

Schriftenreihe der  
**Haushaltstechnik Bonn**  
*Herausgeber: Prof. Dr. R. Stamminger*

Beate Kölzer

**Entwicklung einer Methode  
zur Messung von Gefrierbrand  
an Lebensmitteln für  
den reproduzierbaren  
Vergleich von Gefriergeräten**

**Entwicklung einer Methode zur Messung von Gefrierbrand  
an Lebensmitteln für den reproduzierbaren  
Vergleich von Gefriergeräten**

**Dissertation**

zur Erlangung des Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

der Landwirtschaftlichen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

von

**Beate Kölzer**

aus

*Hamburg*

Bonn 2021

Referent: Professor Dr. Rainer Stamminger

Korreferent: Professor Dr. Astrid Klingshim

Angefertigt mit der Genehmigung der Landwirtschaftlichen Fakultät Bonn

Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn

Band 4/2021

**Beate Kölzer**

**Entwicklung einer Methode zur Messung von  
Gefrierbrand an Lebensmitteln für den  
reproduzierbaren Vergleich von Gefriergeräten**

D 98 (Diss. Universität Bonn)

Shaker Verlag  
Düren 2021

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 2021

Copyright Shaker Verlag 2021

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8199-2

ISSN 1863-320X

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b> .....	<b>II</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>V</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>2. Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>2.1 Gefrieren</b> .....	<b>- 2 -</b>
2.1.1 Gefrieren als Konservierungsmethode .....	- 2 -
2.1.2 Aufbau und Funktion von Gefriergeräten .....	- 2 -
<b>2.2 Verbraucherverhalten in Privathaushalten</b> .....	<b>- 6 -</b>
<b>2.3 Vor und Nachteile der Gefrierlagerung</b> .....	<b>- 7 -</b>
<b>2.4 Gefrierbrand</b> .....	<b>- 9 -</b>
2.4.1 Entstehung von Gefrierbrand .....	- 10 -
2.4.2 Massetransfer und mathematische Modelle .....	- 13 -
<b>2.5 Normprüfungen</b> .....	<b>- 14 -</b>
<b>3. Ziel der Arbeit</b> .....	<b>- 16 -</b>
<b>4. Material und Methoden</b> .....	<b>- 17 -</b>
<b>4.1 Messung von Gefrierbrand</b> .....	<b>- 17 -</b>
<b>4.2 Verwendete Geräte und Materialien</b> .....	<b>- 19 -</b>
<b>4.3 Methodik</b> .....	<b>- 20 -</b>
<b>5. Ergebnisse</b> .....	<b>- 27 -</b>
<b>5.1 Langzeitversuch</b> .....	<b>- 27 -</b>
<b>5.2 Kurzzeitversuche</b> .....	<b>- 31 -</b>
<b>5.3 Gerätevergleich</b> .....	<b>- 37 -</b>
<b>5.4 Ringtest</b> .....	<b>- 38 -</b>
<b>5.5 Korrelation mit der Temperatur</b> .....	<b>- 40 -</b>
<b>5.6 Korrelationen der Langzeit- und Kurzzeitversuche</b> .....	<b>- 42 -</b>
<b>6. Diskussion</b> .....	<b>- 45 -</b>
<b>7. Fazit</b> .....	<b>- 53 -</b>
<b>8. Förderung</b> .....	<b>- 54 -</b>
<b>9. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>- 55 -</b>



## **Abstract**

### **Development of a method to measure freezer burn on food for reproducible comparison of household freezers**

Evaluating the performance of refrigerators and freezers for household usage, in addition to energy consumption, is gaining attention from customers and manufacturers. For this purpose, standardized tests, inspired by consumer behaviour in their homes, are necessary to provide repeatable, user-independent data. This is where the topic of this work begins, aiming to develop a method to measure freezer burn in freezers for household usage in a repeatable, reproducible and accelerated way. Different freezers on the market could be labelled depending on their suitability to store opened packages.

Based on prior literature research, the connection between freezer burn and desiccation can be seen and weight loss / water loss was identified as an objective measurand. To obtain a sustainable method, the usage of real food shall be avoided and thus be replaced by food simulants – in this case wetted cellulose sheets. Based on long term storage over a time of 4 months of unpacked beef patties, short term experiments with beef patties and cellulose sheets were carried out. For these tests five different models of freezers were used, among them two static and three NoFrost appliances. Later, correlations between long- and short-term trials as well as between real foods and simulants were calculated and evaluated. A good comparability was found between all trials, which indicates the possibility to use the cellulose sheets in future testing. Dissimilar models and compartments showed different dehydration rates in unpacked beef patties and simulants and the data was repeatable. In addition to these experiments a round-robin-test was organized to analyse the influence of different laboratories and different performer in the same appliance. The results validated the simplicity of the method and all data were in the same range. Nevertheless, a higher reproducibility would be desirable. The experiments could be the first step on the way to a standardized method to compare household freezers and their desiccation potential.



## **Kurzfassung**

### **Entwicklung einer Methode zur Messung von Gefrierbrand an Lebensmitteln für den reproduzierbaren Vergleich von Gefriergeräten**

Die Bewertung der Performance von Haushaltsgefriergeräten rückt, zusätzlich zum Energieverbrauch, immer weiter in den Fokus der Verbraucher und Hersteller. Hierfür sind jedoch standardisierte Testverfahren notwendig, die wiederholbare, anwenderunabhängige aber dennoch verbrauchernahe Ergebnisse liefern. Unter diesem Hintergrund entstand das Ziel dieser Arbeit: Die Entwicklung einer Methode, die die Gefrierbrandbildung in Haushaltsgefriergeräten reproduzierbar, beschleunigt und realitätsnah abbilden kann, um Unterschiede zwischen verschiedenen Produkten auf dem Markt aufzeigen zu können. Um Nachhaltiges Arbeiten zu ermöglichen, wurde versucht eine Methode ohne den Einsatz von Lebensmitteln aufzustellen. Als Alternative kamen regenerierbare Lebensmittelsimulanzien zum Einsatz.

Auf der Grundlage von Literaturdaten konnte in einem ersten Schritt der Zusammenhang zwischen Gefrierbrand und Austrocknung gezogen werden was die Auswahl des Wasser- bzw. Gewichtsverlustes als objektiven Messparameter zur Folge hatte. Auf der Grundlage experimenteller Daten der Gefrierlagerung von Rindfleischbuletten, die über einen Zeitraum von 4 Monaten gesammelt wurden, bauten Versuche mit kürzerer Lagerdauer auf. Die Korrelationen zwischen Langzeit- und Kurzzeitversuche mit Rindfleischbuletten, sowie mit angefeuchteten Zellulosevliesen wurden berechnet und beurteilt. Die Versuche wurden in fünf unterschiedlichen Haushaltsgeräten durchgeführt, darunter zwei statisch kühlende Geräte und drei NoFrost Geräte. Die verschiedenen Einflüsse der Geräte auf unverpackte Proben konnte deutlich nachgewiesen werden und die Ergebnisse waren wiederholbar. Die durchgeführten Versuche zeigten eine hohe Korrelation zwischen den Lebensmitteln und den Simulanzien, sodass ergänzend ein Ringtest organisiert wurde, um die Eignung als Standardmethode zu prüfen.

Die erzielten Ergebnisse können der erste Schritt auf dem Weg zu einer Standardmessmethode sein, bei der Haushaltsgeräte ohne aufwändige und investitionsintensive Temperatur-, Feuchtigkeits- und Luftgeschwindigkeitsmessungen auf ihre Austrocknungseigenschaften hin getestet werden.