



Bachelorarbeit

Analyse des Tiefkühlprozesses von Roggenmischbrot in
Hinblick auf Prozesssicherheit und Produktqualität

Datum: 31.01.2018

Verfasser: Sebastian Steinert

Betreuer: Prof. Dr. Peter Meurer

M. Sc. Hannes Damro

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2017-0706-4

Abstract

This paper focuses on the consideration and analysis of the deep chill process for rye bread that the business "Unser Heimatbäcker GmbH" uses when making their product. For this study, the foreign body control, as well as the storage condition, was examined for observance of the statutory provisions and requirements of the International Featured Standard (IFS). The determination of the proper freezing time was also studied in three variations. Each test was conducted at the lab and at the business with the resources and tools available. Product quality was determined using a texture analyzer. The functionality of the process was analyzed and measured allowing recommendations for improvement of product quality to be reported to the business.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AACC	American Association of Cereal Chemists
BRC	Global Standard for Food Safety
CCP	Critical Control Point
CP	Control Point
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
FCD	Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution
FE	Eisen
HDE	Handelsverband Deutschland
IFS	International Featured Standard
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
NFE	Nicht Eisenmetall
S	Stahl
SFB	Seitenfaltenbeutel
TK-	Tiefkühl-
VO	Verordnung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	- 6 -
2	Stand von Wissenschaft und Technik.....	- 7 -
2.1	International Featured Standard (IFS).....	- 7 -
2.2	Tiefgefrieren	- 9 -
2.2.1	Ziel des Tiefgefrierens.....	- 9 -
2.2.2	Vorgänge beim Tiefgefrieren und der Tiefgefrierlagerung.....	- 9 -
2.2.3	Bestimmungen im Tiefkühl-Bereich	- 11 -
2.3	Prozess der Alterung von Backwaren.....	- 12 -
3	Material und Methoden	- 13 -
3.1	Materialien.....	- 13 -
3.2	Mess- und Prüfmittel	- 14 -
3.3	Technische Anlagen	- 15 -
3.4	Methoden	- 16 -
3.4.1	Prozessbeschreibung „Verpackung“	- 16 -
3.4.2	Metallcheck	- 17 -
3.4.3	Gefrieren und Tiefgefrieren.....	- 18 -
3.4.4	Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit	- 19 -
3.4.5	Lagertest	- 22 -
3.4.6	Qualitätsbeurteilung	- 23 -
4	Ergebnisse.....	- 26 -
4.1	Metallcheck	- 26 -

4.2	Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit	- 27 -
4.2.1	Theoretische Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit	- 27 -
4.2.2	Praktische Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit	- 28 -
4.3	Lagertest	- 31 -
4.4	Qualitätsbeurteilung	- 34 -
5	Diskussion	- 45 -
6	Zusammenfassung	- 49 -
7	Literaturverzeichnis.....	- 50 -
8	Abbildungsverzeichnis	- 51 -
9	Tabellenverzeichnis.....	- 54 -
10	Formelverzeichnis	- 54 -
11	Anhang	- 55 -

1 Einleitung

Thermodynamische Prozesse spielen bei der Verarbeitung und der Konservierung von Lebensmitteln eine zentrale Rolle. Durch diese werden einige Lebensmittel nicht nur erst genießbar, sondern sie ermöglichen auch eine längere Haltbarkeit der behandelten Produkte. Dabei zählt der Energieentzug in Form von Wärme zu der schonendsten Form der Lebensmittelkonservierung. Dieser Prozess wird allgemeingültig als „Tiefgefrieren“ bezeichnet. Die so behandelten Produkte zeichnen sich im Vergleich zu anderen Konservierungsmethoden, auch nach längeren Lagerzeiten, durch einen geringeren Verlust an Mineralstoffen, Nährstoffen und Vitaminen aus sowie durch vergleichbare Produkteigenschaften nach dem Konservieren wie vor dem Konservieren.

Obwohl das Unternehmen „Unser Heimatbäcker GmbH“ ein eher handwerklich orientierter Backbetrieb ist, stellt sich das Unternehmen den Anforderungen des Großhandels. Zu diesem Zweck ließ sich Anfang 2017 der Standort Pasewalk die Produktion von Brot für den Tiefkühlgroßhandel nach dem International Featured Standard (IFS) Food Version 6 zertifizieren. Zu diesem Zeitpunkt fand das Tiefgefrieren und Verpacken bei einem zertifizierten externen Anbieter statt. Jedoch beschloss die Unternehmensleitung in der zweiten Hälfte des Jahres 2017 diese Prozesse aus Kostengründen am Standort durchzuführen. Zu diesem Zweck werden zunächst die ausgekühlten Produkte frisch verpackt, auf metallische Fremdkörper kontrolliert und tiefgefroren. Das Tiefgefrieren erfolgt dabei im TK-Lager bei -22 °C und einer Dauer von sieben Tagen. Danach werden die Paletten mit dem Produkt für maximal zwei Wochen am Standort gelagert, bis sie entweder an die Großkunden ausgeliefert oder zu einem externen Dienstleister ausgelagert werden. Während der Lagerung kommt es dabei bauart- sowie prozessbedingt immer wieder zu Temperaturschwankungen innerhalb des TK-Lagers. Diese Schwankungen werden unter anderem durch den ungehinderten Luftaustausch durch das Öffnen der Türen zwischen TK-Lager und dem Produktionsraum ausgelöst.

Anfang 2018 muss sich das Unternehmen bei der Herstellung von Roggenmischbrot (500 g und 1000 g) erneut den Anforderungen der Zertifizierung nach IFS Food Version 6 stellen. Dazu ist es notwendig, dass der komplette Prozess auf Einhaltung gesetzlicher Vorgaben überprüft sowie dessen Funktionalität verifiziert und validiert werden muss. Ferner ist das Unternehmen stetig bemüht die Qualität der Produkte zu verbessern und Prozesse zu optimieren, um somit gleichzeitig Risiken zu reduzieren und die Lebensmittelsicherheit zu erhöhen.

Zentraler Bestandteil dieser Arbeit ist die Betrachtung und Dokumentation des gesamten Prozesses nach dem Auskühlen sowie das Anpassen und Aktualisieren von Arbeitsanweisungen, sodass

der Prozess den Anforderungen des IFS Food Version 6 entspricht und gesetzliche Vorgaben nachweislich eingehalten werden. Ferner sollen mit dieser Arbeit dem Unternehmen Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, welche die Produktqualität beeinflussen und die dem Unternehmen gegebenenfalls Kosten einsparen können. Dazu sollen verschiedene Einflüsse und deren Auswirkungen auf den Prozess und die Produktqualität betrachtet und analysiert werden.

2 Stand von Wissenschaft und Technik

2.1 International Featured Standard (IFS)

Bei dem IFS handelt es sich um eine Methode zur Überprüfung eines Managementsystems. Derzeit umfasst der IFS acht Prozessstandards und bestätigt somit den zertifizierten Unternehmen über die gesamte Lieferkette Transparenz und Sicherheit (IFS, 2012).

Zu einem dieser acht Prozessstandards gehört der IFS Food. Er wurde von dem Handelsverband Deutschland (HDE) und dem französischen Verband Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution (FCD) für die Produktion von Eigenmarken entwickelt (IFS, 2012).

Mittlerweile zählt der IFS Food neben dem Global Standard for Food Safety (BRC) zu einem der wichtigsten Lebensmittelsicherheitsstandards entlang der gesamten Lebensmittelkette. Dabei soll gewährleistet werden, dass das zertifizierte Unternehmen, Spezifikationen konforme Produkte herstellen und stetig an der Verbesserung ihrer Produkte und Prozesse arbeiten. Um ein Zertifikat nach IFS 6 zu erlangen, muss sich jedes Unternehmen einem Audit durch eine zugelassene Zertifizierungsstelle stellen. Dabei muss sich das zu zertifizierende Unternehmen verschiedenen Anforderungen erfüllen und Auskünfte über folgende Punkte erteilen:

- Unternehmensverantwortung
- Qualitäts- und Lebensmittelsicherheit-Managementsystem
- Ressourcenmanagement
- Planung und Herstellungsprozess
- Messungen, Analysen, Verbesserungen
- Produktschutz (IFS, 2012).

Diese Punkte werden nach einem einheitlichen Bewertungssystem durch einen externen Auditor geprüft. Dazu stehen dem Auditor die Bewertungsmöglichkeiten A, B, C, D, Major, KO (Knock Out) und NA (nicht anwendbar) zur Verfügung. Der Erhalt eines Major oder KO während eines Audits führen dabei zum Verlust des aktuellen Zertifikates bzw. kann ein neues Zertifikat nicht

ausgestellt werden. Es kommt zum KO, wenn das Unternehmen die Anforderungen folgender Punkte nicht umsetzt:

- Verantwortung der Unternehmensführung
- Überwachung der CCPs
- Personalhygiene
- Rohwarenspezifikationen
- Einhaltung der Rezeptur
- Fremdmaterial-Management
- Rückverfolgbarkeit
- Interne Audits
- Verfahren zu Produktrückruf/ Produktrücknahme
- Korrekturmaßnahmen (IFS, 2012).

Werden in den anderen Punkten die Anforderungen nicht umgesetzt und der Auditor ist der begründeten Auffassung, dass durch diese Nichtkonformität:

- die Lebensmittelsicherheit gefährdet,
- gegen rechtliche Bestimmungen verstößen wird und/oder
- diese zu einem ernsthaften Gesundheitsrisiko führt

erteilt er an dieser Stelle einen Major (IFS, 2012).

Dadurch ist im Zusammenhang mit dieser Arbeit besonders der Unterpunkt „Prozessvalidierung und –lenkung“ aus dem Punkt Messungen, Analysen und Verbesserungen von besonderem Interesse sowie die Überwachung der CCPs. Die „Prozessvalidierung und –lenkung“ beschreibt die Forderung, dass in den Fällen, wo die Lenkung von Prozess- und Arbeitsplatzparametern für die Produktanforderungen entscheidend sind, diese Parameter kontinuierlich und/ oder in angemessenen Intervallen überwacht und aufgezeichnet werden müssen. Des Weiteren definiert der IFS zu diesem Zweck die Begriffe der „Validierung“ und „Verifizierung“ wie folgt:

Validierung: „Bestätigung durch die Bereitstellung objektiver Nachweise, dass die Anforderungen für den spezifisch vorgesehenen Gebrauch oder die Anwendung erfüllt sind.“(IFS, 2012).

Verifizierung: „Das Bestätigen aufgrund einer Untersuchung und durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass festgelegte Forderungen erfüllt worden sind.“(IFS, 2012).

Bei der Überwachung der CCPs fordert der IFS im Rahmen des Qualitäts- und Lebensmittelsicherheits-Managementsystems, dass für jeden CCP kritische Grenzwerte definiert sind, anhand deren eindeutig belegt wird, ob der CCP beherrscht ist oder nicht. Ferner ist auch das Ergreifen von Korrekturmaßnahmen gefordert, sobald die Überwachung darauf hinweist, dass ein CCP oder CP nicht beherrscht wird (IFS, 2012).

2.2 Tiefgefrieren

2.2.1 Ziel des Tiefgefrierens

Das Tiefgefrieren ist im Sinne der TLMV eine Behandlungsmethode und bezeichnet einen Prozess des kontinuierlichen Wärmeentzugs, bei dem das zu behandelnde Produkt durch geeignete Verfahren so schnell wie nötig herunter gekühlt wird. Dabei werden Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt erzielt (Timm, Antonacopoulos, 1996; Kurzhals, 2007; TLMV, 2007).

Ziel des Tiefgefrierens ist es, die Haltbarkeit der behandelten Produkte deutlich zu erhöhen. Dies wird dadurch erreicht, dass beim Gefrieren der größte Teil des im Produkt enthalten Wassers in Eis umgewandelt wird. Die tiefen Temperaturen ($\leq -18^{\circ}\text{C}$), sowie die Erniedrigung des aw-Wertes sorgen dafür, dass das mikrobielle Wachstum vollständig zum Erliegen kommt und biochemische Reaktionen deutlich verlangsamt werden. Gleichzeitig werden beim Tiefgefrieren die geringsten Veränderungen in der Beschaffenheit des Produktes erreicht. Somit ist das Tiefgefrieren die schonendste Art der Lebensmittelkonservierung (Timm, Antonacopoulos, 1996; Kurzhals, 2007).

2.2.2 Vorgänge beim Tiefgefrieren und der Tiefgefrierlagerung

Bei den meisten zum Tiefgefrieren geeigneten Lebensmitteln ist Wasser ein Hauptbestandteil dieser. Es kommt in dem Lebensmittel in einer von zwei Formen vor. Entweder als freies Wasser, aber häufiger gebunden an Proteine und Kohlenhydrate. Des Weiteren enthält es stets Salze, die das Gefrierverhalten des Wassers beeinflussen. Dieser ausfrierbare Anteil des Wassergehaltes beginnt je nach Konzentration der gelösten Stoffe zwischen $-0,5^{\circ}\text{C}$ und -3°C zu kristallisieren. Somit lässt sich der Gefrierprozess vereinfacht in drei Stadien unterscheiden:

- a. Das Abkühlen des Produktes von der Ausgangstemperatur bis auf den Gefrierpunkt. Nahe dem Gefrierpunkt beginnt die Kristallbildung des Wassers.
- b. Das Gefrierstadium. In diesem Bereich bilden sich die meisten reinen Eiskristalle, wodurch gleichzeitig die Konzentration der gelösten Stoffe in der Restlösung zunimmt. Dieses Stadium zeichnet sich durch einen fast konstanten Temperaturverlauf aus, da bei diesem Prozess große Energiemengen (336 kJ/g) für den Phasenwechsel abgeführt werden müssen und die Zunahme an gelösten Stoffen, zu einer weiteren Verschiebung des Gefrierpunktes in der Restlösung führt.
- c. Die Abkühlung der Produkttemperatur auf die Lagertemperatur. Dieses Stadium ist vergleichsweise kurz, da der größte Teil des ausfrierbaren Wassers bereits in seiner kristallinen Form, als Eis vorliegt.

Der Anstieg der Konzentration von gelösten Stoffen sorgt dabei für biochemische Veränderungen, vor allem bei tierischem Gewebe aufgrund der Erhöhung der Salzkonzentration sowie der Verschiebung des Ionengleichgewichts und der damit verbunden pH-Wert-Absenkung. Die damit einhergehende Proteindenaturierung führt zu Konsistenzveränderungen und Abnahme des Wasserbindungsvermögens. Des Weiteren kommt es dabei zu Aroma- und Geschmacksverlusten und Änderungen im Vitamingehalt (Timm, Antonacopoulos, 1996; Kurzhals, 2007; Yanniotis, Mandala et al., 2009).

Weitere Veränderungen, welche die Qualität des Produktes beeinflussen können, werden durch die Bildung von Eiskristallen in den Zellzwischenräumen hervorgerufen. In Abhängigkeit der Gefriergeschwindigkeit bilden sich mehr oder weniger große Eiskristalle. Die Gefriergeschwindigkeit lässt sich in sehr langsam (unter 0,1 cm/h), langsam (zwischen 0,1 und 0,5 cm/h), schnell (zwischen 0,5 und 5 cm/h), sehr schnell (5 bis 100 cm/h) und ultra schnell (über 100 cm/h) einteilen (Timm, Antonacopoulos, 1996; Kurzhals, 2007; Mandala, Kapetanakou et al., 2008; Reinartz, 2011).

Langsame Gefriergeschwindigkeiten führen dabei zu einer großen Eiskristallbildung, wodurch die umgebenden Zellen stark deformiert werden. Diese Produkte besitzen nach dem Auftauen meistens eine wässrig-weiche Konsistenz (Kurzhals, 2007).

Bei schnellen Gefrierverfahren entstehen eher kleine Eiskristalle, da aufgrund des schnell fort schreitenden Gefrierprozesses die Diffusion des Wassers aus dem Zellinneren in die Zellzwischenräume nur langsam abläuft. Auf diese Weise werden die Zellen nicht deformiert, wodurch

die Zellstruktur erhalten bleibt. Deshalb sollte bei der Herstellung von TK-Backwaren eine Gefriergeschwindigkeit über 0,5 cm/h gewählt werden (Lösche, 2003).

Während der Lagerung von TK-Produkten kommt es weiterhin zu physikalischen, kolloidchemischen und enzymatischen Veränderungen.

Der sogenannte „Gefrierbrand“ zählt dabei wohl zu der bekanntesten physikalisch verursachten Veränderung während der Lagerung von Lebensmitteln. Dabei handelt es sich um ein lokales Austrocknen, bei proteinhaltigen tierischen Lebensmitteln, mit welcher eine Eiweißdenaturierung einhergeht. Weniger bekannt ist die Rekristallisation der Eiskristalle. Dabei handelt es sich um ein Anwachsen von größeren Kristallen auf Kosten der kleineren Kristalle. Dieser Prozess beruht auf dem Dampfdruckunterschied zwischen kleinen und großen Kristallen sowie Temperaturschwankungen während der Gefrierlagerung. Kleine Eiskristalle besitzen einen größeren Dampfdruck sowie den niedrigeren Schmelzpunkt. Durch Temperaturschwankungen während der Tiefkühlung lösen sich zuerst die kleineren Kristalle auf und lagern sich anschließend wieder bei sinkenden Temperaturen an den größeren Kristallen an. Dieser Prozess ist umso stärker, je größer die Temperaturschwankungen und je höher die Lagertemperaturen sind (Kurzhals, 2007).

Während mikrobiologische Veränderungen im Verlauf der TK-Lagerung vollständig gestoppt werden, werden chemische Reaktionen nicht vollständig unterbunden. Dies gilt vor allem für enzymatisch katalysierte Reaktion, welche die Qualität der Produkte erheblich negativ beeinflussen können. Hauptsächlich spielen dabei Oxidasen und Hydrolasen eine Rolle, wodurch teilweise beträchtliche Veränderungen an Geruch, Geschmack und Farbe bei den Lebensmitteln bewirkt werden können (Kurzhals, 2007).

2.2.3 Bestimmungen im Tiefkühl-Bereich

Der Begriff „Tiefgefrieren“ wird in verschiedenen Verordnungen, Richt- und Leitlinien geregelt. Dabei befassen sich neben den allgemeingültigen Vorschriften im Lebensmittelrechtlichen Bereich spezielle Vorschriften mit den Bestimmungen im TK-Bereich. Zu den wichtigsten gehören dabei die europaweit geltende Tiefkühl-Verordnung (VO (EG) Nr. 37/2005) sowie die Richtlinie über tiefgefrorene Lebensmittel (Richtlinie 89/108/EWG), welche in die nationale Verordnung über tiefgefrorene Lebensmittel (TLMV) umgesetzt wurde.

In der Richtlinie 89/108/EWG werden die grundsätzlichen Anforderungen im Umgang mit tiefgekühlten Produkten beschrieben. Zu diesen Anforderungen gehört, dass der Tiefkühlprozess

unverzüglich und mit Hilfe geeigneter Geräte ausgeführt werden muss, um somit chemische, biochemische und mikrobiologische Veränderungen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Der Prozess ist dabei abgeschlossen, sobald an allen Stellen des Produktes mindestens -18 °C erreicht wurden und diese müssen nach dem Grundsatz der thermischen Stabilisierung, während der Lagerung ständig gehalten werden. Dennoch sind bestimmte Temperaturerhöhungen zulässig, wenn sie aus technischen Gründen unvermeidbar sind und die Güte der Produkte nicht beeinträchtigen. Dazu gehört eine Temperaturerhöhung von bis zu maximal 3 K während des Versandes. Die daraus resultierenden -15 °C dürfen nicht überschritten werden. Überdies gelten im Sinne dieser Vorschrift gefrorene Produkte als tiefgefroren, wenn diese in ihrer Verkehrsbezeichnung einen entsprechenden Vermerk über das Tiefgefrieren enthalten. Weiterhin muss auf allen Etiketten von tiefgefrorenen Produkten ein deutlicher Vermerk enthalten sein, dass aufgetauten Produkte nicht wieder einzufrieren sind. Dies führt dazu, dass TK-Lebensmittel im Sinne des Lebensmittelrechts eine empirisch-normative Doppelnatur aufweisen. Empirisch bedeutet, sie überschreiten an allen Stellen des Produktes die -18 °C nicht. Normativ bedeutet, sie werden im Rechtssinne erst zu TK-Erzeugnissen durch einen entsprechenden Hinweis (Richtlinie_89/108/EWG, 1988; Lösche, 2003; TLMV, 2007; Arbeitsgemeinschaft_KÄLTEFORUM, 2012).

Die VO (EG) Nr. 37/2005 befasst sich hauptsächlich mit der Aufzeichnung der Lufttemperatur, bei welcher die Produkte gelagert bzw. befördert werden. Sie besagt, dass die Lufttemperatur während der Lagerung sowie bei der Beförderung von tiefgekühlten Produkten in regelmäßigen Abständen mit geeigneten Aufzeichnungsgeräten zu überwachen ist. Ferner verpflichtet sie den Lebensmittelunternehmer, dass diese Temperaturaufzeichnungen erfolgen und die Daten mindestens ein Jahr lang aufbewahrt werden müssen. Die Ausnahme von dieser Regelung wird in Artikel 3 beschrieben und betrifft den „örtlichen Vertrieb“, wie er in Verkaufsmöbeln des Einzelhandels vorkommt. Da ist es ausreichend, wenn die Temperatur über ein leicht sichtbares Thermometer gemessen wird. Da es sich hierbei um eine EG-VO handelt, ist diese innerhalb der EU unmittelbar anzuwenden und rechtlich bindend. Daher bedarf es keiner Umsetzung in nationales Recht (VO_(EG)_Nr._37/2005, 2005; Arbeitsgemeinschaft_KÄLTEFORUM, 2012).

2.3 Prozess der Alterung von Backwaren

Als Hauptursache für die Alterung von Backwaren wird die Zustandsänderung (Retrogradation) der Stärke angesehen. Während des Backprozesses wird diese verkleistert und liegt anschließend als strukturloses, amorphes Gel vor. Ab Temperaturen unter 50 °C werden die Alterungsvorgänge durch die Retrogradation ausgelöst und laufen in dem Temperaturbereich von -7 °C bis +10 °C besonders schnell ab. Dabei bedeutet Retrogradation das Unlöslich werden der verkleis-

terten Stärke und Stärkegele. Dabei geht diese wieder in ihren kristallinen Zustand über. Hauptsächlich ist davon die lösliche Amylose (α -1,4-glykosidisch verknüpft) aufgrund ihrer gewickelten Helix Form betroffen. Amylopektin (α -1,4-glykosidisch verknüpft) verfügt zusätzlich an jedem 25. Glucose-Molekül über eine α -1,6-glykosidisch Verknüpfung und ist nicht wasserlöslich. Durch diese Verzweigung neigt das Amylopektin auch weniger zur Retrogradation (Bárcenas, Haros et al., 2003; Lösche, 2003; Baltes, Matissek, 2011; Ebermann, Elmadfa, 2011).

Durch die beschriebenen Vorgänge verändert sich die Struktur der Backwaren. Diese Änderungen äußern sich nicht nur durch Verlust des frischen Backaromas, sondern auch durch ein Aufweichen der Kruste sowie eine Verhärtung (sprödere Konsistenz) der Krume. Der Vorgang der Retrogradation ist dabei zu einem Teil durch erneutes Aufbacken wieder reversibel (Bárcenas, Haros et al., 2003; Kurzhals, 2007).

3 Material und Methoden

3.1 Materialien

Backwaren

- Unser Roggenmischbrot, 1000 g

Länge:	25,0 bis	29,0 cm
Breite:	14,0 bis	17,0 cm
Höhe	7,8 bis	9,5 cm

- Roggenmischbrot, 500 g

Länge:	21,0 bis	25,0 cm
Breite:	10,0 bis	12,0 cm
Höhe:	6,9 bis	9,0 cm

Verpackung

- Seitenfaltensäcke (SFB)

Hersteller:	Prodinger Verpackung
Artikel-Nr.:	321466
Werkstoff:	High Density Polyethylen (HDPE)

- 164er Umkarton

Hersteller: Wepoba Wellpappenfabrik GmbH & Co. KG
Werkstoff: Kartonage mit C-Welle
Länge: 395 cm
Breite: 395 cm
Höhe: 164 cm

3.2 Mess- und Prüfmittel

Temperaturaufzeichnung

- Datenlogger testo 184 T3

Hersteller: Testo
Anz. Messkanäle: 1 Kanal
Messbereich: -35 bis +70 °C
Genauigkeit: ±0,5 °C
Auflösung: 0,1 °C

- Datenlogger testo 175-T2

Hersteller: Testo
Anz. Messkanäle: 2-Kanäle (1 intern/ 1 extern)
Messbereich: -35 bis +70 °C (intern)
-40 bis +120 °C (extern)
Genauigkeit, intern: ±0,5 °C (-20 bis +70 °C)
±1,0 °C (-35 bis -20,1 °C)
Genauigkeit, extern: ±0,3 °C (-25 bis +70 °C)
±0,5 °C (restlicher Bereich)
Auflösung: 0,1 °C von -20 bis +70 °C
0,3 °C restlicher Bereich

- Multi Logger Tracksense® Pro

Hersteller:	Ellab
Sensor:	Starrer TrackSense Pro Temperatursensor – Doppel
Anz. Messkanäle:	2
Messbereich:	-50 bis +150 °C
Genauigkeit:	±0,2 °C (-50 bis -40 °C) ±0,1 °C (-40 bis -25 °C) ±0,05 °C (-25 bis +150 °C)
Auflösung:	0,2 °C (-50 bis -40 °C) 0,1 °C (-40 bis -25 °C) 0,05 °C (-25 bis +150 °C)

- Digitalthermometer CTF 9008

Hersteller:	Ellab
Anz. Messkanäle:	8
Messbereich:	-100 bis +350 °C
Genauigkeit:	±0,1 °C
Auflösung:	0,1 °C

Prüfkörper Metalldetektoren

Stahl	Ø 4,5 mm
Eisen	Ø 4,5 mm
Nicht Eisenmetall	Ø 4,5 mm

3.3 Technische Anlagen

- Labor Schockfrostanlage

Hersteller:	Frigoscandia
Bezeichnung:	LABO-Freeze
Model:	Mobile

- Metallendetektor

Hersteller: Sesotec GmbH
Modell: Unicon-D 2100/ 500/ 600/ 350

- Texture Analyser

Hersteller: Stable Micro Systems
Bezeichnung: TA-xT2i
Modell: Plus-Upgrade

- Aufschnittmaschine

Hersteller: Rego Herlitzius GmbH
Modell: Rotec 350
Schnittstärke: 3,0 bis 25,0 mm

3.4 Methoden

3.4.1 Prozessbeschreibung „Verpackung“

Für den Vertrieb an Großkunden ist es notwendig, dass die ausgekühlten Roggenmischbrote behandelt werden. Die Behandlung im Rahmen dieser Arbeit erfolgt in drei Varianten gemäß der geltenden Arbeitsanweisung Verpackung (Anhang III, a). Diese Varianten unterscheiden sich ausschließlich in den Prozessschritten vor dem Verpacken und sind in der Abbildung 1 dargestellt. Jede Verpackungseinheit (Karton) wird dabei mit je 4 („Unser Roggenmischbrot, 1000 g“) bzw. 8 („Roggenmischbrot, 500 g“) Produkten bestückt und nach dem Tiefgefrieren bis zu maximal zwei Wochen bei -22 °C gelagert.

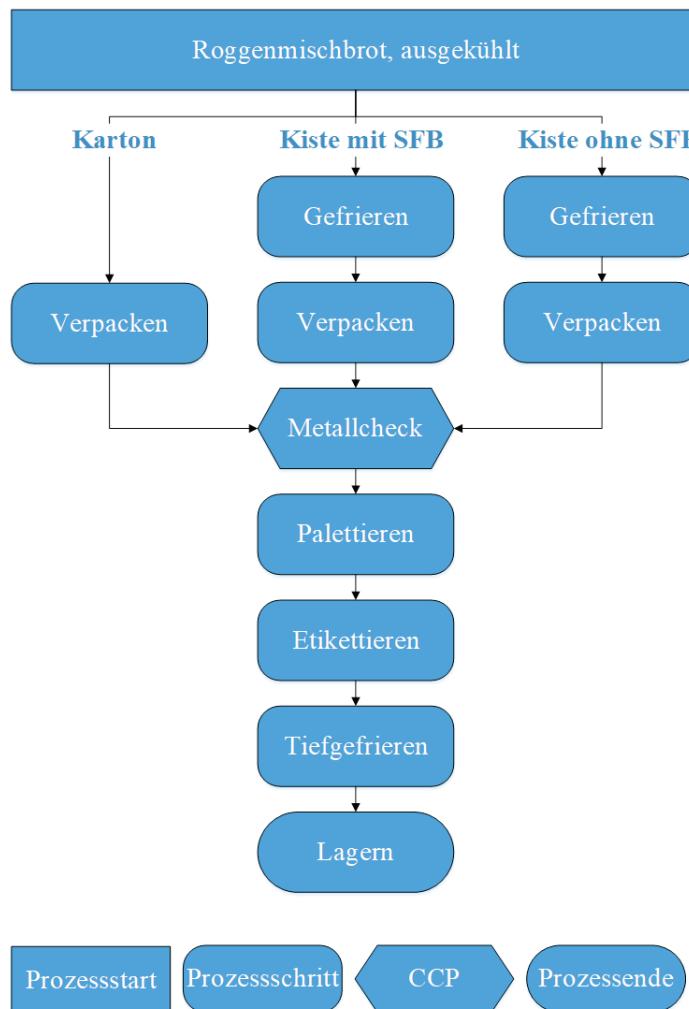


Abbildung 1: Prozessfließbild Verpackung in den Varianten Karton, Kiste mit SFB und Kiste ohne SFB

3.4.2 Metallcheck

Die Untersuchung auf metallische Fremdkörper (CCP) erfolgt im Backbereich bei Umgebungs-temperatur (zum Zeitpunkt der Untersuchungen bei ca. 25 °C) mit der Anlage von Sesotec. Dabei soll überprüft werden, ob bei gleicher Verpackung in Abhängigkeit der Variante, sowohl frische wie auch teilgefrorene Produkte sicher detektiert werden können. Zu diesem Zweck werden die Produkte in der Variante „Karton“ direkt nach dem Auskühlen verpackt. In den Varianten „Kiste mit SFB“ und „Kiste ohne SFB“ werden die Produkte für den Prozessschritt Verpackung und Metallcheck kurzzeitig aus dem Tiefkühler entnommen.

Die Detektion erfolgt bei einer Empfindlichkeit von 78 % und einem Produktwinkel von 91 °. Um die Funktionalität der Anlage gewährleisten zu können, werden regelmäßig während der Versuche, Prüfkörper, gemäß der dazugehörigen Arbeitsanweisung (Anhang III, b), auf den Verpackungseinheiten platziert und die Signalstärken bei Metallfund notiert. Bei den zu verwendenden Prüfkörpern handelt es sich um Prüfkörper aus Stahl (S), Eisen (FE) und Nicht-

Eisenmetall (NFE) der Firma Sesotec mit jeweils 4,5 mm Durchmesser. Die Anzahl der Kontrollen sowie der Zustand der Produkte und die Falschmeldungen mit ihren Signalstärken werden notiert und anschließend ausgewertet. Firmintern gilt, dass maximal 5 % Falschmeldungen für eine sichere Funktionsweise nicht überschritten werden dürfen und alle Prüfkörper immer erkannt werden müssen. Als Falschmeldung zählt dabei jede Verpackungseinheit, bei der der Metalldetektor eine Alarmmeldung aktiviert und den kontinuierlichen Prozess somit unterbricht. Mit Verpackungseinheiten, die eine Falschmeldung während eines Versuches auslösen, wird gemäß der Arbeitsanweisung „Metallcheck“ (Anhang III, b) verfahren. Somit sind entsprechend dem IFS kritische Grenzwerte für den CCP definiert anhand deren eindeutig erkennbar ist, wann der Prozess nicht beherrscht wird (IFS, 2012).

3.4.3 Gefrieren und Tiefgefrieren

Ziel der Prozesse Gefrieren und Tiefgefrieren ist eine Haltbarkeit von einem Jahr der Produkte zu ermöglichen, ohne dabei einen Qualitätsverlust zu generieren. Dazu ist es notwendig, dass die Produkte im Sinne der TLMV behandelt werden. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Behandlung bei stiller Kühlung bzw. schwacher Luftbewegung im TK-Lager, in den drei Varianten (Abbildung 1) durchgeführt.

- Variante „Karton“:

Die ausgekühlten Produkte werden direkt verpackt, auf Fremdkörper untersucht, palettiert, etikettiert und anschließend tiefgefroren (Abbildung 1). Dadurch wird bei dieser Variante der geringste Wärmeaustausch, aufgrund der isolierenden Wirkung des Verpackungsmaterials, erwartet.

- Variante „Kiste mit SFB“ (Seitenfaltenbeutel)

In der Variante Kiste mit SFB werden die Bäckerkisten beim Bestücken zusätzlich mit einem SFB versehen. Dadurch soll ein besserer Wärmeabtransport bei den Roggenmischbroten erfolgen und zudem das anschließende Verpacken erleichtern. Nach dem Verpacken erfolgt der Metallcheck sowie das Palettieren, Etikettieren und Tiefgefrieren (Abbildung 1).

- Variante „Kiste ohne SFB“ (Seitenfaltenbeutel)

In der Variante Kiste ohne SFB werden die ausgekühlten Produkte in einer Bäckerkiste zunächst teilgefroren. Dadurch sollte eine bessere Konvektion und ein intensiverer Wärmeabtransport erreicht werden. Anschließend werden die Roggenmischbrote ebenfalls verpackt, auf Fremdkörper untersucht, palettiert, etikettiert und vollständig tiefgefroren (Abbildung 1).

3.4.4 Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit

Die Ermittlung der Gefrierdauer sowie –geschwindigkeit bei dem Produkt „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, erfolgt rechnerisch sowie unter Einsatz von Temperaturmessgeräten in Versuchen unter realen Bedingungen am Standort Pasewalk sowie innerhalb eines Laborversuches. Anschließend sollen die theoretisch ermittelten Werte mit den experimentell bestimmten Ergebnissen verglichen werden.

Dazu kommen für die rechnerische Ermittlung folgende Formeln zum Einsatz:

Formel 1: Berechnung Gefrierdauer [t], (Lösche, 2003)

$$t = \frac{\Delta h \cdot \rho_g}{2(T_{ge} - T_u)} \cdot \left(\frac{L}{A\alpha} + \frac{L^2}{B\lambda_g} \right)$$

t: Gesamtgefrierzeit zur Abkühlung von der Anfangstemperatur (T_A) bis zur Gefrierendtemperatur (T_{ge}) [s]

Δh : Differenz der spezifischen Enthalpie des Gutes zwischen Anfangstemperatur (T_A) und Gefrierendtemperatur (T_{ge}) in [J/kg]

ρ_g : Dichte des Produktes [kg/m^3]
340 kg/ m^3 , (Steinert, 2017)

T_{ge} : Endtemperatur des Gefriervorganges [°C]
-18 °C (Richtlinie_89/108/EWG, 1988; TLMV, 2007)

T_u : Umgebungstemperatur [°C]

L: Dicke des Produktes [m]
0,155 m, (Unser_Heimat_Bäcker_GmbH, 2018)

α : Wärmeübertragungszahl zwischen Gut und Umgebung [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

Tabelle 1: Größenordnung für Wärmeübertragungszahlen, (Lösche, 2003)

Art des Gefriervorgangs	α in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Gefrieren bei stiller Kühlung oder schwacher Luftbewegung	9,5 bis 17,5
Luftstromgefriertunnel ($v=2$ bis 10m/s)	11,6 bis 52,5

λ_g : Wärmeleitfähigkeit des gefrorenen Produktes [$\text{W}/(\text{mK})$]

A, B: Koeffizient (aus Tabelle 2), der von der Produktform abhängig ist. Dabei wird die Annahme getroffen, dass das Produkt durch den Quader oder den an der Manteloberfläche gekühlten Zylinder am besten repräsentiert wird. Die notwendigen Koeffizienten werden dem Tabellenwerk gemäß Lösche; 2003 entnommen:

Tabelle 2: Koeffizienten A und B zur Berechnung der Gefrierdauer, (Lösche, 2003)

Produktform	A	B
An der Manteloberfläche gekühlter Zylinder	2	8
Allseitig gekühlte Quader a>b>L	1/(2P)	1/(2R)

Die Konstante P und R, für die Berechnung der Gefrierdauer von Quadern, ergeben sich aus den Verhältnissen a/b und b/L. Somit kann für P die Konstante 0,2500 und für R 0,0719 gewählt werden (Lösche, 2003).

Formel 2: Berechnung Gefriergeschwindigkeit [w], (Lösche, 2003)

$$w = \frac{(T_{ge} - T_u)}{\Delta h \cdot \rho_g} \cdot \frac{1}{\frac{1}{A\alpha} + \frac{L}{B\lambda g}}$$

w: Gefriergeschwindigkeit [m/s]

Es gelten die übrigen Bezeichnungen von Formel 1.

Für die Ermittlung der tatsächlichen Gefrierdauer sowie –geschwindigkeit, bis zur thermischen Stabilität bei -18 °C, werden unter realen Bedingungen in einer dreifach Bestimmung, pro Palette jeweils drei Produkte mit Datenloggern versehen. Diese werden dabei, abhängig von der Bauart des Datenloggers, mittig im Produkt platziert. Dazu wird für die Datenlogger ellab Multi Logger Tracksense® Pro und testo 184 T3 auf halber Höhe (ca. bei 4 bis 4,7 cm) das Produkt seitlich längs angeschnitten. Es ist dabei darauf zu achten, dass der Schnitt ca. 7 bis 8,5 cm tief ist und nicht über die vollständige Länge erfolgt, sodass der Datenlogger mittig, über den Schnitt, in dem Produkt platziert werden kann (Abbildung 2). Der Datenlogger testo 175-T2 wird über den externen Temperaturfühler platziert. Dieser ist auf halber Höhe (ca. bei 4 bis 4,7 cm) und halber Länge (ca. bei 12,5 bis 14,5 cm) einzustechen (Abbildung 2). Nachdem die Datenlogger platziert sind, können die Produkte, nach einer der drei Varianten (Tiefgefrieren im Karton, Gefrieren in der Kiste ohne SFB oder Gefrieren in der Kiste mit SFB), eingefroren werden.

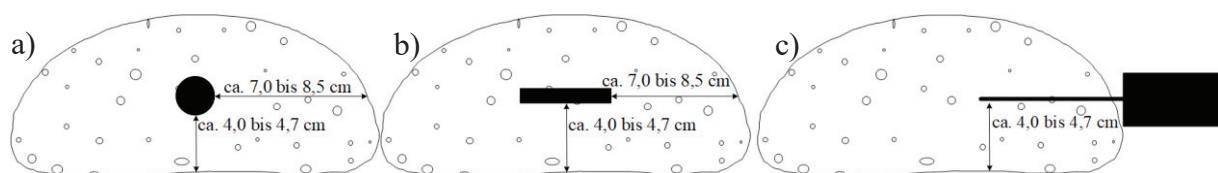


Abbildung 2: Schematische Darstellung Logger Platzierung: a) ellab Multi Logger Tracksense® Pro, b) testo 184 T3, c) testo 175-T2

Bei den Varianten „Gefrieren in der Kiste mit SFB und Gefrieren in der Kiste ohne SFB“ ist der Prozessschritt Gefrieren ein Prozessschritt vor dem Verpacken sowie dem sich anschließenden Metallcheck und Tiefgefrieren. Dieser Schritt wird über Nacht ausgeführt und dient zur Verringerung der Gefrierdauer der Produkte. Im Anschluss dessen werden alle Produkte verpackt, auf metallische Fremdkörper kontrolliert, palettiert und tiefgefroren. Dabei werden die Produkte mit den Datenloggern in separaten Verpackungseinheiten untergebracht und anschließend werden diese, nach der folgenden Abbildung 3, in den Lagen 1, 5 und 9 platziert.

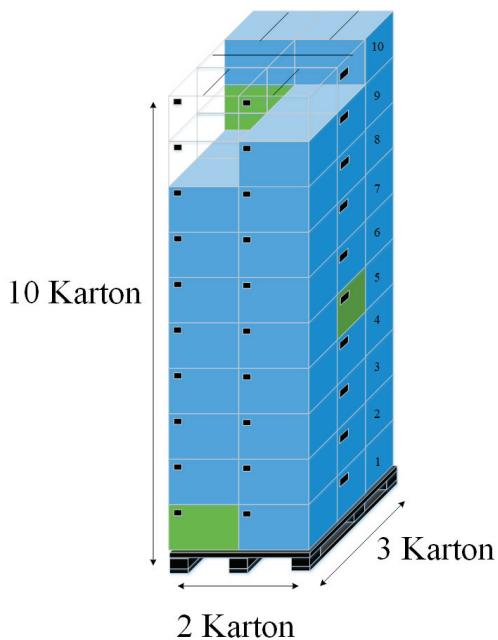


Abbildung 3: Palettier Schema 164er Karton, grün Markierte Kartons enthalten Datenlogger zur Temperaturaufzeichnung

Zur Stabilisierung der Palette wird diese mit Klarsichtfolie umwickelt und im Anschluss dessen zum Tiefgefrieren in das Tiefkühllager gefahren. Dort wird die Palette mindestens bis zum achten Tag nach dem Produktionsdatum gelagert. Danach werden die Kartons mit den Datenloggern aus der Palette entfernt und durch Kartons mit Produkten des gleichen Produktionsdatums ersetzt. Die drei Produkte mit den Datenloggern werden aus den Kartons entnommen und die restlichen drei Produkte stehen für weitere Untersuchungen zur Verfügung.

Nachdem die Datenlogger aus den Produkten entfernt wurden, werden diese mit der dazugehörigen Software ausgelesen und die Daten in Excel zur weiteren Verarbeitung gespeichert.

In dem Laborversuch werden jeweils vier Produkte der direkten Luftströmung des LABO-Freeze ausgesetzt. Dabei werden auf je zwei Etagen vor der Ventilation der Anlage jeweils zwei Produkte platziert. Jedes der Produkte ist dabei mit einem Temperaturfühler des Digitalthermometer CTF 9008 versehen. Der Temperaturfühler wird auf halber Breite (ca. bei 7 bis 8,5 cm) und hal-

ber Höhe (ca. bei 4 bis 4,7 cm) in das Produkt eingestochen und vollständig versenkt, sodass eine Temperaturregistrierungseinheit in der Spitze in etwa auf halber Länge bei 13,5 cm liegt.

Ferner wird die Anlage nacheinander mit folgenden Parametern (Tabelle 3) betrieben.

Tabelle 3: Prozessparameter LABOFreeze

Prozesstemperatur	-22 °C	-30 °C	-40 °C
Umwälzung	5,5	5,5	5,5
Gebläse, Richtung	abwärts	abwärts	abwärts

Aus den gewonnenen Datensätzen der dreifach Bestimmung sowie des Laborversuches werden die Mittelwerte (nach Formel 4) gebildet und die Temperaturverläufe graphisch dargestellt. Der Zeitpunkt des Erreichens von -18 °C sowie das Halten dieser Temperatur zu diesem Zeitpunkt für mindestens eine Stunde, gilt als Beendigung des Tiefkühlprozesses und bestimmt somit die Gefrierdauer für die gewählte Variante. Mit dem so ermittelten Zeitpunkt lässt sich die mittlere Gefriergeschwindigkeit [w_V], für die jeweilige Variante, mit der Formel 3 ermitteln.

Formel 3: Berechnung mittlere Gefriergeschwindigkeit der Versuche [w_V]

$$w_V = \frac{0,5 \cdot b}{t_V}$$

b: Dicke des Produktes [cm]

t_V: mittlere ermittelte Gefrierdauer [h]

Dazu wird erneut die Annahme getroffen, dass das Produkt dem Quader oder den an der Manteloberfläche gekühlten Zylinder am ähnlichsten ist.

Danach werden die so erhaltenen Ergebnisse der Gefrierdauer und – geschwindigkeit untereinander sowie mit den rechtlichen Vorgaben verglichen.

3.4.5 Lagertest

Das Tiefkühllager unterliegt prozessbedingten Temperaturschwankungen, welche kontinuierlich über das gesamte Jahr aufgezeichnet und in regelmäßigen Abständen begutachtet werden. Um den Einfluss dieser Temperaturschwankungen auf die Produkte zu überprüfen, werden versuchsweise jeweils drei Verpackungseinheiten, ausgestattet mit Datenloggern, auf einer Palette mit „Unser Roggennmischbrot, 1000 g“ und „Roggennmischbrot, 500 g“ untergebracht. Die Verpackungseinheiten werden dabei nach der Abbildung 3 auf der Palette gestapelt. Ferner wird das

Tiefkühllager für diesen Versuch in 6 Zonen (siehe Abbildung 4) unterteilt, um gegebenenfalls den unterschiedlich starken Einfluss von Temperaturschwankungen zu ermitteln.

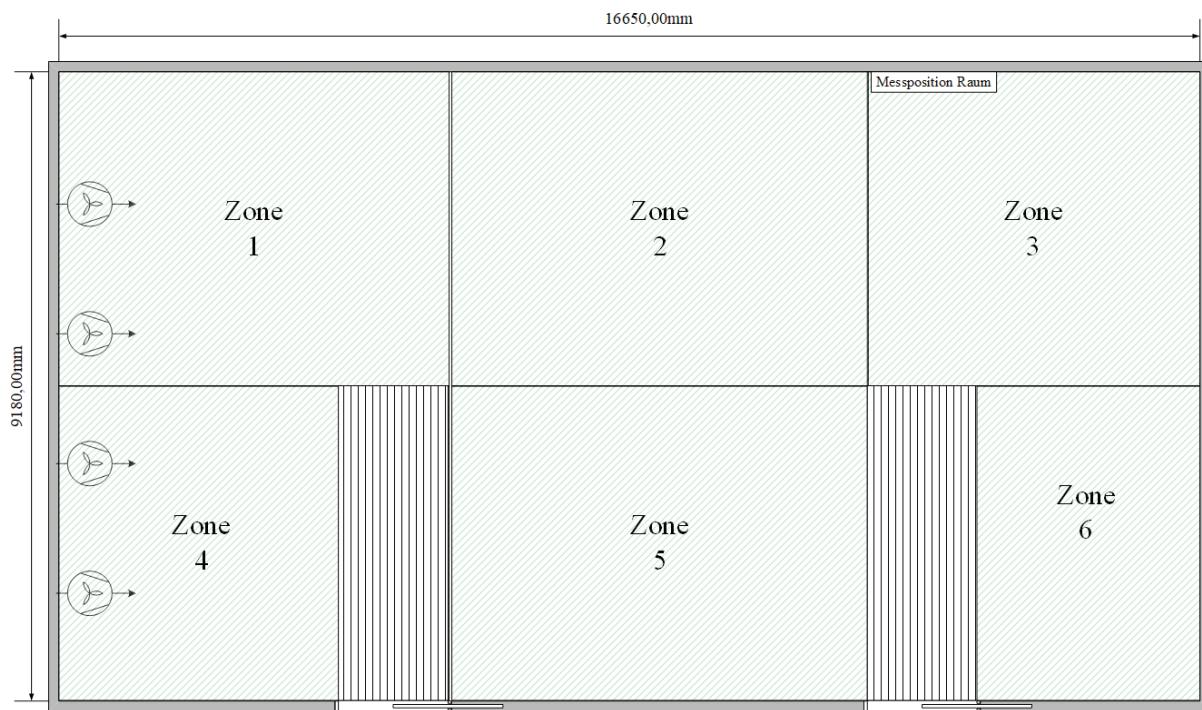


Abbildung 4: Messzonen TK-Lager

Dazu befindet sich in jeder Zone eine Palette mit Datenloggern für mindestens 144 Stunden. Aus den Daten jeder Zone werden nach Beendigung des Versuches die Mittelwerte (nach Formel 4) gebildet und anschließend mit gesetzlichen Vorgaben für die Tiefkühllagerung verglichen.

Formel 4: Berechnung arithmetischer Mittelwert [$\bar{x}; \bar{y}$], (Hartwig, Wendling, 2000)

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

\bar{x} : arithmetischer Mittelwert

$\sum_{i=1}^n x_i$: Summe der einzelnen Messwerte

n: Anzahl der Messwerte

3.4.6 Qualitätsbeurteilung

Die Qualitätsbeurteilung der Produkte erfolgt anhand von messbaren sowie objektiven Parametern. Dazu wird bei den Produkten das Brotalter bestimmt und äußere negative Auswirkungen der Gefriergeschwindigkeit sowie der Gefrierlagerung auf die Produkte begutachtet.

- Ermittlung und Vergleich des Brotalters von frischen Roggenmischbroten und TK-Roggenmischbroten

Die Messung zur Bestimmung des Brotalters erfolgt an dem Texture Analyser TA-xT2i in Anlehnung an die Untersuchungsmethode (AACC 74-09) der AACC International (American Association of Cereal Chemists) zur Ermittlung der Brotfestigkeit. Dabei werden von jedem Brot bis zu 7 Scheiben und bei jeder Variante, nach Möglichkeit drei Produkte untersucht. Während der Messung wird die zu untersuchende Scheibe, mit der definierten Stärke von 25 mm, nach den folgenden Parametern und mit den folgenden Messmitteln (Tabelle 4) verformt.

Tabelle 4: Prozessparameter und Messmittel für die Untersuchung Brotalter

Test Art:	Druck
Vortestgeschwindigkeit:	1,00 mm/ sec
Testgeschwindigkeit:	1,70 mm/ sec
Rücktestgeschwindigkeit:	1,70 mm/ sec
Verformung:	10,00 mm
Auslösekraft:	5,00 g
Kapazität Kraftmesszelle:	50000,00 g
Messpunkte pro Sekunde:	500
Werkzeug:	P/ 36R; 36 mm DIA Aluminium Radiused AACC

Hierbei wird die Kraft (N), welche notwendig ist, die Scheibe um 10 mm zu komprimieren, aufgezeichnet sowie der Weg der Kraft, welche die Scheibe beim Entspannen dem Stempel entgegengesetzt. Das Verhältnis der beiden Wege bestimmt im Anschluss die Elastizität der untersuchten Scheibe. Dabei ist davon auszugehen, dass je höher die benötigte Kraft und je kleiner das Elastizitätsmodul bei einer Messung ist, desto älter ist das untersuchte Brot.

Um zu überprüfen, ob variierende Gefrierdauern und –geschwindigkeiten einen unterschiedlichen Einfluss auf das Brotalter haben, ist es zunächst notwendig, Kraft (N) und Elastizität von frischen Produkten mit bekanntem Brotalter zu bestimmen. Dazu werden Produkte mit einem Brotalter von ca. 36 h, 60 h, 84 h, 132 h, 180 h, 204 h, 228 h und 252 h in zwei Varianten untersucht. Die erste Variante wird bis zur Untersuchung in einer Kiste mit SFB gelagert und die zweite Variante in einer Brottüte.

Die Daten, welche bei den Untersuchungen dieser Brote erzeugt werden, dienen im Anschluss als Referenzwerte. Danach wird geprüft, ob zwischen den Daten der Varianten ein linearer oder ein quadratischer Zusammenhang besteht, um die geeignete Kalibrierfunktion zu wählen. Dazu kommen die folgenden Formeln (Formel 5 bis Formel 8) zur Anwendung.

Die Regressionsanalyse gibt dabei bereits einen ersten Hinweis, ob ein Zusammenhang zwischen den Messwerten besteht. Je näher sich der Regressionswert dem Faktor 1 nähert, desto wahrscheinlicher ist ein Zusammenhang der Messdaten bei der Funktion.

Formel 5: Standardabweichung der Stichprobe [s], (Funk, Dammann et al., 2005)

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

Formel 6: Varianz der Stichprobe [σ], (Funk, Dammann et al., 2005)

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

Formel 7: Kalibrierfunktion 1. Ordnung (linear), (Funk, Dammann et al., 2005)

$$y = m_1 x + b_1$$

Formel 8: Kalibrierfunktion 2. Ordnung (quadratisch), (Funk, Dammann et al., 2005)

$$y = m_2 x + b_2 + cx^2$$

Anschließend erfolgt die Prüfung, welche Funktion die Messwerte am besten repräsentiert. Dazu wird der Prüf-Wert (PW) (Formel 9) sowie der F-Wert (Andréß, 2003) ermittelt. Sollte dabei der PW kleiner gleich dem ermittelten F-Wert sein, so werden die Messwerte durch die quadratische Funktion nicht bedeutend besser angepasst. Ist dies nicht der Fall, sollte das Verfahren angepasst werden, um eine Linearität der Messwerte zu erreichen (Funk, Dammann et al., 2005).

Formel 9: Berechnung des Prüfwertes [PW], (Funk, Dammann et al., 2005)

$$PW = \frac{DS^2}{s_{yb}^2}$$

Anhand der aufgestellten Kalibrierfunktion 1. oder 2. Ordnung lässt sich das äquivalente Brotalter errechnen, welches die Produkte nach einer Tiefkühlbehandlung haben. Dazu werden die ermittelten Werte der jeweiligen Gefriervariante sowie der Werte des MHD-Tests in die ermittelte Funktion eingesetzt. Darüber hinaus lässt sich abschätzen wie groß der Einfluss der unterschiedlichen Gefriergeschwindigkeiten auf die Produktqualität ist sowie ob das Tiefgefrieren die

Eigenschaften von frischen Backwaren konserviert und über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten kann.

- Visuelle Beurteilung der Brotkruste

Dabei werden die Produkte, welche in den drei verschiedenen Varianten tiefgefroren wurden, auf visuell wahrnehmbare Krustenfehler untersucht. Diese werden dokumentiert und auf mögliche Ursachen während des Tiefkühlprozesses analysiert.

4 Ergebnisse

4.1 Metallcheck

Während des Betrachtungszeitraumes wurde an insgesamt 1747 Verpackungseinheiten die Fremdkörperkontrolle durchgeführt. Wie genau sich dabei die Kontrollen auf teilgefrorene und frische Produkte aufteilten, lässt sich dabei der Abbildung 5 entnehmen. Die dargestellten Säulen der Fehlausschläge spiegeln dabei den prozentualen Anteil an der jeweiligen Darstellung rechts daneben wieder und beziehen sich immer auf 100 %. Des Weiteren wurde zum besseren Verständnis der Metallcheck mit frischen sowie im tiefgefrorenen Zustand kombiniert und jeweils separat dargestellt.

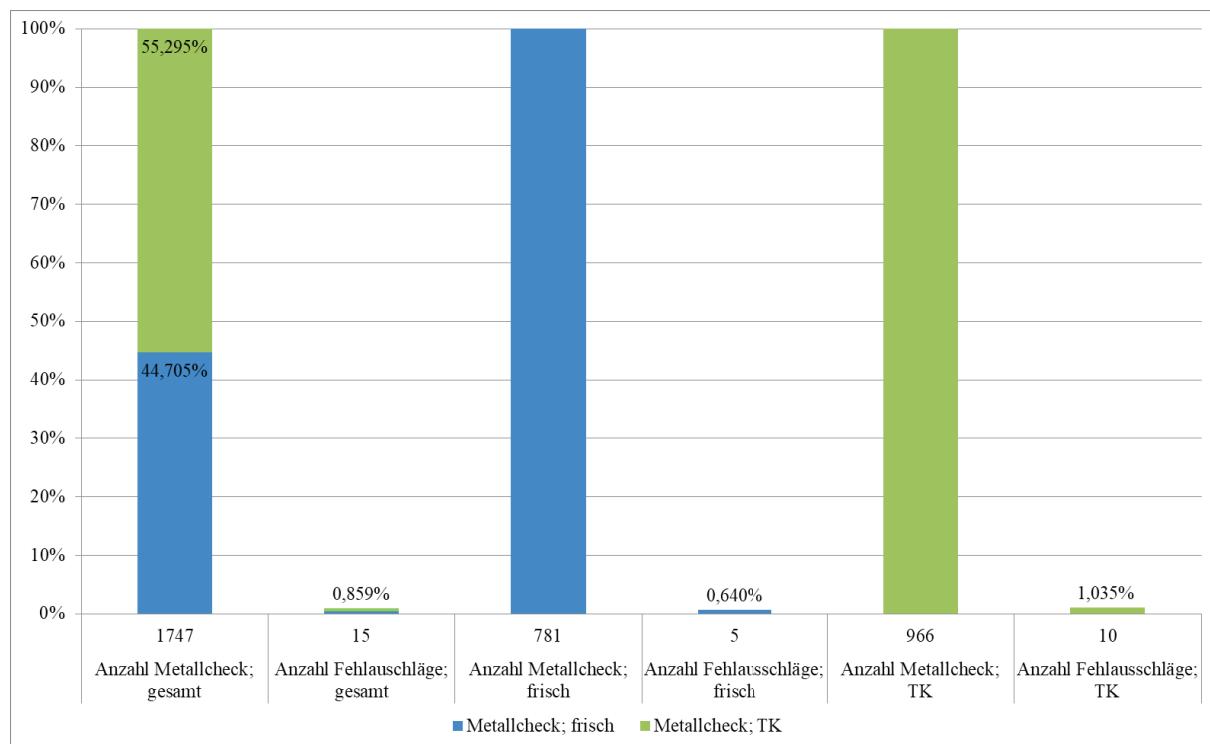


Abbildung 5: Übersicht über die durchgeführten Fremdkörperkontrollen sowie deren Aufteilung in Kontrollen mit frischen und teilgefrorenen Produkten und deren prozentualen Anteil an Fehlausschlägen

Dabei lässt sich anhand der Abbildung 5 erkennen, dass im Verhältnis mehr Fehlausschläge im gefrorenen Zustand registriert wurden als im frischen Zustand.

Ferner wurde während dieser Überprüfung, unter Zuhilfenahme der Prüfkörper, die Funktionsweise des Metalldetektors kontrolliert. Die Ergebnisse werden in der Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Überprüfung der Prüfkörper: Ø4,5 mm Eisen (FE), Ø4,5 mm Nicht Eisenmetall (NFE) und Ø4,5 mm Stahl (S)

	FE			NFE			S		
	\bar{X} Signalstärke	nChecks	nicht erkannt	\bar{X} Signalstärke	nChecks	nicht erkannt	\bar{X} Signalstärke	nChecks	nicht erkannt
nPrükörper; gesamt	56,4	80	8	71,6	57	0	62,7	56	0
nPrükörper; frisch	69,2	25	0	72,58	24	0	70,9	24	0
nPrükörper; TK	50,7	55	8	71,1	33	0	57,6	32	0

Dabei wurden während eines Versuches wiederholt der Prüfkörper Eisen nicht erkannt. Die zu diesem Zeitpunkt untersuchten Produkte wurden daraufhin zunächst gesperrt und zu einem späteren Zeitpunkt erneut vollständig auf metallische Fremdkörper geprüft. Zum Zeitpunkt des nicht Erkennens des Prüfkörpers konnte eine ungewöhnlich hohe Flächenbelastung des Bereiches unmittelbar neben dem Metalldetektor festgestellt werden. Diese beruhte auf der saisonal bedingten Vollauslastung von Produktion sowie der zur Verfügung stehenden Produktions- und Stellflächen.

4.2 Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit

4.2.1 Theoretische Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit

Die in Tabelle 6 dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Formel 1 und Formel 2. Die Werte für die Dichte, der Endtemperatur des Gefriervorganges sowie der Dicke des Produktes wurden aus den Quellen gemäß der Angaben 3.4.4 sowie Anhang I a. gewählt.

Tabelle 6: Ergebnisdarstellung für theoretische Gefrierdauer und –geschwindigkeit; Vergleich Quader und an der Manteloberfläche gekühlter Zylinder

Formelzeichen	Einheit	Tiefkühlhaus	LABOFreeze	LABOFreeze	LABOFreeze
t_{Quader}	h	12,485	6,279	2,093	1,142
w_{Quader}	cm/h	0,621	1,234	3,703	6,789
t_{Zylinder}	h	12,040	5,834	1,945	1,061
w_{Zylinder}	cm/h	0,644	1,328	3,985	7,307
T_u	°C	-22	-22	-30	-40

Anhand der dargestellten Ergebnisse für die theoretische Bestimmung der Gefrierdauer sowie – geschwindigkeit lässt sich kein großer Unterschied zwischen den beiden gewählten Formen erkennen. Erkennbar ist nur, dass die Differenz in der Gefrierdauer (t) mit sinkender Umgebungstemperatur (T_u) deutlich abnimmt und die Gefriergeschwindigkeit (w) zunimmt.

4.2.2 Praktische Ermittlung der Gefrierdauer und –geschwindigkeit

- Versuch unter Laborbedingungen

Nach Bildung der arithmetischen Mittelwerte der einzelnen Temperaturfühler ließ sich folgende Abbildung 6 aufstellen.

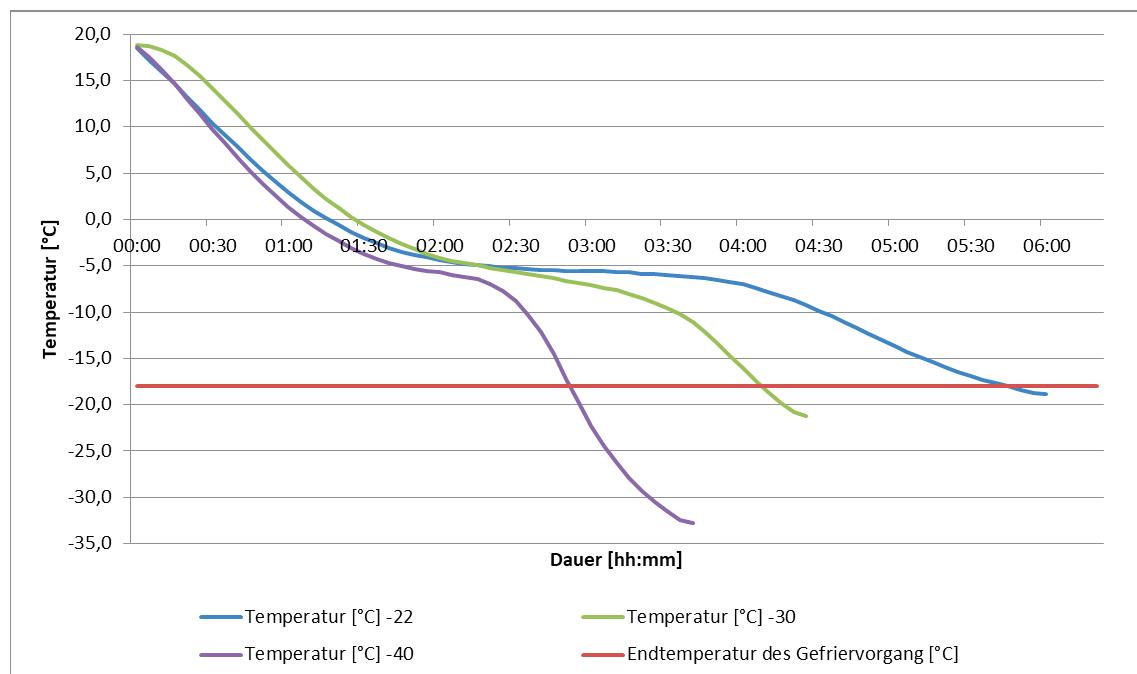


Abbildung 6: Mittelwertdarstellung der Gefrierdauer für „Unser Roggenvollkornbrot, 1000 g“ im Laborversuch bei abwärts gerichteter Luftströmung, Gebläsestufe 5,5 und Umgebungstemperaturen von -22 °C, -30 °C und -40°C

Aus der im Versuch ermittelten Gefrierdauer ließ sich für jede der drei Varianten die jeweilige Gefriergeschwindigkeit ermitteln, welche in Tabelle 7 dargestellt sind.

Tabelle 7: Ermittelte Gefriergeschwindigkeiten des Laborversuches nach Formel 3

T _U [°C]	t _v [h]	b [cm]	w _v [cm/h]
-22	6,167	15,5	1,257
-30	4,167	15,5	1,860
-40	3,250	15,5	2,385

- Versuch unter den Bedingungen am Standort Pasewalk

Wie bereits bei dem Versuch unter Laborbedingungen wurden aus den Daten, welche in der dreifach Bestimmung der drei Varianten des Gefrierens bzw. Tiefgefrierens ermittelt wurden, die arithmetischen Mittelwerte nach Formel 4 berechnet und graphisch in der Abbildung 7 dargestellt.

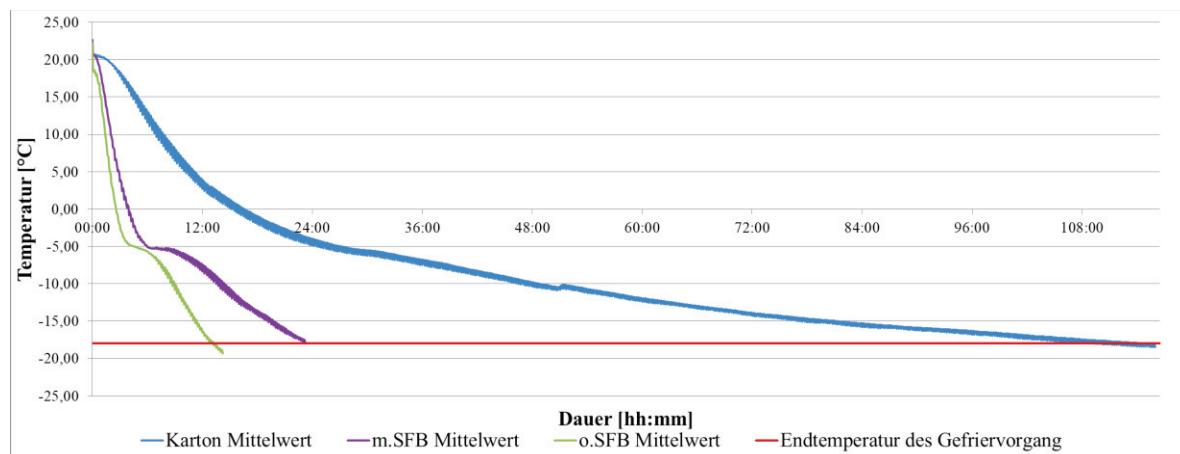


Abbildung 7: Mittelwertdarstellung der Gefrierdauer für „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“ am Standort Pasewalk bei -22 °C in den Varianten: Karton, Kiste mit SFB und Kiste ohne SFB

Dabei ließen sich folgende Gefriergeschwindigkeiten (Tabelle 8) für die jeweilige Variante bestimmen.

Tabelle 8: Ermittelte Gefriergeschwindigkeiten der drei Varianten am Standort Pasewalk nach Formel 3, ohne Temperaturschwankungen durch den Verpackungsprozess

	t _v [h]	b [cm]	w [cm/h]
Karton	115,00	15,5	0,067
m. SFB	23,25	15,5	0,333
o. SFB	13,25	15,5	0,585

Ein anschließender Vergleich (Tabelle 9) der theoretisch ermittelten Werte mit den experimentell ermittelten Werten im Laborversuch sowie in dem Tiefkühl Lager am Standort Pasewalk zeigt, dass bei einer Umgebungstemperatur von -22 °C für die Variante „Kiste ohne SFB“ vergleichbare Werte erzielt werden konnten. Hingegen konnte die theoretisch ermittelte Gefrierdauer und -geschwindigkeit bei -30 °C und -40 °C im Laborversuch nicht bestätigt werden. Es hat sich gezeigt, dass der Einfluss der Umgebungstemperatur im Laborversuch nicht so stark ist wie theoretisch ermittelt. Ferner lässt sich feststellen, dass der Quader das Produkt tendenziell etwas besser repräsentiert als der an der Manteloberfläche gekühlte Zylinder.

Tabelle 9: Vergleich der Ergebnisse Gefriergeschwindigkeit und -dauer

Beschreibung	t [h]	w [cm/h]	
theoretisch ermittelt	Tiefkühl Lager; Quader; -22 °C	12,485	0,621
	LABOFreeze; Quader; -22 °C	6,279	1,234
	LABOFreeze; Quader; -30 °C	2,093	3,703
	LABOFreeze; Quader; -40 °C	1,142	6,789
	Tiefkühl Lager; Zylinder; -22 °C	12,040	0,644
	LABOFreeze; Zylinder; -22 °C	5,834	1,328
	LABOFreeze; Zylinder; -30 °C	1,945	3,985
Laborversuch	LABOFreeze; Zylinder; -40 °C	1,061	7,307
	bei -22 °C	6,167	1,257
	bei -30 °C	4,167	1,860
Tiefkühl Lager	bei -40 °C	3,250	2,385
	Karton; -22 °C	115,000	0,067
	Kiste mit SFB; -22 °C	23,25	0,160
	Kiste ohne SFB; -22 °C	13,250	0,585

Die in Abbildung 7 und Tabelle 8 dargestellten Werte betrachten rein den Gefrierprozess. Bis zur thermischen Stabilisierung bei -18 °C und dem anschließenden Versand, ist es notwendig, dass die Produkte der Varianten „Kiste mit SFB“ und „Kiste ohne SFB“ verpackt werden. Die prozessbedingten Temperaturschwankungen, welche durch den Verpackungsprozess nach dem Gefrieren entstehen, sind in Abbildung 8 dargestellt.

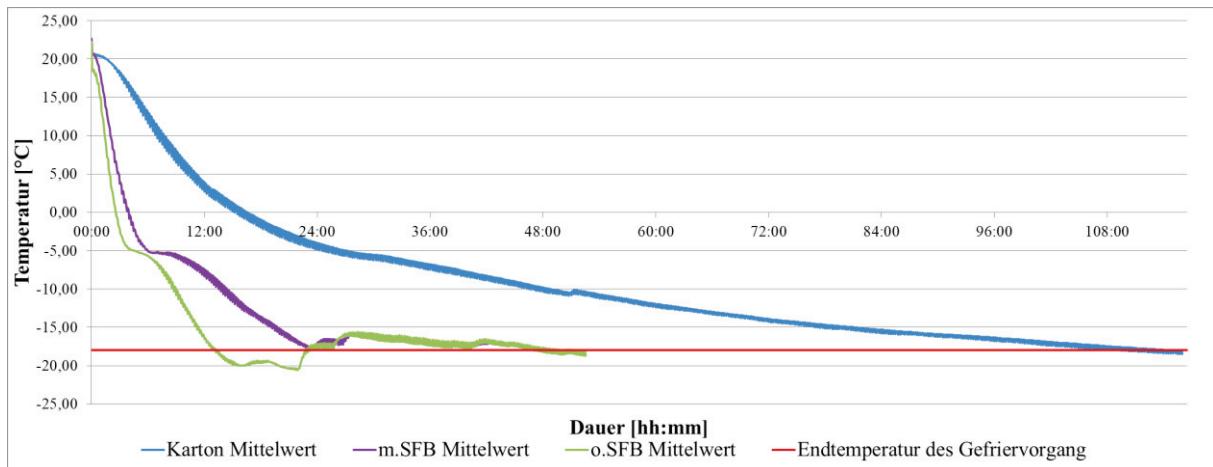


Abbildung 8: Mittelwertdarstellung der Gefriedauer für „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“ am Standort Pasewalk bei -22 °C in den Varianten: Karton, Kiste mit SFB und Kiste bis zur thermischen Stabilisierung der Verpackungseinheiten

Durch die prozessbedingten Temperaturschwankungen ändert sich die Gefriedauer bis zur thermischen Stabilisierung bei den Varianten „Kiste mit SFB“ und „Kiste ohne SFB“. Die Temperaturerhöhung auf ca. -16 °C sorgt dafür, dass die Produkte an der thermisch ungünstigsten Stelle erst nach ca. 50 h (± 2 h) thermisch stabil sind. Somit dauert der Tiefgefrierprozess nach dem Verpacken ca. 19 h, wodurch sich eine Gefriergeschwindigkeit von 0,408 cm/h bei diesen beiden Varianten ergibt. Daraus ergeben sich folgende minimale Prozesszeiten für die einzelnen Varianten:

- Variante „Karton“ 115,00 h
- Variante „Kiste mit SFB“ 42,25 h
- Variante „Kiste ohne SFB“ 32,25 h

4.3 Lagertest

Für den Lagertest wurden in den folgenden Zeiträumen (Tabelle 10) die Temperaturmessungen der Lufttemperatur sowie deren Einfluss auf die Produkttemperatur erfasst und graphisch dargestellt (Abbildung 9 bis Abbildung 14). Bei der Palette mit dem „Roggenmischbrot, 500 g“ handelt es sich um eine einzige Palette, welche sich während des Zeitraumes von 29.11.17 bis 04.01.18, für mindestens eine Dauer von 6 Tagen in einer anderen Zone befand. Dabei wurde während des gesamten Zeitraumes die Messung nicht unterbrochen.

Tabelle 10: Zeiträume der Temperaturmessungen in den jeweiligen Zonen des Tiefkühllagers

Zone	Zeitraum	Produkt
1	06.12.17 bis 14.12.17	Roggenmischbrot, 500 g
2	14.12.17 bis 22.12.17	Roggenmischbrot, 500 g
3	29.11.17 bis 06.12.17	Roggenmischbrot, 500 g
4	22.12.17 bis 28.12.17	Roggenmischbrot, 500 g
5	21.11.17 bis 29.11.17	Unser Roggenmischbrot, 1000 g
6	28.12.17 bis 04.01.18	Roggenmischbrot, 500 g

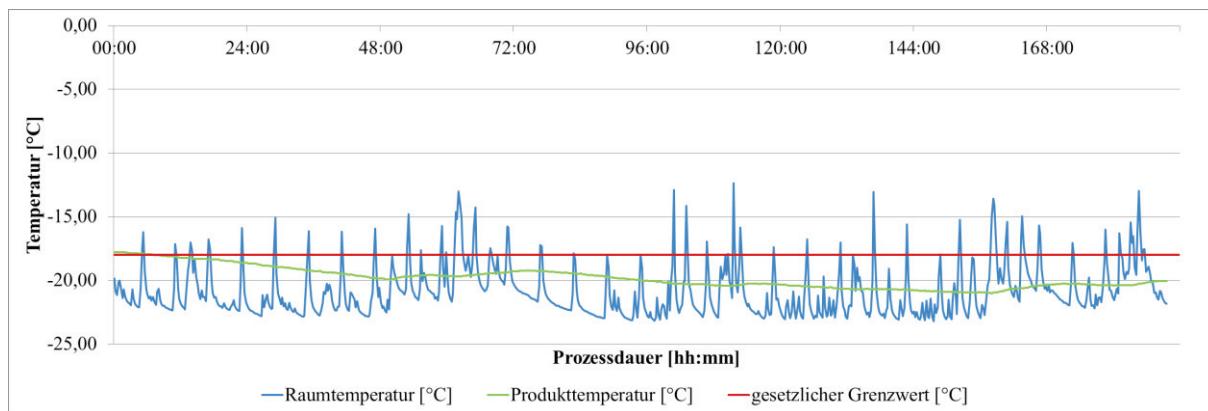


Abbildung 9: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 1

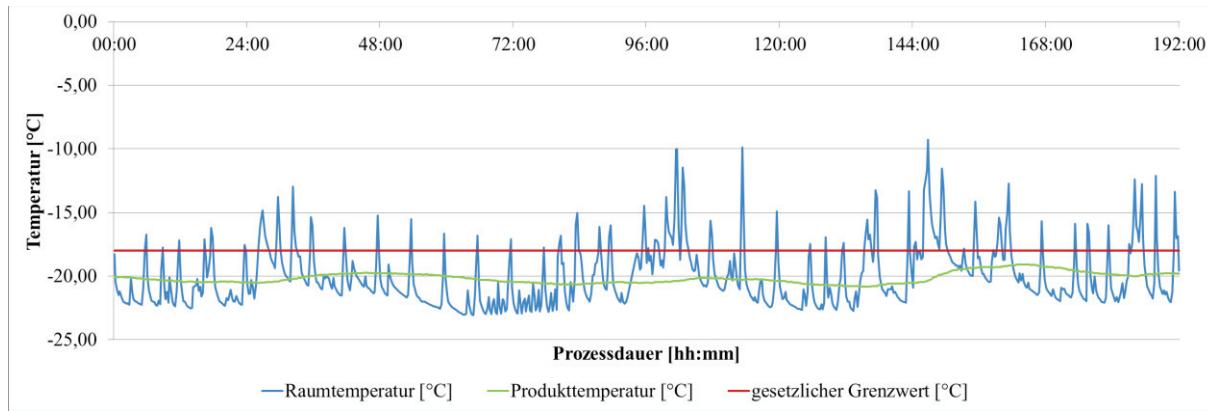


Abbildung 10: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 2

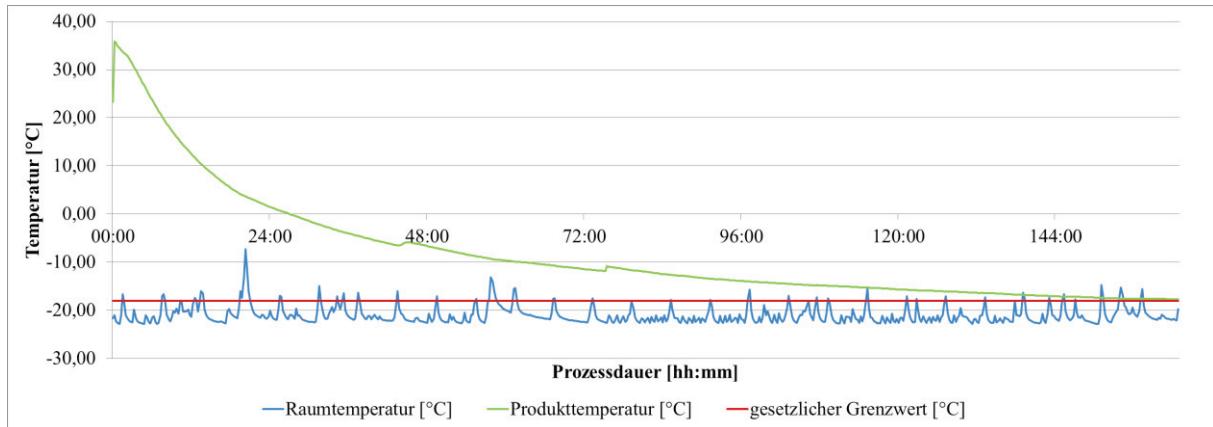


Abbildung 11: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 3

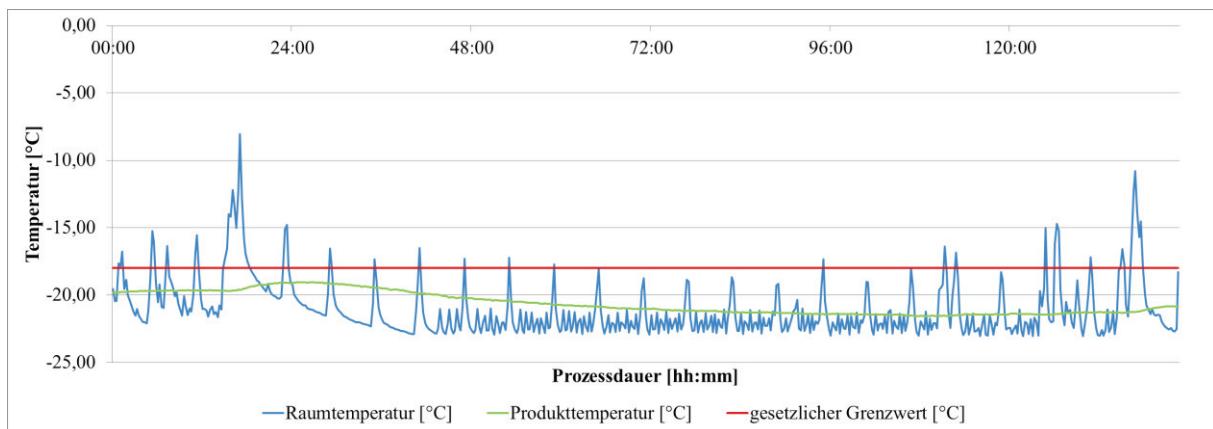


Abbildung 12: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 4

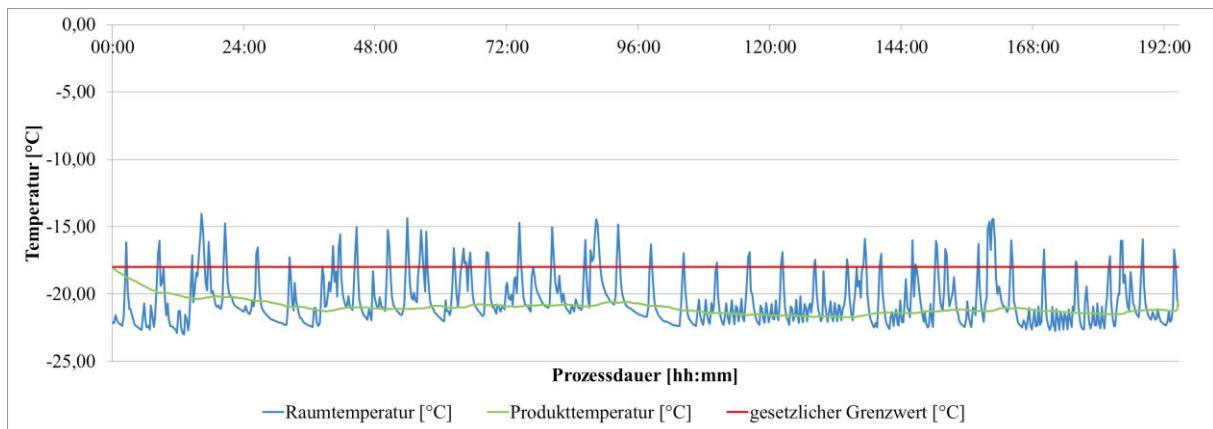


Abbildung 13: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 5

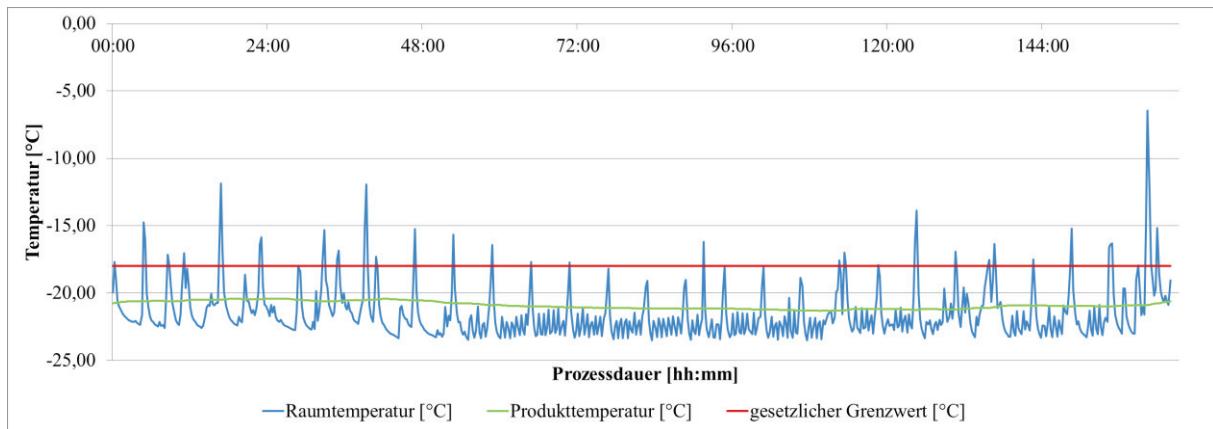


Abbildung 14: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 6

Bei der Betrachtung der Abbildungen (Abbildung 9 bis Abbildung 14) fällt auf, dass die Aufzeichnung der Raumtemperatur regelmäßig die gesetzlich festgelegten -18 °C kurzzeitig übersteigt. Dies ist auf verschiedene Ursachen, wie unter anderem die Kommissionierung, programmierte Abtauprozesse und das Tiefgefrieren von frischen Produkten zurückzuführen. Ferner wurde bei der Messung zu Abbildung 11 die Gefrierdauer von „Roggenmischbrot, 500 g“ aufgezeichnet.

4.4 Qualitätsbeurteilung

- Ermittlung und Vergleich des Brotalters von frischen Roggenmischbroten und TK-Roggenmischbroten

Durch die Analysen mit dem Texture Analyser TA-xT2i, wurden neben dem Datenmaterial auch folgende Graphiken bereitgestellt.

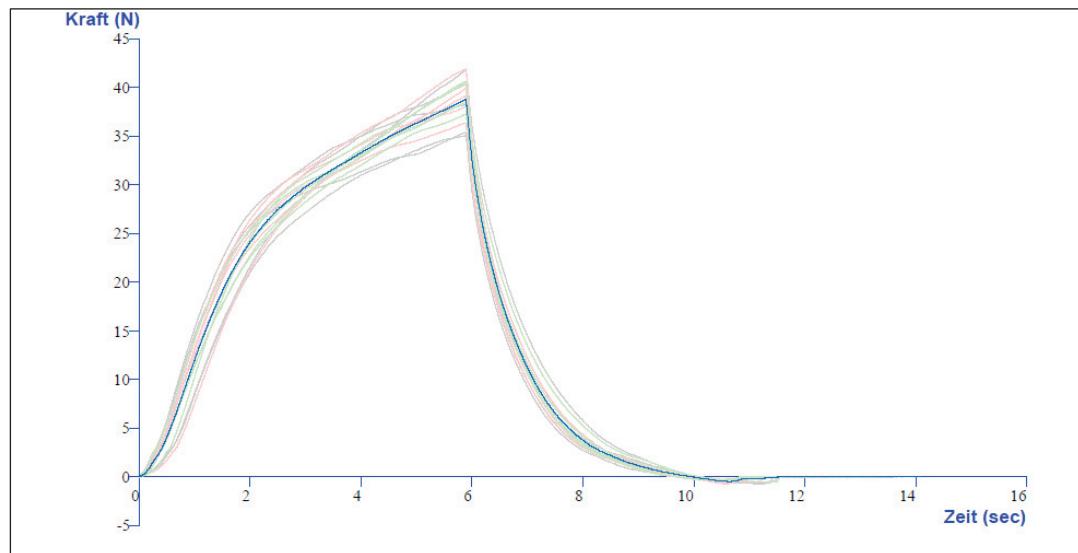


Abbildung 15: Beispielgraphik einer Untersuchung mit dem Texture Analyser TA-xT2i

Diese Graphiken liefern bereits einen ersten Hinweis auf die Produktqualität des analysierten Produktes. Ferner wurden auf Grundlage der ermittelten Daten solcher Graphiken die Tabellen und Abbildungen dieses Versuchs erstellt.

- Erstellung der Kalibrierfunktion

Zunächst wurden die frischen Brote mit bekannter Lagerdauer untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass Produkte welche im SFB gelagert wurden, teilweise einen starken mikrobiologischen Befall aufwiesen. Diese Produkte wurden folglich nicht untersucht, wodurch es bei der Variante mit der Lagerung im SFB zu keinem vollständigen Datensatz kam. Die Produkte dieser Variante, bei denen kein mikrobiologischer Verderb festgestellt werden konnte, wurden dennoch gemessen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der folgenden Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Messergebnisse frisches Brot gelagert in Papiertüte und Seitenfaltenbeutel

Produktions-datum	x ₁	y ₁	y ₂	x ₂	y ₃	y ₄
	Papiertüte			SFB		
	Stunden [h]	Kraft [N]	Elastizität	Stunden [h]	Kraft [N]	Elastizität
17.10.2017	36	24,975	0,807	36	24,713	0,812
16.10.2017	60	31,357	0,807	60	31,600	0,802
15.10.2017	84	30,802	0,757	84	30,183	0,733
13.10.2017	132	36,646	0,636	132	32,913	0,685
11.10.2017	180	38,412	0,646	/	/	/
10.10.2017	204	48,102	0,587	/	/	/
09.10.2017	228	55,749	0,495	/	/	/
08.10.2017	252	53,264	0,486	252	56,656	0,543

Anhand dieses Datenmaterials ließen sich im Anschluss dessen die folgenden Kalibrierfunktionen (Tabelle 12) erstellen.

Tabelle 12: Kalibrierfunktionen 1. und 2. Ordnung für die Varianten Lagerung in Papiertüte und in SFB

	Funktion 1. Ordnung	Funktion 2. Ordnung
Papiertüte	$y_1=0,1332x+20,336$	$y_2=0,0003x^2+0,0486x+24,676$
	$R^2=0,9186$	$R^2=0,9317$
SFB	$y_1=-0,0015x+0,8795$	$y_2=-0,000001x^2-0,0011x+0,8592$
	$R^2=0,9496$	$R^2=0,9518$
Kraft [N]	$y_1=0,1395x+19,747$	$y_2=0,0005x^2-0,0039x+26,675$
	$R^2=0,9282$	$R^2=0,9662$
Elastizität	$y_1=-0,0013x+0,8579$	$y_2=0,000001x^2-0,0016x+0,8765$
	$R^2=0,9834$	$R^2=0,9867$

Diese Funktionen wurden anschließend der Prüfung unterzogen, welche die Messdaten am besten repräsentiert. Dazu wurden die folgenden Prüf- und F-Werte ermittelt.

Tabelle 13: Prüfwerte ob die Messwerte durch die Kalibrierfunktion 1. oder 2. Ordnung am besten repräsentiert werden

	y₁	y₂	y₃	y₄
PW	4,99184619	-1,7787365	1,99721212	-0,6018281
F _{Tabelle}	7,85	14,98	7,85	14,98

Anhand der Tabelle lässt sich erkennen, dass die Messwerte bei beiden Varianten eine Linearität aufweisen aber aufgrund des vollständigen Datensatzes wurde sich für Messwerte der Variante mit der Brottüte als Kalibrierfunktion 1. Ordnung (Abbildung 16) entschieden.

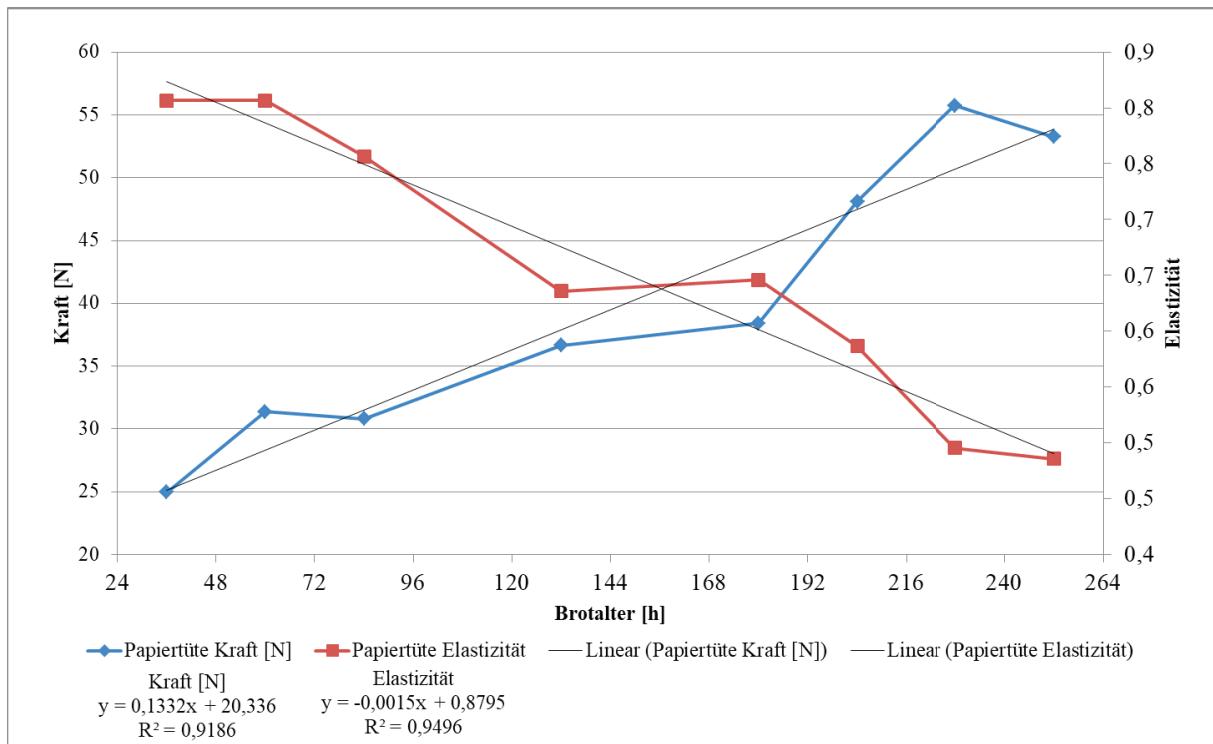


Abbildung 16: Kalibrierdiagramm 1. Ordnung auf Basis des Datenmaterials der Variante Lagerung in Brottüte

In den weiteren Versuchen wurden die ermittelten Werte in die dargestellten Kalibrierfunktionen 1. Ordnung (Tabelle 12 und Abbildung 16) eingesetzt um das äquivalente Brotalter zu erhalten.

- Vergleich der Gefriervarianten am Standort Pasewalk

In diesem Versuch wurden die anderen drei Produkte der Verpackungseinheit untersucht, in dem die Temperaturaufzeichnung stattgefunden hat. Anschließend ließen sich die ermittelten Werte in die Kalibrierfunktion einsetzen und graphisch darstellen (Abbildung 25). Die Abbildung 17, Abbildung 20 und Abbildung 22 zeigen dabei stellvertretend für alle Versuche in dieser Reihe die Ergebnisse der Analyse vom 01.12.2017 vor der Ermittlung des äquivalenten Brotaalters.

In Abbildung 17 lässt sich deutlich im Bereich von 45 bis 55 N ein Nachlassen der Kraft (N) erkennen. Dies ist auf die Scherung des Stempels beim Komprimieren der untersuchten Scheibe Brot zurückzuführen. Der Effekt der Scherung ist dabei irreversibel und hinterlässt in der untersuchten Scheibe Brot eine deutlich wahrnehmbare Kante.

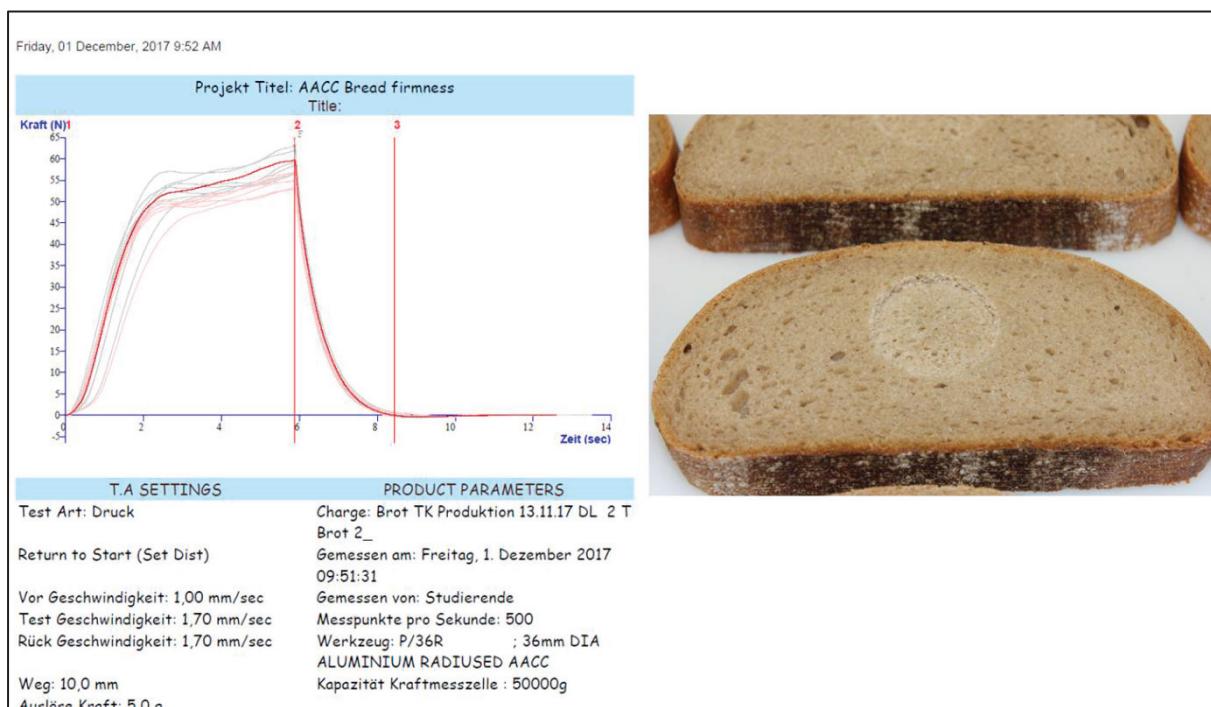


Abbildung 17: Darstellung Messergebnis Texture Analyser und Stempelabdruck einer untersuchten Scheibe der Variante „Karton“ vom 01.12.2017

Ferner ließ sich bei den Produkten der Variante „Karton“ des Öfteren eine deutliche Faltenbildung der Kruste (Abbildung 18) feststellen. Dies kann im extremen Fall bei unsachgemäßer Behandlung zu einem starken Qualitätsmangel (Abbildung 19) führen.



Abbildung 18: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Karton“, deutliche Faltenbildung der Kruste

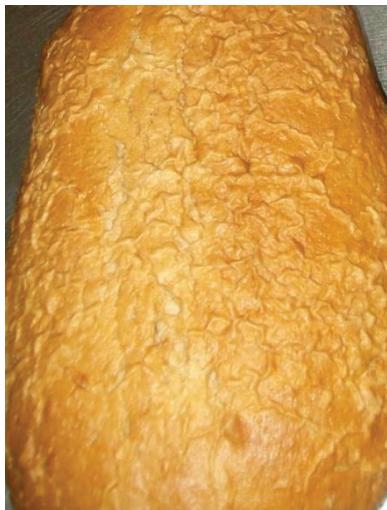


Abbildung 19: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Karton“, extreme Faltenbildung der Kruste nach dem Auftauen innerhalb der Verpackung

In der Abbildung 22 lässt sich auf dem Ergebnisdiagramm des Texture Analyzers eine annähernd gleichmäßige Zunahme der Kraft (N) bis zur definierten Kompression erkennen. Im Vergleich zu den Ergebnissen des Versuches mit der Variante „Karton“ ist die maximale Kraft (N), bei einer Kompression von 10 mm, mit ca. 40 N deutlich geringer. Ferner lässt sich bei der Variante „Kiste mit SFB“ zwar, der Stempelabdruck auf den untersuchten Scheiben erkennen, dieser weist aber keine so deutliche Scherung an den Rändern des Stempels in der Brotkrume auf.

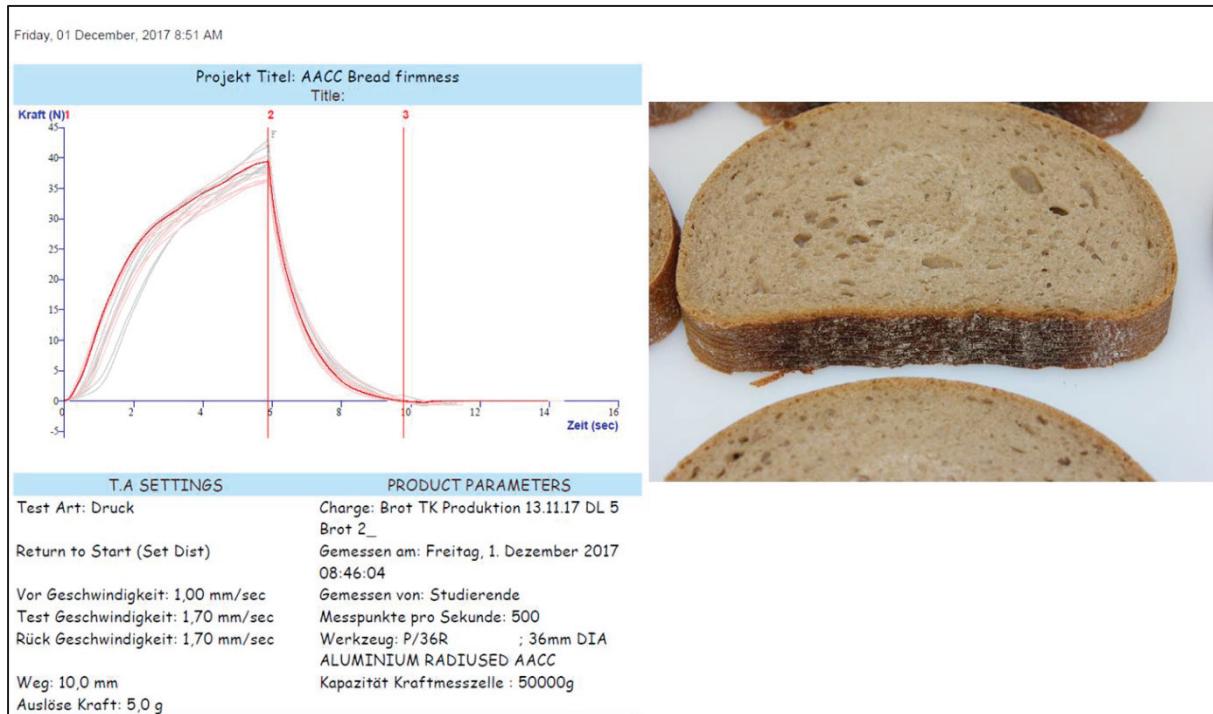


Abbildung 20: Darstellung Messergebnis Texture Analyser und Stempelabdruck einer untersuchten Scheibe der Variante „Kiste mit SFB“ vom 01.12.2017

Ansonsten ließ sich bei der Variante „Kiste mit SFB“ vereinzelt der Ansatz zur Faltenbildung in der Kruste erkennen (Abbildung 21). Dieser war dabei aber deutlich schwächer ausgeprägt als bei der Variante „Karton“.

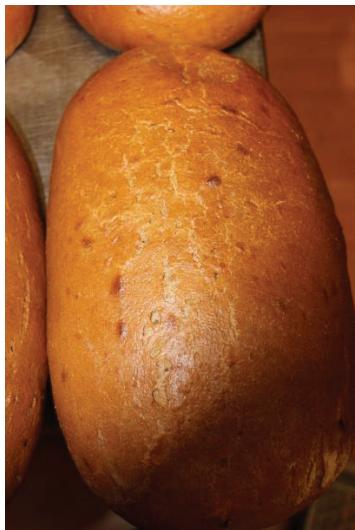


Abbildung 21: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Kiste mit SFB“, leichte Faltenbildung an der Kruste

Die Ergebnisse der Variante „Kiste ohne SFB“ sind vergleichbar mit denen aus der Variante „Kiste mit SFB“. Auf den ersten Blick lassen sich nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Varianten feststellen.

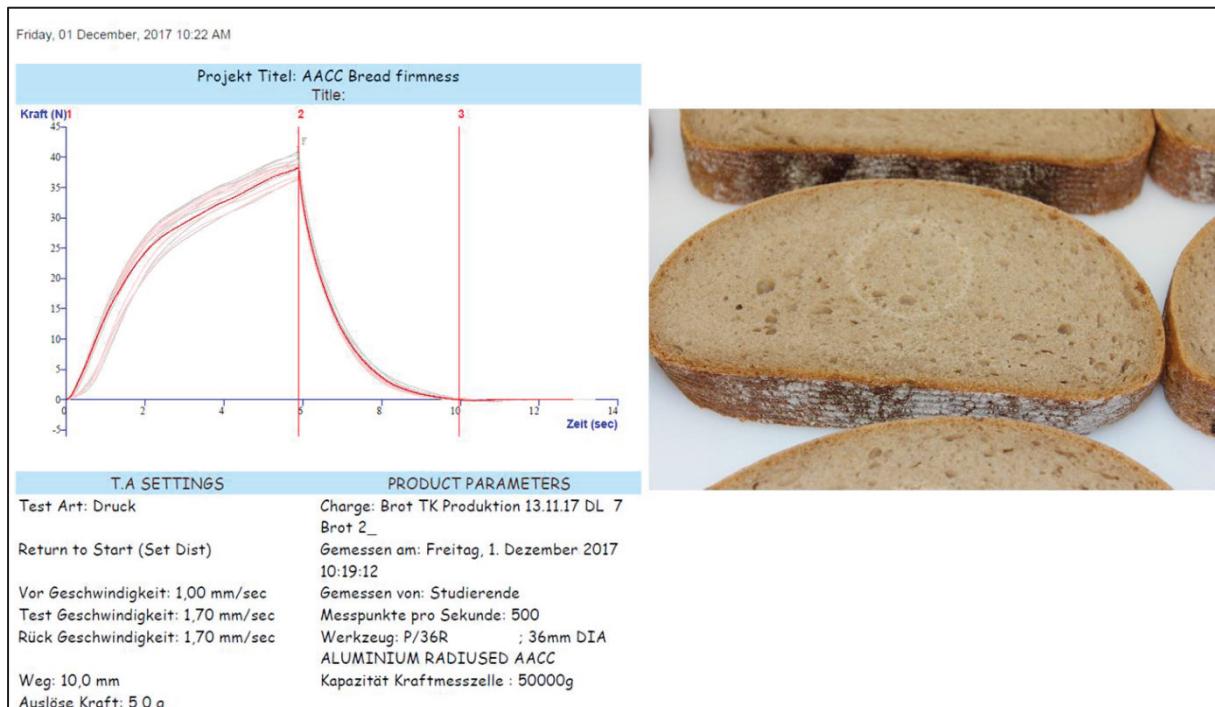


Abbildung 22: Darstellung Messergebnis Texture Analyser und Stempelabdruck einer untersuchten Scheibe der Variante „Kiste ohne SFB“ vom 01.12.2017

Überdies konnte bei der Variante „Kiste ohne SFB“ keine Faltenbildung (Abbildung 23) an der Kruste festgestellt werden. Dennoch zeigte ein Anschnitt des Brotes vereinzelt eine grobe Porung direkt unterhalb der Kruste (Abbildung 24).



Abbildung 23: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Kiste ohne SFB“, keine Faltenbildung der Kruste oder sonstige Mängel erkennbar



Abbildung 24: grobe Porung direkt unterhalb der Kruste

Im Anschluss an die dreifach Bestimmung, wurde für die maximale Kraft sowie die Werte der Elastizität die Mittelwerte (nach Formel 4) bestimmt. Anschließend wurde das jeweilige äquivalente Brotalter der drei Varianten errechnet und die Ergebnisse in die Kalibriergerade (Abbildung 25) eingetragen.

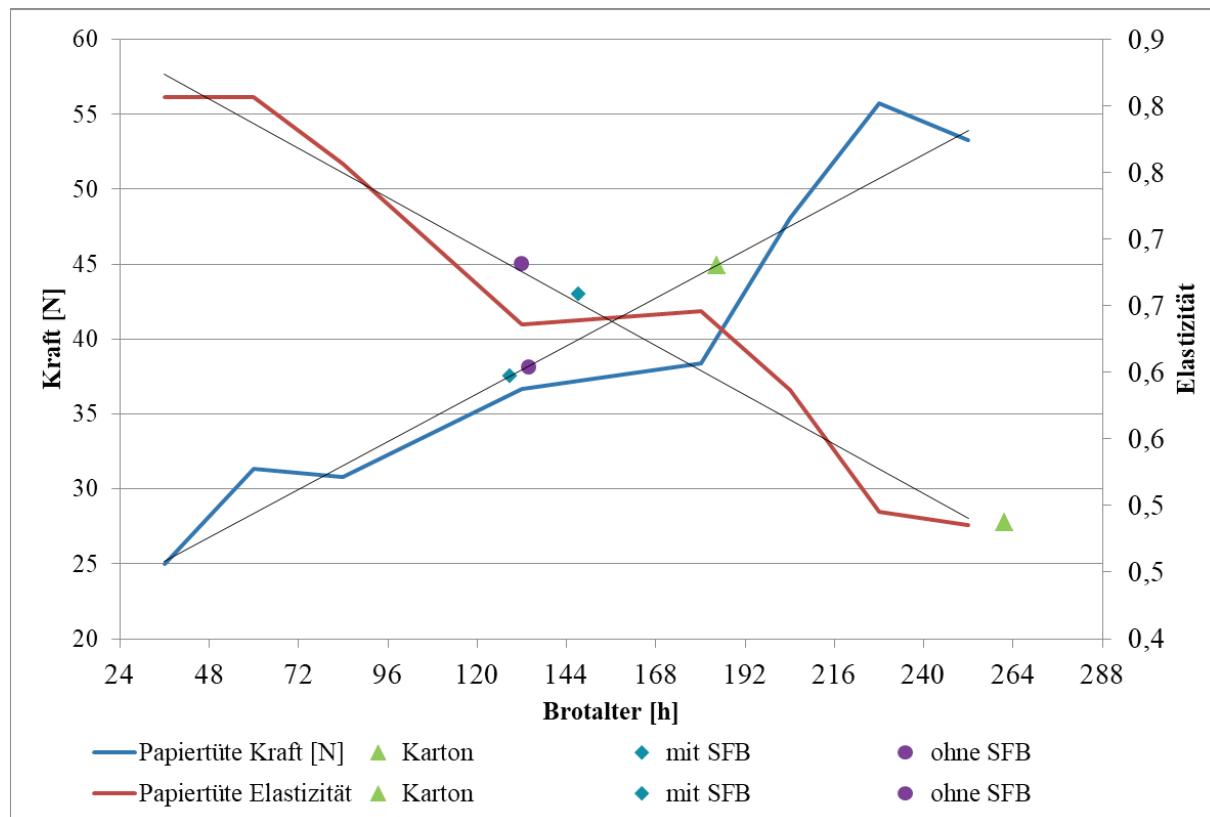


Abbildung 25: Vergleich der ermittelten äquivalenten Brotalter bei den Varianten: tiefgefroren im Karton, gefroren in der Kiste mit und ohne SFB

Anhand des Kalibrierdiagramms lässt sich erkennen, dass zwischen den Varianten „Kiste mit SFB“ und „Kiste ohne SFB“ kaum ein Unterschied im äquivalenten Brotalter vorhanden ist. Die Variante „Karton“ hingegen, weiß aufgrund des Datenmaterials das höchste äquivalente Brotalter auf welches bei der Elastizität sogar höher liegt als das frische Produkt nach einer Lagerdauer von 252 h.

- Vergleich der Gefriergeschwindigkeiten aus dem Laborversuch

Die Produkte, welche im Laborversuch bei variierenden Umgebungstemperaturen tiefgekühlt wurden, wurden nach einem Tag sowie 17 bzw. 18 Tagen und 32 bzw. 33 Tagen untersucht. Mit den Ergebnissen konnte folgende Abbildung 26 aufgestellt werden.

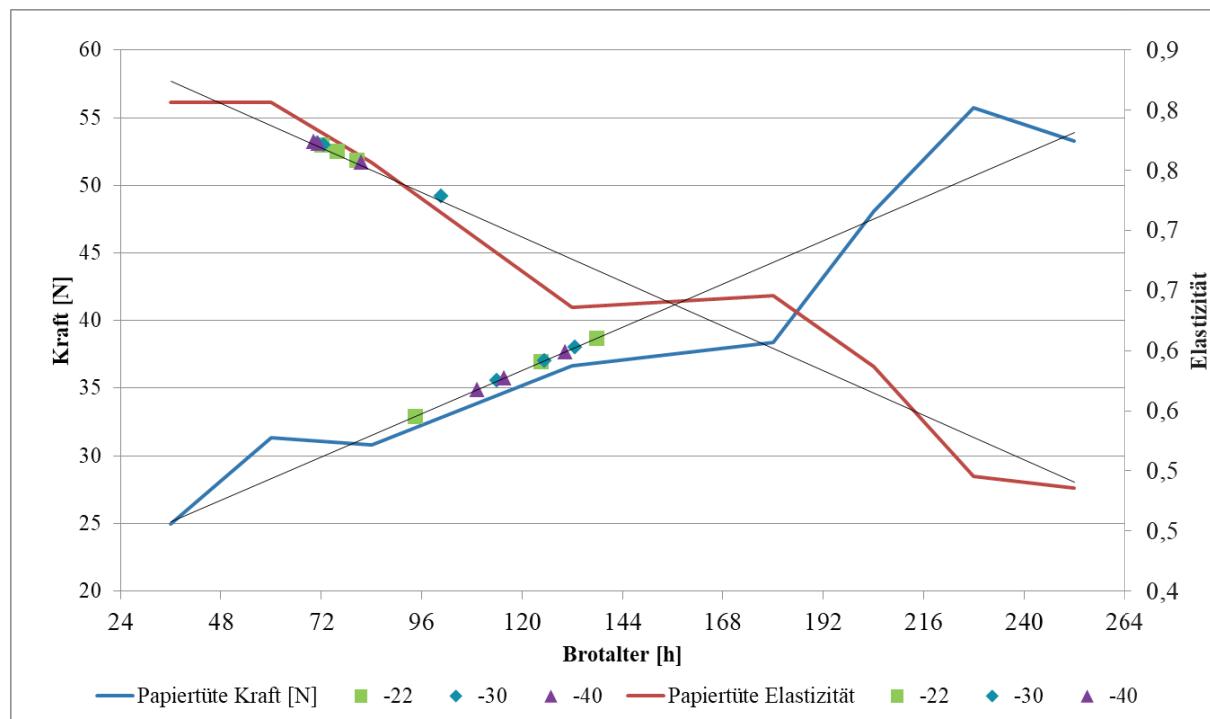


Abbildung 26: Vergleich der ermittelten äquivalenten Brotalter der Varianten im Laborversuch tiefgefroren bei -22 °C, -30 °C und -40 °C

Durch das Tiefgefrieren in der Labortiefgefrieranlage wurde das äquivalente Brotalter bei etwa 72 h im Bereich der Elastizität und zwischen 100 h und 140 h bei der Kraft (N) konserviert.

Werden nun die Daten des Laborversuches mit den Daten der drei Varianten verglichen, lässt sich feststellen, dass durch eine erhöhte Gefriergeschwindigkeit die Produkte nach der Behandlung in der Schockfrostanlage eine höhere Elastizität aufweisen.

- Ermittlung des Einflusses der Tiefkühllagerung bis an die MHD-Grenze

Bei diesem Versuch wurden Produkte aus dem Rückstellmusterlager untersucht und die Ergebnisse in die bekannte Kalibrierfunktion (Abbildung 27) eingetragen.

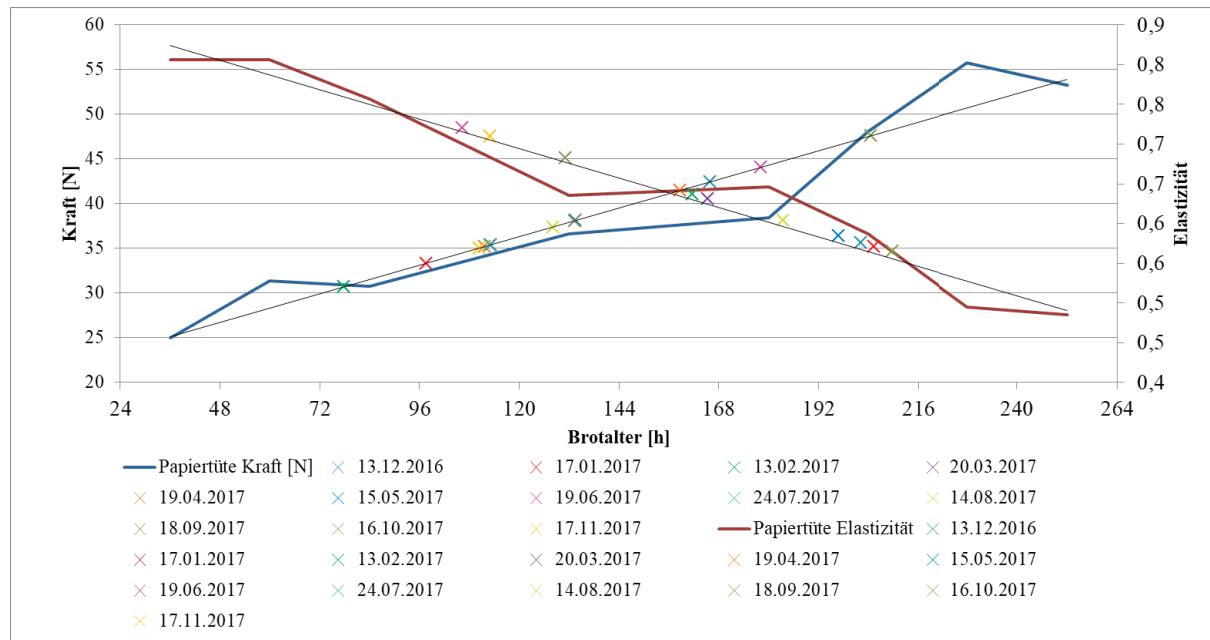


Abbildung 27: äquivalente Brotalter von Produkten aus dem Rückstellmusterlager

Anhand der ermittelten Ergebnisse lässt sich keine eindeutige Tendenz über die Zunahme des äquivalenten Brotalters mit fortschreitender Lagerdauer feststellen. Dieser Versuch zeigt dennoch, dass das Tiefkühllagern die Produkteigenschaften von frischen Backwaren bis zu einem gewissen Grad bewahrt.

5 Diskussion

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Prozesse im Unternehmen so gestaltet sind, dass alle gesetzten Mindestanforderungen an diese erfüllt werden. Ferner hat sich auch gezeigt, dass bei der Produktion von tiefgefrorenen Broten Verbesserungsmöglichkeiten bestehen.

Von besonderem Interesse sind die Ergebnisse der Verifizierung des Metalldetektors sowie die Verifizierung des TK-Lagers in Bezug auf die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften sowie für den Erhalt des IFS-Zertifikates. Bei den Versuchen mit dem Metalldetektor stellte sich heraus, dass das angelernte Programm zur Fremdkörperkontrolle, sowohl bei frischen als auch bei teilgefrorenen Produkten angewendet werden kann. Die spezifischen Anforderungen des Unternehmens an die Fremdkörperkontrolle weniger als 5 % Fehlausschläge bei den Kontrollen konnte durch die Versuche bestätigt werden. Eine sichere Detektion von metallischen Fremdkörpern größer 4,5 mm ist somit gewährleistet und die Anforderung des IFS an die „Festsetzung von kritischen Grenzwerten für jeden CCP“ ist erfüllt (IFS, 2012).

Das nicht Erkennen des Prüfkörpers Eisen wird auf die hohe Flächenbelastung des Produktionsraumes zurückgeführt. Zum Zeitpunkt der Kontrolle befand sich eine Vielzahl von Stikken in der unmittelbaren Umgebung des Metalldetektors. Ferner bestätigen diese Ergebnisse die Aussagen der Mitarbeiter, dass wenn sich in unmittelbarer Nähe des Metalldetektors zu viele metallische Gegenstände befinden, es häufiger zu Fehlausschlägen kommen kann. Es empfiehlt sich, den Einfluss von Stikken und anderen metallischen Gegenständen auf den Metalldetektor näher zu untersuchen und bis dahin darauf zu achten, dass der Bereich unmittelbar vor dem Metalldetektor frei von metallischen Gegenständen wie Stikken oder Hubwagen gehalten wird. Sollte dies aus produktionstechnischen Gründen nicht möglich sein, sollte während dieser Dauer keine Fremdkörperkontrolle stattfinden. Ferner erfordern diese Erkenntnisse das Ergreifen von Korrekturmaßnahmen, um zukünftig in diesem Bereich keine Abweichung im Rahmen eines IFS-Zertifikats zu riskieren. Ungeachtet dessen besteht kein Risiko einer Gefahr für den Endverbraucher. In der Arbeitsanweisung „Metallcheck“ ist der Vorfall des nicht Erkennens eines Prüfkörpers geregelt. Sollte dieser Fall am Ende des Prozesses eintreten ist gemäß dieser Arbeitsanweisung der Metallcheck für diese Palette zu wiederholen. Sollte dies aus diversen Gründen ein ordnungsgemäßer Check nicht möglich sein, sind die betroffenen Waren zu sperren und umgehend die Abteilungsleitung zu informieren, welche anschließend weitere Schritte einleitet (Unser_Heimat_Bäcker_GmbH, 2018).

Im zweiten Teil der Verifizierung hat die Auswertung der kontinuierlichen Temperaturüberwachung während des Betrachtungszeitraumes (29.11.2017 bis 04.01.2018) der TK-Lagerung ge-

zeigt, dass die Raumtemperatur mehrfach den gesetzlichen Grenzwert von -18 °C überschreitet. Diese Überschreitungen sind dabei auf verschiedene Ursachen wie die Kommissionierung und das Tiefgefrieren von Produkten sowie automatische Abtauvorgänge zurückzuführen. Dennoch hat die Auswertung der Produkttemperatur gezeigt, dass während dieses Zeitraumes die aufgezeichneten Überschreitungen der Raumtemperatur kaum einen Einfluss auf die Temperatur der Produkte haben. Das eingesetzte Verpackungsmaterial bietet dabei ausreichend Isolierwirkung, sodass auch bei höheren Temperaturschwankungen die Produkttemperatur im Mittel nur geringfügig beeinflusst wird. Dadurch gewährleistet das Unternehmen, dass die gelagerten Produkte, nach ihrer thermischen Stabilisierung bei -18 °C, diese während der Lagerdauer nicht mehr überschreiten. Ferner kann durch dieses Ergebnis die Annahme getroffen werden, dass durch eine mittlere Raumtemperatur von maximal -18 °C, es zu keiner Gefahr während der TK-Lagerung für die Produkte kommt und alle gesetzlichen Vorgaben in diesem Bereich eingehalten werden. Überdies konnte durch die Bestimmung des äquivalenten Brotalters, der Produkte unterschiedlichen MHDs, die konservierende Wirkung der TK-Lagerung bestätigt werden. Darüber hinaus bietet die Anbringung eines Streifenvorhangs an den Türen des TK-Lagers dem Unternehmen eine kostengünstige Variante zur Reduzierung der Wärmelast, da durch diese der Luftaustausch bei geöffneten Türen reduziert werden kann.

Bei der Betrachtung der Abbildung 9 bis Abbildung 14 fällt auf, dass die Abbildung 11 einen deutlich anderen Produkttemperaturverlauf aufweist wie die übrigen Abbildungen. Dass in diesem Zeitraum (29.11.17 bis 06.12.17) verwendete Produkt, wurde frisch verpackt. Somit handelt es sich bei dieser Darstellung um die Gefriedauer von „Roggenmischbrot, 500 g“. Aus diesem Grunde liefert die Produkttemperatur in diesem Zeitraum keine relevanten Werte für die Verifizierung des TK-Lagers. Dennoch lässt sich in diesem Zeitraum eine vergleichbarere Raumtemperatur zu den restlichen Messungen feststellen. Deshalb ist davon auszugehen, dass ein vergleichbarer Produkttemperaturverlauf zu erwarten gewesen wäre.

Somit konnte durch diese beiden Versuche der objektive Beweis erbracht werden, dass diese beiden Prozesse valide sind. Sie entsprechen den gesetzlichen Anforderungen über die kontinuierliche Aufzeichnung der Lufttemperatur sowie der Lagerung unter -18 °C und erfüllen die Vorgaben des IFS. Aus diesem Grunde führt der Prozess der Fremdkörperkontrolle bei einem Audit durch den IFS zu keinem „KO“ und die TK-Lagerung zu keinem „Major“.

Bei der Betrachtung der Gefriedauer sowie –geschwindigkeit, lassen sich zwischen den theoretisch sowie den im Laborversuch und am Standort ermittelten Werten nur ein geringer Unterschied erkennen. Die Abweichung von ca. einer Stunde bei dem theoretisch ermittelten Wert zu

dem am Standort ermittelten Wert („Kiste ohne SFB“) ist auf die Temperaturschwankungen innerhalb des TK-Lagers zurückzuführen, da bereits jedes Öffnen des TK-Lagers zu einem Anstieg der Wärmelast innerhalb des TK-Lagers führt. Der auffällig große Unterschied in der Gefrierdauer zwischen den theoretisch und den im Laborversuch ermittelten Werte bei -30 und -40 °C ist dabei auf die zugrunde liegenden Stoffdaten zurückzuführen. Bei diesen handelt es sich teilweise um allgemeine Literaturangaben sowie in anderen Arbeiten ermittelten Werten. Ferner haben die Versuche gezeigt, dass das Gefrieren im TK-Lager am Standort Pasewalk nur bedingt geeignet für das Tiefgefrieren von Produkten ist. Aufgrund der fehlenden bzw. schwachen Luftströmung ließ sich ein deutlicher Unterschied in der Gefriergeschwindigkeit zwischen den drei Varianten des Tiefgefrierens, welche sich am Standort Pasewalk realisieren lassen, und den Laborversuchen feststellen.

Obendrein ließ sich bereits ein deutlicher Unterschied zwischen den drei Varianten am Standort Pasewalk feststellen. Die Variante des Tiefgefrierens frischer Produkte im Karton dauert dabei fast neun Mal länger, wie das Tiefgefrieren in der Bäckerkiste ohne SFB. Die erreichten Gefriergeschwindigkeiten bei der Variante „Karton“ lassen sich als sehr langsame Gefriergeschwindigkeit einordnen. Somit ist diese Variante nicht empfehlenswert, da sich fast ausschließlich große Eiskristalle bilden, die zu einer deutlichen Verschlechterung der Produktqualität führen.

Ausschließlich die Variante mit dem Gefrieren in der Kiste ohne SFB bietet derzeit eine ausreichend schnelle Gefriergeschwindigkeit (0,585 cm/h) um die in der Literatur (Lösche, 2003) empfohlene Gefriergeschwindigkeit von größer 0,5 cm/h für Backwaren zu erreichen.

Darüber hinaus sorgt der Temperaturanstieg durch die Verpackung bei den Varianten „Kiste mit SFB“ und „Kiste ohne SFB“ dazu, dass die Produkte bis zur thermischen Stabilisierung bei -18 °C erneut für mindestens 19 h bei -22 °C gelagert werden müssen. Erst danach erfüllen die Produkte die Anforderungen der TLMV und dürfen als TK-Backwaren vertrieben werden. Somit eignet sich die Variante „Kiste ohne SFB“ am besten für die Herstellung von TK-Backwaren, da sie mit ca. 32 h und 15 min am ehesten kommissioniert werden kann. Dennoch empfiehlt es sich sicherheitshalber mindestens einen Sicherheitswert von 10 % einzubeziehen, sodass sich die Prozesszeit auf ca. 36 h erhöht. Ungeachtet dessen verkürzt sich, im Vergleich zur Variante „Karton“, die Prozesszeit bis zur Kommissionierung um ca. 79 h, was etwas mehr als drei Tagen entspricht. Weiterhin ist zu bedenken, dass die Untersuchungen zu diesem Versuch in der kalten Jahreszeit stattgefunden haben. Deshalb war die Umgebungstemperatur während des Verpackungsprozesses im Vergleich zu der warmen Jahreszeit relativ gering. Der gleiche Prozess im

Sommer führt wahrscheinlich zu einem stärkeren Temperaturanstieg, wodurch Retrogradation sowie die Bildung von großen Eiskristallen im Randbereich wieder begünstigt werden.

Diese Erkenntnisse spiegeln sich auch in der Bestimmung des äquivalenten Brotalters sowie bei der Betrachtung der Brotkruste wieder. Durch diese Versuche konnte deutlich der Einfluss der Gefriergeschwindigkeit auf die Produktqualität dargestellt werden. Der negative Einfluss der geringen Gefriergeschwindigkeit bei der Variante „Karton“ ließ sich bestätigen. Aufgrund der hohen Gefriedauer befanden sich die Produkte der Variante „Karton“ ca. 24 h in dem Temperaturbereich (+10 bis -7 °C) der stärksten Retrogradation. Dies führte unter anderem zu einer spröderen Konsistenz sowie einer Verhärtung der Krume. Dadurch wurde die Scherung an den Rändern des Stempels bei der Belastung der Krume begünstigt. Ein weiterer Effekt der beschleunigten Retrogradation zeigte sich in Form der Faltenbildung der Brotkruste. Anhand der visuellen Begutachtung der Brotkruste bei diesen Produkten ließ sich das Erwischen der Brotkruste feststellen.

Ein Vergleich der äquivalenten Brotalter des Frostversuches am Standort Pasewalk mit den Frostversuchen in der Labor Tiefgefrieranlage zeigen, dass für die Kompression von 10 mm eine höhere Elastizität festgestellt werden konnte. Dadurch erreichen diese Produkte im Bereich der Elastizität ein deutlich geringeres äquivalentes Brotalter. Dieses ließ sich auch noch nach einer Lagerdauer von 33 Tagen feststellen. Im Bereich der Kraft (N) ist kein deutlicher Unterschied im äquivalenten Brotalter zu erkennen. Dennoch zeigt dieser Vergleich, dass durch eine höhere Gefriergeschwindigkeit die Eigenschaften von frischem Brot besser konserviert werden.

Deshalb wird dem Unternehmen für die Zukunft empfohlen, trotz verkürzter Prozesszeit bei der Variante „Kiste ohne SFB“ den Durchsatz bei Bedarf nur geringfügig zu erhöhen. Eine zu stark gesteigerte Produktion würde die Wärmelast des Tiefkühlagers deutlich erhöhen. Sollte dies der Fall sein, müsste erneut untersucht werden, ob das TK-Lager die gesetzlichen Anforderungen weiterhin erfüllt und ob die in der Literatur empfohlene Gefriergeschwindigkeit noch erreicht wird. Bei stark erhöhter Produktion für den Großhandel empfiehlt sich deshalb eher, die Anschaffung einer geeigneten Gefrieranlage für den Gefrierprozess, da die Versuche ebenfalls gezeigt haben, dass das Gefrieren in der Luftströmung einen positiven Effekt auf die Produktqualität hat. Weiterhin empfiehlt es sich, den Verpackungsprozess mit gefrorenen Produkten bei steigenden Umgebungstemperaturen in der Produktion genau zu betrachten. Gegebenenfalls muss die Dauer für den Nachfrostprozess angepasst werden damit sichergestellt ist, dass nur TK-Produkte das Unternehmen verlassen, welche die Anforderungen an die TLMV erfüllen. Alternativ könnte der Verpackungsprozess unter klimatisierten Bedingungen stattfinden. Dies hätte zu-

sätzlich den Vorteil, dass die Produkte während dieses Prozesses einen geringeren Temperaturanstieg erfahren. Dadurch würde sich ebenfalls die Qualität verbessern, da weniger große Eiskristalle durch einen geringeren Temperaturanstieg entstehen. Weiterhin würde sich die Prozesszeit durch das Nachgefrieren in der Verpackung verkürzen.

6 Zusammenfassung

Diese Ausarbeitung hatte zum Ziel den Tiefkühlprozess von Roggenmischbrot zu analysieren und in Hinblick auf Prozesssicherheit sowie Produktqualität zu bewerten. Diesem Anspruch konnte während dieses Projektes gerecht werden. Dem Unternehmen „Unser Heimatbäcker GmbH“ wurde der objektive Nachweis erbracht, dass die angewandten Prozesse die gesetzlichen Anforderungen erfüllen und den Anforderungen des IFS entsprechen. Dazu wurde die Fremdkörperkontrolle sowohl mit frischen als auch mit gefrorenen Produkten durchgeführt und erzielte dabei eine Fehlerquote von jeweils ca. 1 % bei insgesamt 1747 untersuchten Verpackungseinheiten. Somit liegt die erreichte Fehlerquote deutlich unter dem firmeninternen Grenzwert von 5 %. Ferner ergab die Überwachung der Lagerbedingung innerhalb des TK-Lagers, dass trotz mehrfacher Grenzwertverletzung der Raumtemperatur, die Produkttemperatur nach deren thermischen Stabilisierung deutlich unter -18 °C liegt und somit die gesetzlichen Anforderungen an TK-Produkte erfüllt werden.

Überdies wurde der Einfluss der Gefriergeschwindigkeit auf die Produktqualität untersucht. Dazu wurden Produkte in drei Varianten am Standort Pasewalk und in drei Varianten innerhalb eines Laborversuches tiefgefroren. Die Analyse der Produkte erfolgte anschließend mit einem Texture Analyser. Die Ergebnisse lieferten dabei Rückschlüsse über das äquivalente Brotalter sowie den Grad der Retrogradation und die Elastizität des untersuchten Produktes. Dabei bestätigte sich der visuelle Eindruck, dass die angewandte Methode zur Herstellung von TK-Backwaren nur bedingt geeignet ist. Mit den vorhandenen Mitteln am Standort Pasewalk sollten die Produkte innerhalb einer Bäckerkiste ohne weiteres Verpackungsmaterial gefroren werden. Diese Variante stellte sich als einzige Möglichkeit heraus, wie das Unternehmen die in der Literatur empfohlene Gefriergeschwindigkeit erreichen und dabei gleichzeitig die Produktqualität verbessern kann. Obendrein wäre es dem Unternehmen möglich, durch diese Variante Standzeiten innerhalb des TK-Lagers zu verkürzen. Darüber hinaus liefert diese Arbeit dem Unternehmen Anregungen, wie es möglich wäre, bei einer gesteigerten Produktion weiterhin die gesetzten Vorgaben einzuhalten und gleichzeitig die Produktqualität zu steigern.

7 Literaturverzeichnis

- Andreß, H.-J.: Zittieren von Quellen im Internet. F-Verteilung für (1-alpha)=0,99. <http://eswf.uni-koeln.de/glossar/fvert1.htm>. 10.01.2018.
- Arbeitsgemeinschaft_KÄLTEFORUM, d. V. (2012) "Die Tiefkühlkette Empfehlungen zur Temperatursicherung."
- Baltes, W.; Matissek, R.: Lebensmittelchemie. 7., vollst. überarb. Aufl. Berlin u.a.: Springer, 2011.
- Bárcenas, M.-E.; Haros, C. M.; Rosell, C. M.; Benedito, C.: Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. Food Research International (2003), Nr. 95, S. 438-445.
- Collar, C.; Angioloni, A.: Bread crumb quality assessment: A plural physical approach. European Food Research and Technology (2009), Nr. 229, S. 21-30.
- DIN, D. I. f. N. e. V.: Zittieren von Quellen im Internet. DIN 10508 Lebensmittelhygiene - Temperaturen für Lebensmittel.
- Ebermann, R.; Elmadfa, I.: Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung. 2., korrig. u. erw. Aufl. Wien u.a.: Springer, 2011.
- Elmadfa, I.; Aign, W.; Muskat, E.; Fritzsche, D.: Die große GU Nährwert-Kalorien-Tabelle. 1. Aufl. München: Gräfe und Unzer, 2015.
- Funk, W.; Dammann, V.; Donnevert, G.: Qualitätssicherung in der analytischen Chemie Anwendungen in der Umwelt-, Lebensmittel- und Werkstoffanalytik, Biotechnologie und Medizintechnik. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH, 2005.
- Hartwig, G.; Wendling, K.: Statistische Qualitätskontrolle praktische Anwendung in der Lebensmittelproduktion und im Labor. 1. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 2000.
- Hirschberg, H. G.: Handbuch Verfahrenstechnik und Anlagenbau Chemie, Technik, Wirtschaftlichkeit ; mit 689 Tabellen. Berlin u.a.: Springer, 1999.
- IFS: Zittieren von Quellen im Internet. IFS Food 6.1. <https://www.ifs-certification.com/index.php/de/download-standards?item=251>.
- Kurzhals, H.-A.: Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln. 1. Aufl. Hamburg: Behr, 2007.
- Lösche, K.: Kältetechnologie in der Bäckerei. 1. Aufl. Hamburg: Behr, 2003.
- Mandala, I.; Kapetanakou, A.; Kostaropoulos, A.: Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature: II—Effect of freezing. Food Hydrocolloids (2008), Nr. 22, S. 1443-1451.
- Maurer, T.: Kältetechnik für Ingenieure. Berlin Offenbach: VDE Verlag GmbH, 2016.
- Reinartz, M. (2011). Einfluss des Tiefgefrierens und der Tiefkühl Lagerung auf die Mikroflora von vier handelsüblichen Tiefkühlprodukten Berlin, Freie Univ., Diss., 2011, Mensch und Buch Verl.
- Richtlinie_89/108/EWG: Zittieren von Quellen im Internet. Richtlinie 89/108/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über

tiefgefrorene Lebensmittel <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31989L0108&from=DE>.

Steinert, S.: Validierung der Backofentemperaturen unterschiedlicher Ofensysteme zur Gewährleistung der Produktsicherheit. 2017.

Timm, F.; Antonacopoulos, N.: Tiefgefrorene Lebensmittel mit 37 Tabellen. 2., völlig neubearb. und erw. Aufl. Berlin u.a.: Blackwell Wiss.-Verl., 1996.

TLMV: Zittieren von Quellen im Internet. Verordnung über tiefgefrorene Lebensmittel (TLMV). <https://www.gesetze-im-internet.de/tlmv/TLMV.pdf>.

Universität_Zürich: Zittieren von Quellen im Internet. F-Test. <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/unterschiede/varianzen/ftest.html>. 05.12.2017.

Unser_Heimat_Bäcker_GmbH: Metallcheck. Qualitätsmanagementhandbuch: 2018.

Unser_Heimat_Bäcker_GmbH: Rezeptur "Unser Rogggenmischbrot, 1000 g". VA Bäckerei: 2018.

Unser_Heimat_Bäcker_GmbH: Technologiedatenblatt 62718_Unser Rogggenmischbrot, 1000 g 2018.

Unser_Heimat_Bäcker_GmbH: Technologiedatenblatt 62719_Rogggenmischbrot 500 g. VA Bäckerei: 2018.

Unser_Heimat_Bäcker_GmbH: Verpackung. VA Bäckerei: 2018.

VO_(EG)_Nr._37/2005: Zittieren von Quellen im Internet. VERORDNUNG (EG) Nr. 37/2005 DER KOMMISSION vom 12. Januar 2005 zur Überwachung der Temperaturen von tief gefrorenen Lebensmitteln in Beförderungsmitteln sowie Einlagerungs- und Lagereinrichtungen. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:010:0018:0019:DE:PDF>.

VO_(EG)_Nr._852/2004: Zittieren von Quellen im Internet. VERORDNUNG (EG) Nr. 852/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:de:PDF>.

Yanniotis, S.; Mandala, I.; Polaki, A.: Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients. Journal of Food Engineering (2009), Nr. 92, S. 137-145.

Zentgraf, H.: Know-How für die Backstube: Mehlwissen. GMF Vereinigung Getreide-, Markt- und Ernährungsforschung GmbH (2008), Nr. DBZ 07-10/2008.

Zwick_Roell_AG (2009) "Prüfsysteme für die Texturanalyse, Viskositätsmessung und Verpackungsprüfung."

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozessfließbild Verpackung in den Varianten Karton, Kiste mit SFB und

Kiste ohne SFB..... - 17 -

Abbildung 2:	Schematische Darstellung Logger Platzierung: a) ellab Multi Logger Tracksense® Pro, b) testo 184 T3, c) testo 175-T2.....	- 20 -
Abbildung 3:	Palettier Schema 164er Karton, grün Markierte Kartons enthalten Datenlogger zur Temperaturaufzeichnung.....	- 21 -
Abbildung 4:	Messzonen TK-Lager	- 23 -
Abbildung 5:	Übersicht über die durchgeführten Fremdkörperkontrollen sowie deren Aufteilung in Kontrollen mit frischen und teilgefrorenen Produkten und deren prozentualen Anteil an Fehlausschlägen	- 26 -
Abbildung 6:	Mittelwertdarstellung der Gefrierdauer für „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“ im Laborversuch bei abwärts gerichteter Luftströmung, Gebläsestufe 5,5 und Umgebungstemperaturen von -22 °C, -30 °C und -40°C.....	- 28 -
Abbildung 7:	Mittelwertdarstellung der Gefrierdauer für „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“ am Standort Pasewalk bei -22 °C in den Varianten: Karton, Kiste mit SFB und Kiste ohne SFB.....	- 29 -
Abbildung 8:	Mittelwertdarstellung der Gefrierdauer für „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“ am Standort Pasewalk bei -22 °C in den Varianten: Karton, Kiste mit SFB und Kiste bis zur thermischen Stabilisierung der Verpackungseinheiten	- 31 -
Abbildung 9:	Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 1	- 32 -
Abbildung 10:	Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 2	- 32 -
Abbildung 11:	Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 3	- 33 -
Abbildung 12:	Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 4	- 33 -

Abbildung 13: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 5.....	- 33 -
Abbildung 14: Temperaturverlauf von Raumtemperatur und Produkttemperatur in Zone 6.....	- 34 -
Abbildung 15: Beispielgraphik einer Untersuchung mit dem Texture Analyser TA-xT2i....	- 34 -
Abbildung 16: Kalibrierdiagramm 1. Ordnung auf Basis des Datenmaterials der Variante Lagerung in Brottüte	- 37 -
Abbildung 17: Darstellung Messergebnis Texture Analyser und Stempelabdruck einer untersuchten Scheibe der Variante „Karton“ vom 01.12.2017	- 38 -
Abbildung 18: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Karton“, deutliche Faltenbildung der Kruste	- 38 -
Abbildung 19: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Karton“, extreme Faltenbildung der Kruste nach dem Auftauen innerhalb der Verpackung.....	- 39 -
Abbildung 20: Darstellung Messergebnis Texture Analyser und Stempelabdruck einer untersuchten Scheibe der Variante „Kiste mit SFB“ vom 01.12.2017	- 39 -
Abbildung 21: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Kiste mit SFB“, leichte Faltenbildung an der Kruste	- 40 -
Abbildung 22: Darstellung Messergebnis Texture Analyser und Stempelabdruck einer untersuchten Scheibe der Variante „Kiste ohne SFB“ vom 01.12.2017	- 40 -
Abbildung 23: „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“, Variante „Kiste ohne SFB“, keine Faltenbildung der Kruste oder sonstige Mängel erkennbar	- 41 -
Abbildung 24: grobe Porung direkt unterhalb der Kruste	- 41 -
Abbildung 25: Vergleich der ermittelten äquivalenten Brotalter bei den Varianten: tiefgefroren im Karton, gefroren in der Kiste mit und ohne SFB	- 42 -
Abbildung 26: Vergleich der ermittelten äquivalenten Brotalter der Varianten im Laborversuch tiefgefroren bei -22 °C, -30 °C und -40 °C	- 43 -

Abbildung 27: äquivalente Brotalter von Produkten aus dem Rückstellmusterlager..... - 44 -

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Größenordnung für Wärmeübertragungszahlen, (Lösche, 2003).....	- 19 -
Tabelle 2:	Koeffizienten A und B zur Berechnung der Gefrierdauer, (Lösche, 2003) ...	- 20 -
Tabelle 3:	Prozessparameter LABOFreeze	- 22 -
Tabelle 4:	Prozessparameter und Messmittel für die Untersuchung Brotalter	- 24 -
Tabelle 5:	Überprüfung der Prüfkörper: Ø4,5 mm Eisen (FE), Ø4,5 mm Nicht Eisenmetall (NFE) und Ø4,5 mm Stahl (S).....	- 27 -
Tabelle 6:	Ergebnisdarstellung für theoretische Gefrierdauer und –geschwindigkeit; Vergleich Quader und an der Manteloberfläche gekühlter Zylinder	- 28 -
Tabelle 7:	Ermittelte Gefriergeschwindigkeiten des Laborversuches nach Formel 3.....	- 29 -
Tabelle 8:	Ermittelte Gefriergeschwindigkeiten der drei Varianten am Standort Pasewalk nach Formel 3, ohne Temperaturschwankungen durch den Verpackungsprozess.....	- 29 -
Tabelle 9:	Vergleich der Ergebnisse Gefriergeschwindigkeit und -dauer	- 30 -
Tabelle 10:	Zeiträume der Temperaturmessungen in den jeweiligen Zonen des Tiefkühllagers.....	- 32 -
Tabelle 11:	Messergebnisse frisches Brot gelagert in Papiertüte und Seitenfaltenbeutel	- 35 -
Tabelle 12:	Kalibrierfunktionen 1. und 2. Ordnung für die Varianten Lagerung in Papiertüte und in SFB	- 36 -
Tabelle 13:	Prüfwerte ob die Messwerte durch die Kalibrierfunktion 1. oder 2. Ordnung am besten repräsentiert werden.....	- 36 -

10 Formelverzeichnis

Formel 1:	Berechnung Gefrierdauer [t], (Lösche, 2003)	- 19 -
-----------	---	--------

Formel 2:	Berechnung Gefriergeschwindigkeit [w], (Lösche, 2003)	- 20 -
Formel 3:	Berechnung mittlere Gefriergeschwindigkeit der Versuche [w_V].....	- 22 -
Formel 4:	Berechnung arithmetischer Mittelwert [\bar{x} ; \bar{y}], (Hartwig, Wendling, 2000).....	- 23 -
Formel 5:	Standardabweichung der Stichprobe [s], (Funk, Dammann et al., 2005)	- 25 -
Formel 6:	Varianz der Stichprobe [σ] , (Funk, Dammann et al., 2005).....	- 25 -
Formel 7:	Kalibrierfunktion 1. Ordnung (linear), (Funk, Dammann et al., 2005).....	- 25 -
Formel 8:	Kalibrierfunktion 2. Ordnung (quadratisch), (Funk, Dammann et al., 2005).....	- 25 -
Formel 9:	Berechnung des Prüfwertes [PW], (Funk, Dammann et al., 2005).....	- 25 -

11 Anhang

I	Berechnungen	- 1 -
a.	Ergebnisse theoretische Bestimmung Gefrierdauer und –geschwindigkeit	- 1 -
b.	Berechnung und Prüfung der Kalibrierung	- 4 -
II	Technologiedatenblatt	- 10 -
a.	„Unser Roggenmischbrot, 1000 g“	- 10 -
b.	Roggenmischbrot, 500 g.....	- 11 -
III	Anweisung.....	- 12 -
a.	Arbeitsanweisung Verpackung.....	- 12 -
b.	Arbeitsanweisung Metallcheck	- 17 -
IV	Spezifikation.....	- 20 -
a.	Seitenfaltenbeutel	- 20 -
b.	164er Umkarton	- 21 -

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

Ich erkläre weiterhin, dass die abgegebene elektronische Fassung mit der eingereichten Arbeit identisch ist.

Neubrandenburg, den 31.01.2018

Ort, Datum

Sebastian Steinert



I Berechnungen

a. Ergebnisse theoretische Bestimmung Gefrierdauer und –geschwindigkeit

- Formelzeichen

c_f : spezifische Wärmekapazität des Lebensmittels oberhalb des Gefrierpunktes (T_g) [J/(kgK)]

T_A : Anfangstemperatur [°C]

T_g : Gefriertemperatur (Gefrierpunkt) [°C]

-7 °C, in Versuchen ermittelt

Δh_g : Erstarrungsenthalpiedifferenz des Lebensmittels [J/kg]

c_g : spezifische Wärmekapazität des Lebensmittels unterhalb des Gefrierpunktes [J/(kgK)]

X_w : Wassergehalt [kg Wasser/kg Lebensmittel]

0,41 kg Wasser/ kg Lebensmittel, (Elmadfa, Aign et al., 2015)

ϵ : ausgefrorener Wasseranteil [kg Eis/kg Wasser]

0,11 kg Eis/ kg Wasser, (Hirschberg, 1999)

Z_L : Luft- bzw. Gasvolumenanteil [m^3 Gas/ m^3 Lebensmittel]

λ_s : Wärmeleitfähigkeit des gasfreien Teils des Lebensmittels im gefrorenen Zustand [W/(mK)]

V_{Produkt} : Produktvolumen [m^3]

0,00310925 m^3 , (Steinert, 2017)

m_{Mehl} : Eingesetzte Mehlmenge pro Produkt [kg]

0,50625 kg, (Unser_Heimat_Bäcker_GmbH, 2018)

- Berechnungsgrundlage

Berechnet nach Formel 1 und Formel 2.

Formelzeichen	Einheit	Tiefkühlhaus	LABOFreeze	LABOFreeze	LABOFreeze
t _{Quader}	h	12,485	6,279	2,093	1,142
w _{Quader}	cm/h	0,621	1,234	3,703	6,789
t _{Zylinder}	h	12,040	5,834	1,945	1,061
w _{Zylinder}	cm/h	0,644	1,328	3,985	7,307
Δh	J/kg	94309,930	94309,930	94309,930	94309,930
ρ _g	kg/m ³	340	340	340	340
T _{ge}	°C	-18	-18	-18	-18
T _u	°C	-22	-22	-30	-40
L	m	0,155	0,155	0,155	0,155
A	W/(m ² K)	9,5	30	30	30
λ _g	W/(mK)	1,1305	1,1305	1,1305	1,1305
A _{Quader}		2	2	2	2
B _{Quader}		6,954	6,954	6,954	6,954
A _{Zylinder}		2	2	2	2
B _{Zylinder}		8	8	8	8

- Zwischenergebnisse

Wärmekapazität [c]		
c _f	2217,6	J/kgK
	4200	
	840	
X _w	0,41	kg H ₂ O/kg LM
c _g	1356,6	J/kgK
	2100	
	840	
X _w	0,41	kg H ₂ O/kg LM

Enthalpie [h]		
Δh _g	15076,93	J/kg
	334,3	
X _w	0,41	kg H ₂ O/kg LM
ε	0,11	kg Eis/kg H ₂ O
Δh	94309,93	J/kg
T _A	22	°C
T _g	-7	°C
T _{ge}	-18	°C

Gefrierdauer [t]	44946,6366	s
L	0,155	m
ρ	340	kg/m ³
T _{ge}	-18	°C
T _U	-22	°C
α	9,5	

Produktform abhängige Koeffizienten		
	Quader	Zylinder
A	2	2
P	0,2500	
B	6,954102921	8
R	0,0719	

Wärmeleitfähigkeit [λ]		
λ _g	1,130549516	W/(mK)
	0,022	
λ _s	1,1374	W/(mK)
	2,4	
	0,26	
m _w	0,41	kg H ₂ O/kg LM

Volumenausbeute [Z _L]		
Volumenausbeute [Z _L]	0,006141728	m ³ Luft/m ³
V _{Roggenmischbrot}	0,00310925	m ³
Mehlmenge	0,50625	kg

Formeln

$$c_f = 4200 \cdot X_w + 840(1 - X_w)$$

$$c_g = 2100 \cdot X_w + 840(1 - X_w)$$

$$\Delta h_g = 334,3 \cdot 10^3 \cdot X_w \cdot \epsilon$$

$$\Delta h = c_f(T_A - T_g) + \Delta h_g + c_g(T_g - T_{ge})$$

$$t = \frac{\Delta h \cdot \rho_g}{2(T_{ge} - T_u)} \cdot \left(\frac{L}{A\alpha} + \frac{L^2}{B\lambda_g} \right)$$

$$\lambda_g = 0,022 \cdot Z_L + \lambda_s(1 - Z_L)$$

$$\lambda_s = 2,4 \cdot X_w + 0,26 \cdot (1 - X_w)$$

$$Z_L = \frac{V_{Produkt}}{m_{Mehl}}$$

b. Berechnung und Prüfung der Kalibrierung

- Basisdatenmaterial

Produktionsdatum	x ₁	y ₁	y ₂	x ₂	y ₃	y ₄
	Stunden [h]	Papiertüte	Papiertüte	Stunden [h]	SFB	SFB
		Kraft [N]	Elastizität		Kraft [N]	Elastizität
17.10.2017	36	24,975	0,807	36	24,713	0,812
16.10.2017	60	31,357	0,807	60	31,600	0,802
15.10.2017	84	30,802	0,757	84	30,183	0,733
13.10.2017	132	36,646	0,636	132	32,913	0,685
11.10.2017	180	38,412	0,646			
10.10.2017	204	48,102	0,587			
09.10.2017	228	55,749	0,495			
08.10.2017	252	53,264	0,486	252	56,656	0,543
Summe (Σ)	1176	319,306	5,220	564,000	176,065	3,575
Anzahl (n)	8	8	8	5	5	5
Mittelwert (\bar{x}; \bar{y})	147	39,913	0,652	112,800	35,213	0,715
Standard- abweichung (s)	81,071	11,265	0,129	85,529	12,387	0,109
Varianz (σ)	6572,571	126,910	0,017	7315,200	153,427	0,012

- Berechnung der Variablen

	Variablen						Formeln
	x ₁	y ₁	y ₂	x ₂	y ₃	y ₄	
m ₁		0,133	-0,002		0,140	-0,001	$m_1 = \frac{Q_{xy}}{Q_x}$
m ₂		0,0486	-0,0011		-0,0039451	-0,0016363	$m_2 = \frac{Q_{xy} - cQ_{x^3}}{Q_{xx}}$
b ₁		20,336	0,8795		19,474	0,858	$b_1 = \bar{y} - m_1 \bar{x}$
b ₂		24,676	0,859		26,6750746	0,87646841	$b_2 = \bar{y} - m_2 \bar{x} - c \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2$
c		0,0003	-0,000001		0,00048358	0,000001	$c = \frac{Q_{xy} \cdot Q_{x^3} - Q_{x^2} \cdot Q_{xx}}{Q_{x^5} - Q_{xx} \cdot Q_{x^4}}$
r		0,95842051	-0,9744501		0,963453	-0,9916642	$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$
R ²		0,91856987	0,94955294		0,92824169	0,98339794	$R^2 = (r)^2$

- Berechnung der Quersummen

	Quadratische Summen						Formeln
	x ₁	y ₁	y ₂	x ₂	y ₃	y ₄	
Q _x	46008			29260,8			$Q_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
Q _y		888,367013	0,11560573		613,708791	0,04770364	$Q_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$
Q _{xx}	46008			29260,8			$Q_{xx} = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}$
Q _{xy}		6127,29777	-71,066667		4082,76896	-37,0496	$Q_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$
Q _{x³}	13156992			8681472			$Q_{x^3} = \sum_{i=1}^n x_i^3 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i) \cdot (\sum_{i=1}^n x_i^2)}{n}$
Q _{x⁴}	3896211456			2675441664			$Q_{x^4} = \sum_{i=1}^n x_i^4 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i^2)^2}{n}$
Q _{x²y}		1791764,17	-20507,648		1259546,8	-10867,968	$Q_{x^2}y = \sum_{i=1}^n (x_i^2 y_i) - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i) \cdot (\sum_{i=1}^n x_i^2)}{n}$

- Prüfung der Funktionen

Prüfung der Funktionen						Formeln	
	x ₁	y ₁	y ₂	x ₂	y ₃	y ₄	
s _{ya}		3,4722674	0,03117683		2,62813345	0,01456951	$s_{ya} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{n-2}}$
s _{x0a}		0,1707454	0,03544798		0,13495551	0,01698291	$s_{x0a} = \frac{s_{ya}}{b_1}$
v _{x0a}		0,116%	0,024%		0,120%	0,015%	$v_{x0a} = \frac{s_{x0a}}{x} * 100\%$
s _{yb}		3,80367836	0,03415251		3,21879296	0,01784393	$s_{yb} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{n-3}}$
s _{x0b}		0,15360277	0,03976601		0,1201752	0,02035236	$s_{x0b} = \frac{s_{yb}}{E(\bar{x})}$
E(\bar{x})		24,7630841	0,85883676		26,7841707	0,87674984	$E(\bar{x}) = b_2 + 2c\bar{x}$
v _{x0b}		0,104%	0,027%		0,107%	0,018%	$v_{x0b} = \frac{s_{x0b}}{\bar{x}} * 100\%$
PW		4,99184619	-1,7787365		1,99721212	-0,6018281	$PW = \frac{DS^2}{s_{yb}^2}$
DS ²		72,2218761	-0,0020747		20,6923721	-0,0001916	$DS^2 = (n-2)s_{ya}^2 - (n-3)s_{yb}^2$
df		7	7		4	4	$df = (n-1)$
F Tabelle		7,85	14,98		7,85	14,98	

- Ermittlung äquivalentes Brotalter Laborversuch

Funktion		Kraft [N]		Elastizität	
		$y=0,1332x+20,336$		$y=-0,0015x+0,8795$	
Lagerdauer [d]	Temperatur [°C]	X_{1,berechnet}	Y_{1,ermittelt}	X_{2,berechnet}	Y_{2,ermittelt}
1	-22	94,478	32,920	80,619	0,759
18	-22	137,827	38,695	72,167	0,771
33	-22	124,626	36,936	75,857	0,766
1	-30	114,097	35,534	100,619	0,729
17	-30	132,650	38,005	71,095	0,773
32	-30	125,331	37,030	72,524	0,771
1	-40	109,361	34,903	81,571	0,757
17	-40	130,333	37,696	71,333	0,773
32	-40	115,834	35,765	70,143	0,774

- Ermittlung äquivalentes Brotalter MHD-Test

	Kraft [N]		Elastizität	
Funktion	$y=0,1332x+20,336$		$y=-0,0015x+0,8795$	
Produktionsdatum	X_{1,berechnet}	Y_{1,ermittelt}	X_{2,berechnet}	Y_{2,ermittelt}
13.12.2016	42,422	165,814	0,576	202,143
17.01.2017	33,327	97,533	0,571	205,381
13.02.2017	30,695	77,768	0,637	161,571
20.03.2017	35,408	113,151	0,631	165,381
19.04.2017	35,217	111,717	0,641	158,714
15.05.2017	38,126	133,560	0,584	196,810
19.06.2017	44,074	178,210	0,720	106,333
24.07.2017	35,386	112,989	0,683	131,095
14.08.2017	37,404	128,135	0,604	183,476
18.09.2017	47,579	204,529	0,565	209,762
16.10.2017	38,083	133,238	0,683	131,095
17.11.2017	35,039	110,387	0,710	113,000

- Ermittlung äquivalentes Brotalter Gefriervarianten

Funktion	Kraft [N]		Elastizität	
	$y=0,1332x+20,336$		$y=-0,0015x+0,8795$	
Karton	X_{1,berechnet}	Y_{1,ermittelt}	X_{2,berechnet}	Y_{2,ermittelt}
Position 1	50,425	225,893	0,391	325,381
Position 5	55,190	261,663	0,419	307,286
Position 9	47,033	200,431	0,450	286,333
Position 1	38,688	137,776	0,617	175,000
Position 5	46,275	194,736	0,485	263,000
Position 9	39,795	146,089	0,596	189,000
Position 1	38,565	136,855	0,545	223,222
Position 5	47,794	206,140	0,430	299,667
Position 9	40,349	150,250	0,451	285,889
Mittelwert	44,902	184,426	0,487	261,642

Funktion	Kraft [N]		Elastizität	
	$y=0,1332x+20,336$		$y=-0,0015x+0,8795$	
mit SFB	X_{1,berechnet}	Y_{1,ermittelt}	X_{2,berechnet}	Y_{2,ermittelt}
Position 1	38,626	137,311	0,609	180,619
Position 5	35,997	117,574	0,596	189,190
Position 9	39,748	145,737	0,613	177,762
Position 1	37,362	127,825	0,656	149,000
Position 5	35,377	112,920	0,671	139,000
Position 9	36,948	124,712	0,647	155,000
Position 1	38,026	132,804	0,662	145,000
Position 5	38,353	135,264	0,721	105,444
Position 9	37,036	125,375	0,753	84,111
Mittelwert	37,497	128,836	0,659	147,236

	Kraft [N]		Elastizität	
Funktion	$y=0,1332x+20,336$		$y=-0,0015x+0,8795$	
ohne SFB	X_{1,berechnet}	Y_{1,ermittelt}	X_{2,berechnet}	Y_{2,ermittelt}
Position 1	38,608	137,179	0,675	136,333
Position 5	39,275	142,186	0,649	153,833
Position 9	40,234	149,382	0,645	156,333
Position 1	37,930	132,085	0,712	111,667
Position 5	34,195	104,046	0,674	137,000
Position 9	35,109	110,911	0,701	119,000
Position 1	40,167	148,880	0,690	126,333
Position 5	38,799	138,608	0,686	129,000
Position 9	39,071	140,656	0,702	118,333
Mittelwert	38,154	133,770	0,682	131,981

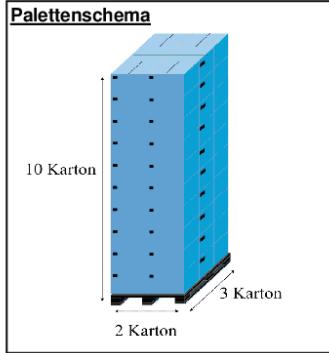
	Kraft [N]		Elastizität	
Produktionsdatum	X_{1,berechnet}	Y_{1,ermittelt}	X_{2,berechnet}	Y_{2,ermittelt}
13.12.2016	42,422	165,814	0,576	202,143
17.01.2017	33,327	97,533	0,571	205,381
13.02.2017	30,695	77,768	0,637	161,571
20.03.2017	35,408	113,151	0,631	165,381
19.04.2017	35,217	111,717	0,641	158,714
15.05.2017	38,126	133,560	0,584	196,810
19.06.2017	44,074	178,210	0,720	106,333
24.07.2017	35,386	112,989	0,683	131,095
14.08.2017	37,404	128,135	0,604	183,476
18.09.2017	47,579	204,529	0,565	209,762
16.10.2017	38,083	133,238	0,683	131,095
17.11.2017	35,039	110,387	0,710	113,000

II Technologiedatenblatt

a. „Unser Roggenmischbrot, 1000 g“

Technologiedatenblatt						
VA Bäckerei		DB				
Gültig ab: 04.01.2018	Erstellt von : H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\Bäckerei\Bäckerei TK- Produktion\Technologieblätter			
Verteiler: Produktion						
Artikelnummer	Produktnam		Kunde			
62718	Unser Roggenmischbrot, 1000 g		Rubave			
Prozessparameter:	Knetzeit: 5 + 3 min Teigtemperatur: 26 - 27 °C Teigruhe: 15 min Einwaage: 1170 g					
Aufarbeitung:	Mischbrotlinie Teig über Kammerenteiler abwiegen, über Bänderrundwirker und Langroller automatisch aufarbeiten.					
Topping:	Roggenmehl					
Einstellung Gärskrank:	Temperatur: 37 °C	Luftfeuchtigkeit: 75 %				
Backen:	Freigeschoben über Netzbandofen					
Backzeit:	48 min					
Maße:	Verkaufsgewicht: 1000 g HG-Gewicht: 1030 g Länge: 25 - 29 cm Breite: 14 - 17 cm Höhe: 7,8 - 9,5 cm					
Vorbereiten: Brotkiste	80x40					
Stück/ Kiste	4					
Kisten/ Pal.	30					
Kisten Pal./ Karton Pal.	2					
Verpacken: Karton	385x385x145					
Stück/ Karton	4					
Karton/Pal.	60					
Stück/Pal.	240					
Nach Anweisung des Vorgesetzten, ist die ausgekühlte Ware in den Froster "Neu" Tor II oder am Auslauf Netzbandofen zur Übergabe an den Metalcheck bereitzustellen. Dabei ist <u>jede</u> Kistenpalette, im oberen Drittel an den schmalen Seiten, mit Palettenfahnen zu kennzeichnen.						
  Gebäckfoto  Porung 						
Bei jeglichen Abweichungen ist <u>umgehend</u> der Abteilungsleiter zu informieren!						

b. Roggenmischbrot, 500 g

Technologiedatenblatt						
VA Bäckerei		DB				
Gültig ab: 04.01.2018	Erstellt von : H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\Bäckerei\Bäckerei TK- Produktion\Technologieblätter			
Verteiler: Produktion						
Artikelnummer	Produktnamne		Kunde			
62719	Roggenmischbrot 500g		Rubave			
Prozessparameter:	Knetzeit: 5 + 3 min Teigtemperatur: 24 - 25 °C Teigruhe: 10 min Einwaage: 620 g					
Aufarbeitung:	Spezialbrotline Über den Kammersteiler, Kegelrundwirker, Langwirker aufarbeiten und mit dem Schluss nach oben in die Gärkörbe legen.					
Topping:	Roggenmehl					
Einstellung Gärschrank:	Temperatur: 36 °C Luftfeuchtigkeit: 61 %					
Backen:	Freigeschoben über den Netzbandofen					
Backzeit:	48 min					
Maße:	Verkaufsgewicht: 500 g HG-Gewicht: 530 g Länge: 21,0 - 25,0 cm Breite: 10,0 - 12,0 cm Höhe: 6,9 - 9,0 cm					
Vorbereiten: Brotkiste	80x40					
Stück/ Kiste	8					
Kisten/ Pal.	30					
Kisten Pal./ Karton Pal.	2					
Verpacken: Karton						
Stück/ Karton	8					
Karton/Pal.	60					
Stück/Pal.	480					
Nach Anweisung des Vorgesetzten, ist die ausgekühlte Ware in den Froster "Neu" Tor II oder am Auslauf Netzbandofen zur Übergabe an den Metallcheck bereitzustellen. Dabei ist jede Kistenpalette, im oberen Drittel an den schmalen Seiten, mit Palettenfahnen zu kennzeichnen.						
Gebäckfoto						
 Palettenschema 						
<i>Bei jeglichen Abweichungen ist umgehend der Abteilungsleiter zu informieren!</i>						

III Anweisung

a. Arbeitsanweisung Verpackung

	Verpackung		
	VA Bäckerei	AA	Seite: 1 von 5

1. Zweck:

Das Verpacken und Etikettieren stellt den letzten Prozessschritt des Herstellungsprozesses dar. Die Arbeitsanweisung „Verpackung“ gibt die Tätigkeiten, die bei diesem Prozessschritt durchzuführen sind, wieder.

Generell ist das Verpacken der halbgebackenen Produkte für den Vertrieb an den Großhandel notwendig. Dabei ermöglicht die Verpackung erst ein Stapeln der Produkte auf Paletten und verhindert gleichzeitig, dass unbeabsichtigte Eindringen von Fremdkörpern in die Produkte.

2. Verantwortung:

Leitung Bäckerei
geschulte Mitarbeiter Bäckerei

3. Durchführung:

Die für die Verpackung bestimmten Produkte werden von dem Ofenführer bzw. dem Mitarbeiter am Brotband im Abkühlbereich bereitgestellt. Hier gilt es zu beachten, dass um Kreuzkontaminationen zu vermeiden nur für die Verpackung bestimmte Produkte hier bereitgestellt werden dürfen. Hier lagern die Produkte, bis sie vollständig ausgekühlt sind. Die Verpackung findet also stets am Folgetag statt.

Findet die Kartonfrostung statt, werden die Produkt direkt verpackt.

Ist ein umgehendes Verpacken aus Personalgründen nicht möglich, findet eine Teilstrostung in Brotkiste statt.

Gefrieren

Das gefrieren erfolgt in TK. Dazu werden die Kistenpaletten gestretcht in Tor 2 von TK 12 geschoben und an den schmalen Seiten der Paletten mit „Kofferanhängern“, welche mit dem Produktionsdatum beschriftet sind, markiert. Nach einem Gefrierprozess sind die Produkte ausreichend gefroren sodass sie verpackt werden können.

Vorbereitende Tätigkeiten

Bevor der Mitarbeiter mit dem Verpacken beginnen kann, ist es notwendig, dass er sich davon überzeugt, dass für den Verpackungsauftrag genügend Verpackungsmaterial vorhanden ist. Dazu kann er sich in dem entsprechenden **FB Technologieblatt** über den zu verwendenden Karton informieren. Sollte nicht mehr genügend geeignetes Verpackungsmaterial bereitstehen, so muss der Mitarbeiter sich weiteres geeignetes Verpackungsmaterial bei dem Lagermitarbeiter organisieren.

Ferner muss der Mitarbeiter prüfen, ob für den Packauftrag genügend Klebeband auf den Rollen des Kartonaufrichters ist. Sollte dies nicht der Fall sein, sind die Rollen ggf. im Vorfeld zu wechseln (Siehe Abbildung 1 bis 4) oder sich um Reserve zu bemühen, um eventuelle Unterbrechungen des Packauftrages so kurz wie möglich zu halten.

Gültig ab: 15.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\QS_QMB\IFS Aufbau\ABT Produktion\Arbeitsanweisungen+Verfahrensanweisungen
Verteiler: Produktion, Betriebsleitung, Disposition, Versand			

	Verpackung		
VA Bäckerei	AA	Seite: 2 von 5	

Obere Abrollvorrichtung Klebeband

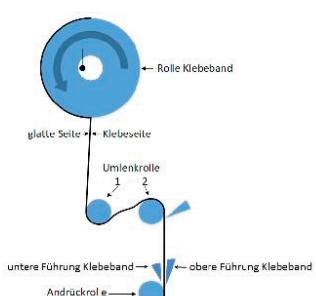


Abb.1: Schema Führung Klebeband



Abb.2: Abrollvorrichtung Klebeband oben

Untere Abrollvorrichtung Klebeband

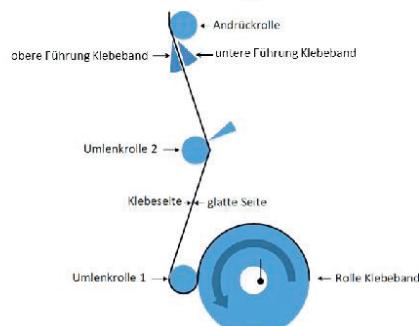


Abb.3: Schema Führung Klebeband

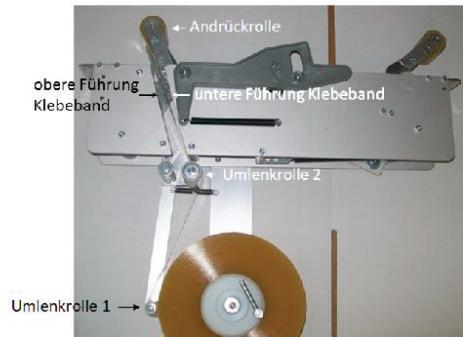


Abb.4: Abrollvorrichtung Klebeband unten

Bevor mit der Verpackung von Produkten begonnen wird, überzeugt sich der Mitarbeiter über die korrekten Einstellungen (Breite der Förderbänder und Höhe der oberen Verschlussautomatik) des Kartonaufrichters mit Hilfe eines Leerkartons.

Gültig ab: 15.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\QS_QMB\IFS Aufbau\ABT Produktion\Arbeitsanweisungen+Verfahrensanweisungen
Verteiler: Produktion, Betriebsleitung, Disposition, Versand			

	Verpackung		
	VA Bäckerei	AA	Seite: 3 von 5

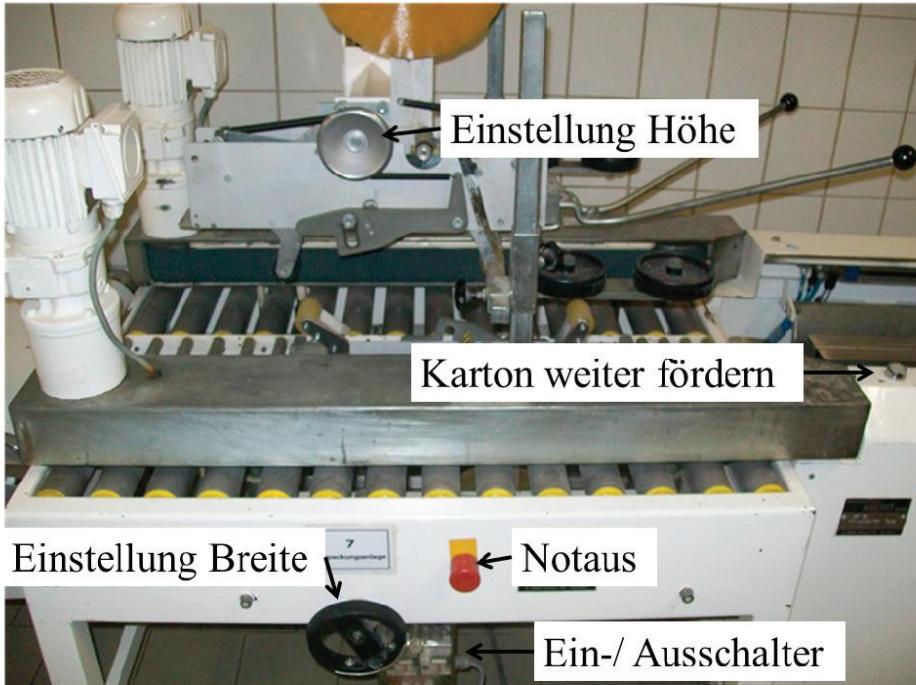


Abb. 5: Verschluss Karton

Des Weiteren organisiert der Mitarbeiter ausreichend viele Holzpaletten um die verpackten Produkte im Anschluss an den Metallcheck palettieren zu können. Ferner vergewissert sich der Mitarbeiter, dass die von der Verwaltung bereitgestellten Etiketten sowie zwei Palettenscheine vorhanden sind.

Verpackung

Das Verpacken der Produkte erfolgt am Kartonaufrichter. Dazu wird zunächst ein Karton aufgefaltet und in den Kartonaufrichter eingesetzt. Durch das Betätigen des hinteren pneumatischen Hebels wird die Unterseite des Kartons automatisch zugefaltet und verschlossen gehalten. Im Anschluss dessen wird der Karton mit einem Seitenfaltenbeutel und der notwendigen Anzahl an Produkten bestückt. Dieser Schritt verkürzt sich, wenn der Mitarbeiter am Abnehmband die Brotkisten, entsprechend dem jeweiligen Technologieblatt, mit einem Seitenfaltenbeutel und der entsprechenden Stückzahl an Produkten vorbereitet hat. Diese können vollständig den Brotkisten entnommen und in den Karton eingelegt werden. Anschließend wird der Seitenfaltenbeutel so verschlossen, dass die Produkte vollständig bedeckt sind. Der Karton wird zugefaltet und durch Betätigen des Knopfes am Kartonaufrichter automatisch zum verkleben gefördert. Dabei wird der vordere pneumatische Hebel ausgelöst welcher die beiden Verschlussplatten am Kartonaufrichter wieder öffnet. Die beiden Laufbänder, links und rechts bei der Verklebung, fördern den gepackten Karton durch die Abrollautomatik des Kleebandes wodurch dieser sicher verschlossen wird und fördern den Karton zum Metallcheck.

Gültig ab: 15.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Betriebsleitung\QS_QMB\IFS Aufbau\ABT Produktion\Arbeitsanweisungen+Verfahrensanweisungen
Verteiler: Produktion, Betriebsleitung, Disposition, Versand			

	Verpackung		
VA Bäckerei	AA	AA	Seite: 4 von 5

Metallcheck

Der Metallcheck erfolgt gemäß der **AA Metallcheck**

Palettieren und Etikettieren

Nach dem erfolgreichen Metallcheck erfolgt das Palettieren. Dazu werden die Kartons gemäß der Angaben des jeweiligen **Technologieblattes** gestapelt. Für eine bessere Stabilität des Stapels wird nach jeder **dritten** bzw. **vierten** Lage eine Zwischenlage aufgelegt (siehe Abbildung 6).



Abb.6: Draufsicht Zwischenlage

Die Zwischenablage sorgt dafür, dass die Gewichtsverteilung der oberen Lagen gleichmäßig auf die unteren Lagen erfolgt und somit den gesamten Stapel stabilisiert. Im Anschluss dessen erfolgt die Etikettierung jedes einzelnen Kartons an dessen schmalen Seite in der oberen linken Ecke (Abbildung 7).

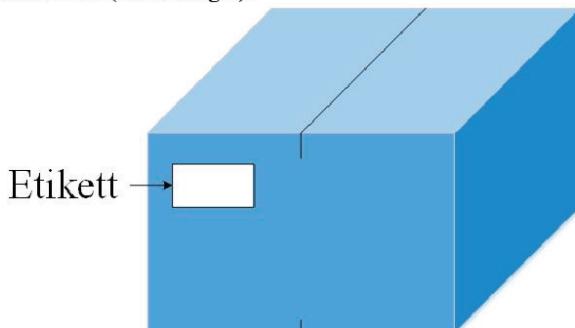


Abb.7: Platzierung Etikett

Nachdem alle Kartons etikettiert wurden, wird die Palette vollständig eingestreift und jeweils an den schmalen Seiten der Palette mit einem Palettschein versehen.

Gültig ab: 15.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage\ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\QS_QMB\IFS Aufbau\ABT Produktion\Arbeitsanweisungen+Verfahrensanweisungen
Verteiler: Produktion, Betriebsleitung, Disposition, Versand			

	Verpackung		
	VA Bäckerei	AA	Seite: 5 von 5

Tiefgefrieren und Lagern

Nach dem Einstretchen wird die Palette umgehend in den Tieflüher 12 Tor 2 geschoben.
Dort finden die Lagerung sowie das Tiefgefrieren statt. Fand Kartonfrostung statt, wird eine Frostungsdauer von 5 Tagen durchlaufen. Bei vorgefrostem Brot dauert dies 3 Tage.

4. Mitgeltende Dokumente:

AA Metallcheck
FB Technologieblatt

Gültig ab: 15.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\QS_QMB\IFS Aufbau\ABT Produktion\Arbeitsanweisungen+Verfahrensanweisungen
Verteiler: Produktion, Betriebsleitung, Disposition, Versand			

b. Arbeitsanweisung Metallcheck

	Metallcheck		
	Qualitätsmanagementhandbuch	AA	Seite: 1 von 3

Zweck:

Der Metallcheck dient dazu, unsere verpackten Endprodukte, die für den TK-Handel bestimmt sind, auf Metallfremdkörper zu überprüfen. Diese Fremdkörper können beim Verzehr schmerzhafte Schäden an den Zähnen verursachen. Besonders bei Kindern besteht Verschluckungs- und somit -Lebensgefahr. Aus diesem Grund wird der Metalldetektor eingesetzt, um das Risiko so klein, wie möglich zu machen. Inhalt dieser Arbeitsanweisung ist der fachgerechte Umgang mit diesem Gerät.

Verantwortlich:

Geschulte Mitarbeiter der Produktion

Durchführung:

Grundsätzlich muss jede Endverpackung, die an TK-Großkunden verkauft wird, metalldetektiert werden. Ist die ordnungsgemäße Detektion aus irgendeinem Grund nicht möglich, muss die Ware gesperrt werden. Dazu wird ein Zettel mit „Ware Gesperrt“ an die Palette gehängt. Diese sind im Bereich Metalldetektor ausgelegt. Eine entsprechende Dokumentation im „FB Kontrolle Metallcheck“ muss in der Spalte Bemerkungen erfolgen.

Eine Freigabe dieser Ware kann nur durch die Qualitätssicherung und/ oder die Betriebsleitung nach einer ordnungsgemäßen Metalldetektion erfolgen.

Erfolgt der Metallcheck bei bereits gefrorener Ware, so muss der Metallcheck ohne Unterbrechung durchgeführt werden, um die prozessbedingte Unterbrechung der Kühlkette so gering wie möglich zu halten. Ferner darf sich zu diesem Zweck, immer nur eine Palette, mit gefrorenen unverpackten Produkten, außerhalb der Kühlung befinden. Nach dem Metallcheck ist die geprüfte Palette umgehend zu Etikettieren und in den Tiefkühler zu verräumen.

Kontrolle des Metalldetektors:

Diese Kontrolle findet stets mit dem ersten und mit dem letzten Karton einer Palette statt. Dabei werden die drei verschiedenen Prüfkörper: **Eisen (FE)**, **Nonferrous (NFE)** und **Stahl (S)** nacheinander (abwechselnd) in der Mitte auf den Karton gelegt (hier ist die ungenaueste Stelle des Metalldetektors) und anschließend durch den

Gültig ab: 03.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\QS_QMB\IFS Aufbau\HACCP\Metalldetektor
Verteiler: Betriebsleitung/ Qualitätssicherung			

	Metallcheck		
	Qualitätsmanagementhandbuch	AA	Seite: 2 von 3

Metalldetektor gefahren. Der Metalldetektor muss stoppen und gelb blinken. Anschließend ist auf dem Display die Signalstärke abzulesen und auf dem „FB Kontrolle Metallcheck“ in der richtigen Spalte zu dokumentieren. Nach erfolgreichen Test wird der Karton abermals ohne Testkörper auf Metall überprüft.

Im Anschluss kann das Verpacken und Detektieren der Ware starten. Mit dem letzten Karton findet die gleiche Überprüfung statt, wie mit dem ersten Karton.

Sollten zwischendurch Kartons zu einer positiven Detektion führen, wird die betroffene Ware ein zweites Mal gecheckt. Bei nochmaliger positiver Detektion ist der Karton sofort auszusortieren und auf die Sperrpalette zu stellen. Handelt es sich dabei um bereits gefrorene Ware, so ist diese spätestens mit den restlichen Produkten in den Tiefkühler zu bringen und dort auf dem Sperrplatz zu lagern. Dieser befindet sich unmittelbar hinter Tor 1 auf der rechten Seite. Zum nächstmöglichen Zeitpunkt wird dann die Qualitätssicherung informiert, um zu prüfen, ob hier tatsächlich Fremdkörper enthalten sind. Die Überprüfung der gespererten Waren sowie ggf. ergriffene Korrekturmaßnahmen werden auf dem **FB Metallcheck** durch die Qualitätssicherung dokumentiert.

Sollte der Metalldetektor auch nur bei einem der 3 Prüfmittel keine Alarmmeldung geben, ist das Verpacken sofort zu stoppen und ggf. bereits gefrorene Produkte in den Tiefkühler zu bringen. Anschließend ist der Abteilungsleiter zu informieren. Dieser kontaktiert die Qualitätssicherung oder die Betriebsleitung. Von diesen Mitarbeitern wird das Gerät neu eingestellt bzw. eine Ursachenanalyse durchgeführt. Nach erneuter Inbetriebnahme werden alle Produkte, die nach dem letzten ordnungsgemäßen Funktionstest verpackt wurden, nochmals einem Metallcheck unterzogen werden.

Sollte das Problem nicht zu beheben oder kein Verantwortlicher zu erreichen sein, so ist der Metallcheck abzubrechen, bis das Gerät wieder betriebsbereit ist. Die nicht gecheckte Ware ist dabei zu sperren und ggf. bereits gefrorene Produkte in den Tiefkühler zu bringen.

Gültig ab: 03.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\ QS_QMB\IFS Aufbau\HACCP\Metalldetektor
Verteiler: Betriebsleitung/ Qualitätssicherung			

	Metallcheck		
	Qualitätsmanagementhandbuch	AA	Seite: 3 von 3

Signalstärke

Der Metalldetektor misst beim Metallcheck Veränderungen im magnetischen Feld. Aus dieser Veränderung generiert er die Signalstärke. Der Metalldetektor ist durch den Hersteller so programmiert, dass er ab einer Signalstärke von 40 einen Metallfund anzeigt (also stoppt, gelb blinkt und Detektion auf dem Bildschirm anzeigt). 40 ist der kleinste anzeigbare Wert, denn vorher wird keine Detektion gemeldet und ohne positive Detektion zeigt das Gerät auch keine Signalstärke an.

Je stärker die Veränderung im magnetischen Feld ist, umso größer ist auch die Signalstärke (max. 2000).

Ab einer Signalstärke von 40 hat der Metalldetektor den Fremdkörper sicher gefunden. Ist der Wert höher, beispielsweise 75, erfolgt auch eine Meldung über einen Metallfund. Die Abweichung im magnetischen Feld war jedoch höher und somit die Metalldetektion noch eindeutiger. Je größer der Wert der Signalstärke, desto deutlicher die Detektion.

Die Signalstärke wird auf dem Metallcheck dokumentiert und dient der Qualitätssicherung zur allgemeinen Einordnung der Funktionsfähigkeit des Metalldetektors. Ist beispielsweise ersichtlich, dass die Zahlen mit der Zeit zunehmend kleiner werden, wird eine Trendanalyse durchgeführt und überprüft, ob das Gerät neu eingestellt werden muss oder eine Wartung bzw. Reparatur erfolgen muss. Die Auswertung, Prüfung und Ablage des **FB Kontrolle Metallcheck CCP 1** findet täglich in der Qualitätssicherung statt. Jeder Metallcheck wird geprüft und durch Unterschrift quittiert. Erst, wenn dies abgeschlossen ist, kann die Ware verkauft werden.

Reinigung

Sollte der Mitarbeiter während des Metallchecks grobe Verunreinigungen, wie deutliche Kleberrückstände oder Produktreste, feststellen, so sind diese unverzüglich von dem Mitarbeiter zu entfernen.

Mitgeltende Dokumente:

FB Kontrolle Metallcheck CCP 1

Gültig ab: 03.01.2018	Erstellt von: H. Damro	Geprüft von: O. Loest	G:\ablage ab juni 2002\Produktion\Bereichsleiter\ QS_QMB\IFS Aufbau\HACCP\Metalldetektor
Verteiler: Betriebsleitung/ Qualitätssicherung			

IV Spezifikation

a. Seitenfaltenbeutel

Produktspezifikation



Stand: 13.07.2016 QS PVEF

b. 164er Umkarton

8/23/2016

Wepoba
Wellpappenfabrik
GmbH & Co. KG
STARK UND
ELASTISCH

Produkt:	Heimatbäcker
Produkt-Nr.:	Rubave

Packstückmaße:	395.0 x 395.0 x 164.0 mm
Palettenstauraum:	1200.0 x 800.0 x 1640.0 mm
Blockmaße:	1185.0 x 790.0 x 1640.0 mm

Packstücke/Palette:	60	10 Lagen à 6 Packstücke
Flächennutzung:	97.5 %	Volumennutzung: 97.5 %

FS Fefco 0201
C-Welle
Innenmaß: 387 x 387 x 148