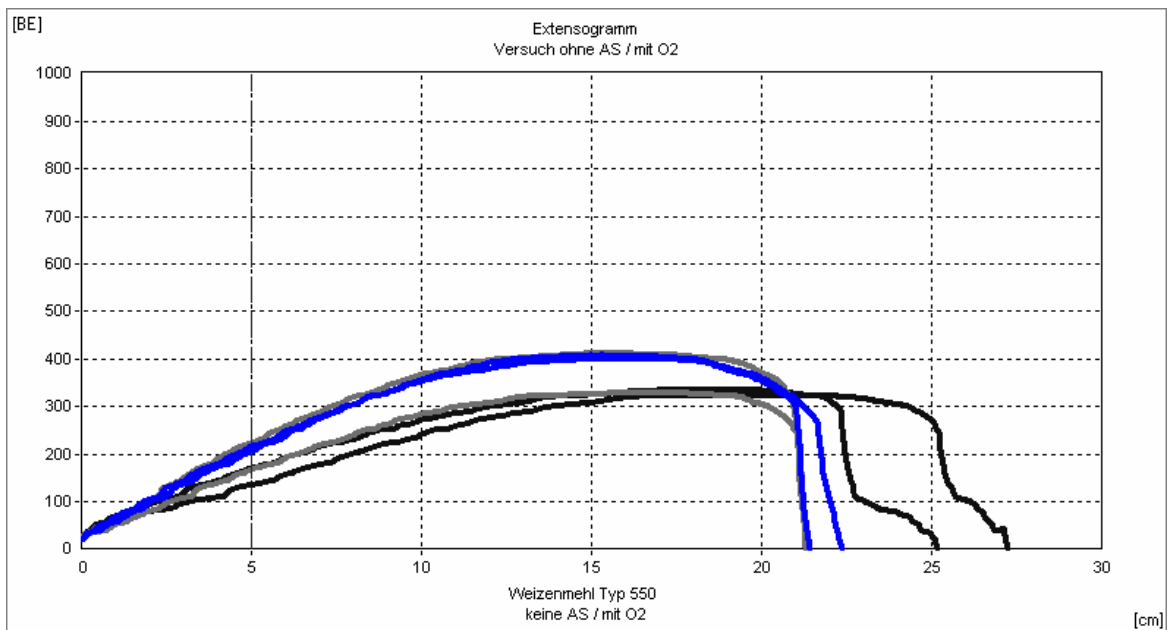


Abbildung 10 Versuch ohne Asc / mit O<sub>2</sub>

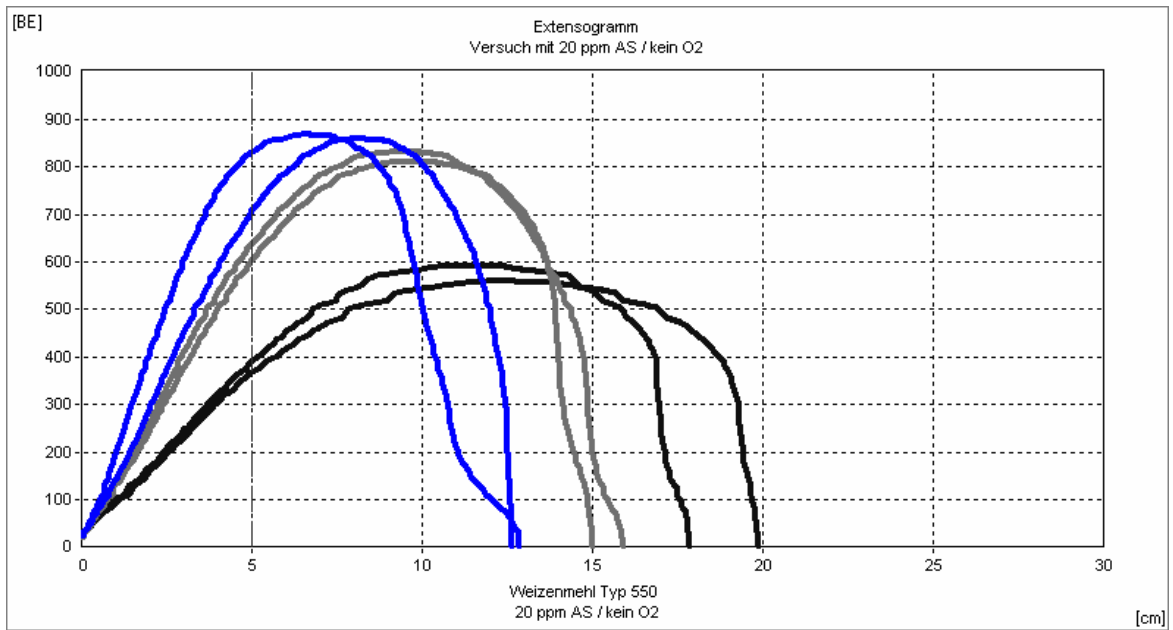


Abbildung 11 Versuch mit 20 ppm Asc / ohne O<sub>2</sub>

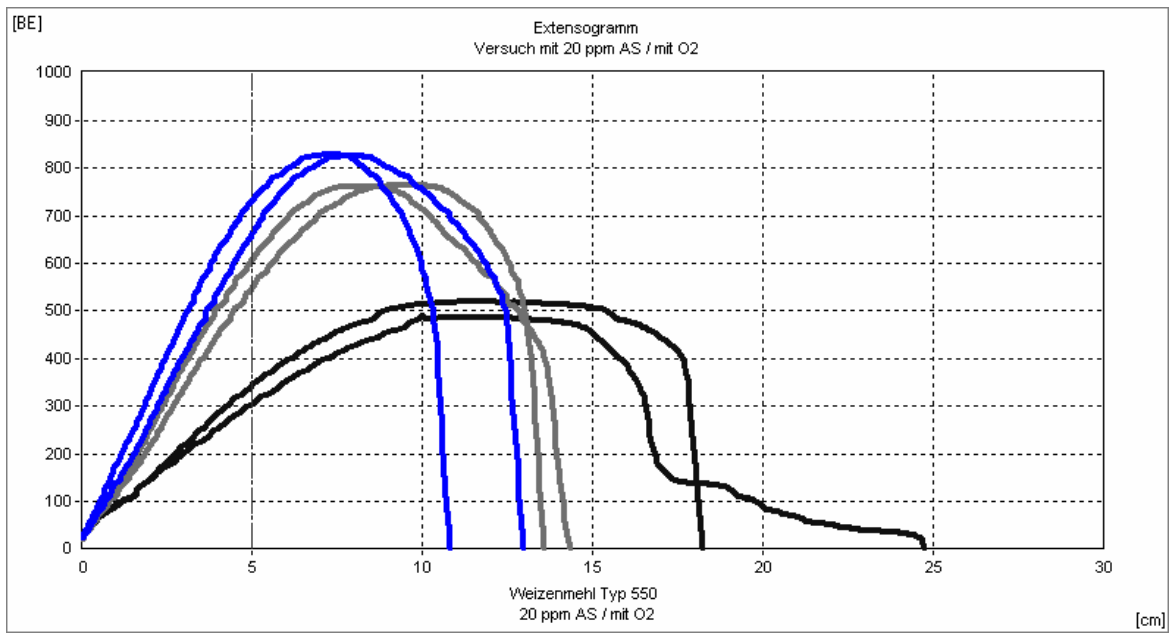


Abbildung 12 Versuch mit 20 ppm / mit O<sub>2</sub>

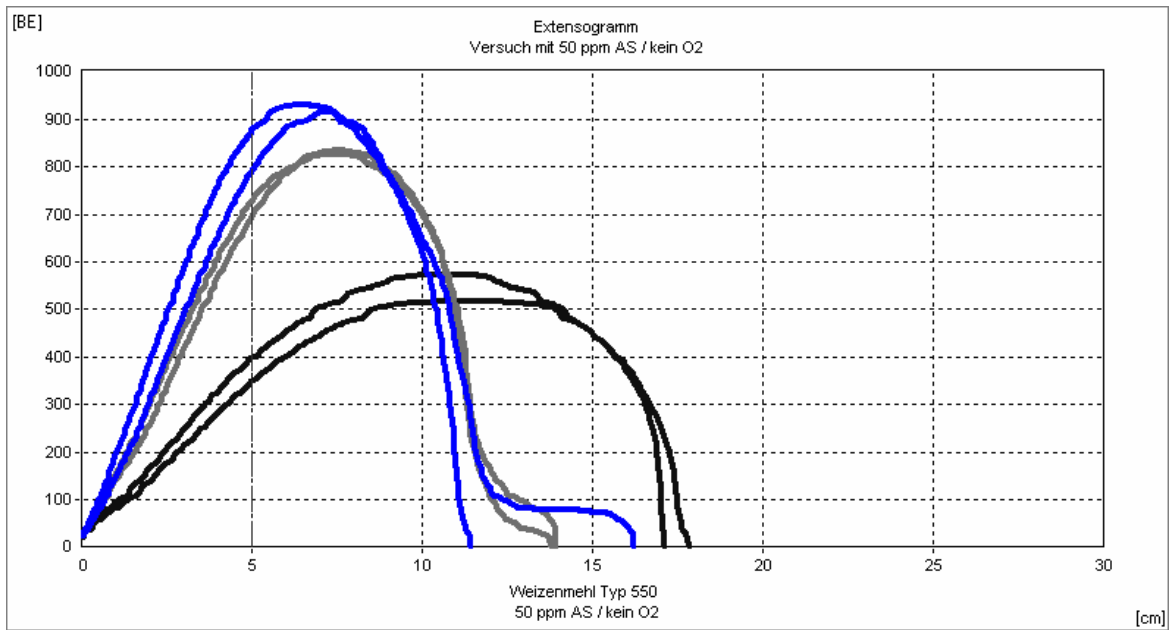


Abbildung 13 Versuch mit 50 ppm Asc / ohne O<sub>2</sub>

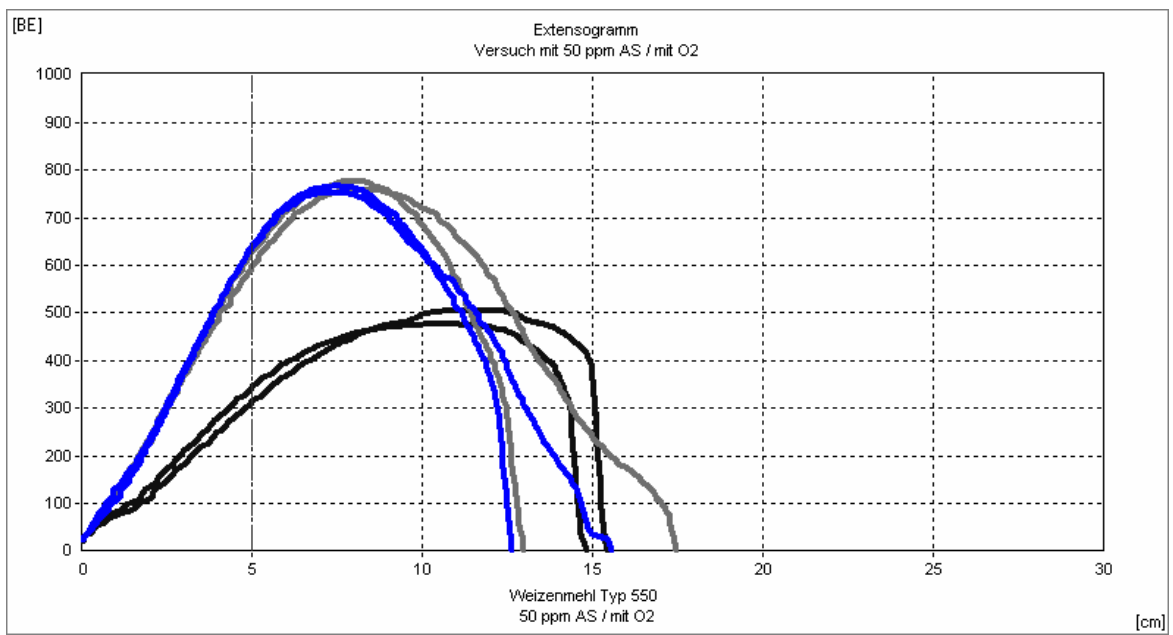


Abbildung 14 Versuch mit 50 ppm Asc / mit O<sub>2</sub>

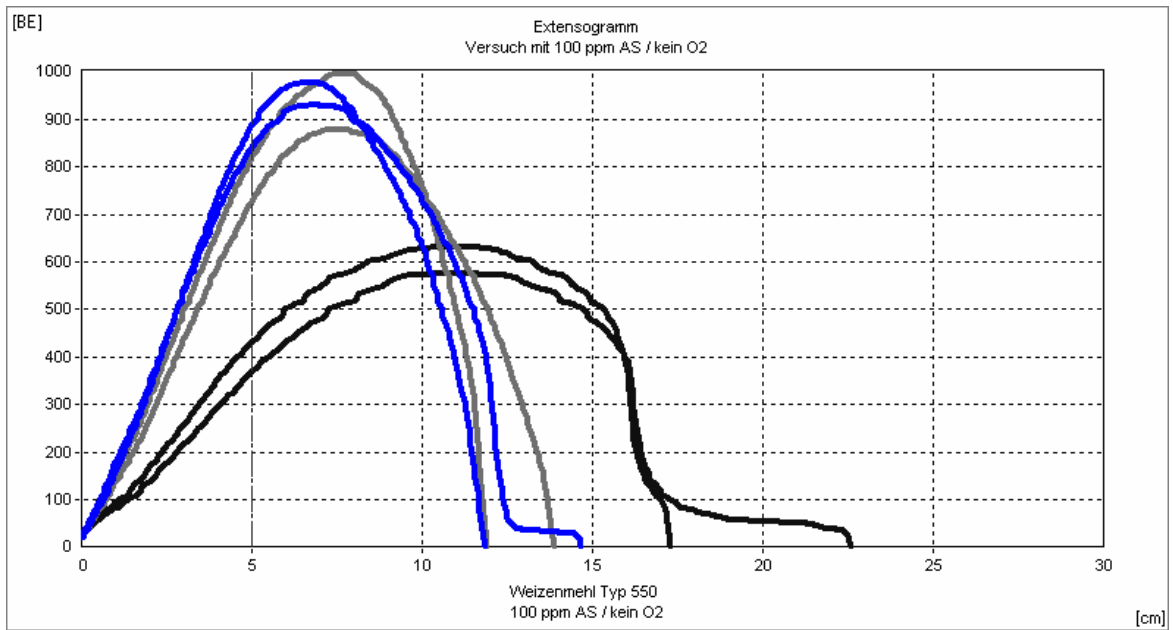


Abbildung 15 Versuch mit 100 ppm Asc / ohne O<sub>2</sub>

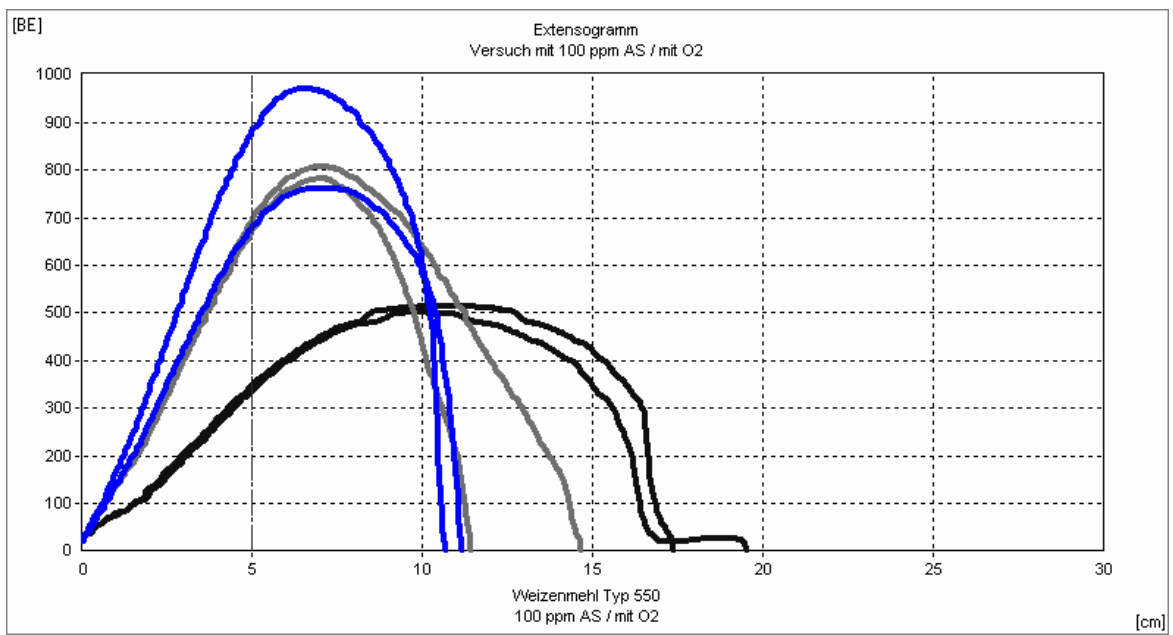


Abbildung 16 Versuch mit 100 ppm Asc / mit O<sub>2</sub>

Die Extensogramm-Kurven zeigen keine Steigerung des Dehnwiderstandes auf. Auch die erhöhte Dehnbarkeit, die Lösche in seiner Arbeit „Beeinflussung der plastischen bzw. elastischen Eigenschaften bei der Teigbereitung“ (Vgl.7) mit der direkten Injektion des Sauerstoffes in den Knetkessel feststellen konnte, werden mit der Art des Sauerstoffeintrages, die in der vorliegenden Arbeit beschrieben wird, nicht erreicht.

Die Diagrammkurven, welche die Teige bezeichnen, die mit Zugusswasser hergestellt wurden, das mit Sauerstoff „vorbehandelt“ wurde, weisen einen leichten Abfall des Dehnwiderstandes auf. Die Energie dieser Teige ist bei allen Kurven geringer, als die Energie der Teige welche ohne Sauerstoffeintrag in das Wasser hergestellt wurden. Die Veränderungen sind so gering, dass sich auch sensorisch, also beim „Anfassen“ der Teige, keine Unterschiede feststellen lassen.

Die These, dass Asc durch den Eintrag von Sauerstoff in das Zugusswasser quantitativ vollständig in die reaktive DHAsc umgewandelt werden kann, ist in Anbetracht dieser Auswertung als kritisch zu bewerten. Offenbar führen andere chemische Prozesse zu einer Wirkungsweise wie sie so nicht beschrieben werden kann.

#### **6.4.3 Extensogramme mit verkürzter Garzeit**

Da der Asc-Reaktion eine gewisse Zeitabhängigkeit zugeschrieben wird, soll die Versuchsreihe mit kürzeren Garzeiten zwischen den Dehnversuchen durchgeführt werden, um eine mögliche vorzeitige Reaktion der Asc aufzeigen. Die Gärzeiten zwischen den drei Dehnversuchen werden dabei auf 15, 30 und 45 min eingestellt. Die Wassertemperatur beträgt 5 °C. Es wird 50 ppm Asc zudosiert. Der Versuche mit Sauerstoffeintrag ist dem ohne Sauerstoffeintrag gegenübergestellt.

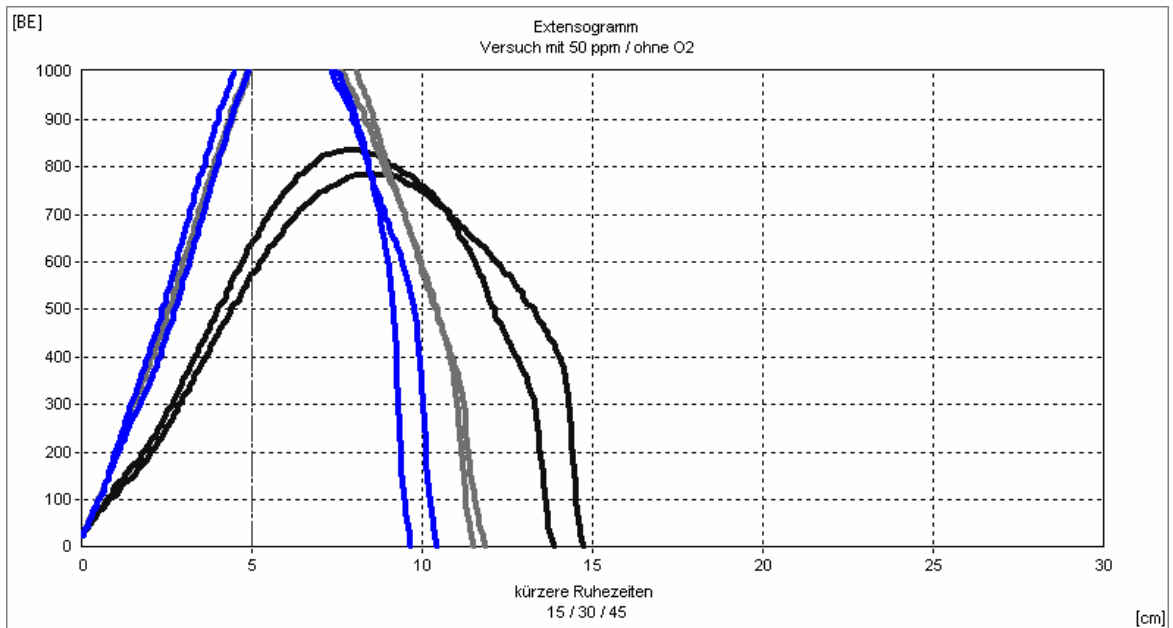


Abbildung 17 Versuch mit 50 ppm Asc / ohne O2 / Gärzeit 15;30;45

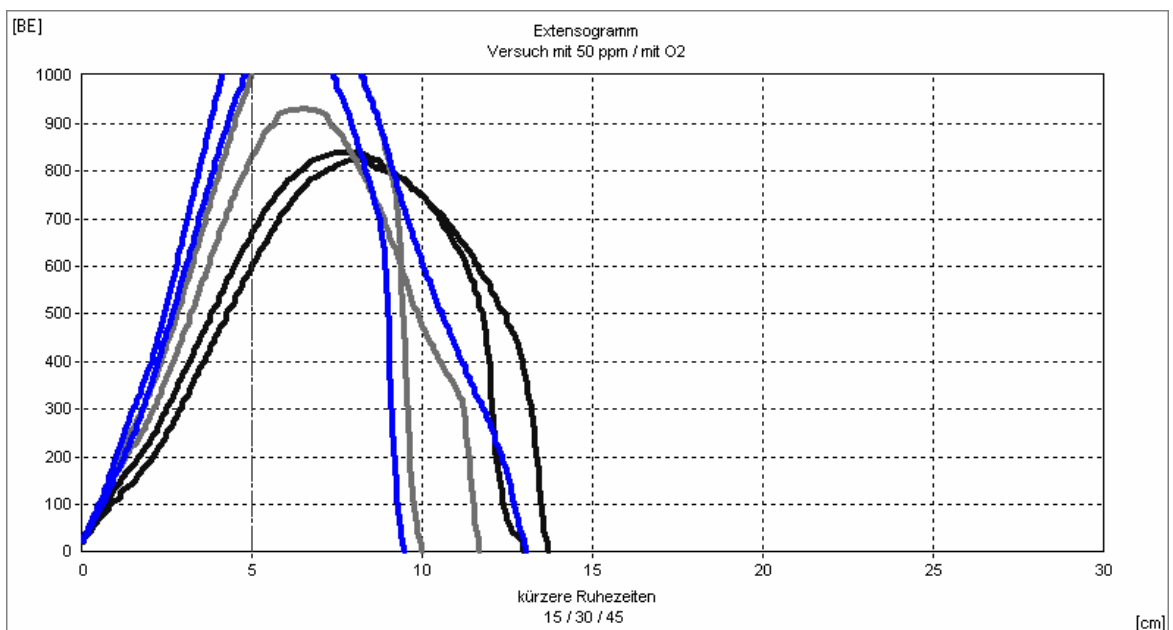


Abbildung 18 Versuch mit 50 ppm Asc / mit O2 / Gärzeit 15;30;45

Bei den Versuchen mit kürzeren Verweilzeiten in der Extensograph-Gärkammer kann kein nennenswerter Unterschied der Diagramme festgestellt werden. Die Extensogramm-Kurven des Versuches mit Sauerstoffeintrag zeigen wie bei den vorhergehenden Untersuchungen mit längerer Gärzeit etwas geringere Werte im Bezug auf Dehnwiderstand, Dehnbarkeit und Energie im Vergleich zu den Kurven der Teige die ohne Sauerstoffeintrag hergestellt wurden auf.



#### 6.4.4 Extensogramme mit ascorbinsäurehaltigem Mehl (15 ppm)

Da bei der beschriebenen Art des Sauerstoffeintrages in das Schüttwasser in Verbindung mit der in das Wasser dosierten Asc keine signifikante Veränderung der Extensogramm-Kurven eintritt, wird handelsübliches Weizenmehl vom Typ 550 (Asc-Gehalt 15 ppm) für die Untersuchung herangezogen. Das Zugusswasser wird wie zuvor mit 50 ppm Sauerstoff angereichert und für die Teigherstellung eingesetzt. Das Intervall der Dehnversuche wird auf 20 min festgelegt, d.h. die Dehnversuche erfolgen nach 20, 40 und 60 min. In Abbildung 21 und 22 sind die Kurven gegenübergestellt.

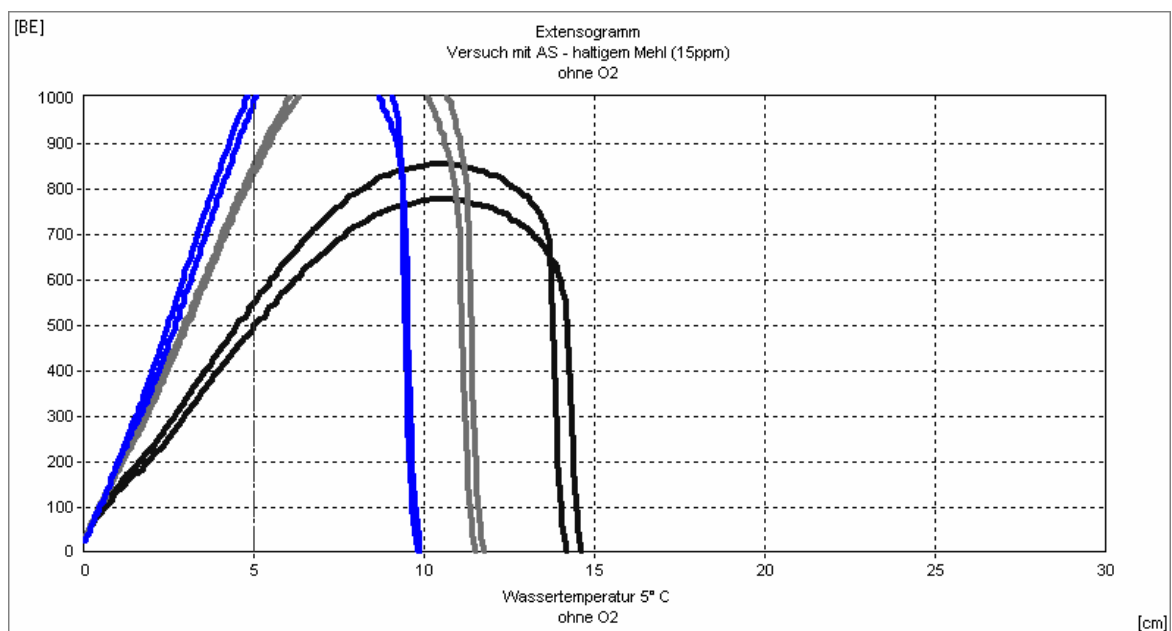


Abbildung 19 Versuch mit asc-haltigem WM, 15 ppm Asc / ohne O<sub>2</sub>

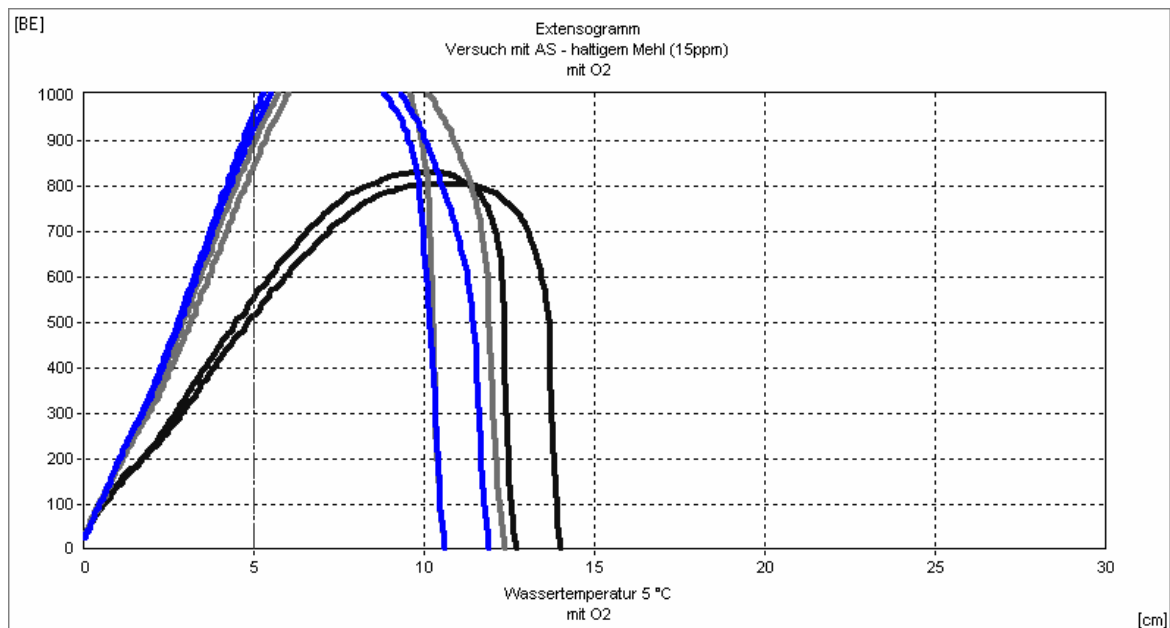


Abbildung 20 Versuch mit asc-haltigem WM, 15 ppm Asc / mit O<sub>2</sub>

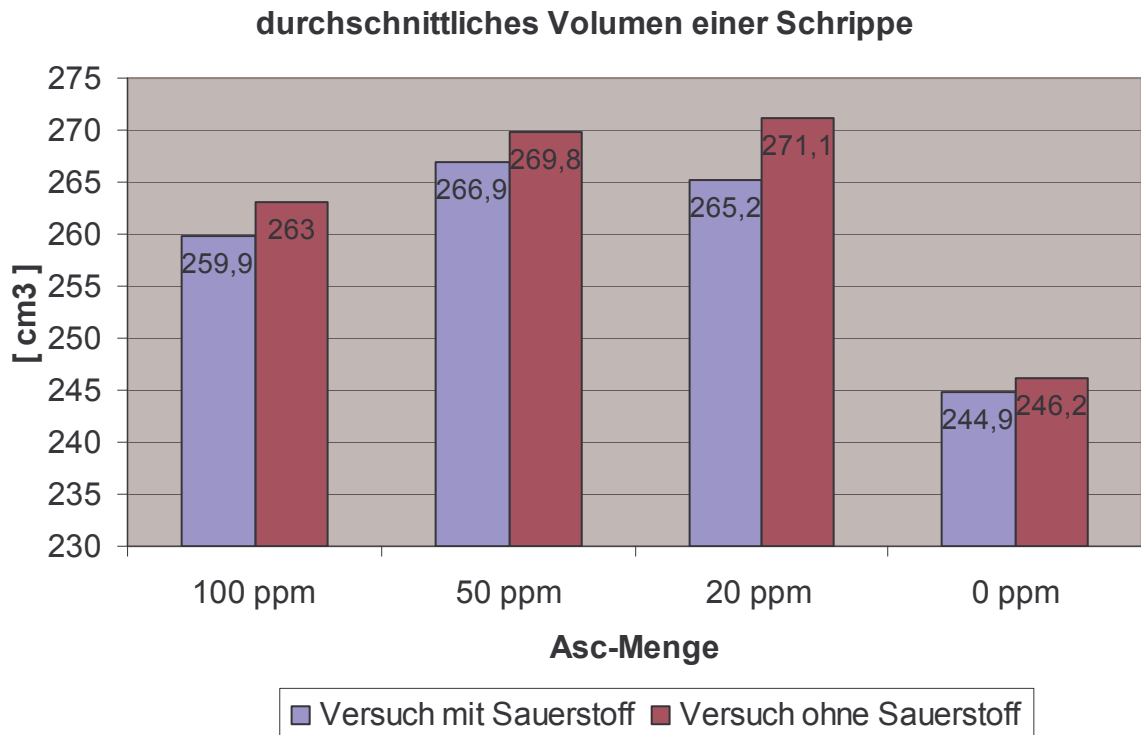
Auch bei dieser Versuchsreihe kommt es zu keiner Veränderung der Kurveneigenschaften. Beide Diagramme sind nahezu identisch. Der Kurvenverlauf verhält sich wie bei allen zuvor aufgezeigten Diagrammen. In keinem Fall kann von einer Steigerung der Energie, des Dehnwiderstandes oder der Dehnbarkeit gesprochen werden, als dass sie für teigrheologische Eigenschaften im Sinne der Problemstellung der vorliegenden Arbeit von Bedeutung wären.

## 6.5 Auswertung des Gebäckvolumens

Von den acht durchgeführten Backversuchen wird jeweils das Gebäckvolumen zur Auswertung herangezogen. Im Zuge der Untersuchung wurde das spezifische Gewicht einer Schrippe sowie der Backverlust ermittelt. Die erhaltenen Werte weisen jedoch in keinem Fall auf eine Einflussnahme des Sauerstoffes hin. Sie liegen in einem Bereich der keine signifikante Abweichung der Versuche untereinander aufzeigt. Aus diesem Grund wird nur das Gebäckvolumen in der Ergebnisdarstellung aufgeführt. Die Darstellung des Gebäckvolumens wird gewählt, da die Werte eine gewisse Synergie mit den in 6.4 beschriebenen Extensogramm-Kurven aufweisen.

Das Gebäckvolumen wird nach der Verdrängungsmethode mit Rapssamen ermittelt.

Das in Abbildung 23 dargestellte Gebäckvolumen bezieht sich auf das durchschnittliche Volumen einer Schrippe. Der Mittelwert wird aus dem Volumen von 30 Schrippen errechnet.



**Abbildung 21 durchschnittliches Volumen einer Schrippe**

Der Versuch ohne Sauerstoff mit 20 ppm Asc erzielt das größte Gebäckvolumen. Auffällig ist, dass der Versuch mit Sauerstoff bei 50 ppm Asc ein höheres Volumen erzielt, als der Versuch mit Sauerstoff und 20 ppm Asc. Damit fällt er aus der Reihe, da sich das Volumen von 100 bis 20 ppm Asc gleichmäßig erhöht. Der Versuch ohne Asc zeigt erwartungsgemäß das niedrigste Volumen auf. Interessant ist, dass bei 20 ppm Asc eine optimale Menge an Asc im Bezug auf das Volumen gefunden wurde, wenn man bedenkt, dass die Praxis oft zu Asc-haltigen Mehlen noch Asc-haltige Backmittel zusetzt und somit der Asc-Gehalt deutlich über 20 ppm im Teig ansteigt. Der Zusatz von 100 ppm muss im Fall dieser Auswertung als überdosiert angesehen werden, da das Volumen im Vergleich zu 50 und 20 ppm abnimmt.

Dem Gebäckvolumen der Versuche mit Sauerstoffeintrag ist zu entnehmen, dass analog zu den Extensogramm-Kurven ein leichter Abfall der elastischen und plastischen Teigeigenschaften erfolgt, der offenbar aus dem Sauerstoffeintrag in das Schüttwasser resultiert. Das Klebergerüst weist demnach einen leichten Abfall der Stabilität auf, was an den geringeren Volumina der Sauerstoffversuche deutlich wird.

## 6.6 Auswertung der Zylinderstandversuche

Bei der Auswertung der Zylinderstandversuche werden ebenfalls die Versuche mit Sauerstoffeintrag sowie ohne Sauerstoffeintrag zur besseren Veranschaulichung gegenübergestellt. Ein Diagramm steht jeweils für die untersuchte Asc-Menge.

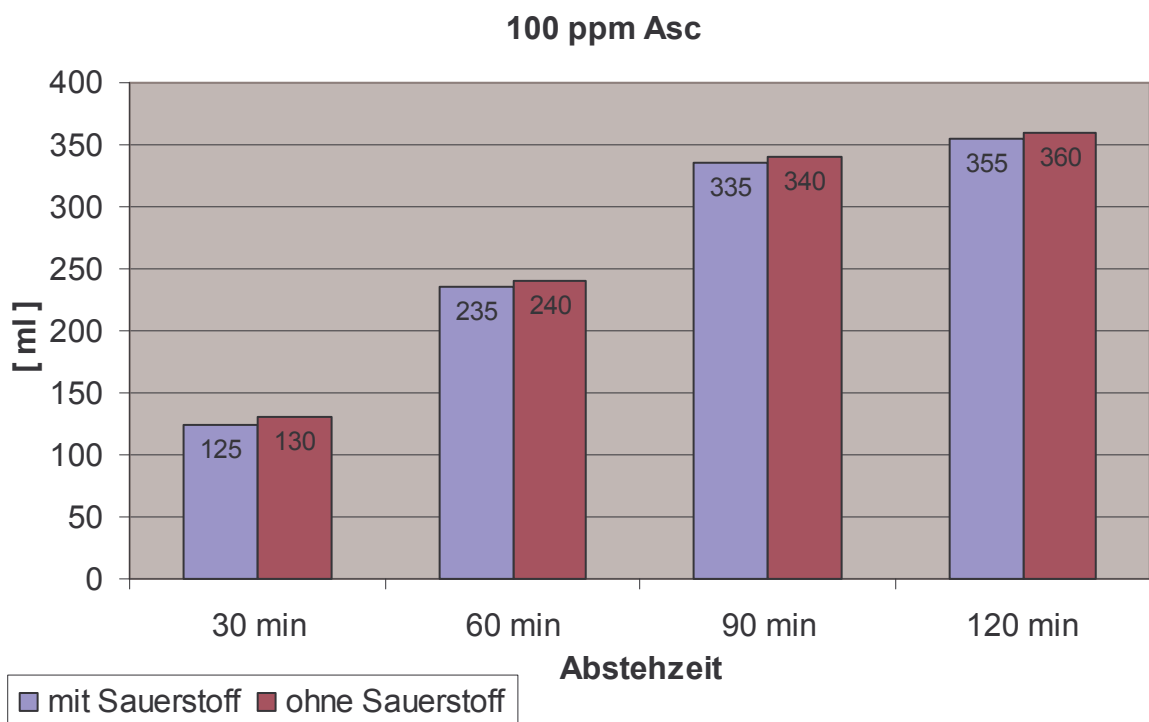


Abbildung 22 Zylinderstandversuch mit 100 ppm Asc

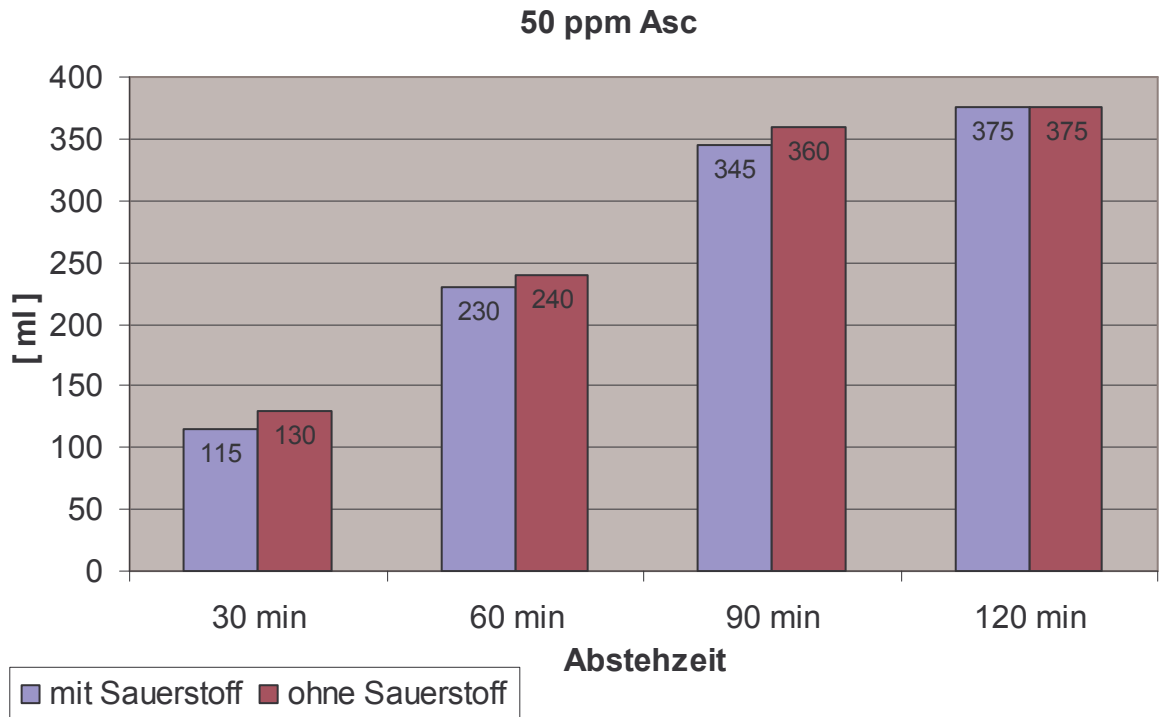


Abbildung 23 Zylinderstandversuch mit 50 ppm Asc

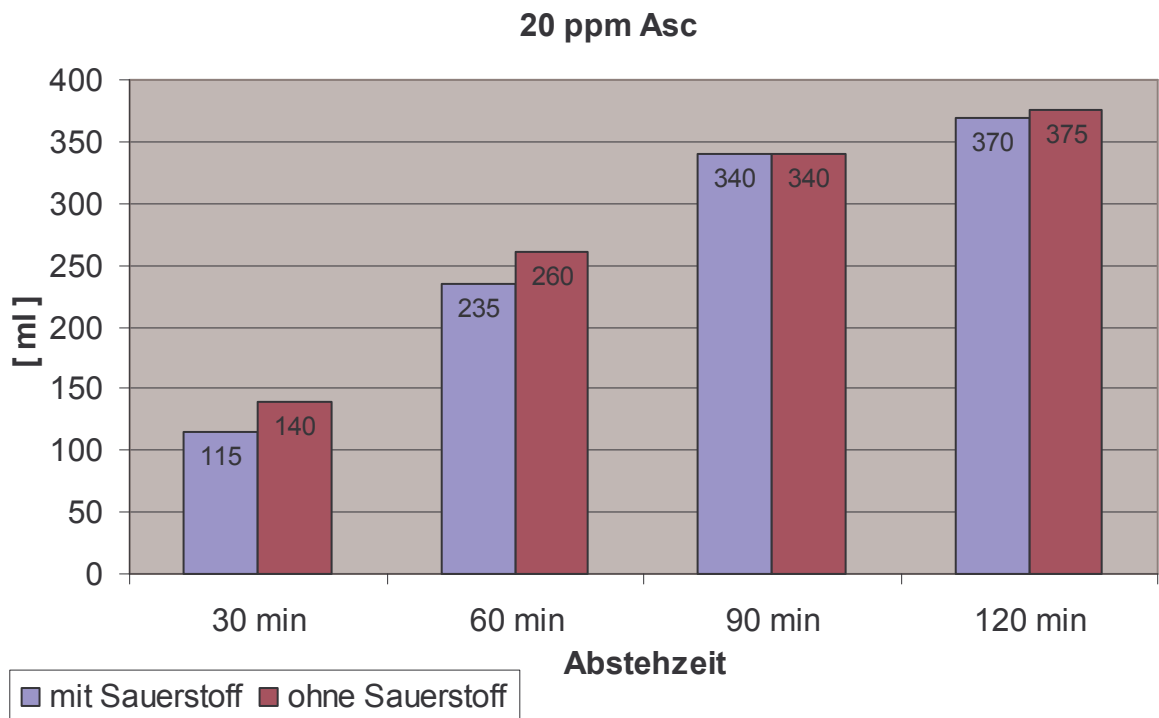


Abbildung 24 Zylinderstandversuch mit 20 ppm Asc

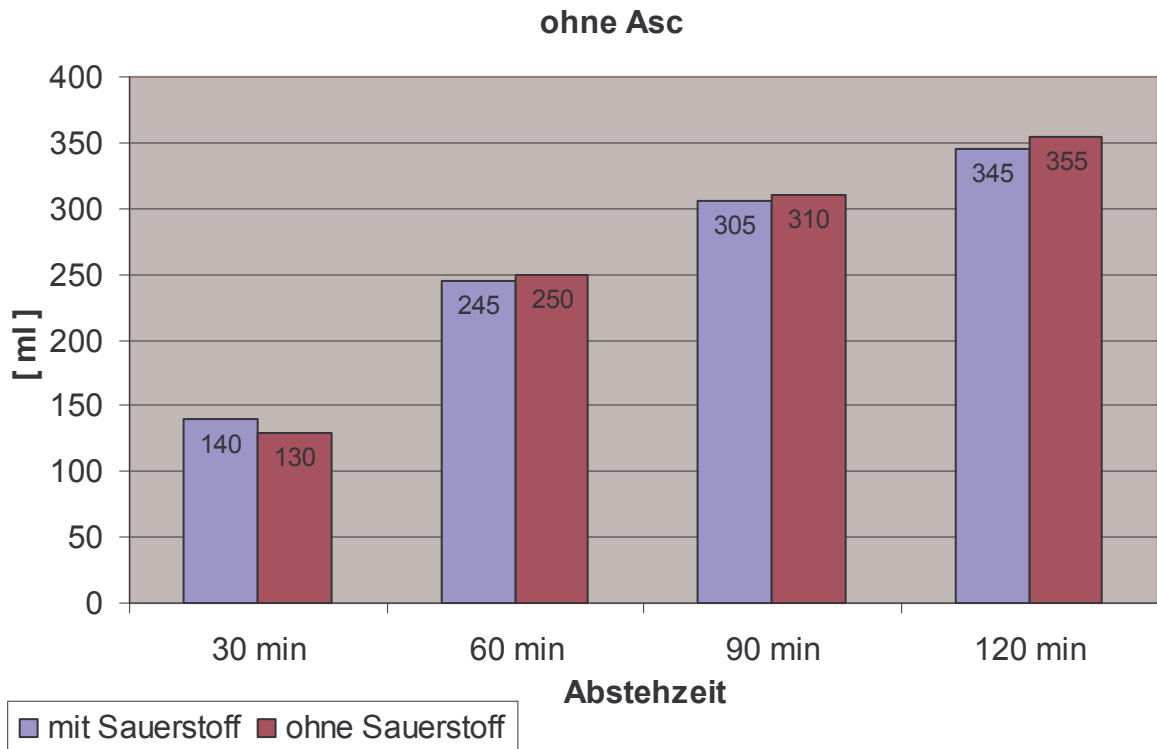


Abbildung 25 Zylinderstandversuch ohne Asc

Die Diagramme zeigen auf, dass durch den Sauerstoffeintrag in das Schüttwasser der Teige keine Verbesserung der Stabilität im Zylinderstandversuch erreicht werden kann. Auch diese Auswertung unterstreicht den eher negativen Effekt, der bei einer direkten Sauerstoffzufuhr in Asc-haltiges Wasser, auf die Teigeigenschaften erreicht wird.

## 7.0 Fazit

### **7.1 Erkenntnisse**

Der Versuch, Leitungswasser für die Teigbereitung bzw. destilliertes Wasser für die Untersuchungsmethoden im Farinograph, bzw. Extensograph mit Sauerstoff anzureichern, kann als erfolgreich angesehen werden. Unter den gegebenen Bedingungen ohne Druck und luftdichten Verschluss des EMK beim Einbringen des Sauerstoffes können bis zu 70 ppm Sauerstoff auf dem Messgerät abgelesen werden. Dieser Gehalt liegt weit über dem durchschnittlich in Leitungswasser

vorhandenen Sauerstoffgehalt von ca. 7 ppm. Um unter diesen Bedingungen einen solchen Sauerstoffgehalt zu realisieren, muss die Wassertemperatur jedoch bei ca. 0°C liegen. Hier stellt sich die Frage, ob die kalte Schüttwassertemperatur die Teigentwicklung negativ beeinflusst bzw. verlangsamt, was den positiven Effekt des Sauerstoffes auf die Wirkungsweise der Asc wieder aufwiegen könnte.

Auch die Versuche über die Gashaltfähigkeit des angereicherten Wassers sprechen dafür, dass der eingebrachte Sauerstoff auch bei Erschütterung bzw. dem Zugießen des Wassers in den Knetkessel weitgehend erhalten bleibt. Bei einem Anfangsgehalt von 70 ppm lagen die Sauerstoffgehalte nach zweimaligem Umschütten und 10 min Abstezeit immer noch bei ca. 50 – 60 ppm.

Die Untersuchungen auf dem Extensographen zeigen jedoch keine Verbesserung der Teigeigenschaften auf. Die plastischen und elastischen Teigeigenschaften liegen in allen Fällen unter den Werten der Vergleichsteige. Die Energie, die die Fläche unter der Diagrammkurve beschreibt, liegt bei den Sauerstoff-Versuchen überwiegend unter den Werten der Vergleichsteige. Auch die Extensogramme die mit Asc-haltigem Mehl hergestellt werden, zeigen keine signifikante Veränderung bei Verwendung des „Sauerstoffwassers“ auf. Der Kurvenumfang ist ebenfalls minimal geringer als der des Vergleichsteiges.

Die Ergebnisse bei den Backversuchen und den Zylinderstandversuchen unterstreichen diese Feststellung zusätzlich. Sowohl das Gebäckvolumen, als auch die Gärkraft im Zylinderstandrohr ist bei allen Sauerstoff-Versuchen minimal unter den Werten der Referenzteige ohne Sauerstoffeintrag im Zugusswasser.

## **7.2 Schlussfolgerungen**

Die Ergebnisse der Versuchsreihen zeigen auf, dass ein Eintrag von Sauerstoff in Asc-haltiges Zugusswasser keinen positiven Einfluss auf die Teigeigenschaften hat. Offenbar kommt es zu keiner beschleunigenden Wirkung der Reduktion von Asc zur reaktiven DHAsc. Möglicherweise liegt bei der direkten Zufuhr von Sauerstoff in Asc-haltiges Wasser eine andere chemische Wirkungsweise zu

Grunde. In einem persönlichen Gespräch mit Herrn Prof. Dr. Lösche benannte er eine mögliche Überoxidation hin zu einer Cysteinsäure. (Vgl. 11) Dies würde dem eher rückläufigen Effekt der Versuchsergebnisse nahe liegen, da die Aminosäure Cystein eine Umstrukturierung der Kleberproteine zur Folge hat, die eher zu fließenden Teigeigenschaften führt. Ein weiterer Faktor, der die Teigentwicklung stark beeinflusst, ist die Schüttwassertemperatur, die bei den Versuchsreihen auf Grund der besseren Gashaltbarkeit mit 5 °C sehr niedrig gehalten wurde.

Um die grundlegende Frage zu klären, wie sich die Asc in flüssigem Medium verhält, in welches Sauerstoff eingetragen wird, müsste ein quantitativer analytischer Nachweis der Asc bzw. der DHAsc im mit Sauerstoff angereicherten Zugusswasser durchgeführt werden.

## 8.0 Zusammenfassung

### **8.1 deutsche Abfassung**

Um die Produktqualität von Weizenkleingebäck aller Art zu optimieren, steht dem Hersteller von Backwaren eine Vielzahl von Beeinflussungsmöglichkeiten zur Verfügung. Sei es durch den Zusatz entsprechender Additive oder über den verfahrenstechnischen Weg der Teigherstellung und Verarbeitung. In beiden Fällen forschen Institute für Getreideverarbeitung und andere Institutionen der Bäckereitechnologie nach Wegen der Produktoptimierung. Eine Variante, die sowohl auf die Verfahrenstechnik, als auch auf die chemische Wirkungsweise eines Backmittels Einfluss nimmt, ist die im Institut für Lebensmitteltechnologie im Bremerhaven von Herrn Prof. Dr. Lösche durchgeführte Teigknetung mit Sauerstoffinjektion nach Abschluss der Mischphase der Zutaten. Im Zusammenhang mit der Zugabe von Ascorbinsäure zum Weizenteig, wird eine starke Beeinflussung der rheologischen Eigenschaften eines Weizenteiges festgestellt, da der Sauerstoff die Wirkungsweise der Ascorbinsäure signifikant beeinflusst. Da bei dieser Art des Sauerstoffeintrages gewisse Sicherheitsvorkehrungen aufgrund der Explosionsgefahr durch erhöhten



Sauerstoffpartialdruck unabdingbar sind, wird in der vorliegenden Arbeit das Experiment durchgeführt, den Sauerstoff direkt in das Zugusswasser des Teiges einzutragen. Da die Ascorbinsäurereaktion stark vom Sauerstoffgehalt abhängig ist, wird die Ascorbinsäure in das Zugusswasser dosiert, welches mit Sauerstoff angereichert und später zur Teigherstellung verwendet wird.

Im Vorfeld wird destilliertes Wasser für die teigrheologischen und Leitungswasser für die backtechnischen Untersuchungen auf die Gashaltbarkeit von Sauerstoff untersucht. Es wird festgestellt, dass die Aufnahme- und Gashaltbarkeit stark von der Wassertemperatur abhängig sind.

Im Zuge der Untersuchungen werden Teige mit verschiedenen Ascorbinsäuremengen sowie mit und ohne Sauerstoffeintrag in das Schüttwasser hergestellt und die resultierenden Teigeigenschaften auf dem Extensograph sowie im Backversuch und im Zylinderstandversuch ermittelt.

Es wird festgestellt, dass die Art des Sauerstoffeintrages wie sie in der vorliegenden Arbeit Anwendung findet, keinen positiven Einfluss auf die Teigeigenschaften nimmt. Beim Vergleich mit den Referenzteigen ohne Sauerstoffzufuhr zum Schüttwasser, zeigt sich eine Abnahme der erwünschten Teigeigenschaften im Extensograph. Die Zunahme des Dehnwiderstandes bei gleichzeitiger Steigerung der Dehnbarkeit, wie sie Lösche bei seinen Untersuchungen feststellte (7), kann mit der Art der Sauerstoffzufuhr wie sie in der vorliegenden Arbeit diskutiert wird, nicht erreicht werden. Auch das Gebäckvolumen zeigt eine leichte Abnahme bei Sauerstoffzufuhr auf. Die Werte der Zylinderstandversuche unterstreichen die negativen Auswirkungen des Verfahrens.

Eine Erklärung für die verminderte Teigrheologie kann zu diesem Zeitpunkt nicht gegeben werden. Um das chemische Verhalten der Ascorbinsäure im flüssigen Medium unter Sauerstoffzufuhr genauer zu verstehen, müssen weitere Untersuchungen angestellt werden, die die Ascorbinsäurereaktion unter diesen Bedingungen kennzeichnen.

## 8.2 English Summary

In order to optimize the product quality of wheat small pastry of all kinds, a multiplicity of influence possibilities is at the disposal to the manufacturer of baking goods. This can be realized by the additive of appropriate additives or over the process engineering way of the paste production and processing. In both cases, institutes for grain processing and other institutions of the bakery technology research for ways of product optimization. A variant, which exerts both on process engineering and on the chemical impact of baking additive influence, is the accomplished paste kneading with oxygen injection after conclusion of the merge phase added from Prof. Dr. Lösche of the Institute for food technology in Bremerhaven. In connection with the addition from ascorbic acid to the wheat paste a strong influence of the rheologic characteristics of wheat paste is determined, since the oxygen affects the impact of the ascorbic acid significantly. With this kind of the oxygen entry, certain safety precautions are indispensable due to the danger of explosion by increased oxygen partial pressure. In the available work, the experiment is accomplished to register the oxygen directly into the moistener of the paste. Since the ascorbic acid reaction is strongly dependent on the oxygen content, the ascorbic acid is enriched into the moistener, proportioned with oxygen and used later for the paste production.

In the apron distilled water is used for the paste-rheologic and tap water is used for the bake-technical investigations on gas retaining ability by oxygen. It is determined that gas retaining ability is strongly dependent from the water temperature. In the course of the investigations, pastes with different ascorbic acid quantities as well as with and without oxygen entry are manufactured into the pouring water and the resulting paste characteristics on the Extensograph as well as in the baking attempt and in the cylinder condition attempt are determined. It is stated that the kind of the oxygen entry does not have a positive influence on the paste characteristics in the available work. The comparison with the reference pastes without oxygenation to the pouring water, shows an acceptance of the desired paste characteristics in the Extensograph. The increase of the extension resistance with simultaneous increase of the elasticity, as Lösche has shown in his

investigations, cannot be reached with the kind of the oxygenation used in the available work. Also the pastry volume points out a small decrease with oxygenation. The values of the cylinder condition attempts underline the negative effects of the procedure. An explanation for the decreased paste rheology cannot be given at this time. In order to understand the chemical behaviours of the ascorbic acid under oxygenation in liquid medium, further investigations must be undertaken to characterize the ascorbic acid reaction under these conditions.

## 9.0 Literaturverzeichnis

- 1. <http://de.wikipedia.org/wiki/Ascorbins%C3%A4ure> / Stand: 28.09.05
- 2. Brot und Backwaren 9/2002, Artikel Rubrik Nachrichten aus der Branche, S. 10
- 3. Einsatz und Wirkungsweise von Ascorbinsäure bei der Herstellung von Brot und Backwaren. ( Aufsatz ) Prof. Dr. Lösche
- 4. Mechanismus der Ascorbinsäurewirkung, W. Grosch, Garching, Getreide Mehl und Brot 52 (1998) 5
- 5. Chemische und Biochemische Reaktionen der L - Ascorbinsäure in Weizenmehlen zur Interpretation Ihrer backverbessernden Wirkung, Heike Lieb, Dissertation
- 6. Erfahrungen mit modifizierten Knetverfahren, Prof. Dr. Lösche, Bremerhaven
- 7. Beeinflussung der plastischen und elastischen Eigenschaften bei der Teigbereitung, Aufsatz von Prof. Dr. Lösche
- 8. Analytik - Unterlagen, Axel Juretko (Fachlehrer)
- 9. Standardmethoden, Arbeitsgemeinschaft für Getreideforschung, 6 Auflage
- 10. Persönliches Abschlussgespräch mit dem Institut-Leiter Herrn Prof. Dr. Lösche über das Praktikum im Institut

## Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Jan Ronniger, dass ich die vorliegende Technikerarbeit selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe.

Berlin, 9. Juli 2006

Jan Ronniger

## Danksagung

Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Lösche für die Ermöglichung des Praktikums und für die Unterstützung und Hilfestellung bei der Erstellung dieser Arbeit danken.

Mein Dank gilt ebenfalls dem Institut für Lebensmitteltechnologie und Bioverfahrenstechnik im Bremerhaven.

Danken möchte ich auch allen Mitarbeitern des Institutes Frau Iris Auffarth und Herrn Christian Creutz sowie Herrn Thomas Park möchte ich für die Hilfestellung bei meinen Versuchsdurchführungen danken.

Für die organisatorische Hilfe möchte ich mich bei Herrn Peter Niehoff bedanken.

Für das Korrekturlesen möchte ich mich bei Frau Silke Häring bedanken.