

Hochschule Neubrandenburg

University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmitteltechnologie

Masterarbeit

“ Entwicklung eines veganen Rühreiersatzes ”

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science (M.Sc.)

Verfasser: Luisa Sophie Hundertmark

Betreuer: Prof. Dr. Peter Meurer

Prof. Dr. oec. troph. Jörg Meier

Neubrandenburg, 27.11.2023

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2023-0051-2

Abstract

Eggs are utilized in a wide range of food products due to their optimal functional properties and protein quality. They are also commonly consumed as a standalone food, such as scrambled eggs. However, concerns about their high cholesterol content, allergies, and animal welfare have led to increased interest in alternative egg products. This study focuses on the development of a vegan scrambled egg alternative, which is physically and sensorially compared to both existing scrambled egg alternatives on the market and traditional scrambled eggs.

To address this topic comprehensively, an extensive literature review was conducted. This review included a thorough analysis of the original product "egg," including its constituents, functions, and the aroma components present in eggs. Additionally, scientific literature on vegan egg alternatives was thoroughly examined, with a focus on the ingredients used in commercial alternatives and their roles in the product. Special attention was given to substances capable of replacing the components and characteristics of the original egg, as well as imitating the characteristic egg flavor.

The developed product is a dry mix based on oat flour and sunflower protein. It was optimized through numerous trial series to create a final recipe that was sensorially evaluated using Napping, UFP, JAR, and overall likability tests. Following this, a physical examination of the samples was conducted, involving color measurements and texture analysis.

The results indicated that the self-developed product with herb infusion received favorable ratings for taste and texture, similar to its competitors. Moreover, physical tests revealed no significant differences. Nutritional values of the self-developed product and commercial alternatives exhibited remarkable similarity.

It is important to emphasize, however, that none of the alternative products can be compared to traditional scrambled eggs in terms of taste, texture, and aroma.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

Abstract	1
Inhaltsverzeichnis	2
1. Einleitung.....	5
2. Stand der Wissenschaft und Technik.....	6
2.1 Vegan	6
2.2 Rührei.....	6
2.2.1 Definition.....	6
2.2.2 Inhaltsstoffe und ihre Funktionen.....	7
2.2.3 Ei-Aroma Komponenten.....	10
2.3 vegane Ei-Alternativen.....	11
2.3.1 Markt (-trends) Ei-Alternativen.....	11
2.3.2 bekannte Rührei-Alternativen.....	12
2.3.3 Inhaltsstoffe und ihre Funktionen.....	12
2.4 Sensorische Prüfverfahren.....	17
2.4.1 Napping & Ultra Flash Profiling (UFP)	17
2.4.2 JAR.....	18
2.4.3 Hedonische Prüfung mit Hilfe einer 9-Punkte-Skala	19
3. Material und Methoden.....	20
3.1 Phasen der Produktentwicklung.....	20
3.2 Rohstoffe	22
3.3 Analysen der Rührei-Produkte	23
3.3.1 Farbmessung.....	23
3.3.2 Texturmessung.....	25
3.4 sensorische Prüfverfahren	26
4. Ergebnisse	27
4.1 Phase 1: Ideenfindung	27
4.1.1 Briefing & Marktanalyse	27
4.1.2 Ideenfindung.....	31
4.2 Phase 2: Musterherstellung	32

4.2.1 Versuchsplanung	34
4.3 Phase 3: Durchführung von Versuchsreihen.....	35
4.3.1 Entwicklung des Ei-Geschmacks	35
4.3.2 Entwicklung der Ei-Farbe.....	36
4.4 Phase 4: sensorische, analytische und messtechnische Bewertung.....	37
4.4.1 Ultra Flash Profiling und Napping	38
4.4.2 Gesamtbeliebtheit	42
4.4.3 Auswertung JAR-Fragen und ihre Zusammenhänge zu der Gesamtbeliebtheit.....	44
4.4.3 physikalische Bewertung	54
4.5 Kennzeichnungen Produkt „Kräuter“	58
4.5.1 Nährwertkalkulation	58
4.5.2 Produktspezifikation	60
5. Diskussion und Schlussfolgerung	61
6. Zusammenfassung.....	68
7. Quellenverzeichnis.....	69
8. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	78
Verzeichnis Anlagen.....	79
Anlagen	81

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen, Symbole und Abkürzungen

Symbol	Bezeichnung
ΔE	Farbabstand
L	Helligkeitskoordinate
a	Rot-Grün-Achse
b	Blau-Gelb-Achse

Abkürzungen

LDL	Low-Density-Lipoprotein
HDL	High-Density-Lipoproteine
JAR	Just about right
UFP	Ultra Flash Profiling
A	Aussehen
GR	Geruch
GS	Geschmack
T	Textur
MFA	Multiple Faktorenanalyse
PC	Phosphatidylcholin
PE	Phosphatidylethanolamin
LysoPC	Lysophosphatidylcholin
SM	Sphingomyelin
Plain	eigene Rezeptur ohne Kräuterzugabe
Kräuter	eigene Rezeptur mit Kräuterzugabe

1. Einleitung

Eier zählen zu den Grundnahrungsmitteln der Menschen. Bereits vor rund 2400 Jahren fand die Verwendung von Eiern bei Mitteleuropäern Erwähnung (Frankfurter Allgemeine, 2022). Eier stellen eine reiche Quelle hochwertiger Nährstoffe dar, einschließlich Proteine, Fette, Kohlenhydrate sowie die fettlöslichen Vitamine A, D, E und K, die in konzentrierter und leicht resorbierbarer Form vorliegen. Sie erweisen sich als äußerst vielseitig in ihrer Anwendung, sowohl in der Lebensmittelindustrie, als auch im Haushalt (Lobitz, 2019).

Innerhalb dieser Arbeit bezieht sich die Verwendung des Begriffs "Ei" auf das Ei von Hühnern, welches die am häufigsten konsumierte Ei-Sorte darstellt. Neben Hühnereiern werden auch Eier verschiedener Vogelarten, darunter Gänse, Enten, Kiebitze, Möwen und Wachteln, für den Verzehr in Betracht gezogen. (Belitz, HD, 1992)

Vegane Eiprodukte werden mit dem Ziel entwickelt, eine gesündere und nachhaltigere Alternative zu herkömmlichen Eiprodukten zu bieten. Hauptgründe für die Entwicklung von Ei-Alternativen sind die zunehmende Prävalenz von Ei-Allergien, das Bewusstsein für Umweltschutz und die Umstellung auf vegane Ernährung. (Boukid, F., 2022)

Die vollständige Nachbildung der funktionalen Eigenschaften von Eiern unter Verwendung pflanzlicher Zutaten stellt aufgrund der komplexen Natur von Eiern eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Die aktuelle Forschung in diesem Bereich, wenn auch noch begrenzt, konzentriert sich darauf, Mischungen aus pflanzlichen Bestandteilen zu entwickeln, die den Anforderungen spezifischer Lebensmittelrezepturen genügen.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein veganes Rührei-Ersatzprodukt zu entwickeln und dieses mit bereits auf dem Markt vorhandenen Rührei-Alternativen, sowie einem echten Rührei physikalisch sowie sensorisch zu vergleichen.

2. Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Vegan

In den Leitsätzen für vegane und vegetarische Lebensmittel mit Ähnlichkeit zu Lebensmitteln tierischen Ursprungs (2018) werden vegane Lebensmittel wie folgt definiert: „Vegan sind Lebensmittel, die keine Erzeugnisse tierischen Ursprungs sind und bei denen auf allen Produktions- und Verarbeitungsstufen keine

- Zutaten (einschließlich Zusatzstoffe, Trägerstoffe, Aromen und Enzyme) oder
- Verarbeitungshilfsstoffe oder
- Nichtlebensmittelstoffe, die auf dieselbe Weise und zu demselben Zweck wie Verarbeitungshilfsstoffe verwendet werden, die tierischen Ursprünge sind, in verarbeiteter oder unverarbeiteter Form zugesetzt oder verwendet worden sind.

Mikroorganismen (Bakterien, Hefen und Pilze) sind nichttierischen Ursprungs und werden gegebenenfalls auch in Lebensmitteln verwendet, die als vegan gekennzeichnet werden.“.

Motive für eine solche Ernährungsform sind sehr unterschiedlich, lassen sich aber in verschiedene Motivgruppen unterteilen: Ethik, Gesundheit, Ökologie, Religion. Diese sind selbstverständlich nicht allgemeingültig und frei von persönlichen Auffassungen. (Leitzmann, 2020)

2.2 Rührei

2.2.1 Definition

Laut Wörterbuch ist Rührei ein Lebensmittel, welches mit Flüssigkeit (etwa Milch oder Sahne), Salz, Pfeffer und anderen Gewürzen sowie verschlagenen Eiern in die Pfanne gegeben wird, um dort zu stocken (Grimm, 1854-1961). Das Rührei sollte eine gleichmäßige gelbe Farbe und keine Anzeichen einer übermäßigen Bräunung oder Anbrennen aufweisen. Es sollte angenehm riechen und keinen Fremdgeruch aufweisen. Der Geschmack eines Rühreis definiert sich durch eine milde, leicht salzige Note, die frei von Bitterkeit oder unangenehmen Geschmacksrichtungen sein sollte. Sofern das Rührei mit Butter zubereitet wurde, kann es eine leichte Butternote aufweisen. Die optimale Textur eines Rühreis wird als leicht, zart und cremig bezeichnet. Es sollte leicht auf der Zunge zergehen, ohne trocken und gummiartig zu sein. Sollten Zusätze wie Kräuter eingesetzt werden, sollten diese gleichmäßig im Rührei verteilt vorliegen.

2.2.2 Inhaltsstoffe und ihre Funktionen

Neben ihrer Funktionalität sind Eier auch aus ernährungsphysiologischer Sicht von Interesse, da sie essentiell Proteine, Vitamine, Mineralstoffe, essentielle Fettsäuren und andere Mikronährstoffe enthalten. Diese Komponenten sind zwischen dem Eidotter und dem Eiklar verteilt und abhängig von der Rasse, dem Alter, der Fütterung und den Umweltbedingungen der Hühner (Kuang, 2018). Das Eidotter ist reich an Lipiden (65-70% auf Trockenbasis) und Proteinen (30% auf Trockenbasis) und enthält Lutein, Zeaxanthin und Vitamine. Das Eiklar hat insbesondere strukturellen faserigen Proteinen (Ovomucinen), Glykoproteinen (Ovalbumin, Proteaseinhibitoren), antibakteriellen Proteinen (Lysozym) und Peptiden. (Boukid, 2022)

Eier können als potenzielle natürliche Quelle von Antioxidantien verwendet werden, die in der Lebensmittel- oder Kosmetikindustrie weiterverwendet werden können. Die antioxidative Funktion von Eiern kann den Menschen vor einer Vielzahl von degenerativen Prozessen wie kardiovaskulären Erkrankungen schützen. (Kuang, 2018)

Über die Zusammensetzung von Eiklar und Eidotter gibt Tabelle 1 Auskunft.

Tabelle 1: Zusammensetzung von Eiklar und Eidotter (in %)

	Eiklar	Eidotter
Wasser	87,3	50,0
Protein	11,1	16,1
Fett	0,03	31,9
Kohlenhydrate	0,70	0,30
Mineralstoffe	0,70	1,70

(Quelle: Matissek, Hahn, 2019)

2.2.2.1 Protein

Protein ist notwendig für die Bildung einer cremigen, flockigen Textur im Rührei und stellt eine Quelle von Aminosäuren dar, die das Muskel- und Gewebewachstum unterstützen. Durch die Eigenschaft des Proteins bei Hitze zu denaturieren, kann ein Rührei überhaupt seine feste Konsistenz beim Anbraten erlangen. Ein Ei der Kategorie L, mit einem Gewicht von etwa 70 Gramm, enthält ungefähr 9 Gramm hochwertiges Protein. Hierbei bezieht sich die Qualität auf die biologische

Wertigkeit der Proteine, die anzeigt, mit welcher Effizienz diese Nahrungsproteine in körpereigene Proteine umgesetzt werden können. (Lobitz, 2019)

Jedoch ist es notwendig, eine Unterscheidung zwischen dem Eiklar und dem Eidotter hinsichtlich ihres Proteingehalts zu treffen. Das Eiklar enthält etwa 10,6% Protein, das aus einer Vielzahl von 40 verschiedenen Proteinen besteht. Es ist in vier Schichten strukturiert, die eine ähnliche Proteinzusammensetzung aufweisen, jedoch unterschiedliche Mengen an Ovalbumin, auch bekannt als Eialbumin, enthalten (Mattissek, Hahn, 2019; Coultate, 2009).

Tabelle 2: wichtige Proteine im Eiklar und ihr ungefähre Mengenanteil am Gesamtproteingehalt

Protein	Anteil am Gesamtproteingehalt in %
Ovalbumin	58
Conalbumin	12 - 13
Ovomucoid	11
Ovoglobuline	8
Lysozym	3,5
Ovomucin	1,5 – 3,5

(Quelle: Mattissek, Hahn, 2019)

Das Eidotter weist im Vergleich zum Eiklar einen erhöhten Gehalt an Proteinen und Fetten auf (Zeece, M,2020). Diese Proteine und Fette im Eidotter können in verschiedene Klassen unterteilt werden, darunter Apolipoproteine, Phosvitin, Eidotterglobulin und Riboflavin-bindendes Protein. (Kuang, 2018)

Söderberg (2013) sagt: “Das Eigelb ist eine Emulsion, bei der die kontinuierliche Phase aus Livetin und Riboflavin-bindendem Protein (RBP) besteht, während die disperse Phase sowohl Low-Density-Lipoprotein (LDL) als auch Lipovitelline und High-Density-Lipoproteine (HDL) als Lipovitelline und Phosvitin enthält.”

2.2.2.2 Fett

Neben Proteinen enthalten Eier auch eine Vielzahl aktiver Lipidkomponenten wie ungesättigte Fettsäuren, Phospholipide, Cholin und Carotinoide (Kuang, 2018).

Die Lipide im Rührei helfen bei der Erzeugung einer weichen, saftigen Konsistenz und dienen als Energiequelle. Zudem kann Fett die Absorption von fettlöslichen Vitaminen wie Vitamin A und D erhöhen (Elmadfa, 2019).

Es ist wichtig zu beachten, dass die Fettzusammensetzung von Eiklar und Eidotter unterschiedlich ist. In 100 g Ei sind etwa 11,5 g Fett enthalten. Der Großteil an Lipiden ist im Eidotter enthalten (Lobitz, 2019). Das Eidotter enthält sowohl gesättigte als auch ungesättigte Fettsäuren, während das Fett im Eiklar hauptsächlich aus ungesättigten Fettsäuren besteht.

Phospholipide machen in einem Ei etwa 10 % des Nassgewichtes des Eidotters aus, welches hauptsächlich Phosphatidylcholin (PC), Phosphatidylethanolamin (PE), Lysophosphatidylcholin (LysoPC), Sphingomyelin (SM) und einige neutrale Lipide in geringen Mengen umfasst.

Im Eidotter befinden sich die Carotinoide, welche weniger als 1% der Lipide im Eidotter ausmachen und für die Farbgebung in Hühnereidotter verantwortlich sind (Rakonjac, 2014, Skrivan, 2014). Die beiden wichtigsten Carotinoide sind Karotin und Xanthophylle, einschließlich Lutein, Cryptoxanthin und Zeaxanthin. Diese Carotinoide weisen eine hohe Bioverfügbarkeit im Eidotter auf (Rakonjac, 2014, Glynn, 2010)

2.2.2.3 Cholesterin

Eier stellen eine wesentliche Quelle für Nahrungscholesterin dar (Vorster, 1995; Yang, Ma, Xu et al 2012). Nahrungscholesterin erhöht die Konzentrationen des Gesamt- und LDL-Cholesterins im Blut, was einen Risikofaktor für die koronare Herzkrankheit darstellt (Kinosian, 1995, Clarke, 1997; Hegsted, 1965). Infolgedessen raten einige Ernährungsempfehlungen, den Konsum von Eiern zu begrenzen (Empfehlung DGE bis zu drei Eier pro Woche gelten als gesund (DGE,2023)). Eine Vielzahl von epidemiologischen Studien zeigen jedoch keinen Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Eiern und einem gesundheitlichen Risiko (Dawber, 1982; Hu,1999).

Obwohl ein einzelnes Ei etwa 200 mg Cholesterin enthält, sollte beachtet werden, dass Nahrungscholesterin zwar die Gesamtcholesterinkonzentration im Blut erhöhen kann, aber gleichzei-

tig die Konzentration von HDL-Cholesterin, welches als protektiv gegenüber koronarer Herzkrankheit angesehen wird, steigern kann (Clarke, 1997; Howell, 2007) Somit kann es zu einem Ausgleich kommen, welcher vor gesundheitlichen Risiken schützt.

2.2.2.4 Vitamine und Mineralstoffe

Eier enthalten auch wichtige Vitamine und Mineralien, einschließlich Vitamin A, D, B12, Eisen und Phosphor. Diese Nährstoffe tragen maßgeblich zur Erhaltung der Gesundheit von Augen, Haut und Knochen bei und spielen eine bedeutende Rolle in Bezug auf die Sauerstoffversorgung sowie das Wachstum von Zellen und Geweben im menschlichen Körper (Matissek, Hahn, 2019; Verbraucherzentrale, 2023)

2.2.2.5 Gewürze

Gewürze dienen im Rührei hauptsächlich dazu, den Geschmack zu verbessern und dem Gericht eine aromatische Note zu verleihen. Darüber hinaus können bestimmte Gewürze auch gesundheitliche Vorteile haben. Beispielsweise enthalten Knoblauch und Zwiebeln schwefelhaltigen Verbindungen die gesundheitsfördernden Wirkungen haben (Matissek, Hahn, 2019; Ebermann, Elmadfa, 2011).

Auch Pfeffer wird oft zum Würzen verwendet. Pfeffer gehört zu den Fruchtgewürzen und gehört dort zu den wichtigsten Vertretern. In den Ölzellen der beerenartigen Früchte, ist das Pfefferöl gespeichert, welches als Hauptbestandteil α -Phellandren enthält, dass auch das Aroma mit beeinflusst. Das Alkaloid Piperin ist von 5 bis 9 % im Pfeffer enthalten und bewirkt den scharfen Geschmack. (Matissek, Hahn, 2019)

2.2.3 Ei-Aroma Komponenten

Eier enthalten eine Vielzahl an Aromen, die maßgeblich zu ihrem charakteristischen Geschmack beitragen. Diese Aromastoffe können als chemische Verbindungen angesehen werden, die während des Erhitzens, beispielsweise beim Braten, freigesetzt werden. Mithilfe gaschromatographischer Analysen wurden mindestens 116 verschiedene Verbindungen identifiziert (Maga, 1982). Die Erhitzung von Eiern bewirkt den Abbau von Fettsäuren und Lipiden, was zur Bildung von Aromastoffen wie Aldehyden und Ketonen führt. Diese Verbindungen sind verantwortlich für die butterigen und röstigen Nuancen im Geschmack (Belitz, 1992).

Darüber hinaus reagieren während des Bratprozesses Aminosäuren in den Eiern mit den enthaltenen Fetten und Zuckern, wodurch Verbindungen wie Maillard-Produkte entstehen. Diese tragen wesentlich zum umami-reichen Geschmack bei (Schenk, 2008). Jedoch sind es insbesondere die schwefelhaltigen Aminosäuren, wie Methionin und Cystein, die für den unverwechselbaren Geruch und Geschmack von Eiern verantwortlich sind (FETeV Redaktion, 2023)

2.3 vegane Ei-Alternativen

2.3.1 Markt (-trends) Ei-Alternativen

International wächst der Markt von veganen Ei-Ersatzprodukten stetig. Hierbei werden jegliche vegane Ei-Ersatzprodukte mit einbezogen, welche auch nur einzelne Funktionen, des Eis nachahmen, wie z.B. veganes Ei zum Backen, veganes Eiklar, veganes Rührei. Im Jahr 2021 belief sich der Umsatz auf 1,5 Milliarden US-Dollar und es wird 2031 eine jährliche Wachstumsrate von 8,3% erwartet. (Fact.MR, 2023)

In den Jahren von 2016 bis 2021 wurden 102 vegane Ei-Ersatzprodukte auf den globalen Markt eingeführt. Vor allem Produkte mit wenig Zutaten und besonders ohne Allergene werden immer häufiger konsumiert, da die Verbraucher stärker auf ihre Gesundheit achten. So behaupten 80,4% der vermarkteten veganen Ei-Ersatzprodukte, einen geringen oder keinen Allergengehalt zu haben, darunter 65,7% und 18,6%, die sich als glutenfrei bzw. mit einem geringen/keinen Laktosegehalt ausweisen. (Boukid, 2022)

Vegane Ei-Ersatzprodukte werden auch, als gesündere Alternative zu Eiern immer häufiger konsumiert. Hersteller achten darauf, Produkte zu entwickeln, die einen reduzierten Zucker-, Fett- (vor allem an gesättigten Fettsäuren) und Natriumgehalt aufweisen. (Roman, 2017)

Des Weiteren spielt der Aspekt der „Bequemlichkeit der Verbraucher“ eine wichtige Rolle. Rund 34% der Alternativen haben die Deklaration auf der Verpackung: „leicht zu verwenden“. Dies entspricht dem allgemeinen Trend im Lebensmittelsektor nach schnellen und praktischen Mahlzeiten. (Janssen, 2018)

Der Aspekt der Nachhaltigkeit wird bei den Konsumenten immer mehr von Relevanz (Alcorta, 2021). Das spiegelt sich insofern wider, dass 83,3% der Produkte umwelt- oder ethische Ansprüche haben, einschließlich Recycling von Lebensmittelabfällen und Verwendung nachhaltiger Verpackungen. (Boukid, 2022)

2.3.2 bekannte Rührei-Alternativen

Durch die steigende Nachfrage an veganen Lebensmitteln, wächst auch der Markt für vegane Ei-Ersatzprodukte. Es gibt mittlerweile eine Vielzahl von veganen Rührei-Ersatzprodukten, die auf dem Markt erhältlich sind oder die man einfach Zuhause selbst machen kann. Diese werden in Tabelle 3 beispielsweise aufgeführt.

Tabelle 3: vegane Rührei-Ersatzprodukte

Produkt	Beschreibung
Tofu Rührei	Eines der ersten veganen Rühreiersatzprodukte, für das es eine Fülle von Rezepten im Internet gibt (z. B. Zabatka, 2020). Tofu, hergestellt aus Sojabohnen, stellt eine ausgezeichnete Quelle für pflanzliches Protein dar (Müller, 2023). Verschiedene Tofu-Varianten, wie Seidentofu oder fester Tofu, eignen sich für die Zubereitung von veganen Tofu-Rührei (VeganeVibes, 2023).
Vegane pulverförmige Rührei-Alternativen	Im Handel sind Produkte auf Kichererbsenmehl oder Ackerbohnenmehl-Basis erhältlich. Bei der Zubereitung wird das Pulver mit Wasser zu einem flüssigen Teig vermischt und in der Pfanne gebraten. Es zeichnet sich durch seinen hohen Gehalt an pflanzlichem Protein und Ballaststoffen aus und weist einen milden, nussigen Geschmack auf (Günther, 2019).
Vegane flüssige Rührei-Alternativen	Ein weiteres Beispiel ist das Just Egg, hergestellt aus Mungbohnen, das als flüssige Alternative zu Eiern dient und in ähnlicher Weise wie Rührei zubereitet werden kann. Neben diesen Produkten gibt es noch weitere flüssige Rühreialternativen auf beispielsweise Soja-Basis.

2.3.3 Inhaltsstoffe und ihre Funktionen

Rührei-Alternativen werden aus einer pflanzlichen Zutat oder einer Kombination von Zutaten hergestellt, um optimale Eigenschaften eines Rühreis nachzubilden.

Oftmals werden Hülsenfrüchte eingesetzt. Diese sind reich an Protein, Stärke und Ballaststoffe sowie weitere gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe. (Boukid, 2019)

2.3.3.1 Protein

Proteine aus Erbsen, Linsen, Lupinen und Kichererbsen besitzen von Natur aus gelierende, emulgierende und schäumende Eigenschaften, die sie zu geeigneten Bestandteilen für Rührei-Ersatzprodukte machen (Boukid, 2021; Ladjal-Ettoumi, 2015). Durch verschiedene Verarbeitungsmethoden wie thermische Behandlungen, Fermentation oder Vernetzung mit Enzymen können Proteine eine verbesserte Emulgier-, Gelier- und Schaumbildungsfähigkeit erlangen (Gharibzahedi, 2019; Cai, 2016; Ma, 2018).

In der Regel werden diese Proteine in Form von Mehlen in die Rührei-Mischung eingearbeitet, jedoch finden auch Protein-Konzentrate oder -Isolate Anwendung.

Es ist zu beachten, dass der Einsatz einiger Hülsenfrucht-Proteine zu einem unerwünschten Aroma, beispielsweise einem "bohnigen" Geschmack, führen kann. Dieses Aroma wird auf das Vorhandensein von Saponinen, Ketonen und Aldehydverbindungen zurückgeführt (Damian, 2018). Daher werden verschiedene Ansätze, einschließlich der Verwendung von Aromastoffen und unterschiedlicher Verarbeitungstechniken, unternommen, um diesem Aroma entgegenzuwirken oder es zu mildern (Fischer, 2020; Trikusuma, 2020).

2.3.3.2 Stärke

Ein weiterer wichtiger Inhaltsstoff in vielen Rührei-Mischungen ist Stärke, die häufig aus Hülsenfrüchten gewonnen wird. Diese Stärke spielt eine bedeutende Rolle bei der Bindung und Verdickung der Rührei-Masse (Ali, 2018). Die in der Stärke enthaltenen Amylose- und Amylopektinmoleküle können als Stabilisatoren und Verdickungsmittel fungieren und dazu beitragen, dass eine Ei-ähnliche Konsistenz erreicht wird (transparenz Gentechnik, 2023).

2.3.3.3 Hydrokolloide

In einigen Rührei-Mischungen sind Hydrokolloide zu finden, wie beispielsweise Carrageen, Pektin oder Guarkernmehl. Diese werden als natürliche Verdickungs- und Emulgiermittel eingesetzt, um die Struktur aus pflanzlichen Proteinen und Stärken weiter zu verstärken und ein verbessertes Mundgefühl zu erzielen. (Hedayatnia, 2019; Larrosa, 2015; Varela, 2015)

2.3.3.4 Fasern

Fasern werden häufig als Komponenten in veganen Ei-Ersatzprodukten verwendet, um die Textur und das Mundgefühl zu optimieren. Durch die Fasern wird eine ähnliche Konsistenz wie bei Rühreiern erreicht, da sie Feuchtigkeit aufnehmen und aufquellen (LChG,2016).

Karottenfasern sind die am häufigsten verwendete Faserart, doch es gibt auch andere Fasern mit vergleichbaren Eigenschaften wie Sojafasern, Erbsenfasern, Kartoffelfasern, Haferfasern und Reisfasern, die als Verdickungs- und Bindemittel in veganen Ei-Ersatzprodukten eingesetzt werden können. Fasern haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie reich an Ballaststoffen sind und somit den Nährwert des veganen Ei-Ersatzes steigern (Yazici, 2021). Darüber hinaus sind sie geschmacksneutral und haben keinen nachteiligen Einfluss auf den Geschmack des Ei-Ersatzprodukts.

2.3.3.5 Inulin

Inulin wird vorwiegend aus der Chicorée-Wurzel gewonnen und besitzt einen leicht süßlichen Geschmack. Es gehört zur Gruppe der Polysaccharide und kann in zwei Unterarten mit unterschiedlichen Zusammensetzungen unterteilt werden. Zu einem gibt es den größeren Anteil im Inulin an der langkettigen Variante, Fructooligosaccharid, welche unverdauliche Kohlenhydrate sind und keine Süße liefern, sowie die kurzkettige Variante, Oligofruktose, welche eine ähnliche Süße wie Zucker liefern. Die Fructooligosaccharide eignen sich besonders zum Ersatz für fetthaltige Texturgeber und werden somit häufig bei Ersatzprodukten angewandt, um das Mundgefühl und die Stabilität zu verbessern. Des Weiteren quillt es ähnlich wie Stärke und kann zum Andicken verwendet werden. (Castells, 2021)

2.3.3.6 Aromen und Gewürze

Aromastoffe können zur Reduktion des zuvor erwähnten "bohnigen" Geschmacks oder zur Imitation des Ei-Geschmacks eingesetzt werden. Des Weiteren finden auch Aromastoffe wie Himalaya-Schwarzsatz oder "Kala Namak" Anwendung, um einen schwefeligen Geschmack zu erzeugen (Ismail, 2020). Zusätzlich werden weitere Zutaten wie Gewürze zur Geschmacksverbesserung und farbgebende Stoffe wie beispielsweise Kurkuma eingebracht.

2.3.3.6.1 geschmacksgebende Zutaten

Kala Namak: Kala Namak, auch „Schwarzsatz“, bezeichnet ein vulkanisches Mineral aus Indien. Das Würzmittel, welches eine dunkelviolette Farbe hat, ist reich an Schwefelwasserstoffverbindungen, die beim Würzen den charakteristischen schwefeligen Geruch sowie Geschmack verursachen. Dieser wird durch in Natriumchlorid eingeschlossene Verunreinigungen von Natriumsulfat, Eisensulfid und Schwefelwasserstoff hervorgerufen. (Mattissek, Hahn, 2019)

Pfeffer: In Punkt 2.2.2.5 Gewürze wurde der Pfeffer bereits erläutert.

Zwiebelgranulat: Zwiebeln (*Allium cepa*) werden in zahlreichen Varietäten kultiviert. Sie enthalten eine Vielzahl von phenolischen und schwefelhaltigen Verbindungen, welche neben ihren positiven gesundheitlichen Aspekten auch den Geschmack der Zwiebel ausmachen. Die Hauptvorläufersubstanz in diesem Kontext ist S-(1)-Propenylcysteinsulfoxid aber auch S-Propylcysteinsulfoxid und S-Methylcysteinsulfoxid ist enthalten. (Ebermann, 2011)

Knoblauchpulver: Knoblauch gehört zur Familie der Zwiebelgewächse (*Alliaceae*) und wird aufgrund seines sehr würzigen und scharfen Geschmacks eingesetzt. Größtenteils kommt die Würze der Knoblauchzehe durch die schwefelhaltigen Verbindungen der ätherischen Öle, wie z.B. Alliin. (Rimbach, 2010)

Muskatnuss: Die Muskatnuss (*Myristica fragrans*, *Myristicaceae*) unterscheidet sich, je nach Herkunft, gering in ihren Inhaltsstoffen. Sie enthält 7-16% ätherische Öle sowie auch fettes Öl, hauptsächlich aus Terpen-Kohlenwasserstoffen (60–90 %) und oxidierten Terpenen (5– 15 %). Aber auch phenolische Substanzen sind in geringen Mengen (2-20 %) enthalten. (Ebermann, 2011; Mattissek, Hahn, 2019)

Paprika edelsüß: Paprika (*Capsicum annum*, *Solanaceae*) hat seinen ursprünglichen Ursprung in Mittel- und Südamerika und wird heute in Regionen wie der Türkei, Ostafrika, Süd- und Südosteuropa kultiviert. Die Früchte gliedern sich in Abschnitte, die die gelben Samen beherbergen, die für die scharfe Geschmacksnote verantwortlich sind. Paprikapulver wird durch die

Trocknung des Fruchtfleisches und der Samen hergestellt, wobei unterschiedliche Mischungsverhältnisse zu unterschiedlichen Schärfegraden führen. Capsaicin (trans-N-(4-Hydroxy-3-methoxyphenylmethyl)-8-methyl-6-nonenamid) ist das vorherrschende Alkaloid in Paprika, welches für die Schärfe verantwortlich ist (Ebermann, 2011).

Kräuter (Schnittlauch, Petersilie)

Beim Schnittlauch werden die grünen Blätter meist roh als würzende Zutat verwendet. Sie enthalten einen hohen Gehalt an Vitamin C, Provitamin A und verschiedenen B-Vitaminen. Ebenso sind in Schnittlauch schwefelhaltige Bestandteile enthalten, die Ähnlichkeiten mit denen anderer Allium-Arten aufweisen. (Ebermann, 2011)

Bei der Petersilie (*Petroselinum crispum*) können die grünen Blätter, als Gewürz, sowie die Wurzel als Gemüse verwendet werden. Das ätherische Öl der Blätter enthält Terpene, wie Sabinen, Thujon, Pinene und Phenole, wie Myristicin (3,4-Methylenedioxy-5-methoxy-allylbenzol) und Apiol. (Ebermann, 2011)

2.3.3.6.2 farbgebende Zutaten

Karottenpulver enthält eine Mischung aus α -, β -, γ -Carotiden. Hauptfarbstoff ist jedoch das gelb-orange färbende Beta-Carotenoid, welches ein Provitamin ist und natürlicherweise in Karotten vorkommt. Es kann in extrahierter Form vorliegen oder als Karottenpulver in Lebensmitteln eingesetzt werden. (Ebermann, Elmadfa, 2011; Matissek, 2019)

Kurkuma enthält den gelben Farbstoff Kurkumin. Dieser ist in verschiedenen Kurkuma Varietäten bis zu 9% enthalten. Für die Färbung von Lebensmitteln ist eine Extraktion des Kurkumins nicht notwendig, da der enthaltende Kurkumingehalt zum Färben reicht. Liegt das Kurkumin extrahiert vor, reicht eine geringere Dosis zum Färben des Lebensmittels (Theobald, 2009). Lebensmittelrechtlich gilt das Kurkumapulver nicht als Farbstoff, sondern als Gewürz. Durch die hohe Lichtempfindlichkeit sollten Produkte vorzugsweise in Tuben oder Dosen aufbewahrt werden (Pollmer, 2017).

2.4 Sensorische Prüfverfahren

2.4.1 Napping & Ultra Flash Profiling (UFP)

Beim Napping® werden mehrere Produkte gleichzeitig von den Testpersonen auf einem Blatt Papier platziert, um ihre sensorischen Ähnlichkeiten zu visualisieren. Die Anzahl der Proben beträgt in der Regel maximal 12 und es werden maximal 9-15 Personen für jede Sitzung benötigt. Die Anordnung der Produkte erfolgt relativ zueinander auf einem zweidimensionalen Raum, wobei ähnliche Produkte nah zueinander und unterschiedliche Produkte weit voneinander entfernt platziert werden. Zusätzlich zum Napping® wird oft eine Ultra-Flash-Profilierungsmethode verwendet, um Beschreibungen zu den jeweiligen Anordnungen zu finden, um sie zu interpretieren. Es ist empfehlenswert, dass die Prüfer sich auf maximal fünf Deskriptoren konzentrieren. Die Ergebnisse werden mit Hilfe einer hierarchischen multiplen Faktorenanalyse (MFA) ausgewertet, um eine sensorische Charakterisierung über alle Sinnesmodalitäten zu ermöglichen. Im Vergleich zum Sorting liefert das Napping® differenzierte Ergebnisse.

Eine neuere Variante dieser Methode ist das Partial Napping®. Es beschränkt die Deskriptoren für die Platzierung von Proben auf bestimmte Sinnesmodalitäten. Somit wird dort fokussierter als beim Napping gearbeitet.

Die Auswertung erfolgt über eine Multiple Faktorenanalyse, welche, wie auch die Hauptkomponentenanalyse, mit kontinuierlichen Variablen arbeitet, die jedoch bei der MFA gewichtet werden. Die Gewichtung sorgt dafür, dass die Variablen gleichmäßig berücksichtigt werden, und ermöglicht es, sowohl mit kontinuierlichen als auch mit kategorialen Variablen zu arbeiten. Zudem können sowohl standardisierte als auch nicht-standardisierte Variablen in die Analyse einbezogen werden (Pagès, 2004).

Das Hauptziel bei der MFA sowie der Hauptkomponentenanalyse besteht darin, die Anzahl der Dimensionen, die zur Beschreibung von Daten verwendet werden, zu reduzieren, ohne dabei wesentliche Informationen zu verlieren. Dies ermöglicht es, die Ähnlichkeiten zwischen Produkten im zweidimensionalen Raum darzustellen. In der Hauptkomponentenanalyse werden Hauptkomponenten, auch als Faktoren bezeichnet, ausgewählt. Der erste Faktor erfasst einen Großteil der gesamten Variation in den Daten, während die folgenden Faktoren den verbleibenden Variationsanteil abbilden. Im Allgemeinen reichen die ersten zwei bis drei Dimensionen aus, um die Gesamtvariation hinreichend zu repräsentieren. Es ist ratsam sicherzustellen,

dass mindestens 80 bis 90 Prozent der erklärten Variation von den ausgewählten Hauptkomponenten erfasst werden. In einer grafischen Darstellung zeigen die Abstände zwischen den Punkten, die Produkte oder Attribute repräsentieren, die Unterschiede zwischen ihnen. Wenn Produkte nahe beieinander positioniert sind, deutet dies auf starke sensorische Ähnlichkeiten hin, während Produkte mit größeren Abständen unterschiedlicher bewertet werden. Attribute, die sich in der Nähe des Zentrums der Darstellung befinden, weisen auf eine geringere Übereinstimmung in den Beurteilungen hin, während Attribute am Rand der Darstellung einen höheren Informationsgehalt bieten. (Busch-Stockfisch, 2008; Schneider-Häder, 2016)

2.4.2 JAR

Die Just About Right (“JAR”) -Skala, ist eine Rangierskala zur Erhebung von Präferenzdaten und wird bei dem sensorischen Verfahren des Verbrauchertest eingesetzt.

Normalerweise bestehen JAR-Skalen aus 3 oder 5 Stufen und werden verwendet, um die subjektive Intensität von verschiedenen Eigenschaften von Produkten bei Verbrauchern abzufragen. Die Skala reicht von "viel zu wenig (sehr schwach)", über "zu wenig (schwach)", "gerade richtig", "zu viel (stark)" bis hin zu "viel zu viel (sehr stark)".



Abbildung 1: JAR-Skala (Bongartz, Mürset, 2011)

JAR-Skalen lassen sich mit Hilfe der Penalty Analyse auswerten. Die Penalty Analyse zeigt, wie groß der Einfluss ist, den ein Produkt mit einer Bewertung „viel zu stark (viel zu intensiv)“ oder „viel zu schwach (viel zu wenig intensiv)“ auf die Gesamtbefriedigung, welche mittels 9-teiliger hedonischer Skala erhoben wurde, haben kann. Für die Berechnung der Penalties, werden die 5-teilige Skala zu 3-teiligen Skala zusammengefasst. Dafür werden die beiden positiven sowie negativen Ausbreitungen jeweils zusammengefasst zu den Kategorien „zu stark“ und „zu schwach“. Anschließend werden die Akzeptanzmittelwerte berechnet. Dafür werden die Akzeptanzmittelwerten der Konsumenten welche das Produkt als „gerade richtig“ eingestuft

haben, mit den, die sie als „zu schwach“ oder „zu stark“ eingestuft haben verglichen. Daraus kann man die sogenannten Mittelwerts-Abfälle oder mean drops berechnen. Das heißt, dass die Unterschiede zwischen dem Durchschnitt der Kategorie "gerade richtig" auf der JAR-Skala und den beiden anderen Kategorien "zu schwach" oder "zu stark" berechnet werden. Durch einen multiplen Vergleichstest, der die Mittelwerte dieser JAR-Kategorie und der anderen beiden vergleicht, wird ein p-Wert ermittelt. Dieser p-Wert zeigt an, ob die subjektive Intensitätseinschätzung auf der JAR-Skala die Gesamtbeliebtheitswerte auf der 9-Punkte-Hedonikskala beeinflusst. Wenn ein signifikanter Unterschied festgestellt wird, deutet dies darauf hin, dass die Art und Weise, wie die Intensität wahrgenommen wird, die Gesamtbeliebtheit beeinflusst. Je höher die Penalität (Penalty) ist, desto stärker wirkt sich die bewertete Eigenschaft auf die Gesamtbeliebtheit aus. Die Penalitäten-Analyse erlaubt also die Feststellung, wie sehr die Gesamtbeliebtheit eines Produkts abnimmt, wenn eine bestimmte Eigenschaft nicht als "gerade richtig" empfunden wird. (Bongartz, Mürset, 2011)

2.4.3 Hedonische Prüfung mit Hilfe einer 9-Punkte-Skala

Die hedonischen Prüfverfahren zielen darauf ab, die subjektive Einschätzung von Produkten durch Verbraucher zu erfassen, insbesondere die Meinung und Vorlieben der Verbraucher gegenüber dem Produkt. Die Bewertungen werden durch die spezifischen Eigenschaften des Produkts ausgelöst, wobei diese durch hedonische Tests nicht näher spezifiziert werden können. Als Verbraucher gelten Personen, die das zu untersuchende Produkt verwenden. Da es sich bei diesen um ungeschulte Prüfpersonen handelt, muss die Stichprobe sichtlich höher sein als bei analytischen Prüfmethoden.

Gemäß DIN 10974 sind mindestens 60 Prüfpersonen vorgeschrieben, wobei eine Stichprobengröße von 80 oder 100 Personen bevorzugt wird, um die statistische Aussagekraft zu erhöhen. Es ist auch wichtig, höchstens sechs Proben zur Verkostung vorzulegen und diese in einem ausgewogenen Design zu präsentieren.

Die Testpersonen bewerten verschiedene Proben mithilfe einer 9-Punkte-Skala, bei der jedem Punkt eine bestimmte Bewertung zugeordnet ist. Auf dieser Skala repräsentiert die 9, den höchsten Punkt des Gefallens-Bereichs mit "gefällt außerordentlich", während die 1 den niedrigsten Punkt des Missfallens-Bereichs mit "missfällt außerordentlich" darstellt.

Die gesammelten Daten werden durch eine einfaktorische ANOVA-Analyse ausgewertet, um eventuelle signifikante Unterschiede zwischen den Proben festzustellen. Wenn signifikante

Unterschiede auftreten, wird ein Post-Hoc-Test durchgeführt, um die genauen Unterschiede mithilfe der LSD-Methode (Least Significant Difference) zu bestimmen.

Des Weiteren werden die gewichteten Durchschnittswerte der Ergebnisse verglichen und in die Kategorien "Gefallen" (9-6), "Neutral" (5) und "Nicht Gefallen" (4-1) eingeteilt. (DIN 10974:2008-12)

3. Material und Methoden

3.1 Phasen der Produktentwicklung

Um ein neues Produkt zu entwickeln wird sich an die Phasen der Produktentwicklung gehalten die wie folgt aufgebaut sind.

Die erste Phase, ist die Phase der Ideenfindung. Das ist auch die kreative Phase oder ein erstes Screening der Ideen. Hier werden in einem relativ unstrukturierten Prozess zunächst alle Ideen gesammelt und aufgeschrieben. Es werden gewünschte Produktmerkmale festgelegt und ein grober Plan aufgestellt. Ziel dieser ersten Phase ist es die Kreativität zu fördern, Anregungen aufzugreifen und möglichst viele Ideen zu entwickeln. Erfahrungswerte zeigen, dass es ca. 98% der Ideen nicht zur Markteinführung schaffen. Nachdem alle Ideen notiert werden erfolgt ein möglichst objektives Screening. Dafür werden verschiedenste Aspekte wie beispielsweise mögliche Zielgruppen, Marktchancen oder Qualitätssicherung mitbetrachtet und so auch Ideen verworfen.

In der zweiten Phase erfolgt die Herstellung der ersten Muster/Prototypen. Dafür werden die aussichtsreichen Ideen aus der ersten Phase weiterentwickelt zu ersten Mustern. Diese werden mit möglichst wenig Aufwand in kleinen Maßstab angefertigt und in einer kleinen Gruppe sensorisch und bei Bedarf messtechnisch bewertet. Diese Phase läuft als strukturierter Prozess ab unter klaren Entscheidungspunkten. Es ist wichtig zu beachten, dass es auch hier ca. 90 % der Konzepte nicht bis zur Markteinführung schaffen. Parallel zu der Musterherstellung müssen auch schon Themen wie Vermarktungskonzepte, Markenname, Verbraucherinteresse, Verpackung, technische Machbarkeit ein QS-Konzept und Kostenabschätzung bedacht und bearbeitet werden. Ziel der zweiten Phase ist es eine Auswahl von wenigen Konzepten zu finden, welche weiter optimiert werden.

Die Phase Drei beinhaltet die fortgeschrittene Entwicklung, Planung und Durchführung von Versuchsreihen. Ziel ist es hier die zuvor vielversprechenden sondierten Konzepte weiterzuentwickeln bis hin zu einer Produktformel mit Verbraucherakzeptanz, Spezifikation und Vermarktungsstrategie. Dies erfolgt strukturiert und alle Schritte werden ausführlich dokumentiert. Zur Optimierung der Rezepturen ist es möglich statistisch ausbalancierte Versuchspläne mittel Versuchsplanungs-Softwares wie beispielsweise ECHIP zu erstellen. Diese reduzieren den Testaufwand und ermöglichen es exakte Optima von Rezepturkomponenten oder technologischen Parametern zu ermitteln.

In der vierten Phase wird sich mit den sensorischen, analytischen und messtechnischen Bewertungen von Mustern beschäftigt. Die Analytik sowie Messtechnik sind wichtige Werkzeuge zur Bewertung erzeugter Muster, besonders sollte neben der Rezeptur auch noch eine Technologie zu entwickeln sein. Des Weiteren ist es wichtig zur Bewertung qualitätssichernder Maßnahmen. Die sensorische Bewertung der Muster ist eines der wichtigsten Schritte bei der Produktentwicklung. Dabei ist zwischen diskriminativen (vergleichenden), hedonischen oder auch affektiven (bewertenden) und deskriptiven (beschreibenden) Prüfungen strikt zu unterscheiden. Diese verschiedenen Prüfungen müssen statistisch Ausgewertet werden. Je nach Prüfung gibt es unterschiedlichen Datenauswertungsmethoden (z. B. Varianzanalyse, T-Test, MFA mittels Excel Statistik Software).

In der fünften Phase führt man einen Verbrauchertest durch. Dessen Ergebnisse sind maßgebend für eine Markteinführung eines Produktes. Für signifikante Ergebnisse ist eine Teilnehmerzahl von mindestens 80, besser aber 100 bis 300 Verbraucher notwendig. Es ist wichtig zu beachten, dass die Verbraucher die Produktkategorie regelmäßig konsumieren und diese auch mögen. Es können Personenbezogene Daten erfasst werden, welche bei der Auswertung als Zusatzinformationen dienen. Hauptmerkmal liegt auf der Abfrage der Beliebtheit und beispielsweise noch Just About Right Fragen.

3.2 Rohstoffe

Bei den verschiedenen Versuchen wurden die nachstehend aufgeführten Zutaten verwendet, wie in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 4: verwendete Rohstoffe der Röhreimischung

Rohstoff	Hersteller	MHD
Bio Sonnenblumenprotein	Sportbedarf Jeske, An der alten Bergschule 15, 46569 Hünxe	30.11.2023
Hafermehl	dm-drogerimarkt GmbH + CO. KG, Am dm-Platz 1, 76227 Karlsruhe	26.02.2024
Flohsamenschalen	Queisser Pharma, Schleswiger Str. 74, 24941 Flensburg	10.2024
Inulin	EWL Naturprodukte Handelsagentur UG, Am Seeufer 4/61, 56235, Ransbach-Baumbach	01.02.2026
Haferfasern	L-Carb-Shop UG, Kirchgasse 36, 63065 Offenbach	24.10.2027
Karottenpulver	Ekotavis LLC, Uzliekniu Str. 12a, Klugonai	20.11.2023
Leinprotein	RheinNatur Food GmbH, Industriering Ost 71, 47906 Kempen	10.2024
KalaNamak Salz	Ankerkraut GmbH, Tempowerkring 6, 21079 Hamburg	11.2027
Pfeffer	Weiland GmbH, 49198 Dissen	05.2027
Zwiebelgranulat	Ostmann Gewürze GmbH, 49198 Dissen	2024
Knoblauchgranulat	Ostmann Gewürze GmbH, 49198 Dissen	2024
Muskatnuss	Prymat International GmbH, Poststraße 10-12, 27404	11.2023

	Zeven	
Paprika edelsüß	Weiland GmbH, 49198 Dis-sen	09.2026
Schnittlauch gefriergetrocknet	1plus-Produkte Handelsgesellschaft mbH, Am Eggenkamp 8-10, 48268 Greven	25.04.2026
Petersilie gefriergetrocknet	1plus-Produkte Handelsgesellschaft mbH, Am Eggenkamp 8-10, 48268 Greven	03.05.2026
Kurkuma	KoRo Handels GmbH, Koppenplatz 9, 10115 Berlin	16.07.2025

3.3 Analysen der Röhrei-Produkte

3.3.1 Farbmessung

Die Bewertung von Farben kann durch verschiedene Methoden erfolgen, darunter visuelle Beurteilungen, spektrophotometrische Verfahren und Tristimulus-Kolorimetrie. Im spektroskopischen Ansatz wird die reflektierte Wellenlänge analysiert und dann im Lab-Farbsystem dargestellt. Das Lab-System ermöglicht die umfassende Darstellung aller möglichen Farben und gestattet eine präzise Konvertierung von Farbinformationen von einem Farbsystem in ein anderes. Im Lab-System wird angenommen, dass Farben aus den Elementen Farbsättigung, Farbton (dargestellt als a^* und b^* in Abbildung 2) und Helligkeit (L^*) zusammengesetzt sind. Die Helligkeit erstreckt sich dabei von 0 bis 100. In Bezug auf Farbsättigung und Farbton bewegen sich die Werte im Bereich von -50 bis 50. Im positiven Bereich des a^* -Werts ist ein Rotanteil zu erkennen, während im negativen Bereich ein Grünanteil vorliegt. Positive b^* -Werte zeigen einen Gelbanteil an, während negative Werte auf einen Blauanteil hinweisen. Die Position der a-b-Ebene im Farbraum wird durch die Helligkeit L^* festgelegt.

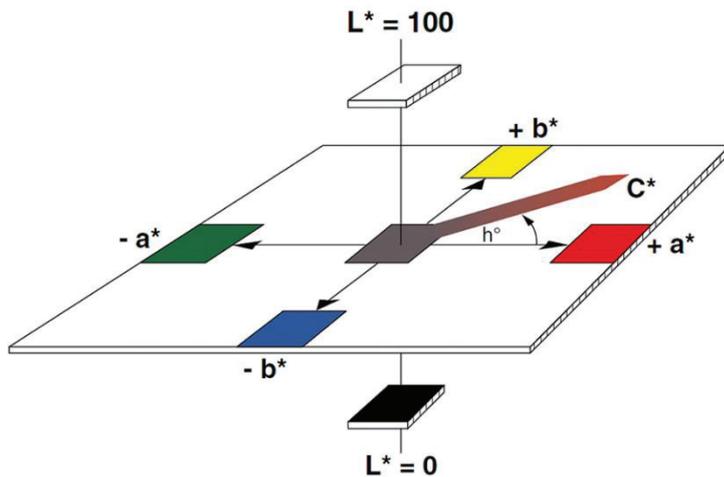


Abbildung 2: L*a*b*-System nach Judd-Hunter (Schröder, Schneider-Häder, 2015)

Für die Farbmessung wurde ein Spektrophotometer verwendet. Die Rühreier wurden nach Anleitung zubereitet, jedoch nicht in der Pfanne in kleine Stücke zerrissen, sodass man eine Omelett ähnliche Form erhielt. Das Omelett konnte man nun für die Küvette zurechtschneiden und wurde in die Glasküvette überführt. Diese wurde auf einem schwarzen Messöffnungseinsatz gegeben und mit einem lichtundurchlässigen Deckel abgedeckt. Bei der durchgeführten Dreifachbestimmung wurde der Becher gedreht und das Produkt umgelagert. Um einen Farbunterschied zwischen zwei Proben bestimmen zu können, wird folgende Berechnung des Farbabstandes (ΔE) angewendet:

$$\Delta E = \sqrt{(L1 * -L2 *)^2 + (a1 * -a2 *)^2 + (b1 * -b2 *)^2}$$

Die Ergebnisse sind wie folgt auszuwerten:

$0 < \Delta E < 1$ kein visueller Unterschied wahrnehmbar

$1 < \Delta E < 2$ visueller Unterschied nur von erfahrenen Sensorikern wahrnehmbar

$2 < \Delta E < 3,5$ visueller Unterschied auch von unerfahrenen Sensorikern wahrnehmbar

$3,5 < \Delta E < 5$ deutlicher Farbunterschied wahrnehmbar

$\Delta E > 5$ es werden 2 unterschiedliche Farben wahrgenommen

(Schröder, Schneider-Häder, 2015)

3.3.2 Texturmessung

Die mechanische Texturanalyse mittels Texture Analyser bildet sensorische Tests bei Lebensmitteln und somit die humansensorische Texturprüfungen nach. Laut DLG werden bei der mechanischen Texturanalyse “verschiedene physiologische Prozesse, wie z.B. das Zubeißen und Kauen durch mechanische Vorgänge imitiert bzw. das Fließverhalten von Lebensmitteln im Mund nachgeahmt”. (DLG, 2015) Der Texture Analyser ist eine elektrisch gesteuerte Universalprüfmaschine. Er erfasst Kräfte, Wege sowie Energiewerte, welche der Prüfkörper den Prüfsubstanzen entgegensetzt. Sie dienen dazu, physikalische Eigenschaften verschiedener Lebensmittel zu untersuchen. Es können Aussagen über “Zerbrechlichkeit, Härte, Elastizität, Haftfähigkeit, Dehnbarkeit oder Kaufähigkeit” (Winopal, Drobny, Schneider-Häder, 2015) gemacht werden. Kraftmesszellen messen die Kräfte, die auf eine Probe einwirken. Um diese genauestens zu bestimmen, gibt es je nach Modell verschiedene Messbereiche von 0 bis 7,5 kN. Um genaue Daten zu erzielen, nehmen die Kraftmesszellen bis zu 500 Messpunkte pro Sekunde auf. So können Veränderungen und Unterschiede in einer Probe bemerkt werden.

Die Daten werden in einem Kraft-Zeit-Diagramm abgebildet und können wie folgt ausgewertet werden: Die Steigung gibt an, wie elastisch die Probe ist. Eine elastische Probe zeigt eine geringe Steigung. Die Härte des Produktes, welche als Kraft angezeigt wird, stellt die Bissfestigkeit der Probe dar. Je höher die Kurve ist, desto mehr Biss hat die Probe.

Für die Texturmessung wurden die Produkte nach Anleitung zubereitet. Danach wurden die Rühreier abgekühlt und ca. 5 g in einen MINI KRAMER CELL Behälter gegeben. Mittels Texturanalyse wurde die Maximalkraft sowie die Steigung der Kraft-Weg-Kurve der verschiedenen Rühreier ermittelt, um Rückschlüsse auf die Konsistenz zu ziehen. Es wurde jeweils eine Doppelbestimmung durchgeführt.

Die Mini Kramer Scherzelle besteht aus parallel angeordneten Stahlklingen, die durch Führungsschlitze abwärts in einen rechteckigen Behälter mit entsprechenden Schlitzen im Boden gleiten. Sie entspricht den einmaligen Biss eines Lebensmittels. Die Probe wird durch den Druck der Klingen nach unten durch die Bodenöffnungen geführt. (ZwickRoell GmbH, 2023)

Tabelle 5: Einstellung des Texture Analyser

Parameter	Einstellung
Testart	Druck
Werkzeug	HDP/MK05; MINI KRAMER-OTTAWA CELL
Vorgeschwindigkeit	5 mm/s
Testgeschwindigkeit	2 mm/s
Rückgeschwindigkeit	10 mm/s
Eindringtiefe	25 mm

3.4 sensorische Prüfverfahren

In Abbildung 3, ist ein Ausschnitt vom verwendeten Sensorikbogen zu sehen. Dieser zeigt die Bewertungsskala der Gesamtbeliebtheit und die JAR-Fragen. Das Panel sollte alle Proben mittels einer 5-Punkte JAR-Skala bewerten. Es wurden 6 Attribute Gelb A, eiartig GR, würzig GS, eiartig GS, elastisch MG und breiig MG abgefragt. Die Skala ging von „viel zu wenig“ zu „zu wenig“ über „gerade richtig“ zu „zu viel“ und „viel zu viel“.

Sensorische Beurteilung veganer Rühreiersatz-Produkte
-Beliebtheit & Just About Right-

Probe 693

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gesamtbeliebtheit	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
	viel zu wenig		gerade richtig		viel zu viel				
Gelb A	<input type="checkbox"/>								
Eiartig GR	<input type="checkbox"/>								
Würzig GS	<input type="checkbox"/>								
Eiartig GS	<input type="checkbox"/>								
Elastisch MG	<input type="checkbox"/>								
Breiig MG	<input type="checkbox"/>								

Abbildung 3: Ausschnitt Sensorikbogen, Beliebtheit & JAR

4. Ergebnisse

4.1 Phase 1: Ideenfindung

4.1.1 Briefing & Marktanalyse

Ein innovatives veganes Rührei-Produkt soll entwickelt werden, welches im Handel vertrieben werden kann. Die möglichen Produktformate könnten flüssiges Rührei, pulverförmiges Rührei zur Eigenmischung oder ein vorgefertigtes Produkt, das lediglich aufgewärmt werden muss, umfassen.

Eine Betrachtung der auf dem Markt vorhandenen Produkte zeigt, dass es vor allem Varianten auf Basis von Kichererbsen oder Ackerbohnen gibt. Im Segment der flüssigen Produkte sind zusätzlich solche auf Sojabasis vertreten. Bei den vorgefertigten Produkten besteht die Mehrheit aus Tofu.

In der Tabelle 6 sind die für die Sensorik verwendeten Rührei-Alternativen aufgeführt.

Tabelle 6: handelsübliche Rührei-Alternativen

Produkt	Zutaten	Nährwerte	
			Pro 100 g bratfertiger Mischung
Greenforce veganes Ei für Rührei und Omelett 	27% Ackerbohnenmehl, Maismehl, Kichererbsen- mehl, Verdickungsmittel: Methylcellulose, Carra- geen, Gellan; natürliche Aromen, Zucker, Ballast- stoff Flohsamenschale, Säureregulator: Natriumci- trate, Speisesalz, Kurkuma	Nährwerte	
		Energie	213 kJ 51 kcal
		Fett davon gesättigte Fettsäuren	<0,5 g <0,5 g
		Kohlenhydrate davon Zucker	6,6 g 1,0 g
		Ballaststoffe	3,3 g
		Eiweiß	3,1 g
		Salz	0,94 g
		Veganz Vegane Rührei Alterna- tive auf Basis europäi- scher Ackerbohne	Ackerbohnenmehl (45 %), Maismehl, Geliermittel: Methylcellulose, Carra- geen; natürliche Aromen, Erbsenprotein, Dextrose, Salz, Stabilisator: Calci- umcarbonat; Gewürze,
Energie	338 kJ 81 kcal		
Fett davon gesättigte	1,9 g 0,2 g		

	<p>Schwarzsatz (Kristallsatz, Salsola Stocksii), Kurkuma</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Fettsäuren</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kohlenhydrate davon Zucker</td> <td>12 g 1,2 g</td> </tr> <tr> <td>Eiweiß</td> <td>2,7 g</td> </tr> <tr> <td>Salz</td> <td>0,99 g</td> </tr> </tbody> </table>	Fettsäuren		Kohlenhydrate davon Zucker	12 g 1,2 g	Eiweiß	2,7 g	Salz	0,99 g				
Fettsäuren														
Kohlenhydrate davon Zucker	12 g 1,2 g													
Eiweiß	2,7 g													
Salz	0,99 g													
<p>BioVegan mein Rührei Ersatz</p> 	<p>Kichererbsenmehl* (80 %), Erbsenstärke*, Flohsamenschalen*, Salz, Inulin*, Karottenfasern*, Karottenpulver*, Gewürze* (Knoblauch*, Kümmel*, Kurkuma*, Muskatnuss*, Paprika*, weißer Pfeffer*, Zwiebel*), Leinprotein*, Schnittlauch*. *aus biologischer Landwirtschaft</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Nährwerte</td> <td>Pro 100 g bratfertiger Mischung</td> </tr> <tr> <td>Energie</td> <td>390 kJ 93 kcal</td> </tr> <tr> <td>Fett davon gesättigte Fettsäuren</td> <td>1,5 g 0,3 g</td> </tr> <tr> <td>Kohlenhydrate davon Zucker</td> <td>13 g 0,9 g</td> </tr> <tr> <td>Eiweiß</td> <td>5,4 g</td> </tr> <tr> <td>Salz</td> <td>1 g</td> </tr> </tbody> </table>	Nährwerte	Pro 100 g bratfertiger Mischung	Energie	390 kJ 93 kcal	Fett davon gesättigte Fettsäuren	1,5 g 0,3 g	Kohlenhydrate davon Zucker	13 g 0,9 g	Eiweiß	5,4 g	Salz	1 g
Nährwerte	Pro 100 g bratfertiger Mischung													
Energie	390 kJ 93 kcal													
Fett davon gesättigte Fettsäuren	1,5 g 0,3 g													
Kohlenhydrate davon Zucker	13 g 0,9 g													
Eiweiß	5,4 g													
Salz	1 g													
<p>REWE Bio + vegan Rührei-Ersatz</p> 	<p>Kichererbsenmehl* 80 %, Erbsenstärke*, Flohsamenschalen*, Speisesalz, Inulin*, Karottenfasern*, Karottenpulver*, Gewürze* (Kurkuma*, Muskatnuss*, Paprika*, Pfeffer*, Zwiebel*), Leinprotein*, Erbsenprotein*). *aus kontrolliert biologischem Anbau</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Nährwerte</td> <td>Pro 100 g bratfertiger Mischung</td> </tr> <tr> <td>Energie</td> <td>387 kJ 91 kcal</td> </tr> <tr> <td>Fett davon gesättigte Fettsäuren</td> <td>1,5 g 0,3 g</td> </tr> <tr> <td>Kohlenhydrate davon Zucker</td> <td>13 g 0,9 g</td> </tr> <tr> <td>Eiweiß</td> <td>5,4 g</td> </tr> <tr> <td>Salz</td> <td>1 g</td> </tr> </tbody> </table>	Nährwerte	Pro 100 g bratfertiger Mischung	Energie	387 kJ 91 kcal	Fett davon gesättigte Fettsäuren	1,5 g 0,3 g	Kohlenhydrate davon Zucker	13 g 0,9 g	Eiweiß	5,4 g	Salz	1 g
Nährwerte	Pro 100 g bratfertiger Mischung													
Energie	387 kJ 91 kcal													
Fett davon gesättigte Fettsäuren	1,5 g 0,3 g													
Kohlenhydrate davon Zucker	13 g 0,9 g													
Eiweiß	5,4 g													
Salz	1 g													

4.1.1.1 Sensorik der handelsüblichen Produkte

Für die Sensorik wurden vier vegane Rührei-Ersatzprodukte, welche auf den lokalen Markt verfügbar waren, verwendet. Die Auswahl traf auf pulverförmige Mischungen, da dies auch das Ziel der eigenen Produktentwicklung war. Desweiteren wurde sich für zwei Produkte mit jeweils der gleichen Hauptzutat (jeweils Kichererbsenmehl und Ackerbohnenmehl) entschieden. So kann geschaut werden ob ähnliche Zutaten zu gleichen sensorischen Eigenschaften führen.

Die aufgeführten Produkte in Tabelle 6, sowie ein Rührei aus Hühnerei, wurden mittels Napping- und Ultra Flash Profiling (UFP) sensorisch verkostet. Das Panel bestand aus 7 geschulten Prüfern, der Hochschule Neubrandenburg, wobei alle Panellisten ein Alter zwischen 23 und 28 Jahren aufwiesen.

Im Vorfeld der Untersuchung fand eine Einführung für das jeweilige Prüfverfahren statt. Die Prüfung selbst fand im Sensoriklabor der Hochschule Neubrandenburg statt, das nach DIN EN ISO 8589 gestaltet ist. Am Prüftag, gab es eine relative Luftfeuchte von 73% im Raum, welcher eine Temperatur von 22,9°C aufwies. Somit entsprach die relative Luftfeuchte nicht den Vorschriften und war zu hoch. Es wurde eine standardisierte Lichtquelle, die das natürliche Tageslicht zur Mittagszeit nachahmt, genutzt um keine Verfälschung der Probenfarbe zu riskieren.

Die Zubereitung der vier handelsüblichen veganen Rührei-Ersatzprodukte erfolgte jeweils gemäß den Anweisungen auf der Verpackung, ohne zusätzliche Gewürze beizufügen. Das klassische Rührei wurde aus drei Eiern der Größe M, 180 g, zubereitet, indem sie zuvor verquirlt und dann in einer Pfanne unter Zugabe von Salz gewürzt wurden. Alle Proben wurden bei Zimmertemperatur in kleine Probengefäße gefüllt, mit dreistelligen Zufallsziffern codiert und den Panellisten auf einem Tablett mit Wasser gereicht. In jeder Prüfkabine befand sich ein weißes DIN-A3-Blatt im Querformat (29,7 x 42 cm) mit einem darauf abgebildeten Koordinatensystem, das die Abmessungen des Blattes widerspiegelte.

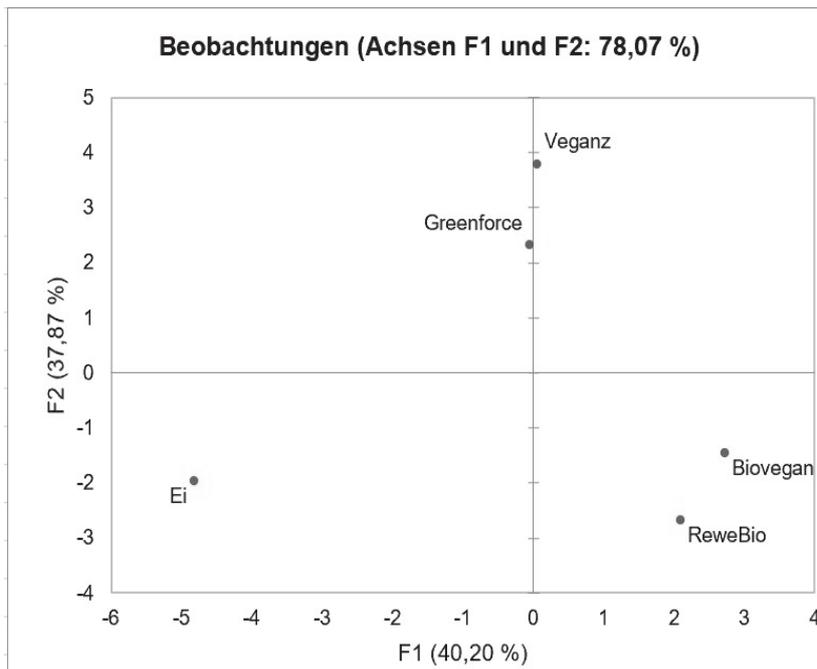


Abbildung 4: Kartierung der Ergebnisse

Aus der Abbildung 4 ist sehr gut zu erkennen, dass die sensorischen Eigenschaften der veganen Rührei-Ersatzprodukte sich in anderen Koordinatenbereichen befinden als das Produkt Ei. Trotz dieser Unterschiede zeigen sich gewisse Ähnlichkeiten zwischen den verschiedenen veganen Produkten, die mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Basis der jeweiligen Rezeptur zurückzuführen sind. Die Produkte von Veganz und Greenforce sowie BioVegan und ReweBio sind nah beieinander positioniert und wurden in ihren sensorischen Merkmalen ähnlich bewertet. Das Ei ist deutlich abweichend in allen Attributen und steht weit entfernt.

Die zugeordneten sensorischen Attribute zeigen, dass insbesondere in Bezug auf das Mundgefühl eine hohe Übereinstimmung im Panel festgestellt wurde. In diesem Zusammenhang ergibt sich ein hoher Tucker-Kongruenzkoeffizient von 96,21 %. Der Tucker-Kongruenzkoeffizient ist eine statistische Metrik, die in der Faktorenanalyse und in multivariaten Datenanalysen verwendet wird. Er dient dazu, die Übereinstimmung oder Kongruenz zwischen verschiedenen Faktormodellen zu quantifizieren. Dieser Koeffizient misst, wie ähnlich oder unterschiedlich die Faktorstrukturen von verschiedenen Modellen sind. Ein derart hoher Wert weist auf eine weitgehende Übereinstimmung der Ergebnisse hin, sowohl innerhalb von Teilgruppen als auch im Gesamtvergleich. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse, die aus Teilstichproben einer bestimmten Größe gezogen wurden, in etwa mit den Ergebnissen übereinstimmen, die aus der Gesamtgruppe abgeleitet wurden.

4.1.2 Ideenfindung

Zu Beginn der kreativen Phase wurden alle Ideen gesammelt. Diese wurden anhand von selbstgewählten Kriterien bewertet, um zu schauen ob die Ideen potential zur weiteren Bearbeitung haben. Der wichtigste Faktor, war die Verbraucherakzeptanz, welche mit 40 % gewichtet wurde. Darauf folgte das Innovationspotenzial mit 25 %, die aktuellen Trends mit 20 % und die technische Umsetzbarkeit der Rezepturen mit 15 % Gewichtung. Die Kriterien und ihre Relevanz wurden nach eigenem Ermessen festgelegt.

Tabelle 7, bietet einen beispielhaften Einblick in den Ideenfindungsprozess und zeigt, welche Ideen in die zweite Phase übernommen wurden zur ersten Musterherstellung.

Tabelle 7: Idee die während der Findung beibehalten oder verworfen wurden

Idee	mögliche Weiterverfolgung nach Eingrenzung (ja/nein)
extrudierter Rührei-Ersatz (auf Basis von Lupinenprotein)	nein
Rührei-Ersatz auf Tofu Basis	nein
Rührei-Ersatz auf Tofu Basis (Tofu mit Hanfprotein)	nein
flüssiger Rührei-Ersatz für Großhandel welcher über Dampfpilz gegart wird	nein
flüssiger Rührei-Ersatz	nein
Rührei-Ersatz pulverförmig auf Sonnenblumenprotein-Basis	ja
Rührei-Ersatz pulverförmig auf Hanfmehlbasis	ja
Rührei-Ersatz pulverförmig auf Lupinen-Basis	nein
Rührei-Ersatz pulverförmig auf Leinenmehlbasis	ja
Rührei-Ersatz pulverförmig auf Kürbiskernmehlbasis	ja

4.2 Phase 2: Musterherstellung

Für die Musterherstellung wurden einige Ideen aus der Phase 1 als Muster entwickelt.

In den folgenden Versuchen, mit Ausnahme eines Einzelfalls, konzentrierte sich die Produktentwicklung auf pulverförmige vegane Endprodukte. Es wurde sich hauptsächlich auf die Entwicklung von Pulverprodukten konzentriert, da dort eine bessere Haltbarkeit gewährleistet und weniger Müll durch Verpackung produziert wird. Bei der Auswahl der Zutaten wurde darauf geachtet, dass sie Nachhaltig und regional angebaut werden können, um eventuelle Umweltlabel erhalten zu können und eine erhöhte Marktakzeptanz zu gewährleisten.

Die Zutaten der Muster wurden auf Grundlage der Literaturrecherche und der handelsüblichen Produkte ausgesucht. Durch die Literaturrecherche konnten passende vegane Zutatenkombinationen ausgewählt werden, die Eigenschaften des klassischen Rührreis entsprechen.

In den ersten Versuchen lag der Fokus hauptsächlich auf der Konsistenz des Produkts, wobei Geschmack und Farbe vorerst vernachlässigt wurden. Experimente mit verschiedenen Rohstoffen zeigten, dass reines Sonnenblumenprotein als Basis für die Rezeptur nicht geeignet ist. Die Mischungen wurden deutlich zu schleimig und konnten nicht angebraten werden. Auch ein höherer Stärkegehalt und niedrigerer Wassergehalt konnten dies nicht verbessern.

Tabelle 8: Rezepturen der Muster M1, M2, M3

Zutaten	M1 Anteil [%]	M2 Anteil [%]	M3 Anteil [%]
Sonnenblumenprotein	15,75	16,57	13,79
Maisstärke	1,16	8,57	6,91 (Weizenmehl)
Flohsamenschalen	0,94	0,97	0,66
Inulin	0,24	0,31	0,20
Haferfasern	0,83	1,47	0,91
Leinenprotein	0,12	0,45	0,29
Kala Namak	0,30	0,26	0
Wasser	80	71,42	77,2

Nach den vorherigen Versuchen wurde der Fokus auf die Erzielung einer festeren Konsistenz gelegt. In diesem Zusammenhang wurde die Idee in Betracht gezogen, Mehl als Zutat hinzuzufügen. Das Ziel dabei war es, durch die Erhöhung der Kohlenhydrate einen homogenen Teig zu erzielen, der sich wie die handelsüblichen Eierersatzprodukte verhält. Da viele Menschen bewusst auf Gluten verzichten, wurde sich auf glutenfreie Mehlsorten konzentriert. Hierbei wurden Leinmehl, Hanfmehl und Kürbiskernmehl in Erwägung gezogen.

Die Versuche mit Leinsamenmehl wurden nicht weiterverfolgt. Die Mischung quoll übermäßig auf, was die Bildung eines homogenen, geschmeidigen Teigs verhinderte. Dieses Problem ergibt sich aus den natürlichen Eigenschaften von Leinsamenmehl, das aufgrund seines hohen Ballaststoff- und Schleimstoffgehalts dazu neigt, stark bei Kälte aufzuquellen.

Das Kürbiskernmehl erzeugt bei den Mischungen eine stark grünliche Farbe sowie eine krümelige und trockene Konsistenz beim Anbraten. Der Teig wurde nicht gebunden. Auch der Geschmack war sehr nussig und lässt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht gut überdecken. Versuche mit Hafermehl wurden in weiteren Versuchsreihen weiter entwickelt aufgrund eines gewünschten Verhaltens. Es wurde ein glatter Teig, den man in der Pfanne gut anbraten konnte und ein ähnliches Verhalten wie die handelsüblichen Produkte aufwies.

In einem weiteren Schritt wurde daher der Schwerpunkt auf Experimente mit einer Basis aus Hafermehl gelegt. Ziel war es herauszufinden, wie viel Sonnenblumenprotein der Mischung hinzugefügt werden kann, um immer noch einen geeigneten Teig zu erhalten, der sich gut in der Pfanne zubereiten lässt.

Im nächsten Punkt sieht man die ersten Versuchsplanungen, die sich auf die Rezeptur mit Hafermehl beziehen.

4.2.1 Versuchsplanung

Die Versuchsmuster basieren auf einer Zusammensetzung aus Hafermehl und Sonnenblumenprotein. Der Schwerpunkt dieser Versuche liegt auf der Bestimmung der optimalen Proteinkonzentration, wobei gleichzeitig berücksichtigt wird, wie die tendenziell dunklere Farbe des Proteins ausgeglichen werden kann.

Zur Bewertung der Konsistenz und Umsetzbarkeit der Rezepturen wird in einem ersten Schritt ausschließlich mit den funktionalen Inhaltsstoffen gearbeitet, ohne die Zugabe geschmackgebender Zutaten. Sollte eine oder mehrere Zusammensetzungen gefunden werden, die sich eignen, wird der Geschmack sowie die Farbe eingestellt.

Um die Quellfähigkeit der Mischung zu verbessern, werden Flohsamenschalen verwendet, und geringe Mengen Inulin werden hinzugefügt. Anstelle von Karottenfasern wird versucht, Haferfasern einzusetzen. Zur Farbgebung wird Karottenpulver verwendet, gegebenenfalls auch kleine Mengen Kurkuma, wobei auf die Hitzebeständigkeit geachtet wird.

Es werden verschiedene Muster hergestellt, einige davon mit Kala-Namak-Salz, um die Intensität des Schwefelgeruchs zu bewerten. Zusätzlich werden Gewürze wie Salz, Pfeffer, Muskatnuss, Paprika, Knoblauch- und Zwiebelpulver eingesetzt.

Diese Rezepturen auf Basis von Hafermehl werden vorab im Kleinmaßstab durchgeführt, um zu evaluieren, welche Verhältnisse sich eignen um weitere Versuche mit geschmackgegebenen Rohstoffen zu planen.

Tabelle 9: Rohstoffzusammensetzung der Versuche mit Hafermehl und Sonnenblumenprotein H1, H2, H3

Zutat	H1 Menge in %	H2 Menge in %	H3 Menge in %
Hafermehl	81,18	68,89	70,01
Sonnenblumenprotein	13,00	22,96	23,34
Flohsamenschalen	0,53	0,57	0,58
Inulin	0,63	1,72	1,75
Haferfaser	0,95	1,15	1,17
Leinprotein	1,16	0,69	0,7
Kala-Namak	2,54	4,02	2,45

Nach den Bewertungen der einzelnen Rezepturen (zu sehen in Diskussion und Schlussfolgerung Tab. 23: Evaluierung der Erstversuche) wurde mit Rezeptur H3 in weitere Versuchsreihen gegangen.

Dabei wurde sich vor allem auf den Geschmack konzentriert.

4.3 Phase 3: Durchführung von Versuchsreihen

4.3.1 Entwicklung des Ei-Geschmacks

Durch die Verwendung von Gewürzen wird versucht, die charakteristischen Aromakomponenten von Eiern nachzuahmen, insbesondere jene, die schwefelhaltigen Verbindungen entsprechen, die maßgeblich zum Geschmack und Geruch von Eiern beitragen, wie beispielsweise Zwiebeln und Knoblauch.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass sich ein Rührei nicht durch stark dominante Geschmacksrichtungen definiert. Es ist eher ein Zusammenspiel einer milden Kombination aus salzigen, cremigen und leicht würzigen Noten. Gewürze wie Salz und Pfeffer tragen zur Würze bei, während Kräuter wie Petersilie oder Schnittlauch einen frischen Geschmack verleihen können.

Im Rahmen der Versuche wurden verschiedene Gewürze in unterschiedlichen Kombinationen getestet. Diese Varianten wurden zur Evaluation in kleinem Maßstab selbst verkostet, um Maßnahmen für weitere Versuche zu ziehen.

Erste Versuche wurden ausschließlich mit Kala Namak Salz, Pfeffer und Zwiebelpulver durchgeführt. Die genauen Mengen sind in Tabelle 10 aufgeführt. Als Grundlage diente Rezeptur H3, welches in einem größeren Maßstab angefertigt wurde, um die Gewürze hinzuzufügen. In der Tabelle werden die texturgebenden Rohstoffe nicht aufgeführt, da sie in allen Varianten identisch sind.

Tabelle 10: erste Zugabe von Gewürzen

	H3.1	H3.2	H3.3	H3.4
Kala Namak	0,24 %	0,38 %	0,52 %	0,43 %
Pfeffer	0,02 %	0,02 %	0,02 %	0,02 %
Zwiebelpulver	0,12 %	0,10 %	0,07 %	0,12 %

Nach der sensorischen Auswertung dieser Versuche wurden weitere Muster hergestellt, die eine höhere Vielfalt an Gewürzen boten.

Tabelle 11: weitere Zugabe von Gewürzen

	H3.5	H3.6
Kala Namak	2,32	3,22
Pfeffer	0,06	0,27
Zwiebelpulver	1,32	1,66
Knoblauchpulver	0,38	1,07
Muskatnuss	0,06	0,16
Paprika edelsüß	0,25	0,54
Schnittlauch	1,10	10,08
Petersilie	0,41	2,68

4.3.2 Entwicklung der Ei-Farbe

Die Rezeptur von H3.6, diente aufgrund ihrer sensorischen Eigenschaften als Grundlage für die Herstellung weiterer Muster. In diesem Schritt wurde angestrebt, die Farbe dem typischen Aussehen von Rührei anzunähern. Dies wurde durch die Zugabe von Karottenpulver und Kurkuma erreicht.

Nach verschiedenen Mischungsverhältnissen wurde eine Endrezeptur erarbeitet, die für die sensorische Bewertung herangezogen wurde.

Tabelle 12: Rezeptur Endprodukt

Zutaten	Menge in %
Hafermehl	62,34
Sonnenblumenprotein	20,80
Flohsamenschalen	0,52
Inulin	1,51
Haferfasern	1,04
Leinenprotein	0,64
KalaNamak	3,48
Pfeffer	0,29
Zwiebelgranulat	1,80
Knoblauchgranulat	1,16
Muskatnuss	0,17
Paprika edelsüß	0,58
Schnittlauch	1,27
Petersilie	0,70
Kurkuma	2,20
Karottenpulver	1,51

4.4 Phase 4: sensorische, analytische und messtechnische Bewertung

Das Panel führt die Prüfmethode Napping und UFP bei den zwei selbst entwickelten Varianten, sowie den bereits verkosteten handelsüblichen Varianten und dem originalen Rührei durch. Dabei soll herausgefunden werden, ob die eigenen Rezepturen dem Rührei mehr ähneln, als die bereits auf dem Markt verfügbaren oder ähnlich wie diese bewertet werden.

Bei diesem Durchgang des Napping und UFP wurden nur drei handelsübliche vegane Rührei-Alternativen verkostet. Das Produkt von ReweBio fiel raus, da es nicht mehr in den umliegenden Supermärkten oder online zur Zeit des Versuches verfügbar war. Die Prüfung wurde

unter den Gleichen Bedingungen wie unter Punkt 4.1.1.1 (Sensorik der handelsüblichen Produkte) durchgeführt. Das Panel bestand jedoch aus 9 geschulten Prüfern der Hochschule Neubrandenburg.

Es wird den Panellisten ein weiterer Prüfbogen gegeben, der die Beliebtheit von allen Proben abgefragt, sowie eine Just-About-Right-Skala (JAR) beinhaltet. Alle Prüfbögen hierzu sind im Anhang 1 zu finden.

4.4.1 Ultra Flash Profiling und Napping

In Abbildung 5 ist die MFA von den handelsüblichen Rührei-Produkten, sowie den eigens entwickelten Proben zu sehen. Zu erkennen ist, dass sich 4 Cluster bilden. Die beiden eigenen Rezepturen, die Produkte von Veganz und Greenforce sowie BioVegan und das Ei bilden jeweils ein eigenes Cluster. Die Produkte von Veganz und Greenforce wurden mit einem sehr geringen Abstand zueinander platziert. Das Gleiche ist auch bei den eigenen Rezepturen zu erkennen. In der Abbildung 5 sind 74,29% der Dimensionen wiedergegeben, was deutlich mehr als die Hälfte der verfügbaren Dimensionen ist. Es fallen bei der Abbildung jedoch ca. 15 % der Dimensionen weg und sind somit unerklärt.

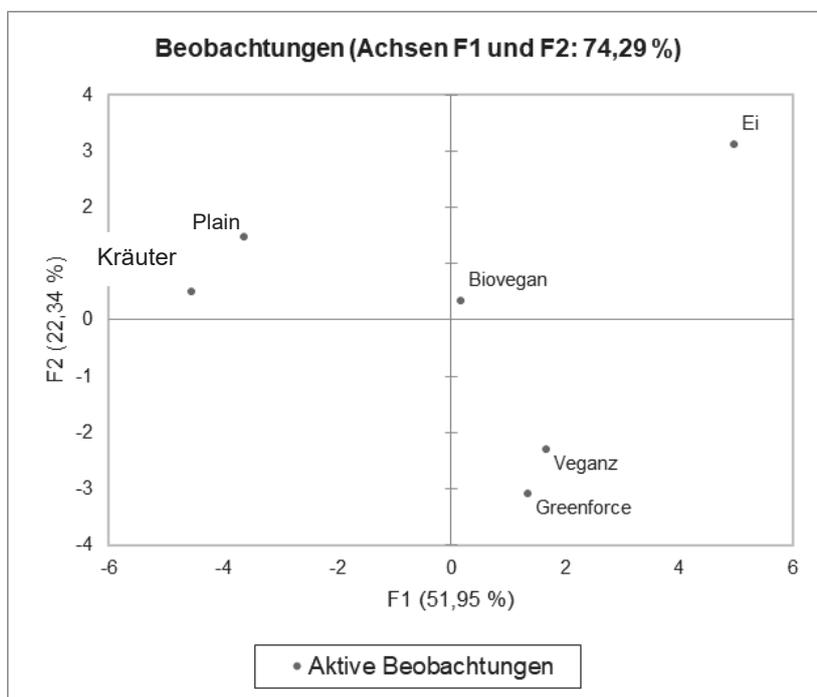


Abbildung 5: Kartierung der Ergebnisse

Auf Abbildung 6 ist der Korrelationskreis abgebildet. Dieser kann ähnlich wie eine PCA ausgewertet werden.

Es fällt auf, dass es mehr Vektoren auf der linken Seite gibt. Das lässt sich so deuten, dass die linke Seite eher die Rührei-Ersatzprodukte widerspiegelt, da diesen eher die Attribute wie breiig, belegend oder röstig zugeordnet wurden und auch deutlich mehr Produkte davon verkostet wurden. Die rechte Seite spiegelt größtenteils, dass echte Rührei und ihre Eigenschaften wider (weiß, gelb, weich, elastisch). Somit ist gut auf der Abbildung zu erkennen, dass die veganen Rührei-Ersatzprodukte nicht mit dem echten Rührei konkurrieren.

Die Länge der Vektoren spielt eine große Rolle. Attribute wie beispielsweise bröckelig oder weich im MG, sowie würzig im GR und GS haben längere Vektoren wie kross oder elastisch im MG. Dies bedeutet, dass die Attribute mit längerem Vektor stärker zur Differenzierung beitragen als die mit kürzerem.

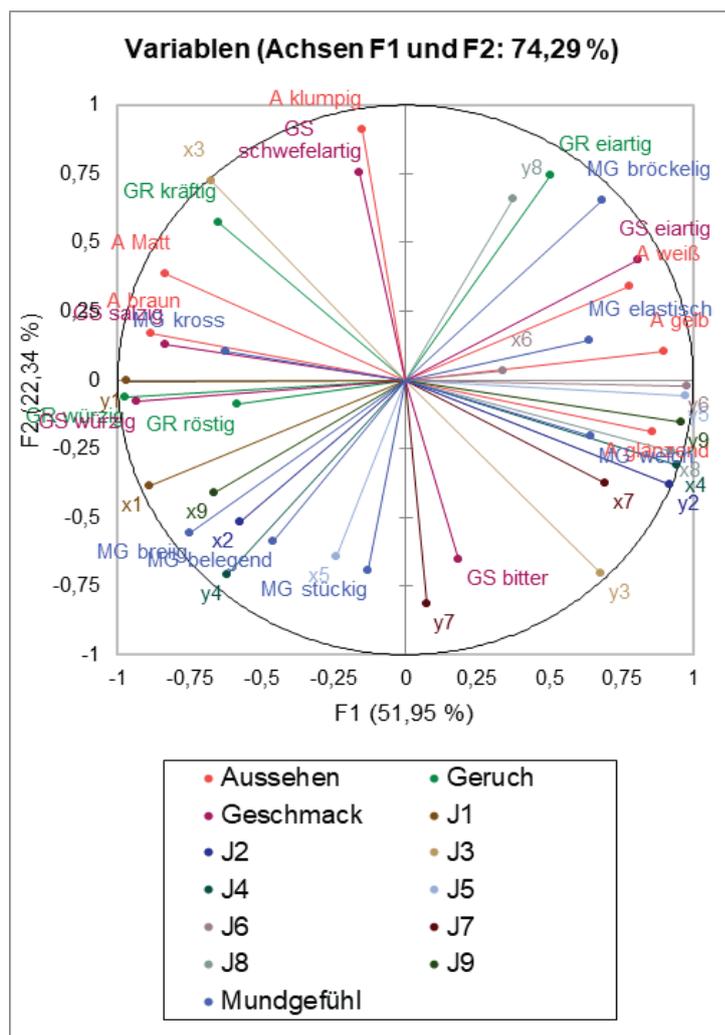


Abbildung 6: Korrelationskreis

Da man aus dem Korrelationskreis gut erkennt, dass besonders Attribute zum Mundgefühl stark zur Differenzierung beitragen, kann man in Abbildung 7 erkennen, welche Attribute zu welchen Produkten zugeordnet werden und wie diese vom Panel charakterisiert werden.

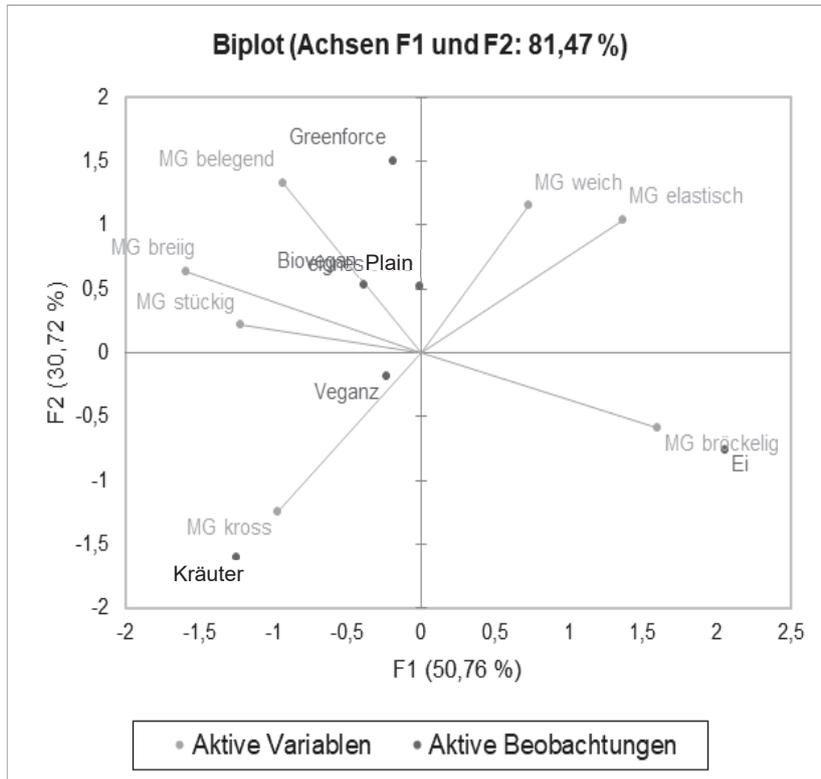


Abbildung 7: Biplot für das Attribut Mundgefühl

Aus dem Korrelationskreis und der Auswertung der JAR-Fragen und der Sensorik geht hervor, dass besonders Attribute zum Mundgefühl zur Differenzierung und Beliebtheit der Produkte beitragen.

Betrachtet man also nur die Dimension des Mundgefühls, erkennt man drei Cluster, die sich bilden. Das eine Cluster besteht aus den Produkten von Greenforce, BioVegan, der eigenen Rezeptur ohne Kräuterzugabe sowie dem Produkt von Veganz. Das Ei bildet wieder ein eigenes Cluster sowie auch die eigene Rezeptur mit Kräuterzugabe.

Das erste Cluster mit den 4 Produkten charakterisiert sich vor allem durch die Attribute breiig, belegend sowie stückig. Das Ei zeichnet sich vor allem durch ein bröckelige MG aus, da dieser Vektor sehr eng an dem Produktpunkt liegt. Aber auch die Attribute weich und elastisch würden sich eher zum Ei zuordnen lassen. Die eigene Rezeptur mit Kräuterzugabe ist vor allem kross im MG und wird dadurch hauptsächlich definiert.

Produktcharakteristika

Tabelle 13: Produktcharakteristika auf Grundlage des UFP des Nappings

Veganz	n=	Greenforce	n=	BioVegan	n=	Kräuter	n=	Plain	n=	Ei	n=
gelb A	6	gelb A	5	gelb A	2	klumpig A	8	gelb A	3	gelb A	9
klumpig A	1	glänzend A	7	klumpig A	8	matt A	5	klumpig A	6	klumpig A	9
glänzend A	5	braun A	3	matt A	5	braun A	7	matt A	7	glänzend A	8
weiß A	3	würzig GR	4	braun A	1	eiertig GR	3	braun A	9	weiß A	5
röstig GR	6	eiertig GS	1	eiertig GR	4	röstig GR	6	röstig GR	4	eiertig GR	9
würzig GR	2	salzig GS	8	röstig GR	6	würzig GR	7	würzig GR	7	kräftig GR	3
kräftig GR	1	würzig GS	4	würzig GR	4	kräftig GR	6	kräftig GR	6	schwefelig GS	2
eiertig GS	3	bitter GS	1	salzig GS	9	schwefelig GS	2	schwefelig GS	1	eiertig GS	9
salzig GS	7	weich MG	9	würzig GS	2	salzig GS	9	salzig GS	9	salzig GS	7
würzig GS	4	breilig MG	9	weich MG	7	würzig GS	9	würzig GS	9	weich MG	7
weich MG	4	elastisch MG	6	breilig MG	9	weich MG	3	weich MG	4	elastisch MG	7
breilig MG	7	stuckig MG	4	elastisch MG	4	breilig MG	9	breilig MG	9	bröckelig MG	6
elastisch MG	4	belegend MG	7	stuckig MG	5	kross MG	4	elastisch MG	6		
stuckig MG	4			belegend MG	4	stuckig MG	4	belegend MG	6		
belegend MG	3				belegend MG		3				

In Tabelle 13 ist eine Übersicht über die Eigenschaften der untersuchten Proben. Diese Tabelle zeigt, welche Merkmale bei welcher Probe während des Ultra Flash Profilings beim Napping genannt wurden. Ein Attribut, das häufiger genannt wird, hat eine größere Bedeutung für die Eigenschaften der Probe. Es fällt auf, dass bei den Rührei-Ersätzen ähnliche Attribute genannt wurden. Dort wurden die Attribute gelb A und braun A, sowie glänzend A genannt. Hingegen ist bei dem Rührei eher das Aussehen als orange A, weiß A, gelb A und stückig beschrieben. Vor allem beim Geruch und Geschmack fällt der größte Unterschied zum Rührei auf. Dort wurde der Begriff eiartig ausschließlich noch bei den Produkten von Veganz und Greenforce genannt. Auch in der Textur weichen die veganen Ersatzprodukte von dem Original ab. Sie werden als weich und vor allem breiig in der Textur beschrieben. Das Ei wird zwar auch in der Textur als weich aber auch elastisch bezeichnet.

4.4.2 Gesamtbeliebtheit

Die Proben wurden mittels Napping und UFP ausgewertet, die Beliebtheit wurde abgefragt und JAR-Fragen gestellt.

Insgesamt nahmen 62 Probanden an den Verkostungen teil, wobei ihre Altersspanne zwischen 19 und 64 Jahren variierte. Dieses Panel setzte sich aus sowohl geschulten als auch ungeschulten Personen zusammen. Ein Großteil der Verkostungen fand als Home-Use-Test statt. Jeder Proband erhielt eine Erläuterung zum Verkostungsvorgang und hatte die Möglichkeit, Rückfragen zu stellen.

Die Bewertung der Beliebtheit erfolgte anhand einer 9-Punkte-Skala, wobei das echte Rührei die höchste durchschnittliche Bewertung von $8,03 \pm 0,92$ erhielt und gleichzeitig die geringste Standardabweichung aufwies. Im Gegensatz dazu erhielt das selbstgemachte Rührei ohne Zugabe von Kräutern eine Bewertung von $3,06 \pm 1,40$ und wies ebenfalls eine geringere Standardabweichung als die anderen Ersatzprodukte auf. Unter den Ersatzprodukten erzielten zwei Rühreiersatzprodukte im Durchschnitt eine ähnliche Bewertung. Das Produkt von Veganz erhielt eine Bewertung von $4,98 \pm 1,62$ Punkten, während die eigene Rezeptur mit Kräuterzugabe eine Bewertung von $4,98 \pm 1,83$ Punkten erhielt, jedoch eine höhere Standardabweichung aufwies. Die Produkte von BioVegan ($5,11 \pm 1,56$) und Greenforce ($4,45 \pm 1,58$) wiesen eine ähnliche Standardabweichung auf. Dafür war der Ersatz von BioVegan das beliebteste Produkt.

Tabelle 14: Mittelwerte der Gesamtbeliebtheit der untersuchten Proben

Probe	Ei	BioVegan	Greenforce	Veganz	eigene Rezeptur mit Kräutern	eigene Rezeptur ohne Kräuter
Gesamtbeliebtheit	8,03	5,11	4,45	4,98	4,98	3,06
Standardabweichung	0,92	1,56	1,58	1,62	1,83	1,40

Der LSD-Wert beträgt 0,539 und somit gehören die Produkte wie in Tabellen 15 zu sehen, zu folgenden Gruppen: Das Ei zählt als einzelne Gruppe. Das eigene Produkt mit Kräuterzugabe, sowie die Produkte der Marken BioVegan und Veganz bilden eine Gruppierung. Sowie auch Greenforce mit dem eigenen Produkt mit Kräuterzugabe und dem von Veganz eine Gruppierung bildet. Das eigene Produkt ohne Kräuterzugabe bildet eine eigene Gruppe.

Tabelle 15: Zusammenfassung der paarweisen Vergleiche für Kräuter (Fischer (LSD))

Kategorie	Mittelwert	Gruppen			
Ei	8,03 ± 0,92	A			
BioVegan	5,11 ± 1,56		B		
Veganz	4,98 ± 1,62		B	C	
Kräuter	4,98 ± 1,83		B	C	
Greenforce	4,45 ± 1,58			C	
Plain	3,06 ± 1,40				D

4.4.3 Auswertung JAR-Fragen und ihre Zusammenhänge zu der Gesamtbefindlichkeit

Mit Hilfe der Penalty-Analyse lassen sich JAR-Fragen auswerten. Diese beinhalten unterschiedlichen Attributen von Aussehen, Geruch, Geschmack und MG, welche die Befragten nach ihren unterschiedlichen Intensitäten/Ausprägungen bewerten mussten. Diese Ausprägungen gingen über 5 Stufen. Stufe 1 steht für „viel zu wenig“, Stufe 2 „zu wenig“, Stufe 3 „genau richtig“, Stufe 4 „zu viel“, Stufe 5 „viel zu viel“. Durch die verschiedenen Ausprägungen können auch Zusammenhänge zwischen den Beurteilungen gezogen werden.

Ei

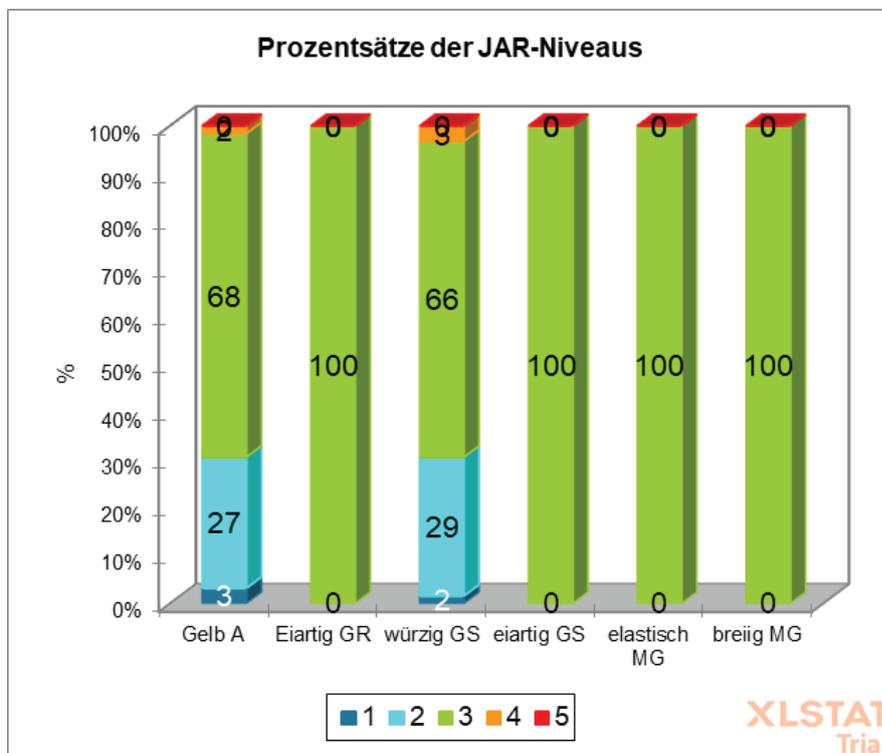


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala von Rührei

Anhand der Abbildung 8 wird deutlich, dass das Rührei in Bezug auf den eiartigen Geruch, Geschmack sowie das elastische und breiige Mundgefühl als genau richtig bewertet wurde. Die Farbe wurde von den Teilnehmern zu 68 % als genau richtig gelb wahrgenommen, jedoch auch als zu wenig gelb (27%). Lediglich 3% der Befragten empfanden die Farbe als viel zu wenig gelb und 2 % als zu viel gelb. Hinsichtlich der Würzigkeit empfand die Mehrheit der Teilnehmer sie als genau richtig, wobei einige sie als zu viel (3%) oder zu wenig (29 %)

empfanden. Lediglich 2% gaben an, dass die Würzigkeit viel zu wenig sei. Betrachtet man die dazugehörigen Penalitäten (Tab. 16) und ihrem Effekt am Mittelwert, ist zu erkennen, dass die gelbe Farbe und der würzige Geschmack sich auf die Beliebtheit des Produktes auswirken.

Tabelle 16: Tabelle der Penalitäten "Ei"

Variable	Niveau	Häufigkeiten	%	Summe(Gesamtbeliebtheit)	Mittelwert(Gesamtbeliebtheit)	Effekt am Mittelwert	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant	Penalitäten	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant
Gelb A	viel zu wenig	19	30,65%	132,000	6,947	1,576	9,937	<0,0001	Ja	1,524	9,601	<0,0001	Ja
	gerade	42	67,74%	358,000	8,524								
	viel zu viel	1	1,61%	8,000	8,000								
Eiartig GR	viel zu wenig	0	0,00%	498,000	8,032								
	gerade	62	100,00%										
	viel zu viel	0	0,00%										
würzig GS	viel zu wenig	19	30,65%	132,000	6,947	1,589	9,968	<0,0001	Ja	1,489	9,346	<0,0001	Ja
	gerade	41	66,13%	350,000	8,537								
	viel zu viel	2	3,23%	16,000	8,000								
eiartig GS	viel zu wenig	0	0,00%	498,000	8,032								
	gerade	62	100,00%										
	viel zu viel	0	0,00%										
elastisch MC	viel zu wenig	0	0,00%	498,000	8,032								
	gerade	62	100,00%										
	viel zu viel	0	0,00%										
breiig MG	viel zu wenig	0	0,00%	498,000	8,032								
	gerade	62	100,00%										
	viel zu viel	0	0,00%										

Rührei-Ersatzprodukte

Bei den Ersatzprodukten sieht man starke Unterschiede in den Bewertungen.

Eigene Rezeptur mit Kräuterzugabe

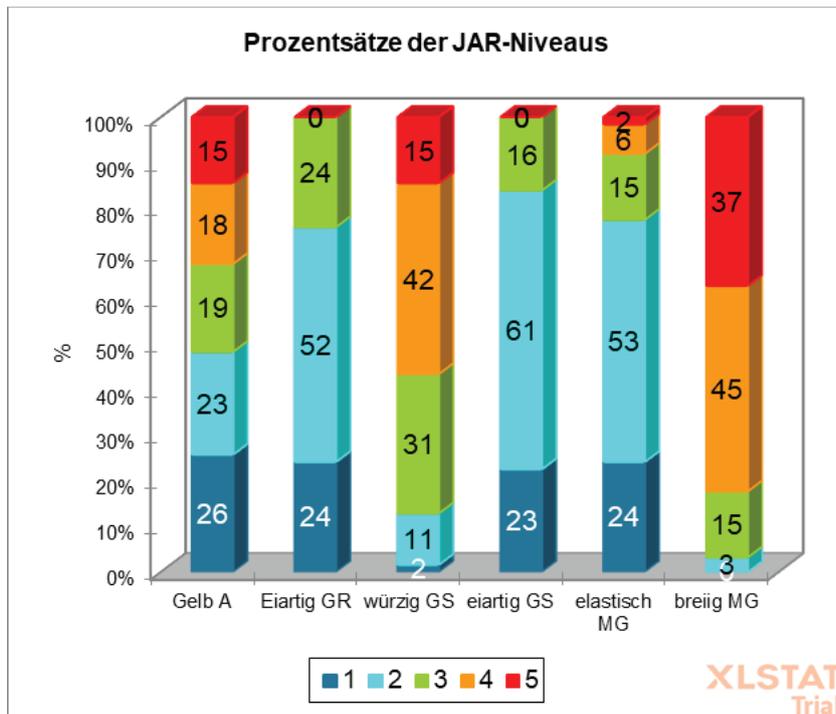


Abbildung 9: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Kräuter

Das eigene Rührei-Ersatzprodukt mit Kräuterzugabe, erfreute sich gleich großer Beliebtheit wie das auf dem Markt stehende Produkt von Veganz.

Bei der Farbe Gelb gibt es große Unstimmigkeiten bei der Bewertung. Dort sind auch alle Intensitätsausprägungen relativ ähnlich oft genannt worden. Jedoch sagen jeweils über 20% das Ihnen die Farbe zu wenig bis hin zu viel zu wenig Gelb ist. Auch der eiartige Geruch wird als viel zu wenig (24%) und zu wenig (52%) beschrieben. Nur 24% fanden ihn genau richtig. Bei diesem Produkt wurde die Würzigkeit mit 31% als genau richtig beschrieben. 42% gaben an, dass es ihnen die Würzigkeit zu viel war. Der eiartige Geschmack ist zu wenig (61 %), ähnlich wie die Elastizität im MG. Dort gab der Großteil an, dass es ihnen zu wenig elastisch war und dafür das Produkt viel zu viel breiig (37%) von der Textur ist.

Für die Berechnung der Penalties wird die fünfteilige JAR-Skala zunächst zu einer dreiteiligen Skala modifiziert. Die Kategorien „zu viel“ und „viel zu viel“ sowie „zu wenig“ und „viel zu wenig“ werden jeweils zusammengefasst. Daraus resultieren die beiden Kategorien „zu viel“ und „zu wenig“. In der Abbildung 10 können die relativen Häufigkeiten aller Produkteigenschaften der Rezeptur „Kräuter“ als modifizierte 3-Punkte-Skala betrachtet werden.

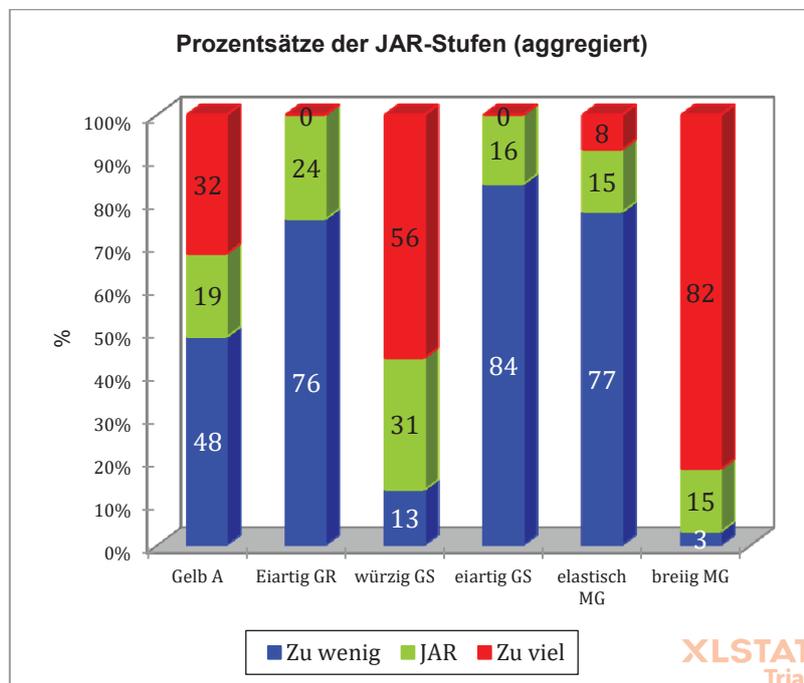


Abbildung 10: aggregierte Prozentsätze der JAR-Stufen, Kräuter

Die Akzeptanzmittelwerte derjenigen Konsumenten, welche das Produkt als „genau richtig“ eingestuft haben, werden dann mit den Akzeptanzmittelwerten der Konsumenten verglichen, welche das Produkt abweichend eingestuft haben. Anschließend werden Mittelwert-Abfälle (sogenannte mean drops) berechnet. Dabei wird jeweils die Differenz zwischen dem Mittelwert der JAR-Kategorie „genau richtig“ und der beiden nicht-JAR-Kategorien ermittelt. Die Abbildung 11 zeigt, dass innerhalb der Produkteigenschaft „gelb A“ Abweichungen vom Optimum „genau richtig“ bestehen. Insgesamt bewerten 48 % der Konsumenten die Rezeptur als „zu wenig“ sowie 32 % als „zu viel“. Ersteres bewirkt einen Effekt am Mittelwert von 1,07 und zweiteres von 0,52. Der eiartige Geruch wurde zu 24 % als optimal bewertet, die anderen 76 % als „zu wenig“. Der Effekt am Mittelwert macht dabei 1,34 aus. Innerhalb der Produkteigenschaft der Würzigkeit GS haben 31 % der Konsumenten den Parameter als „genau richtig“ eingestuft. Die Abweichung von 56 % „zu viel“ löst einen Mittelwert-Abfall von 0,52 aus. Dagegen haben 13 % die Würze als „zu wenig“ eingestuft, welches einen Mittelwert-Abfall von -0,11 bewirkt. Der eiartige Geschmack wurde zu 16 % als optimal bewertet, die anderen 84 % als „zu wenig“. Der Effekt am Mittelwert macht dabei 2,52 aus. Bei dem elastischen MG bewerteten 77 % die Rezeptur als „zu wenig“ was einen Mittelwert-Abfall von 2,15 bewirkt. Nur 8 % bewerten es als „zu viel“ elastisch wodurch ein Abfall des Mittelwerts um 1,58 resultiert. Es bewerten 82 % das Produkt als „zu viel“ breiig und 3 % als „zu wenig“. Ersteres bewirkt einen Effekt am Mittelwert von 1,33 und zweiteres von 1,11.

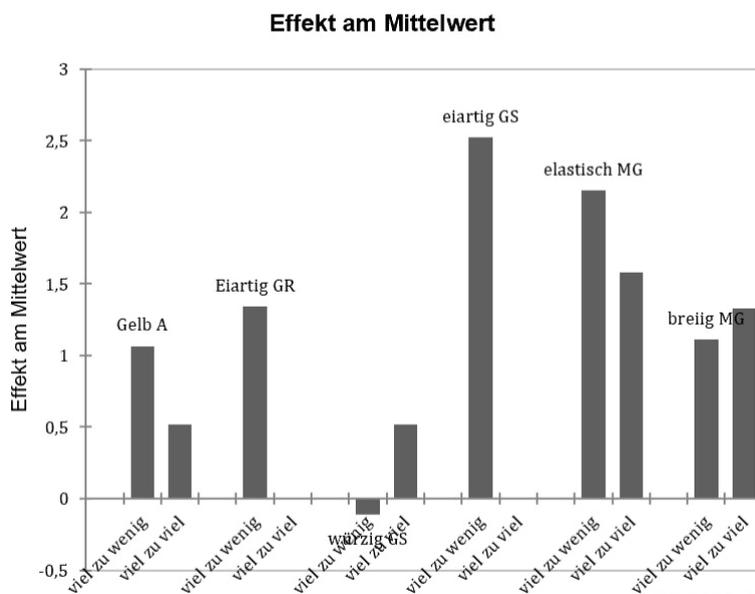


Abbildung 11: Mittelwert-Abfälle, Kräuter

Ein multipler Vergleichstest berechnet einen p-Wert, der eine Aussage bezüglich der Signifikanz der Unterschiede zwischen den Gruppen zulässt. Wenn es sich um einen signifikanten Unterschied handelt, ist es ein Hinweis darauf, dass die subjektive Intensitätseinschätzung auf der JAR-Skala die Ergebnisse der Gesamtbeliebtheit auf der 9 Punkte Skala beeinflusst. Je höher die Penalität, umso mehr Einfluss hat die betrachtete Eigenschaft auf die Akzeptanz. Mithilfe der Tabelle 17 kann nachvollzogen werden, dass vier der sechs untersuchten Produkteigenschaften einen Einfluss auf die Gesamtbeliebtheit hat.

Tabelle 17: Tabelle der Penalitäten "Kräuter"

Variable	Niveau	Häufigkeiten	%	Summe(Gesamtbeliebtheit)	Mittelwert(Gesamtbeliebtheit)	Effekt am Mittelwert	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant	Penalitäten	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant
Gelb A	zu wenig	30	48,39%	138.000	4.600	1,067	1,712	0,209	Nein				
	gerade	12	19,35%	68.000	5.667					0,847	1,442	0,154	Nein
	zu viel	20	32,26%	103.000	5.150	0,517	0,775	0,719	Nein				
Eiartig GR	zu wenig	47	75,81%	219.000	4.660	1,340	2,563	0,013	Ja				
	gerade	15	24,19%	90.000	6.000								
	zu viel	0	0,00%										
würzig GS	zu wenig	8	12,90%	43.000	5.375	-0,112							
	gerade	19	30,65%	100.000	5.263					0,403	0,791	0,432	Nein
	zu viel	35	56,45%	166.000	4.743	0,520	1,003	0,321	Nein				
eiartig GS	zu wenig	52	83,87%	238.000	4.577	2,523	4,567	<0,0001	Ja				
	gerade	10	16,13%	71.000	7.100								
	zu viel	0	0,00%										
elastisch MC	zu wenig	48	77,42%	222.000	4.625	2,153	3,424	0,001	Ja				
	gerade	9	14,52%	61.000	6.778					2,099	3,427	0,001	Ja
	zu viel	5	8,06%	26.000	5.200	1,578							
breiig MG	zu wenig	2	3,23%	10.000	5.000	1,111							
	gerade	9	14,52%	55.000	6.111					1,319	2,036	0,046	Ja
	zu viel	51	82,26%	244.000	4.784	1,327	2,020	0,048	Ja				

Eigene Rezeptur ohne Kräuterzugabe (Plain)

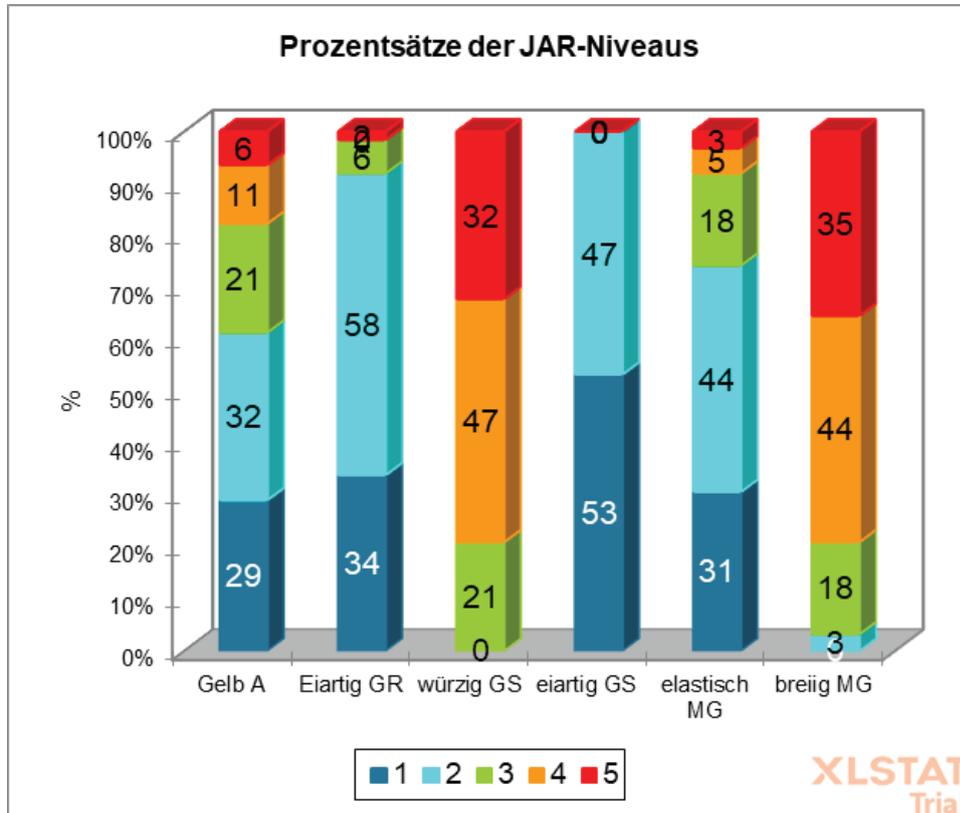


Abbildung 12: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Plain

Dieses Rührei wurde im Durchschnitt am schlechtesten benotet, was sich auch in den wenigsten “genau richtig” Antworten widerspiegelt. Die Farbe wird als viel zu wenig gelb und auch der Geruch und Geschmack wird als zu wenig eiartig empfunden. Das Produkt hat eine deutlich zu geringe Elastizität und ist viel zu viel breiig (35%). Die Würzigkeit wird unterschiedlich empfunden. Es sagen 21 % der Prüfer, sie sei genau richtig, 47 % empfinden sie als zu viel und 32 % als viel zu viel würzig.

Dur die Tabelle 18 kann bewiesen werden, dass trotz negativer Bewertung die Produkteigenschaften keinen Einfluss auf die Gesamtbefehlichkeit haben.

Tabelle 18: Tabelle der Penalitäten "Plain"

Variable	Niveau	Häufigkeiten	%	Summe(Gesamtbeliebtheit)	Mittelwert(Gesamtbeliebtheit)	Effekt am Mittelwert	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant	Penalitäten	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant
Gelb A	viel zu wenig	38	61,29%	119,000	3,132	-0,132	-0,281	0,780	Nein	-0,082	-0,184	0,855	Nein
	gerade	13	20,97%	39,000	3,000								
	viel zu viel	11	17,74%	32,000	2,909	0,091							
Eiartig GR	viel zu wenig	57	91,94%	173,000	3,035	0,215	0,291	0,772	Nein	0,198	0,269	0,789	Nein
	gerade	4	6,45%	13,000	3,250								
	viel zu viel	1	1,61%	4,000	4,000	-0,750							
würzig GS	viel zu wenig	0	0,00%										
	gerade	13	20,97%	35,000	2,692								
	viel zu viel	49	79,03%	155,000	3,163	-0,471	-1,070	0,289	Nein				
eiartig GS	viel zu wenig	62	100,00%	190,000	3,065								
	gerade	0	0,00%										
	viel zu viel	0	0,00%										
elastisch MC	viel zu wenig	46	74,19%	137,000	2,978	0,385	0,792	0,432	Nein	0,364	0,772	0,443	Nein
	gerade	11	17,74%	37,000	3,364								
	viel zu viel	5	8,06%	16,000	3,200	0,164							
breiig MG	viel zu wenig	2	3,23%	10,000	5,000	-2,636				-0,852	-1,850	0,069	Nein
	gerade	11	17,74%	26,000	2,364								
	viel zu viel	49	79,03%	154,000	3,143	-0,779	-1,774	0,081	Nein				

Veganz

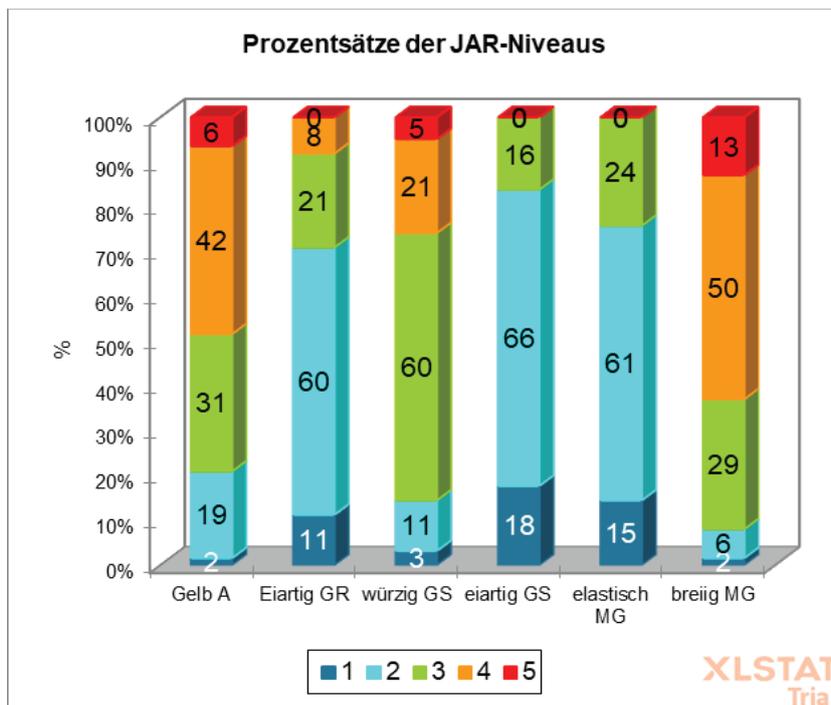


Abbildung 13: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Veganz

Das Produkt von Veganz wurde von den Probanden als genau richtig gelb (31%) bis zu viel gelb (42%) wahrgenommen. Es zeichnet sich durch einen zu wenig eiartigen Geruch (60%) aus, jedoch mit einem insgesamt genau richtigen würzigen Geschmack (60%). Hinsichtlich des eiartigen Geschmacks wurde festgestellt, dass er zu wenig (66%) bis viel zu wenig (18%) wahrgenommen wurde. Ausschließlich 16 % nehmen den eiartigen Geruch als genau richtig war.

Die Konsistenz wurde von 24% der Testpersonen als genau richtig elastisch empfunden, während 61% sie als zu wenig und 15% als viel zu wenig beschrieben. Allerdings gab ein Großteil an, dass das Produkt zu viel bis viel zu viel breiig ist.

Schaut man sich Tabelle 19 an sieht man, dass drei von den sechs abgefragten Produkteigenschaften einen Einfluss auf die Gesamtbeliebtheit nehmen (eiartig GS, elastisch MG, breiig, MG).

Tabelle 19: Tabelle der Penalitäten "Veganz"

Variable	Niveau	Häufigkeiten	%	Summe(Gesamtbeliebtheit)	Mittelwert(Gesamtbeliebtheit)	Effekt am Mittelwert	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant	Penalitäten	Standardisierte Differenz	p-Wert	Signifikant
Gelb A	viel zu wenig	13	20,97%	60,000	4,615	0,806	1,371	0,362	Nein	0,630	1,411	0,163	Nein
	gerade	19	30,65%	103,000	5,421								
	viel zu viel	30	48,39%	146,000	4,867								
Eiartig GR	viel zu wenig	44	70,97%	215,000	4,886	0,575	1,127	0,264	Nein	0,604	1,189	0,239	Nein
	gerade	13	20,97%	71,000	5,462								
	viel zu viel	5	8,06%	23,000	4,600								
würzig GS	viel zu wenig	9	14,52%	44,000	4,889	0,269	0,536	0,594	Nein	0,241	0,566	0,573	Nein
	gerade	37	59,68%	188,000	5,081								
	viel zu viel	16	25,81%	77,000	4,813								
eiartig GS	viel zu wenig	52	83,87%	237,000	4,558	2,642	5,800	<0,0001	Ja				
	gerade	10	16,13%	72,000	7,200								
	viel zu viel	0	0,00%										
elastisch MC	viel zu wenig	47	75,81%	211,000	4,489	2,044	4,968	<0,0001	Ja				
	gerade	15	24,19%	98,000	6,533								
	viel zu viel	0	0,00%										
breiig MG	viel zu wenig	5	8,06%	24,000	4,800	1,311		0,000	Ja	1,588	3,846	0,000	Ja
	gerade	18	29,03%	110,000	6,111								
	viel zu viel	39	62,90%	175,000	4,487								

Greenforce

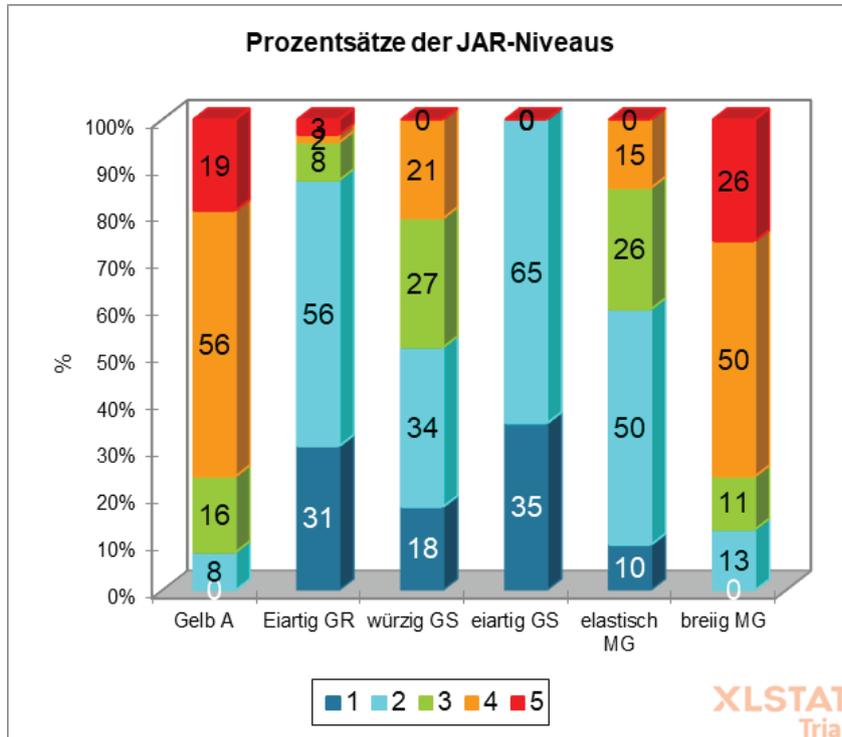


Abbildung 14: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Greenforce

Das Rührei von Greenforce hat mit dem eigenen Rührei ohne Kräuterzugabe die wenigsten JAR-Fragen mit genau richtig bewertet bekommen. Das spiegelt sich auch bei der Gesamtbeliebtheit wider. Denn die beiden waren auch die, mit der geringsten Punktzahl in der Gesamtbeliebtheit. Auch findet man dort die meisten Bewertungen mit "viel zu viel", welche in den Abbildungen mit der Farbe Rot signalisiert werden. Die Farbe des Produkts wurde von 56% der Teilnehmer als zu viel gelb und von 16% als genau richtig wahrgenommen. Ein geringerer Anteil des Panels war der Meinung, dass die Farbe viel zu wenig gelb ist (8%). Bezüglich des Geruchs und Geschmacks, die dem echten Ei ähneln, wurde das Produkt tendenziell als zu wenig oder sogar viel zu wenig bewertet. Dennoch gaben auch jeweils 2% an, dass "zu viel" bis hin zu "viel zu viel" eiartig im Geruch sei. Wie bei den anderen Produkten war die Wahrnehmung der Würzigkeit sehr unterschiedlich. Der Großteil (34%) empfand es als zu wenig würzig, 18% als viel zu wenig würzig, 27% als genau richtig und 21% als zu viel würzig. In Bezug auf die Elastizität wurde festgestellt, dass es von 50% als zu wenig und von 26% als genau richtig empfunden wurde. Allerdings wurde auch festgestellt, dass das Rührei viel zu viel breiig (26%) oder zu viel breiig (50%) war.

BioVegan

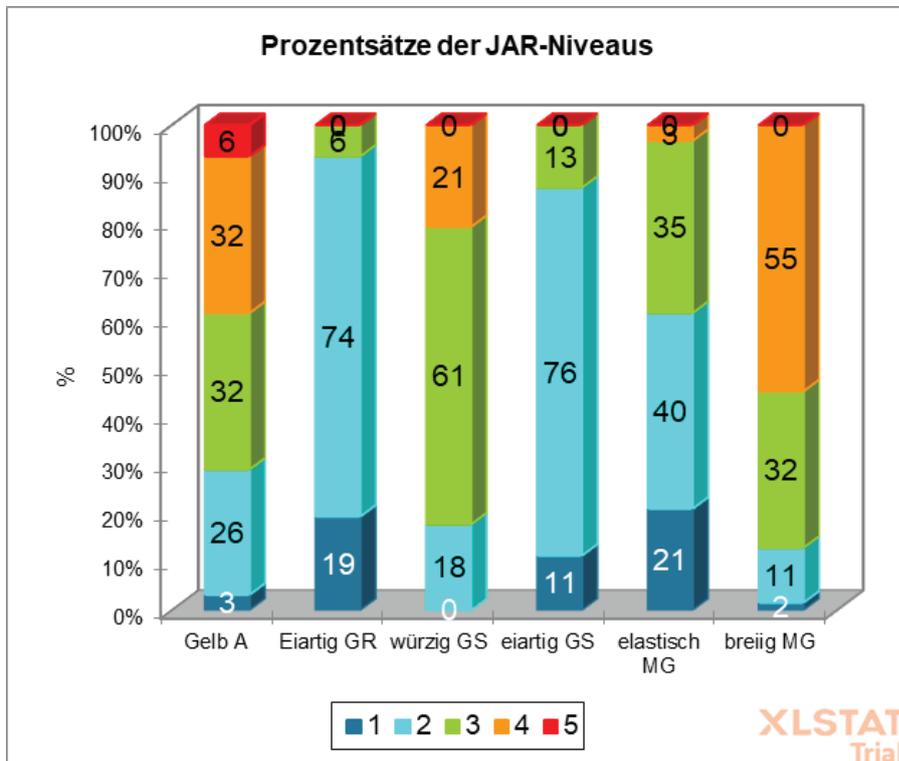


Abbildung 15: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, BioVegan

Die sensorische Bewertung der verschiedenen Ersatzprodukte zeigte, dass der BioVegan-Ersatz die höchste Beliebtheitsbewertung erhielt. Die Ergebnisse der JAR-Fragen deuten darauf hin, dass die gelbe Farbe des BioVegan-Ersatzprodukts genau richtig beurteilt wurde (32 %) bis zu wenig gelb (32%). Hinsichtlich des eiartigen Geruchs wurde festgestellt, dass dieser von 74% der Teilnehmer als zu wenig und von 19% als viel zu wenig wahrgenommen wurde. Ähnliche Meinungen wurden auch bezüglich des eiartigen Geschmacks geäußert, wobei 13% angaben, dass er genau richtig sei, während 76% ihn als zu wenig und 11% als viel zu wenig empfanden.

Die Würzigkeit des Produktes wurde von 61 % als genau richtig, von 18 % als zu wenig und von 21 % als zu viel eingestuft. In Bezug auf das Mundgefühl wurde festgestellt, dass das Produkt möglicherweise elastischer sein könnte und weniger breiig, da 55% der Probanden angaben, dass die Textur als zu viel breiig empfunden wurde.

4.4.3 physikalische Bewertung

4.4.3.1 Farbmessung

In Tabelle 20 sind die unterschiedlichen Mittelwerte und Standardabweichungen der Farbwerte der Proben aufgeführt. Der L*-Wert repräsentiert die Helligkeit. Da das Ei den höchsten L*-Wert mit 65,31 aufweist, ist dieses Produkt am hellsten (weißesten). Im Gegensatz dazu weisen die eigenen Produkte niedrigere Werte auf und sind daher deutlich dunkler.

Tabelle 20: L*a*b* Werte von Rührei und Rührei-Ersatzprodukten

Produkt	Wiederholungen = 3		
	L*	a*	b*
Ei	65,31 ± 2,57	8,80 ± 0,74	35,85 ± 2,13
BioVegan	52,27 ± 3,82	5,64 ± 1,82	30,07 ± 0,26
Greenforce	56,82 ± 2,32	3,80 ± 0,75	41,06 ± 1,27
Veganz	51,69 ± 2,32	4,91 ± 1,26	32,99 ± 0,96
Kräuter	40,61 ± 0,01	4,06 ± 0,07	31,93 ± 0,16
Plain	45,49 ± 1,33	4,49 ± 0,45	34,96 ± 1,19

Der Gelbanteil spielt bei der Farbe eines typischen Rühreis eine entscheidende Rolle. Dieser variiert bei allen Produkten zwischen 30 und maximal 42. Bei echten Eiern ist die Ernährung der Hühner ein wesentlicher Einflussfaktor, da sie die Dotterfarbe und somit den gelblichen Ton des Rühreis bestimmt. In den gemessenen Proben wurde ein b*-Wert von 35,85 ermittelt, was den zweithöchsten Gelbanteil der Proben darstellt. Einzig das Produkt von Greenforce wies einen höheren Gelbanteil auf. Die a*-Werte sind alle sehr niedrig, aber positiv, was bedeutet, dass alle Eier einen geringen Rotanteil aufweisen.

4.4.3.2 Texturmessung

Mittels Texturealyzer wurden die Proben untersucht. Durch die Werte von Kraft und Steigung der einzelnen Proben und ihren Messungen konnte ein Streudiagramm erstellt werden, welches in Abbildung 16 zu erkennen ist. Die Steigung gibt an, wie elastisch die Probe ist. Eine

elastische Probe zeigt eine geringe Steigung. Die Kraft stellt die Bissfestigkeit der Probe dar. Je höher die Kraft ist, desto mehr Härter ist das Produkt und desto bissfester ist es.

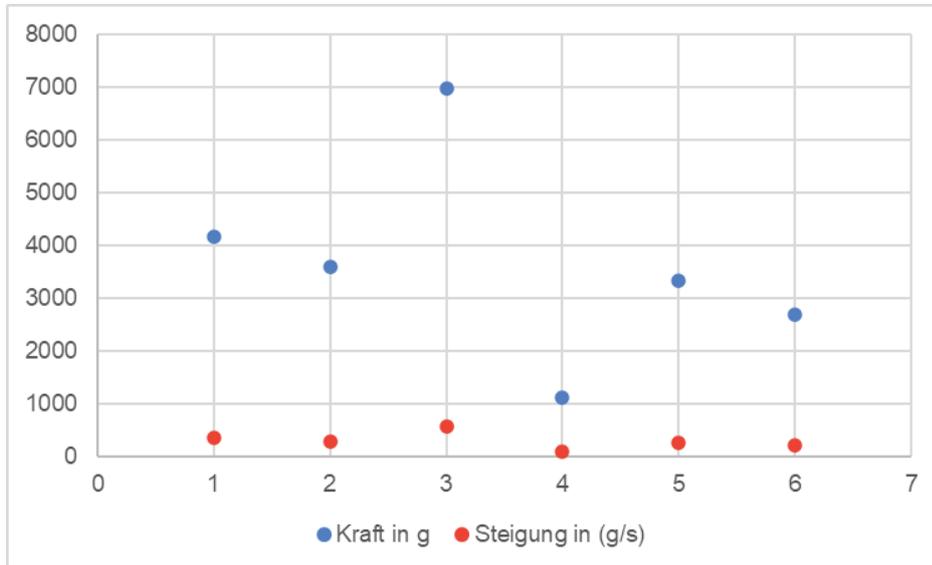


Abbildung 16: Steigung und Kraft der Texturanalyse der verschiedenen Proben; 1 = Ei, 2 = BioVegan, 3 = Greenforce, 4 = Veganz, 5 = Kräuter, 6 = Plain

In dem Diagramm sind ausschließlich die Mittelwerte dargestellt, die mittels Texturanalyse ermittelt wurden.

Schaut man sich zunächst die Bissfestigkeit der Proben an, die im Verhältnis zu der Kraft stehen, kann man sehen, dass das Produkt von Greenforce die höchste Bissfestigkeit aufweist. Das Ei hat die zweitgrößte Bissfestigkeit. Die Werte, die am meisten dem des Eies ähneln, sind die von dem Produkt von BioVegan, sowie das eigene Produkt mit Kräuterzugabe. Das Produkt von Veganz und das Produkt Plain weisen die geringste Bissfestigkeit auf. Die Steigung gibt die Elastizität der Produkte an. Eine geringe Steigung bedeutet eine hohe Elastizität. Somit kann man sagen, dass vor allem das Produkt von Veganz sehr elastisch ist. Das Ei liegt im Mittelfeld.

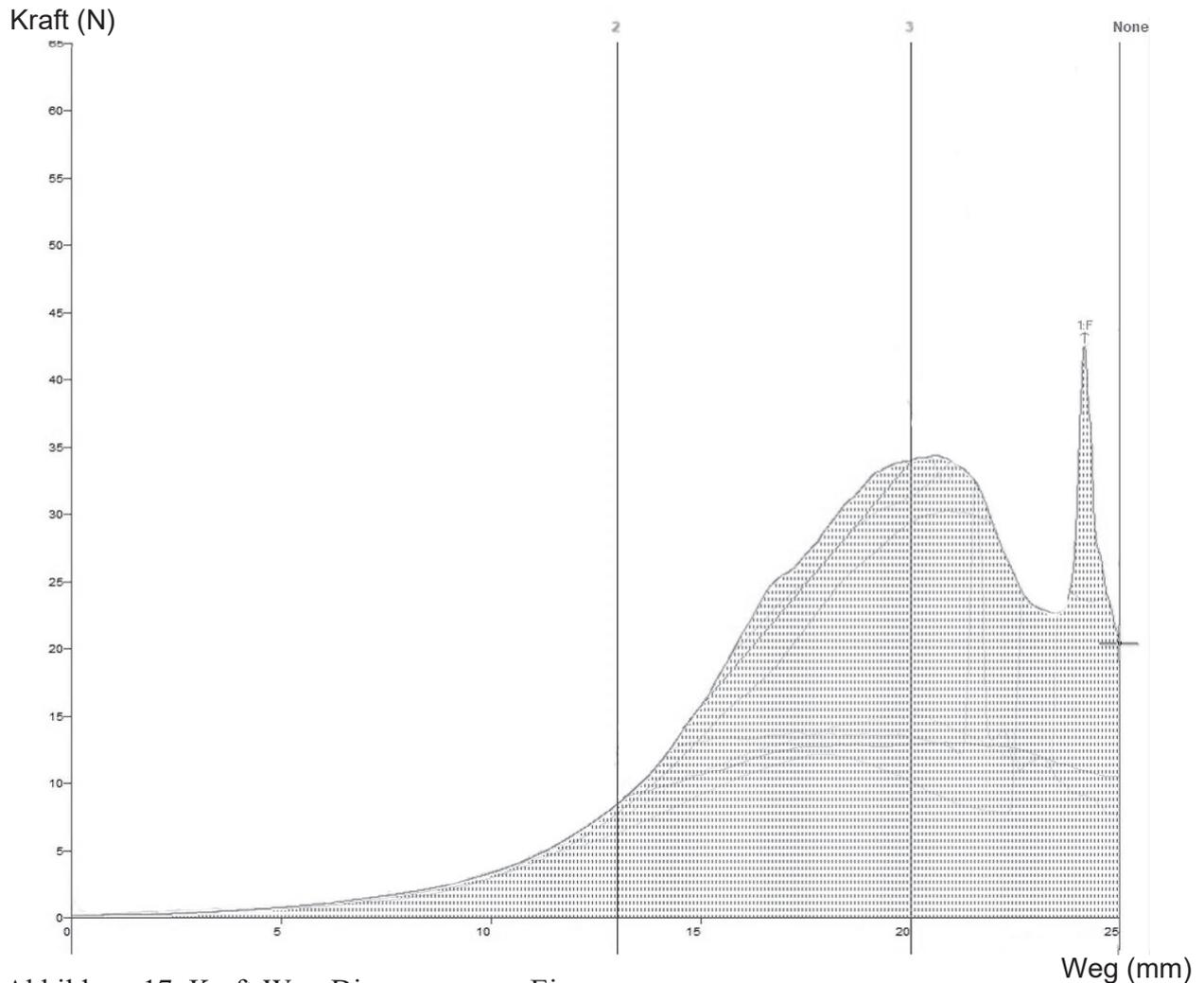


Abbildung 17: Kraft-Weg-Diagramm vom Ei

In Abbildung 17 ist das Kraft-Weg-Diagramm, ermittelt durch den Texture Analyser vom Ei zu erkennen.

Schaut man sich diese Kurve von einer Messung beim Ei an, ist gut zu erkennen, dass es bis zu 10 sec nachgibt und somit zunächst sehr elastisch scheint. Danach erfolgt ein immer stärker werdender Widerstand und somit eine stark wachsende Steigung. Daraus kann man schließen, dass die Probe weniger elastisch ist. Der höchste Punkt gibt die Bissfestigkeit des Produktes an. Danach sinkt die Kurve und steigt nochmal an, bis auf ein Maximum. Die Kurve endet nicht bis zu einem Kraftende und somit dringt der Prüfkörper nicht ganz durch Produkt.

Im Anhang 3 bis 14 sind alle weiteren Kraft-Weg-Diagramme abgebildet. Schaut man sich an, welche Kraft-Weg-Diagramme eine ähnliche Kurve aufweisen, sieht man, dass vor allem die

eigenen Produkte, sowie das Produkt von Greenforce und BioVegan einen ähnlichen Verlauf annehmen.

Alle Diagramme sind in den Anlagen zu finden.

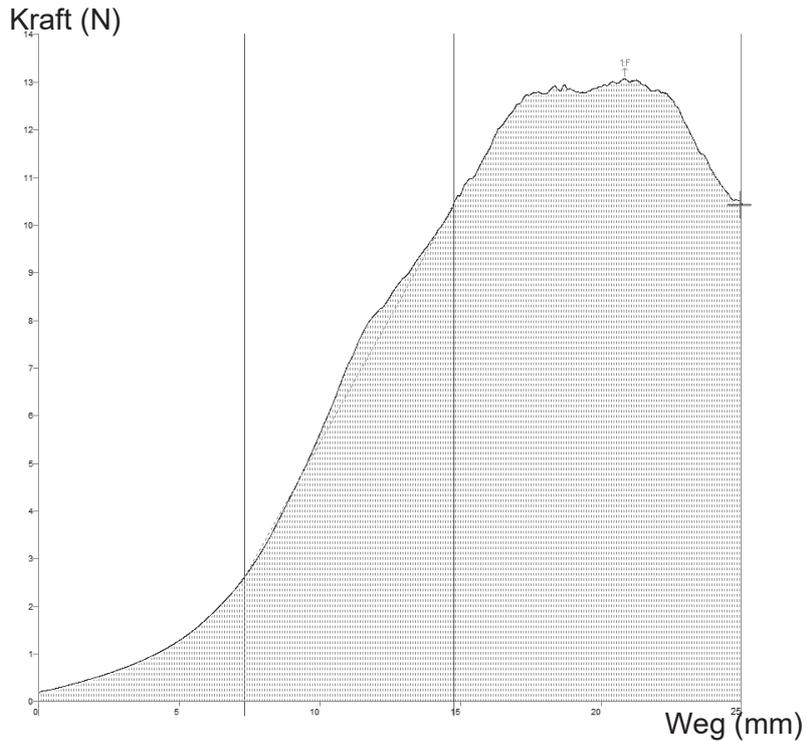


Abbildung 18: Kraft-Weg-Diagramm Veganz

Im Vergleich ist in Abbildung 18 der Verlauf von dem Produkt Veganz zu sehen. Dort sieht man eine geringe Steigung bis 5 sec, die dann steiler wird. Der Verlauf bildet ein Plateau, welcher langsam abflacht.

4.5 Kennzeichnungen Produkt „Kräuter“

4.5.1 Nährwertkalkulation

Die folgenden Kennzeichnungen und Deklarationen beziehen sich auf das Produkt Kräuter. Die Berechnung der in Tab. 21 gezeigten Nährwerte dem Datenträger zu entnehmen.

Tabelle 21: Nährwerte von 100 g zubereiteten Rührei-Ersatz „Kräuter“

Nährwerte von 100 g zubereiteten veganen Rührei-Ersatz „Kräuter“	
Brennwert:	496 kJ 115 kcal
Fett:	1,8 g
davon gesättigte Fettsäuren:	0,3 g
Kohlenhydrate:	16,3 g
davon Zucker:	1,7 g
Ballaststoffe:	3,8 g
Protein:	7,1 g
Salz:	1,1 g

Um die Nährwerte besser einordnen zu können, werden in der Tab 22 nochmal die Nährwerte der handelsüblichen Produkte gezeigt sowie das eigene daneben.

Tabelle 22: Nährwerte handelsübliche Produkte und „Kräuter“

	Bio Vegan	Greenforce	Veganz	ReweBio	Kräuter
Brennwert:	387 kJ 91 kcal	213 kJ 51 kcal	338 kJ 81 kcal	387 kJ 91 kcal	496 kJ 115 kcal
Fett:	1,5 g	<0,5 g	1,9 g	1,5 g	1,8 g
davon gesättigte Fettsäuren:	0,3 g	<0,5 g	0,2 g	0,3 g	0,3 g
Kohlenhydrate:	13 g	6,6 g	12 g	13 g	16,3 g
davon Zucker:	0,9 g	1 g	1,2 g	0,9 g	1,7 g
Ballaststoffe:	Keine Angabe	3,3 g	Keine Angabe	Keine Angabe	3,8 g
Protein:	5,4 g	3,1 g	2,7 g	5,4 g	7,1 g
Salz:	1 g	0,94 g	0,99 g	1 g	1,1 g

Im Vergleich sieht man, dass BioVegan und ReweBio die gleichen Nährwerte aufweisen. Das eigene Rührei-Ersatzprodukt mit Kräutern weist den höchsten Proteingehalt auf, gefolgt von den Produkten der Marke BioVegan und ReweBio. Das Produkt von Veganz weist den geringen Proteingehalt auf. Das eigene Produkt „Kräuter“ hat den höchsten Brennwert, der mehr als doppelt so hoch ist wie der von dem Produkt von Greenforce. Bei den Fettgehalten liegen alle Produkte bis auf das von Greenforce in einen ähnlichen Bereich von $1,7 \text{ g} \pm 0,2 \text{ g}$. Auch der Kohlenhydratanteil ist bei dem eigens entwickelten Produkt am höchsten, sowie auch der davon enthaltene Zucker. Der Salzgehalt weist bei allen Produkten einen ähnlichen Gehalt auf ($1 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$).

4.5.2 Produktspezifikation

<p>VeganEgg GmbH Rühreistraße Str. 11 12345 Rührig</p>		
<p>PRODUKTSPEZIFIKATION</p>		
Artikel-Nr.:	12345	
Artikel – Bezeichnung:	VeganEgg GmbH veganer Rührei-Ersatz	
Bezeichnung des Lebensmittels:	Pulver zur Zubereitung eines Erzeugnisses zum Braten auf Hafermehlbasis mit Sonnenblumenprotein	
Sensorische Beschreibung:	<p>Aussehen: gelb Geruch: Würzig, röstig Geschmack: Würzig, salzig Textur: weich, stückig</p>	
Zutaten:	<p>Hafermehl (62,3 %), Sonnenblumenprotein (20,8 %), KalaNamak (Schwarzsatz), Kurkuma, Zwiebelgranuat, Inulin, Karottenpulver, gefriergetrockneter Schnittlauch, Knoblauchgranulat, Haferfasern, gefriergetrocknete Petersilie, Leinprotein, Paprika edelsüß, Flohsamenschalen, Pfeffer schwarz, Muskatnuss</p>	
Durchschnittliche Nährwerte pro 100 g Packungsinhalt	Energie (kcal)	345
	Energie (kJ)	1488,2
	Fett (g)	5,4
	davon gesättigte Fettsäuren (g)	1
	Kohlenhydrate (g)	49
	davon Zucker (g)	5
	Ballaststoffe (g)	11,5
	Eiweiß (g)	21,4
	Salz (g)	3,4
Enthaltene Allergen – Laut VO (EU) Nr. 1169/2011	kann Spuren von Weizen enthalten	
Deklarationspflichtige Zusatzstoffe:	nein	
Lagerungshinweise:	Trocken lagern und vor Wärme schützen	
Zubereitung:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eine beschichtete Pfanne auf mittlerer Stufe gut vorheizen 2. Mit einem Schneebesen den Packungsinhalt (50g) 100 ml kaltem Wasser verrühren 3. Etwas Fett in die Pfanne geben und das angerührte Pulver in Kleckse dazugeben. Diese 3 bis 4 min braten lassen, wenden und eine weitere Minute in der Pfanne lassen 4. Zerpfücke die Kleckse anschließend mit zwei Pfannenwendern und erhitze sie für 1 weitere Minute – fertig. 	
mit		

Abbildung 19: Produktspezifikation veganer Rührei-Ersatz

5. Diskussion und Schlussfolgerung

Ziel dieser Arbeit war es, ein Rührei-Ersatzprodukt zu entwickeln und dieses mit bereits auf dem Markt vorhandenen Rührei-Alternativen, sowie einem echten Rührei physikalisch sowie sensorisch zu vergleichen. Dafür wurde zunächst die wissenschaftliche Grundlage für Rührei und deren Ersatzprodukte betrachtet, um danach nach den Schritten der Produktentwicklung sich immer weiter zu einem fertigen Produkt vorzuarbeiten.

Nachdem festgelegt wurde, auf welcher Basis das Ersatzprodukt sein sollte, mussten verschiedene Zutatenverhältnisse angemischt und evaluiert werden.

Bei den ersten Versuchen, um zunächst eine gute Textur zu erzielen, kamen folgende Ergebnisse heraus.

Alle Auswertungen nehmen Bezug auf die Rezepturen unter Absatz 4.2.1 Tabelle 9: Rohstoffzusammensetzung der Versuche mit Hafermehl und Sonnenblumenprotein H1, H2, H3 im Teil Material und Methoden.

Tabelle 23: Evaluierung der Erstversuche (Augenmerk auf der Textur)

	Rezept 1	Rezept 2	Rezept 3
Evaluation	-homogener Teig -gutes Anbrat-Verhalten -trockenes Mundgefühl -haferig/ mehliges Geschmack -kein auffälliger Schwefelgeruch	-homogener Teig -gutes Anbrat-Verhalten -Geruch beim anrühren zu schwefelig -Textur nach anbraten: außen leicht knusprig, innen leicht weiche Konsistenz	-homogener Teig welcher leicht schleimige Tendenzen zeigt -gutes Anbrat-Verhalten -Textur nach anbraten: angenehm weich im Mundgefühl, leicht feucht (ähnlich Rührei) von innen
Maßnahmen	-weniger Mehl	-weniger Kala-Namak Salz einsetzen	-nicht mehr Protein hinzufügen -Rezeptur für weitere Versuche nutzen, auf Grund sehr guten Mundgefühls

Auf Basis dieser Ergebnisse konnten dann ungefähre Mengen und Verhältnisse gewählt werden, mit denen weitergearbeitet wurde, um nicht nur eine gute Textur, sondern auch einen guten Geschmack zu erlangen.

Bei diesem Vorgang wurde, wie auch zuvor, mit verschiedenen Zutaten variiert, um unterschiedliche Muster anzufertigen. Dazu sieht man folgende Bewertung in Tab 24. Die Tabelle bezieht sich auf die Rezepturen in Absatz 4.3.1 Tabelle 10.

Tabelle 24: Bewertung des Geschmacks

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
Bewertung	-leicht haferig - zu wenig salzig -kein Eiergeschmack	-gute Salz Note - Zwiebelgeschmack verstärken -eventuell weiterer Einsatz von Knoblauchpulver - angenehme Pfeffernote	- zu starker Salzgeschmack	-Salzgeschmack aus- gewogen -Zwiebelgeschmack angenehm, ausgewo- gen

In den Ergebnissen der sensorischen Bewertung der ersten vier Versuchsreihen wurde eindeutig festgestellt, dass die Verwendung von lediglich Salz, Pfeffer und Zwiebelpulver nicht ausreicht, um den angestrebten Geschmack eines Rührreis zu erreichen. Durch die Ergänzung dieser Gewürze um Knoblauch, Muskatnuss, edelsüßen Paprika und getrocknete Kräuter (Petersilie und Schnittlauch) wurde ein geschmacklich ausgewogeneres Produkt erzielt, das dem authentischen Rührreigeschmack näherkommt. Diese Ergebnisse werden in Tabelle 25 veranschaulicht.

Tabelle 25: Auswertung der Versuche mit weiteren Gewürzen

	Versuch 5	Versuch 6
Bewertung	-mehr Salz -Zwiebel & Knoblauchpulver erhöhen -weniger Kräuter beimengen -mehr Paprikagewürz und Pfeffer	-sehr ausgewogener Geschmack -Kräuter sind perfekt ausgeglichen -gut schweflige (ei-) Note

Nachdem die Bestandteile zur Erzielung des gewünschten Geschmacks identifiziert wurden, erfolgte die finale Konzentration auf die Farbgebung, die vorzugsweise ohne Verwendung

künstlicher Farbstoffe erzielt werden sollte. Hierbei wurden Karottenpulver und Kurkuma in verschiedenen Konzentrationen eingesetzt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene vegane Ersatzprodukte entwickelt. Zwei dieser Produkte, wiesen dieselbe Grundrezeptur auf. Bei einem dieser Rührei-Ersatzprodukte wurden jedoch keine Kräuter hinzugefügt. Dieser Schritt wurde unternommen, um die Hypothese zu überprüfen, dass die Zugabe von Kräutern wesentlich zur Geschmacksverbesserung beiträgt. Um diese Hypothese zu bestätigen, wurde eine sensorische Analyse durchgeführt.

Nach Durchführung der zuvor beschriebenen Schritte wurde eine sensorische Bewertung mittels unterschiedlicher Verfahren vorgenommen. Insbesondere bei der Auswertung mittels UFP und Napping war deutlich zu erkennen, dass verschiedene Prüfer deutliche Unterschiede zwischen den Proben identifizieren konnten. Proben, die auf derselben Grundlage basierten, wiesen ähnliche sensorische Profile auf und befanden sich räumlich nahe beieinander. Im Kontrast dazu wies das originale Rührei deutlich abweichende sensorische Eigenschaften auf, wie in sämtlichen Grafiken zu erkennen ist.

Die sensorischen Analysen zeigten dennoch, dass trotz der Unterschiede zwischen den veganen Ersatzprodukten einige sensorische Gemeinsamkeiten bestanden. Insbesondere hinsichtlich des Aussehens und des Geschmacks wurden die gleichen Attribute verwendet. Die primäre Unterscheidung zwischen den handelsüblichen Ersatzprodukten bestand in der Textur. Es ist zu beachten, dass das Hauptziel der kommerziellen veganen Ersatzprodukte darin bestand, das Originalprodukt "Rührei" bestmöglich nachzuahmen, weshalb Ähnlichkeiten in den verwendeten Attributen erwartet wurden.

In Bezug auf die Gesamtbefehtheit ist es interessant festzustellen, dass das originale Rührei die Höchstpunktzahl von 9 auf der 9-Punkte-Skala nicht erreichte. Dies könnte möglicherweise auf die vereinfachte Zubereitung zurückzuführen sein. Es wurde ausschließlich Ei mit Salz vermischt und ohne Zugabe von weiteren Gewürzen kalt bewertet. Es besteht eine Wahrscheinlichkeit, dass die Panellisten ein Rührei mit mehr Zutaten und in einem warmen Zustand besser bewertet hätten. Die nicht optimale Verzehrstemperatur der Proben, kommt daher, dass alle Proben eine gleiche Temperatur bei der Verkostung aufweisen sollten. Das wäre im warmen

Zustand ohne Warmhaltemöglichkeiten, bei der Zubereitung von sechs unterschiedlichen Proben nicht möglich gewesen. Aufgrund dieser Präsentation der Proben bei Zimmertemperatur muss jedoch beachtet werden, dass dies zu insgesamt negativeren Bewertungen führen könnte. Ein Verbrauchertest wurde nicht durchgeführt, da es ein zu großer logistischer Aufwand gewesen wäre. Somit wurde sich für ein Home-Use-Test entschieden.

Die Entscheidung, zwei Produkte mit identischer Zusammensetzung in die sensorische Analyse einzubeziehen, wobei lediglich der Unterschied in der Zugabe von Kräutern bestand, basierte auf der Annahme, dass die Zugabe von Kräutern zu einer signifikant besseren Gesamtbewertung führen würde. Diese Annahme hat sich bestätigt. Durch den paarweisen Vergleich für Kräuter Fischer wurden mittels des LSD-Werts die Produkte in Gruppen eingeteilt. Deutlich wird, dass das Produkt ohne Kräuterzusatz einer anderen Gruppe angehört als das Produkt mit Kräuterzusatz.

Durch die Analyse der JAR-Fragen können Schlussfolgerungen hinsichtlich der Gesamtbewertungen gezogen werden. Das originale Rührei erhielt eine Gesamtbewertung von 8,03. Betrachtet man die Ergebnisse der JAR-Fragen, wird deutlich, dass das Mundgefühl, der eiartige Geschmack und der Geruch entscheidende Faktoren für eine gute bis sehr gute Bewertung sind. Weniger entscheidend sind hingegen die Farbe und der würzige Geschmack. Aus der Auswertung der JAR-Fragen ist zu entnehmen, dass eine perfekte 9-Punkte-Bewertung des Rühreies eine intensivere Gelbfärbung und einen stärker ausgeprägten Geschmack erfordern würde.

Im Falle des Veganz-Produkts gibt es mehrere Punkte, die verbessert werden müssten, um eine höhere Bewertung zu erzielen. Ein Großteil der bewerteten Attribute wurde als nicht „genau richtig“ wahrgenommen. Insbesondere bei den zuvor genannten Attributen, die von entscheidender Bedeutung sind für ein gut bewertetes Produkt (wie der eiartige Geschmack und Geruch sowie die Textur), fällt auf, dass diese überwiegend nicht mit einer Bewertung von „genau richtig“ bewertet wurden. Ein Vergleich mit dem besser bewerteten Produkt von BioVegan zeigt, dass bei diesem Produkt wesentlich mehr Bewertungen für das Attribut Mundgefühl als "genau richtig" (3) eingestuft wurden. Auch bei der eigenen Rezeptur kann man aus der Auswertung der JAR-Fragen wichtige Informationen ziehen, die in dem Teil nächste Schritte beschrieben sind.

Durch die Anwendung der Texturmessung mithilfe eines Texture Analysers können einige Übereinstimmungen mit den Aussagen der JAR-Fragen bezüglich des Attributs "Breiiig" festgestellt werden. Da das Gegenteil von "Breiiig" als "Bissfest" betrachtet werden kann, unterstützen die Ergebnisse des Texture Analysers die Einschätzungen der Testpersonen. Besonders das Produkt von Veganz sticht dort bei den Ergebnissen hervor. Interessant ist jedoch, dass es laut JAR-Fragen nicht am breiigsten bewertet wurde.

Im Falle der eigenen Produkte lässt sich jedoch ein klarer Zusammenhang feststellen. Das Rührei ohne Kräuterzugabe wurde sowohl von den Probanden als auch durch die Texturmessung als breiiger eingestuft. Das Rührei mit Kräuterzugabe wurde im Durchschnitt als etwas fester beschrieben, was sich auch durch die ermittelten Messwerte bestätigen lässt.

Interessanterweise wurde das Produkt von Greenforce auch als deutlich breiiger beschrieben als das originale Rührei. Doch die Messung mittels Texture Analyzer zeigt eine deutlich höhere Kraft an, die benötigt wird, um durch das Ei zu dringen. Möglicherweise sind in diesem Zusammenhang Messfehler aufgetreten.

Durch Texturmessung, mittels Texturanalyser, können einige Parallelen zu den Aussagen der JAR-Fragen zum Attribut "Breiiig" getätigt werden. Da man das Gegenteil von Breiiig als Bissfest betiteln kann, unterstützen da die Ergebnisse des Texture Analyzer die Aussagen der Probanden. Besonders das Produkt von Veganz sticht dort bei den Ergebnissen hervor. Interessant jedoch, ist dass es laut JAR-Fragen nicht am breiigsten bewertet wurde.

Bei den eigenen Produkten erkennt man jedoch den Zusammenhang ganz gut. Dort wurde das Rührei ohne Kräuterzugabe als breiiger betitelt, was sich auch bei den Ergebnissen der Texturmessung zeigt. Das Rührei mit Kräuterzugabe wurde im Durchschnitt, als ein wenig fester betitelt. Was sich auch wieder mit Zahlen belegen lässt.

Interessanterweise wurde das Produkt von Greenforce auch als deutlich breiiger beschrieben als das originale Rührei. Doch die Messung mittels Texture Analyzer zeigt eine deutlich höhere Kraft an, die benötigt wird, um durch das Ei zu dringen. Eventuell müssten dort Fehler beim Messen aufgetreten sein.

Bei der Farbmessung ist es zwingend erforderlich, die Intensität des Bratvorgangs zu berücksichtigen, da nicht jedes Produkt in jeder Pfanne dieselbe Bräunung aufweist. Dies kann dazu führen, dass trotz gleicher Zubereitungsmethoden unterschiedliche Bräunungsgrade auftreten.

Somit sind die durchgeführten Farbmessungen nicht unbedingt zu 100 Prozent repräsentativ und könnten bei einer erneuten Durchführung Abweichungen aufweisen. Dennoch sind diese Werte verwendbar und können für Vergleichszwecke herangezogen werden.

Insbesondere bei den eigenen Produkten fiel auf, dass sie an der äußeren Oberfläche stärker gebräunt waren als die anderen Proben. Dies führte jedoch zu einer Abweichung in der Farbe zwischen der äußeren und inneren Seite des Produkts. Um diesen Unterschied auszugleichen und einen repräsentativen Mittelwert zu erzielen, wurde die Probe im Farbmessgerät bewegt. Dafür wurde das rund ausgestanzte Produkt umgedreht um von beiden Seiten die Farbe messen zu können.

Durch den Vergleich der Nährwerte lässt sich gut erkennen, dass alle Produkte ähnliche Brennwerte haben. Das Fett des eigenen Produktes ist ähnlich wie das von BioVegan. Dieser höhere Wert, im Vergleich zu Greenforce, kommt durch den hohen Fettanteil im Hafermehl, welches die Hauptzutat ist. Auch bei dem Kohlenhydratanteil ist die Rezeptur tendenziell ähnlich, jedoch ein wenig höher als bei den anderen, was wieder an dem Hafermehl liegt und seinen hohen Kohlenhydratanteil.

Im Hinblick auf die festgelegten Zielvorgaben lässt sich sagen, dass diese erfüllt wurden. Bei einer genauen Analyse der sensorischen und physikalischen Vergleiche zwischen den Proben zeigen sich Unterschiede sowohl zwischen den originalen Rühreiern und den veganen Ersatzprodukten als auch innerhalb der verschiedenen Ersatzprodukte.

Das eigene Produkt, welches Kräuterzugabe enthält, ähnelt sich bei den sensorischen und physikalischen Messungen den der veganen Rührei-Ersatzprodukte. Dies entspricht den ursprünglichen Absichten, die darauf abzielen, eine möglichst hohe Annäherung an bereits auf dem Markt erhältliche Produkte zu erzielen. Dieses Ziel wurde, wie zuvor erläutert, erreicht. Es besteht jedoch die Möglichkeit, mit weiteren Verbesserungen möglicherweise eine noch größere Ähnlichkeit zum Originalprodukt "Rührei" zu erreichen.

Ein umfassender Blick auf die Gesamtheit der veganen Ersatzprodukte verdeutlicht, dass auch hier Raum für Optimierungen besteht. Obschon es unbestreitbar ist, dass sie in optischer Hinsicht teilweise sehr nahe an das Originalprodukt heranreichen, bedarf es noch erheblicher Arbeit, insbesondere in Bezug auf Geschmack und Konsistenz, um die Erwartungen vollständig zu erfüllen.

Nächste Schritte:

Bei genauerer Betrachtung der eigenen Rezeptur wird im Rahmen der sensorischen Bewertung deutlich, dass noch Raum für Verbesserungen besteht. Verschiedene Aspekte der Rezeptur könnten optimiert werden, doch aufgrund der begrenzten Zeit waren nicht alle dieser Anpassungen möglich. Im Folgenden sind die potenziellen Schritte aufgeführt, die zukünftig unternommen werden könnten.

Die Textur stellt sich als ein Schlüsselfaktor für ein gutes Produkt heraus. Diese wird von den Testpersonen des Home-Use-Tests als zu breiig wahrgenommen. Eine Möglichkeit zur Verbesserung könnte darin liegen, den Gehalt an Flohsamenschalen und Hafermehl zu erhöhen. Diese Anpassungen könnten dazu beitragen, eine festere Konsistenz und weniger breiige Textur zu erzielen. Es wurde zuvor nicht durchgeführt, da im Rahmen der eigenen Verkostung während der Entwicklung die Konsistenz nicht als unpassend empfunden wurde.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Geschmack. Viele Probanden empfinden den Geschmack als zu viel würzig. Dies könnte auf den hohen Gehalt an Kurkuma in der Rezeptur zurückzuführen sein. Eine mögliche Lösung wäre, den Kurkumagehalt zu reduzieren. In diesem Zusammenhang sollte auch untersucht werden, welche alternativen Inhaltsstoffe den farbgebenden Effekt von Kurkuma ausgleichen können. Es ist wichtig, sorgfältig zu evaluieren, ob ein solcher Ausgleich erforderlich ist oder ob die entstehende Menge an Kurkuma ausreichend ist, da die Farbe bereits als relativ intensiv beschrieben wird.

Sobald diese Anpassungen an der Rezeptur durchgeführt wurden, ist es ratsam, einen Verbrauchertest durchzuführen. Dabei sollten mindestens 100 Teilnehmer einbezogen werden, um die Anforderungen gemäß DIN EN ISO 11136 (2020) zu erfüllen. Zusätzlich zur sensorischen Bewertung könnten auch personenbezogene Daten zum Konsumverhalten von Rührei-Ersatzprodukten erfasst werden, um ein umfassendes Verständnis der Verbraucherpräferenzen zu entwickeln.

6. Zusammenfassung

Das Hauptziel dieser Arbeit bestand darin, ein veganes Ersatzprodukt für Rührei zu konzipieren. Dieses Produkt sollte daraufhin sowohl in sensorischer als auch physikalischer Hinsicht mit bereits auf dem Markt erhältlichen veganen Rührei-Alternativen und konventionellen Rührei verglichen werden. Um diese Thematik zu erfassen, erfolgte eine Literaturrecherche. Diese umfasste eine eingehende Analyse des ursprünglichen Produkts "Ei" sowie seiner Bestandteile und Funktionen, einschließlich der Aroma-Komponenten von Eiern.

Bei der Literaturrecherche zu veganen Ei-Alternativen wurde besonderes Augenmerk daraufgelegt, welche Inhaltsstoffe bereits in handelsüblichen Alternativen verwendet wurden und welche Rolle diese im Produkt spielen. Besonderes Interesse galt den Substanzen, die in der Lage sind, die Bestandteile und Eigenschaften des ursprünglichen Eies zu ersetzen, sowie der Nachahmung des charakteristischen Ei-Geschmacks.

Es wurde sich für die Entwicklung eines veganen pulverförmigen Rührei-Ersatzproduktes entschieden, da diese sich durch einfache Handhabung und Nachhaltigkeit auszeichnet.

Die Entwicklung unterschiedlicher Versuchsreihen zeigte, dass eine Hafermehlbasis am besten geeignet ist. Hafermehl kann in Deutschland angebaut und nach entsprechender Aufbereitung als glutenfrei deklariert werden. Als Hauptproteinquelle wurde Sonnenblumenprotein gewählt. Durch zahlreiche weitere Versuche zur Textur, Geschmack und letztlich zur Farboptimierung konnte eine geeignete Rezeptur erarbeitet werden, die zur sensorischen Bewertung herangezogen wurde.

Aufgrund der Hypothese, dass die Zugabe von Kräutern zu einer besseren Produktqualität führt, wurden zwei Varianten des Produkts mit nahezu identischer Rezeptur sensorisch mit 4 weiteren Produkten (drei veganen Ersatzprodukten und ein Rührei) bewertet. Die Ergebnisse stützten die Hypothese. Sie zeigten aber auch, dass die veganen Ersatzprodukte im Allgemeinen weit von dem originalen Produkt entfernt sind und somit Raum für Verbesserungen bieten. Insbesondere in Bezug auf Textur und die Wahrnehmung des Geschmacks wurden Defizite festgestellt.

Die sensorische Bewertung zeigte, dass das selbst entwickelte Produkt mit Kräuterzusatz in puncto Geschmack und Textur ähnlich positiv wie die konkurrierenden Produkte bewertet wurde. Auch die physikalischen Untersuchungen ergaben keine signifikanten Abweichungen. Die Nährwerte des selbst entwickelten Produkts und der handelsüblichen Alternativen wiesen Ähnlichkeiten auf. Schlussendlich wurde jedoch festgestellt, dass keines der Ersatzprodukte hinsichtlich Geschmack, Textur und Aroma mit echtem Rührei vergleichbar ist.

7. Quellenverzeichnis

Alcorta, A., Porta, A., Tarrega, A., Alvarez, M. D., Vaquero, M. P.: Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. MDPI [online]. Februar 2021, Band 10 (2) [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3390/foods10020293>

Ali, R., Saeed, S.M.G., Ali, S.A., Sayed, S.A., Ahmed, R., Mobin, L.: Effect of black gram flour as egg replacer on microstructure of biscuit dough and its impact on edible qualities. Food Measure [online]. März 2018, Band 12, 1641-1647 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9779-3>

Belitz, HD., Grosch, W.: Eier. In: Lehrbuch der Lebensmittelchemie [online]. Springer-Lehrbuch, 1992 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-662-08304-8_12

Bongartz, A., Mürset, U.: Statistische Methoden in der Sensorik: „Verbrauchertests“. Teil 2. Frankfurt am Main: DLG e.V., 2011

Boukid, F., Gagaoua, M.: Vegan Egg: A Future-Proof Food Ingredient?. MDPI [online]. Januar 2022, Band 11 (161) [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3390/foods11020161>

Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., Vittadini, E.: Pulses for bread fortification: A necessity or a choice?. Trends in Food Science & Technology [online]. Elsevier. Juni 2019, Band 88, 416-428 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.007>

Boukid, F.: Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: a review. International Journal of Food Science & Technology [online]. März 2021, Band 56 (11), 5435-5444 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15046>

Boukid, F., Pasqualone, A.: Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: characteristics, safety and food applications. European Food Research and Technology [online]. SpringerLink. November 2021, Band 248, 345-356 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-021-03909-5>

Busch-Stockfisch, M.: Sensorische Grundlagen; Prüferauswahl und Prüferschulung, Grundlagen. Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.), Hamburg: Behrs Verlag, 2008

Meier, J. (Hrsg): Praxishandbuch Sensorik kompakt in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Fortlaufende Loseblattsammlung Hamburg: Behr's Verlag, 2002

Cai, Q., Zhang, W., Zhu, Q., Chen, Q.: Influence of heat treatment on the structure and core IgE-binding epitopes of rAra h 2.02. Food Chemistry [online]. Elsevier. Juli 2016, Band 202, 404-408 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.004>

Castells, P., Schadwinkel, A.: Inulin, kulinarisch bemerkenswert vielseitig. 2021 [Zugriff am 26.04.2023, 12:36], Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/news/eine-portion-forschung-was-bewirkt-inulin-in-lebensmitteln/1916398>

Coulter, T.: The Chemistry of Its Components. 6. Auflage. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2009

Clarke, R., Frost, C., Collins, R., Appleby, P., Peto, R.: Dietary lipids and blood cholesterol: quantitative meta-analysis of metabolic ward studies. BMJ [online]. Januar 1997 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1136/bmj.314.7074.112>

Damian, J.J.; Huo, S.; Serventi, L.: Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. European Food Research and Technology [online]. SpringerLink. April 2018, Band 244, 1647-1655 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3077-5>

Dawber, T. R., Nickerson, R. J., Brand, F. N., Pool, J.: Eggs, serum cholesterol, and coronary heart disease. NIH [online]. October 1982, Band 36 (4) [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7124663/>

[DGE]Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.: Fleisch, Wurst, Fisch und Eier. 2023 [Zugriff am: 08.11.2023, 12:35], Verfügbar unter: <https://www.dge.de/gesunde-ernaehrung/dge-ernaehrungsempfehlungen/dge-ernaehrungskreis/fleisch-wurst-fisch-und-eier/>

[DIN] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 10974:2008-12 - Sensorische Analyse - Verbrauchertest. 2008

[DIN] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 11136. 2020

Ebermann, R, Elmadfa, I.: Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung. 2. Auflage. Vienna: Springer Verlag, 2011.

Elmadfa, I., Leitzmann, C.: Ernährung des Menschen. 6. Auflage. Stuttgart: UTB GmbH, 2019

EXCEL – Microsoft Office 365 [Software]

Fact.MR: Vegan Egg Market Outlook (2023 to 2033). 2023 [Zugriff am 02.08.2023, 9:54] Verfügbar unter: <https://www.factmr.com/report/vegan-eggs-market>

[FETeV Redaktion] Fachgesellschaft für Ernährungstherapie und Prävention e.V.: Proteine (Eiweiße) und Aminosäuren – Ernährungstherapeutische Aspekte. 25. April 2023 [Zugriff am: 26.11.2023, 20:35], Verfügbar unter: <https://fet-ev.eu/proteine-aminosaeuere/#:~:text=Cystein%20und%20Methionin%20sind%20schwefelhaltige,Ei%2C%20Fleisch%20sowie%20Milch%20enthalten.>

Fischer, E., Cachon, R., Cayot, N.: Pisum sativum vs Glycine max, a comparative review of nutritional, physicochemical, and sensory properties for food uses. Trends in Food Science & Technology [online]. Elsevier. Januar 2020, Band 95, 196-204 [Zugriff am 01.07.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.021>

Frankfurter Allgemeine: Archäologischer Fund -Der Mensch isst schon länger Hühnereier als gedacht. 2022 [Zugriff am 02.08.2023, 9:54] Verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/menschen/archaeologie-mitteleuropaeer-essen-huehnereier-seit-fast-2400-jahren-17953352.html#:~:text=Anhand%20von%20Resten%20eines%20H%C3%BChnereis,H%C3%BChnereis%20n%C3%B6rdlich%20der%20Alpen%20entdeckt.9>

Gharibzahedi, S.M.T, Roohinejad, S., George, S., Barba, F.J., Greiner, R., Barbosa-Cánovas, G.V., Mallikarjunan, K.: Innovative food processing technologies on the transglutaminase functionality in protein-based food products: Trends, opportunities and drawbacks. Trends in Food Science & Technology [online]. Elsevier. Mai 2018, Band 75, 194-205 [Zugriff am 01.07.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.014>

Glynn, E.L., Fry, C.S., Drummond, M.J., Timmerman, K.L., Dhanani, S., Volpi, E., Rasmussen, B.B.: Excess Leucine Intake Enhances Muscle Anabolic Signaling but Not Net Protein Anabolism in Young Men and Women. The Journal of Nutrition [online]. Elsevier. November 2010, Band 140 (11), 1970-1976 [Zugriff am 01.07.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3945/jn.110.127647>

Grimm, J., Grimm, W.: 1854-1961 Deutsches Wörterbuch. 16 Bände in 32 Teilbänden. Leipzig: Deutsches Wörterbuch

Günther, K.: Tierfrei kein Problem: Eisen und vegetarische und vegane Lebensweise In: Eisenmangel beheben mit natürlichen Lebensmitteln. Berlin, Heidelberg: Springer, 2019

Hedayatnia, S., Tan, C.P., Kam, W.L.J, Tan, T.B., Mirhosseini, H.: Modification of physicochemical and mechanical properties of a new bio-based gelatin composite films through composition adjustment and instantizing process. LWT [online]. Elsevier. Dezember 2019, Band 116 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108575>

Hegsted, D.M., McGandy, R.B., Myers, M.L., Stare, F.J.: Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. NIH [online]. PubMed. November 1965, Band 17(5) [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: doi: 10.1093/ajcn/17.5.281

Hu, F.B., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Rosner, B.A., Spiegelmann, D., Speizer, F.E., Sacks, F.M. Hennekens, C.H., Willet, W.C.: A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. NIH [online]. PubMed. April 1999, Band 281 (15) [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: doi: 10.1001/jama.281.15.1387

Howell, W.H., McNamara, D.J., Tosca, M.A., Smith, B.T., Gaines, J.A.: Plasma lipid and lipoprotein responses to dietary fat and cholesterol: a meta-analysis. NIH [online]. PubMed. Juni 1997, Band 65 (6) [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: doi: 10.1093/ajcn/65.6.1747

Ismail, B.P., Senaratne-Lenagala, L., Stube, A., Brackenridge, A.: Protein demand: review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production. Animal Frontiers [online]. Oktober 2020, Band 10 (4), 53-63 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1093/af/vfaa040>

Janssen, M.: Determinants of organic food purchases: Evidence from household panel data. Food Quality and Preference [online]. Elsevier. September 2018, Band 68, 19-28 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.02.002>

Kuang, H., Yang, F., Zhang, Y., Wang, T., Chen, G.: The Impact of Egg Nutrient Composition and Its Consumption on Cholesterol Homeostasis. Cholesterol [online], August 2018, [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1155/2018/6303810>

Kinosian, B., Glick, H., Preiss, L., Puder, K.L.: Cholesterol and coronary heart disease: predicting risks in men by changes in levels and ratios. NIH [online]. PubMed. Oktober 1995, Band 43 (5), [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8528755/>

Ladjal-Ettoumi, Y., Boudries, H., Chibane, M., Romero, A.: Pea, Chickpea and Lentil Protein Isolates: Physicochemical Characterization and Emulsifying Properties. Food Biophysics [online]

SpringerLink. August 2015, Band 11, 43-51 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11483-015-9411-6>

Larros, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., Califano, A.: Dynamic rheological analysis of gluten-free pasta as affected by composition and cooking time. *Journal of Food Engineering* [online]. Elsevier. September 2015. Band 160, 11-18 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.019>

LChG: Stellungnahme zu Pflanzenfasern. 21. November 2016 [Zugriff am 06.07.2023, 12:54], Verfügbar unter: https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Lebensmittelchemiker/Arbeitsgruppen/getreide/2016_pflanzenfaser.pdf

Leitzmann, C., Keller, M.: *Vegetarische und vegane Ernährung*. 4. Auflage. UTB GmbH. 2020

Leitsätze für vegane und vegetarische Lebensmittel mit Ähnlichkeit zu Lebensmitteln tierischen Ursprungs. [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ernaehrung/Lebensmittel-Kennzeichnung/LeitsaetzevegetarischeveganeLebensmittel.pdf?__blob=publicationFile&v=5

Lobitz, R.: Nährstoffe im Ei - Was ist drin. 2019 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: https://www.bzfe.de/service/news/aktuelle-meldungen/news-archiv/meldungen-2019/maerz/naehrstoffe-im-ei/#:~:text=Das%20erkl%C3%A4rt%2C%20warum%20Eier%20ein,so-wie%20die%20wasserl%C3%B6slichen%20B%2DVitamine.,%20https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-08304-8_12

Ma, Z., Boye, J.I., Hu, X.: Nutritional quality and techno-functional changes in raw, germinated and fermented yellow field pea (*Pisum sativum* L.) upon pasteurization. *LWT* [online]. Elsevier. Juni 2018. Band 92, 147-154 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.018>

Maga, J.A.: Egg and egg product flavor. *J. Agric. Food Chemistry* [online]. Januar 1982. Band 30(1), 9-14 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1021/jf00109a002>

Müller, S.: Tempeh: Die vitalstoffreiche Proteinquelle. 2023 [Zugriff am 06.07.2023, 13:14], Verfügbar unter: <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/lebensmittel/fleischersatzuebersicht/tempeh>

Matissek, R., Hahn, A.: Lebensmittelchemie. 9. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2019

Pollmer, U.: Zusatzstoffe von A bis Z: Was Etiketten verschweigen. Zusatzstoffmuseum, 2017

Rabast, U.: Potenziell gesunde Nahrungsmittel und Nahrungsinhaltstoffe - Gesunde Ernährung, gesunder Lebensstil. Berlin, Heidelberg: Springer, 2022

Rakonjac, S., Bogosavljević-Bošković, S., Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Dosković, V., Petrović, M. D., Petričević, V.: Laying hen rearing systems: A review of major production results and egg quality traits. *World's Poultry Science Journal* [online]. Februar 2014. Band 70(1), 93-104. [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1017/S0043933914000087>

Roman, S., Sanchez-Siles, L.M., Siegrist, M.: The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. Elsevier. September 2017. Band 67, 44-57 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.010>

Rimbach, G., Möhring, J., Erbersdobler, H.: Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010

Schek, A., Abele, H.: Der Brockhaus Ernährung: Gesund essen, bewusst leben. Zerbst: Brockhaus. F A, 2008

Schneider-Häder, B.: Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche. DLG Expertenwissen, 2016 [Zugriff am: 08.11.2023], Verfügbar unter: <https://www.dlg.org/de/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen-sensorik/sensorische-analyse>

Schröder, U., Schneider-Häder, B.: Elektronische Augen - Instrumentelle Sensorik in der Ernährungswirtschaft Teil 3. Frankfurt am Main: DLG-Expertenwissen, 04/2015

Söderberg, J.: Funczional properties of legume proteins compared to egg proteins and their potential as egg replacers in vegan food. Food Science [online]. November 2013. Band 378 [Zugriff am 26.04.2023], Verfügbar unter: <https://stud.epsilon.slu.se/6240/>

Skrivan, M., Englmaierova, M: The deposition of carotenoids and α -tocopherol in hen eggs produced under a combination of sequential feeding and grazing. Animal Feed Science and Technology [online]. April 2014. Band 190. [Zugriff am 04.05.2023], Verfügbar unter: DOI:10.1016/j.anifeedsci.2014.01.009

transparenz Gentechnik: Amylose, Amylopektin (Stärke). 2023 [Zugriff am 05.05.2023, 18:12], Verfügbar unter: <https://www.transgen.de/lexikon/1662.amylose-amylopektin-staerke.html>

Theobald, S.: Lebensmittelzusatzstoffe Teil 4: Farbstoffe [online]. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin, 2009 [Zugriff am 28.04.2023], Verfügbar unter: https://www.rosenfluh.ch/media/ernaehrungsmedizin/2012/04/Serie_Lebensmittelzusatzstoffe__Farbstoffe.pdf

Trikusuma, M., Paravisini, L., Peterson, D. G.: Identification of aroma compounds in pea protein UHT beverages. Food Chemistry [online]. Mai 2020. Band 312 [Zugriff am 28.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126082>

Varela, M.S., Navarro, A.S., Yamul, D.K.: Effect of hydrocolloids on the properties of wheat/potato starch mixtures. Starch – Stärke [online]. Dezember 2015. Band 68 (7-8), 753-761 [Zugriff am 29.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1002/star.201400257>

Verbraucherzentrale: Vitamine und Mineralstoffe von A-Z. 20. Juni 2023 [Zugriff am 02.05.2023, 13:23], Verfügbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/gesund-ernaehren/vitamine-und-mineralstoffe-von-az-5949>

VeganeVibes: Klassisches veganes Rührei mit Seidentofu (15 Minuten). 2023 [Zugriff am 03.07.2023, 19:45] Verfügbar unter: <https://www.veganevibes.de/klassisches-veganes-ruehrei-mit-seidentofu-15-minuten/>

Vorster, H.H., Beynen, A.C., Berger, G.M., Venter, C.S.: Dietary cholesterol—the role of eggs in the prudent diet. NIH online]. PubMed. April 1996, Band 85 (4) [Zugriff am 29.04.2023], Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7777999/>

Winopal, R., Drobny, L., Schneider-Häder, B.: Mechanische Texturanalyse bei Lebensmitteln - Instrumentelle Sensorik in der Ernährungswirtschaft Teil 2 [online]. Frankfurt am Main. DLG. 03/2015 [Zugriff am 26.04.2023] Verfügbar unter: <https://www.dlg.org/de/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen-sensorik/mechanische-texturanalyse-bei-lebensmitteln#:~:text=Texture%20Analyser%20sind%20elektronisch%20gesteuerte,Kraft%20in%20eine%20Probe%20einzudringen.>

Yazici, G.N., Ozer, M.S.: A review of egg replacement in cake production: Effects on batter and cake properties. Trends in Food Science & Technology [online]. Mai2021. Band 111. 346-359 [Zugriff am 29.04.2023], Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.071>

Yang, F., Ma, M., Xu, J. et al. An Egg-Enriched Diet Attenuates Plasma Lipids and Mediates Cholesterol Metabolism of High-Cholesterol Fed Rats. AOCS [online]. Januar 2012. Band 47. 269–277 [Zugriff am 29.04.2023] Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s11745-011-3646-x>

Zabatka, B.: Veganes Rührei (Rührtofu – Scrambled Tofu). 09. Juni 2020 [Zugriff am 29.04.2023, 12:30], Verfügbar unter: <https://biancazapatka.com/de/veganes-ruehrei/>

Zeece, M.: Introduction to the Chemistry of Food. 1. Auflage. Nebraska: Elsevier, 2020

ZwickRoell GmbH: Texturanalyse. 2023 [Zugriff am: 10.11.2023, 18:45], Verfügbar unter: <https://www.zwickroell.com/de/branchen/lebensmittel-verpackung/pruefwerkzeuge-fuer-die-texturanalyse/>

8. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Tabelle 1: Zusammensetzung von Eiklar und Eidotter (in %)	7
Tabelle 2: wichtige Proteine im Eiklar und ihr ungefährender Mengenanteil am Gesamtproteingehalt	8
Tabelle 3: vegane Rührei-Ersatzprodukte	12
Tabelle 4: verwendete Rohstoffe der Rühreimischung	22
Tabelle 5: Einstellung des Texture Analyser	26
Tabelle 6: handelsübliche Rührei-Alternativen	27
Tabelle 7: Idee die während der Findung beibehalten oder verworfen wurden	31
Tabelle 8: Rezepturen der Muster M1, M2, M3	32
Tabelle 9: Rohstoffzusammensetzung der Versuche mit Hafermehl und Sonnenblumenprotein H1, H2, H3	34
Tabelle 10: erste Zugabe von Gewürzen	35
Tabelle 11: weitere Zugabe von Gewürzen	36
Tabelle 12: Rezeptur Endprodukt	37
Tabelle 13: Produktcharakteristika auf Grundlage des UFP des Nappings	41
Tabelle 14: Mittelwerte der Gesamtbeliebtheit der untersuchten Proben	43
Tabelle 15: Zusammenfassung der paarweisen Vergleiche für Kräuter (Fischer (LSD))	43
Tabelle 16: Tabelle der Penalitäten "Ei"	45
Tabelle 17: Tabelle der Penalitäten "Kräuter"	48
Tabelle 18: Tabelle der Penalitäten "Plain"	50
Tabelle 19: Tabelle der Penalitäten "Veganz"	51
Tabelle 20: L*a*b* Werte von Rührei und Rührei-Ersatzprodukten	54
Tabelle 21: Nährwerte von 100 g zubereiteten Rührei-Ersatz „Kräuter“	58
Tabelle 22: Nährwerte handelsübliche Produkte und „Kräuter“	59
Tabelle 23: Evaluierung der Erstversuche (Augenmerk auf der Textur)	61
Tabelle 24: Bewertung des Geschmacks	62
Tabelle 25: Auswertung der Versuche mit weiteren Gewürzen	62

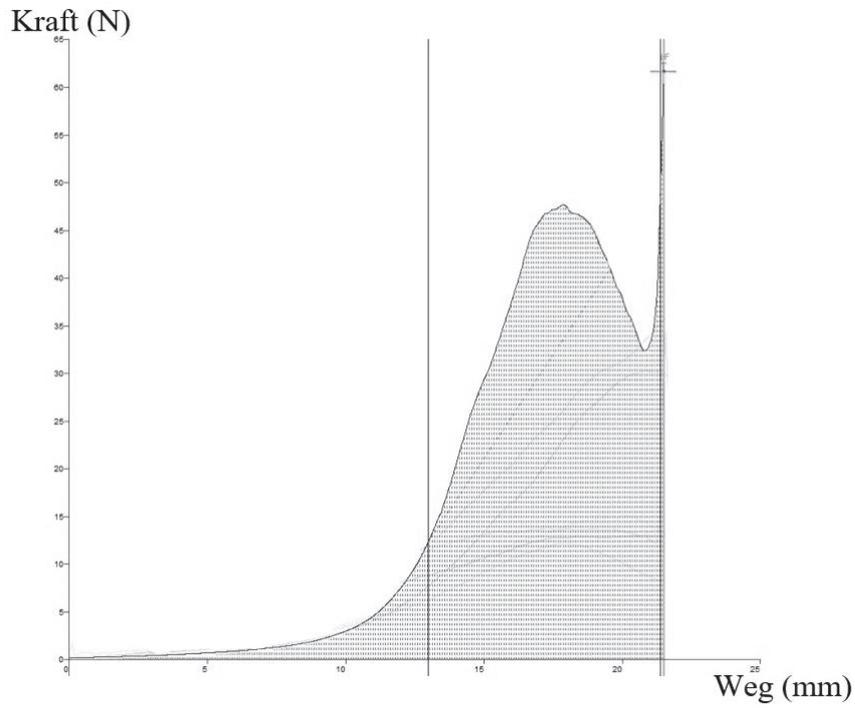
Abbildung 1: JAR-Skala (Bongartz, Mürset, 2011)	18
Abbildung 2: L*a*b*-System nach Judd-Hunter (Schröder, Schneider-Häder, 2015)	24
Abbildung 3: Ausschnitt Sensorikbogen, Beliebtheit & JAR.....	26
Abbildung 4: Kartierung der Ergebnisse	30
Abbildung 5: Kartierung der Ergebnisse	38
Abbildung 6: Korrelationskreis.....	39
Abbildung 7: Biplot für das Attribut Mundgefühl.....	40
Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala von Rührei	44
Abbildung 9: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Kräuter.....	45
Abbildung 10: aggregierte Prozentsätze der JAR-Stufen, Kräuter.....	46
Abbildung 11: Mittelwert-Abfälle, Kräuter.....	47
Abbildung 12: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Plain.....	49
Abbildung 13: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Veganz.....	50
Abbildung 14: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, Greenforce	52
Abbildung 15: Prozentuale Verteilung der JAR-Skala, BioVegan.....	53
Abbildung 16: Steigung und Kraft der Texturanalyse der verschiedenen Proben; 1 = Ei, 2 = BioVegan, 3 = Greenforce, 4 = Veganz, 5 = Kräuter, 6 = Plain.....	55
Abbildung 17: Kraft-Weg-Diagramm vom Ei.....	56
Abbildung 18: Kraft-Weg-Diagramm Veganz	57
Abbildung 19: Produktspezifikation veganer Rührei-Ersatz	60

Verzeichnis Anlagen

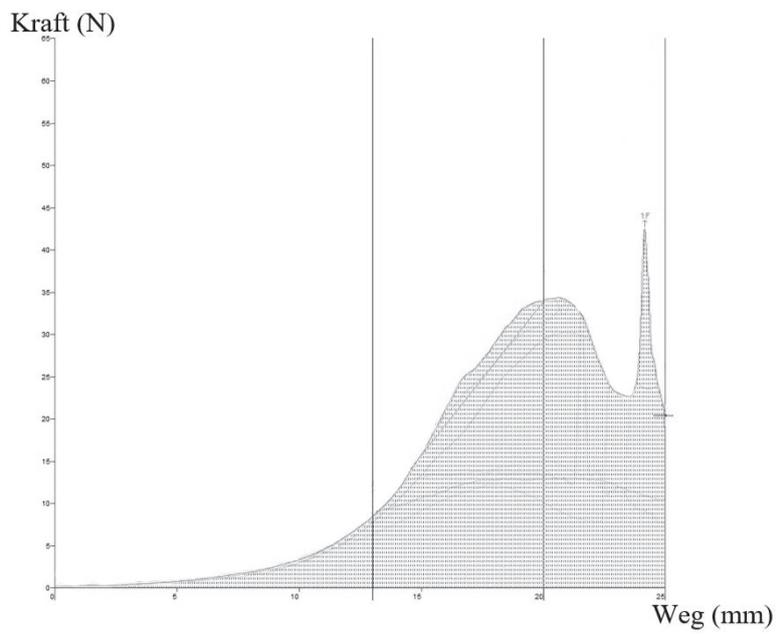
Anhang 1: Prüfbogen sensorische Beurteilung veganer Rühreiersatz-Produkte 1. Seite	81
Anhang 2: Prüfbogen sensorische Beurteilung veganer Rühreiersatz-Produkte 2. Seite	82
Anhang 3: Texturmessung Graph; Ei 1 Textureanalyzer	83
Anhang 4: Texturmessung Graph; Ei 2 Textureanalyzer	83
Anhang 5: Texturmessung Graph; BioVegan 1 Textureanalyzer.....	84
Anhang 6: Texturmessung Graph; BioVegan 2 Textureanalyzer.....	84
Anhang 7: Texturmessung Graph; Greenforce 1 Textureanalyzer	85
Anhang 8: Texturmessung Graph; Greenforce 2 Textureanalyzer	85
Anhang 9: Texturmessung Graph; Veganz 1 Textureanalyzer.....	86
Anhang 10: Texturmessung Graph; Veganz 2 Textureanalyzer.....	86

Anhang 11: Texturmessung Graph; Kräuter 1 Textureanalyzer.....	87
Anhang 12: Texturmessung Graph; Kräuter 2 Textureanalyzer.....	87
Anhang 13: Texturmessung Graph; Plain 1 Textureanalyzer.....	88
Anhang 14: Texturmessung Graph; Plain 2 Textureanalyzer.....	88
Anhang 15: Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit	89

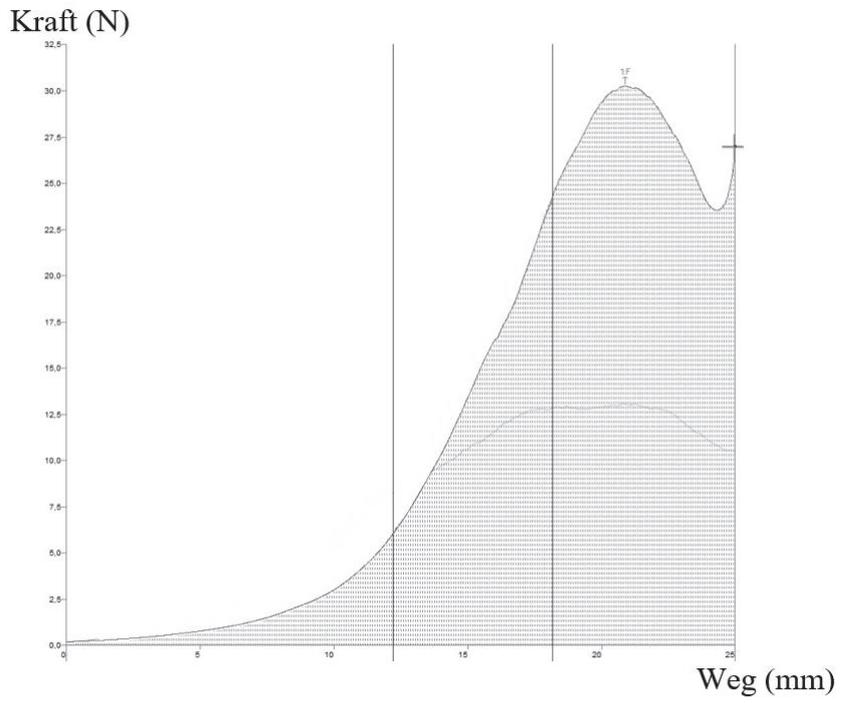
Anhang 3: Texturmessung Graph; Ei 1 Textureanalyzer



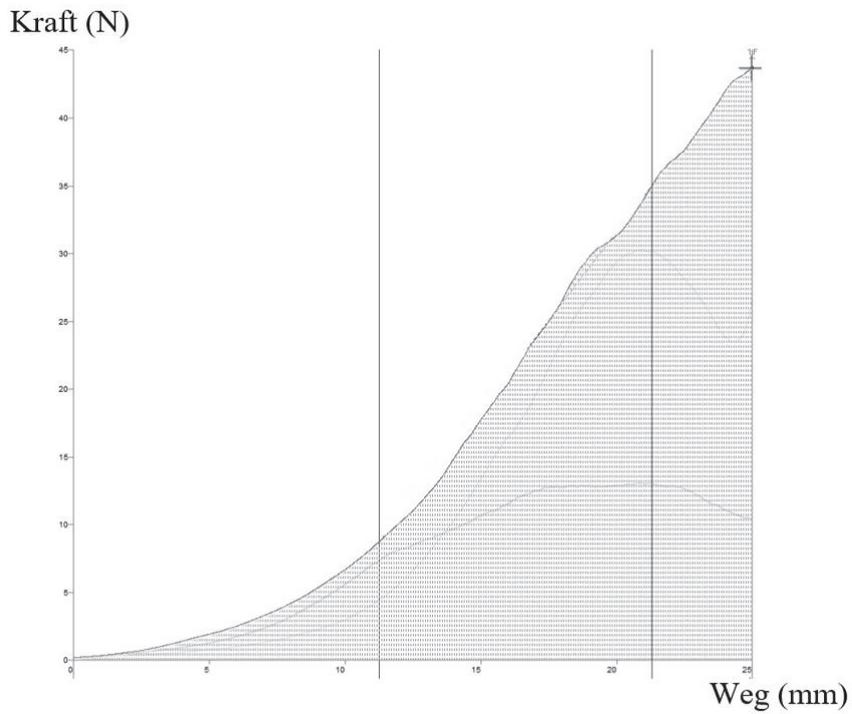
Anhang 4: Texturmessung Graph; Ei 2 Textureanalyzer



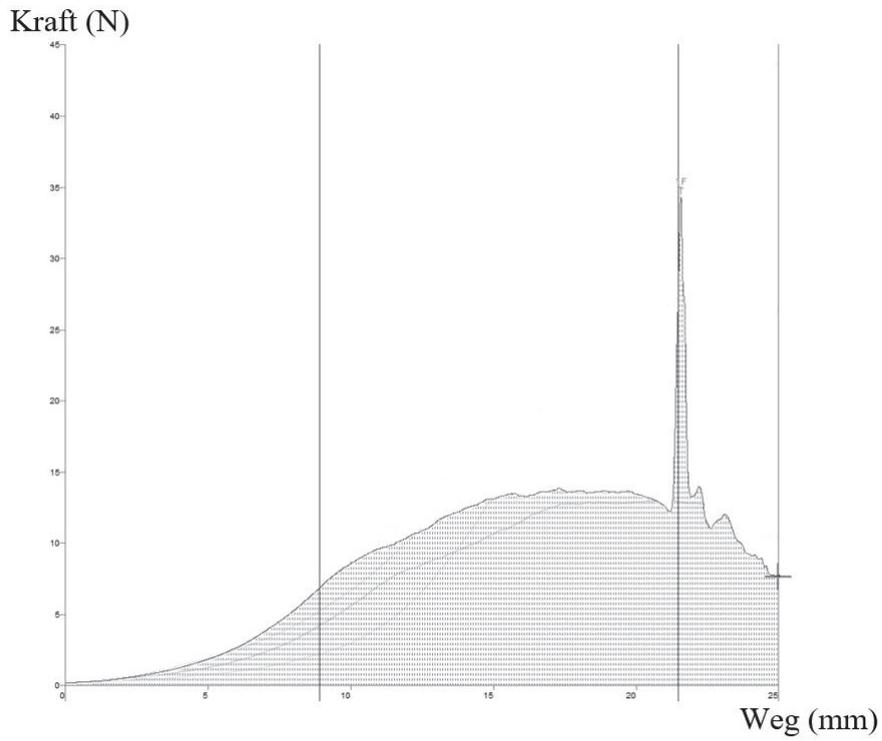
Anhang 5: Texturmessung Graph; BioVegan 1 Textureanalyzer



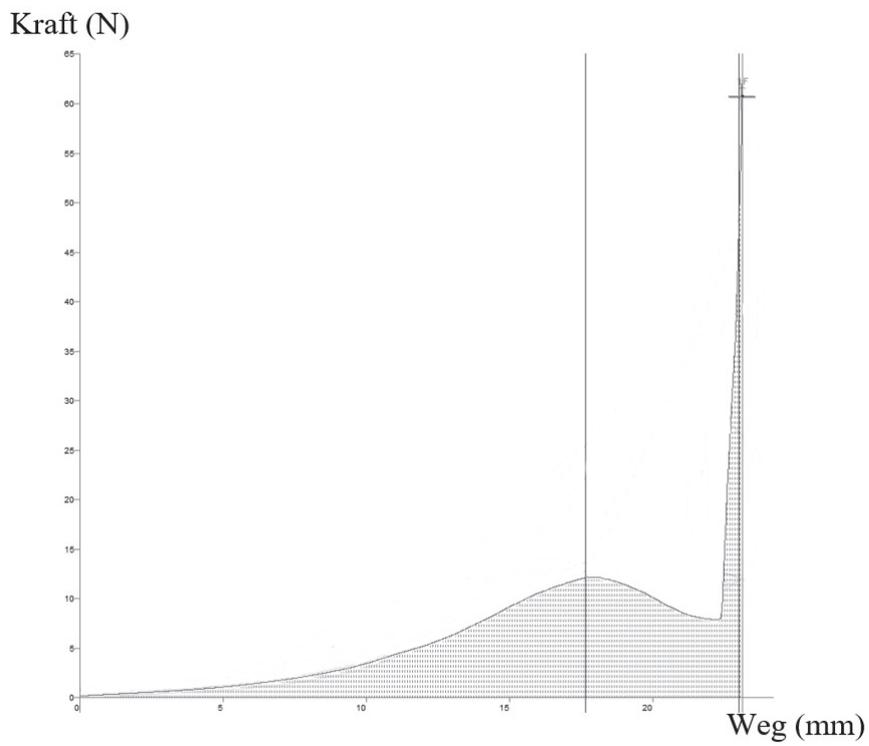
Anhang 6: Texturmessung Graph; BioVegan 2 Textureanalyzer



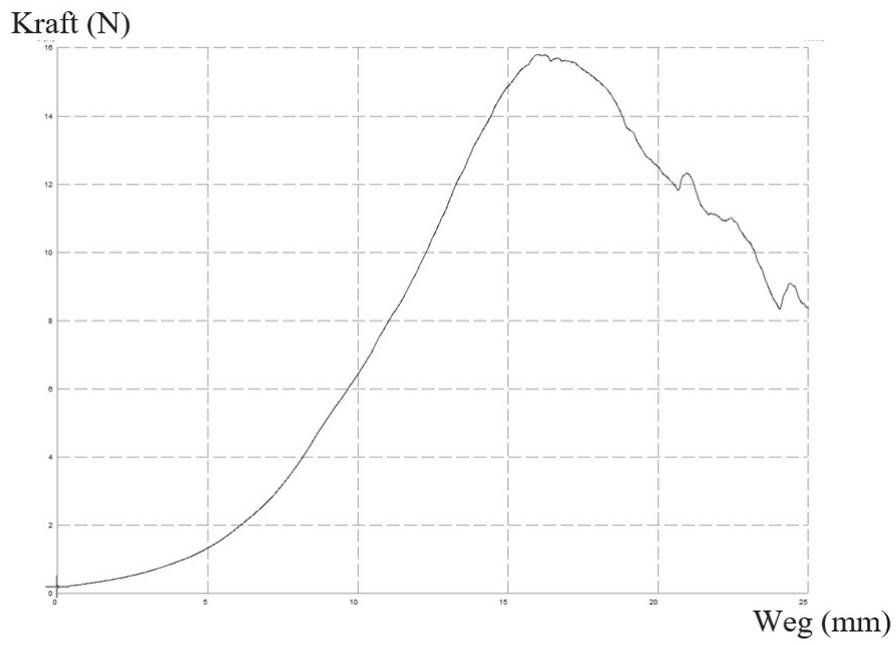
Anhang 7: Texturmessung Graph; Greenforce 1 Textureanalyzer



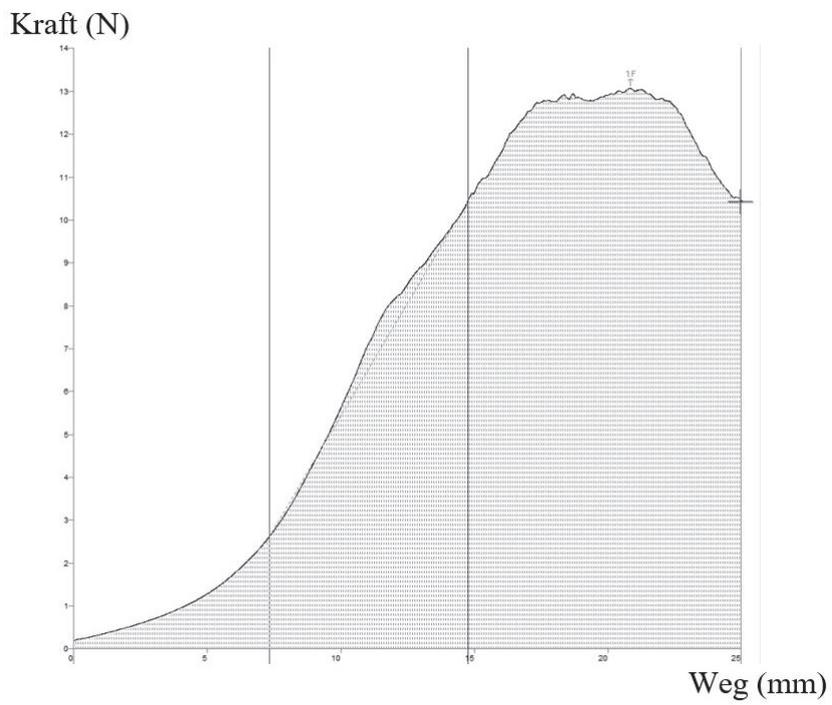
Anhang 8: Texturmessung Graph; Greenforce 2 Textureanalyzer



Anhang 9: Texturmessung Graph; Veganz 1 Textureanalyzer

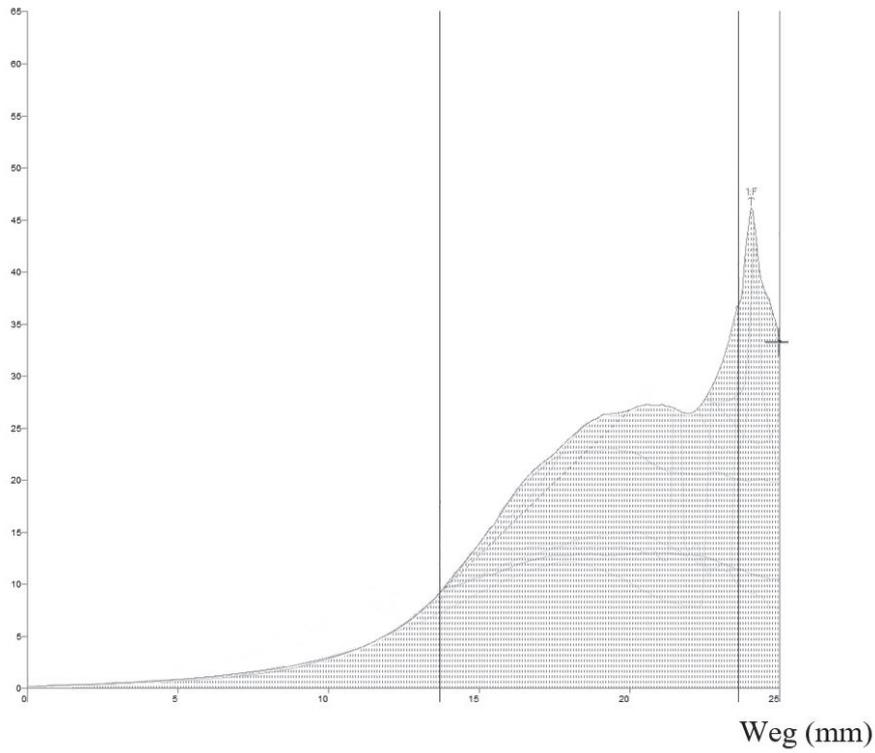


Anhang 10: Texturmessung Graph; Veganz 2 Textureanalyzer



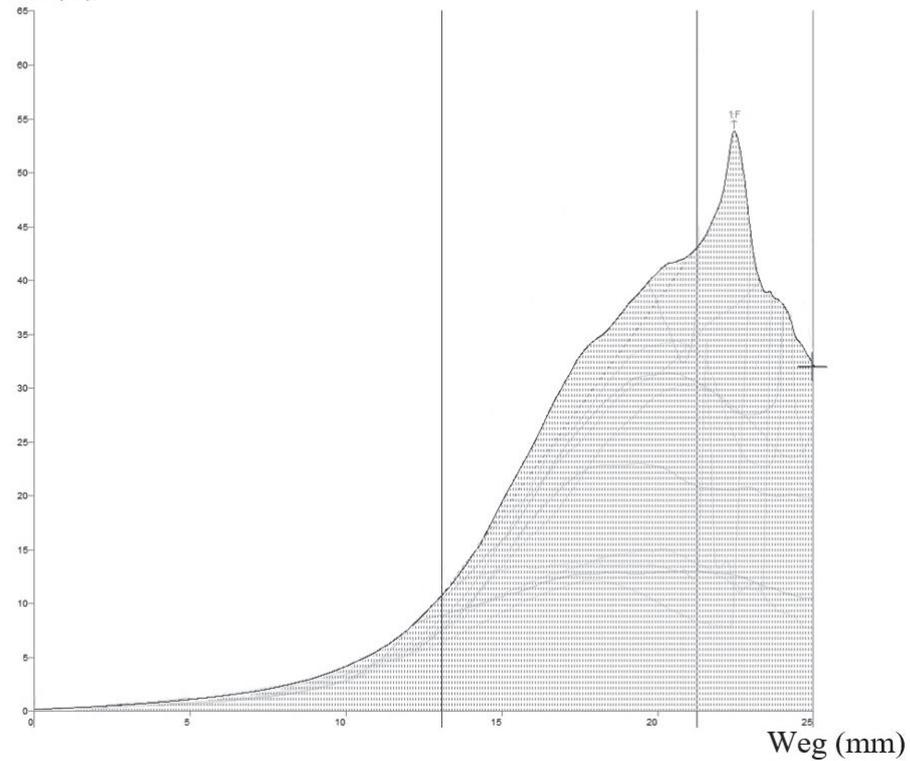
Anhang 11: Texturmessung Graph; Kräuter 1 Textureanalyzer

Kraft (N)



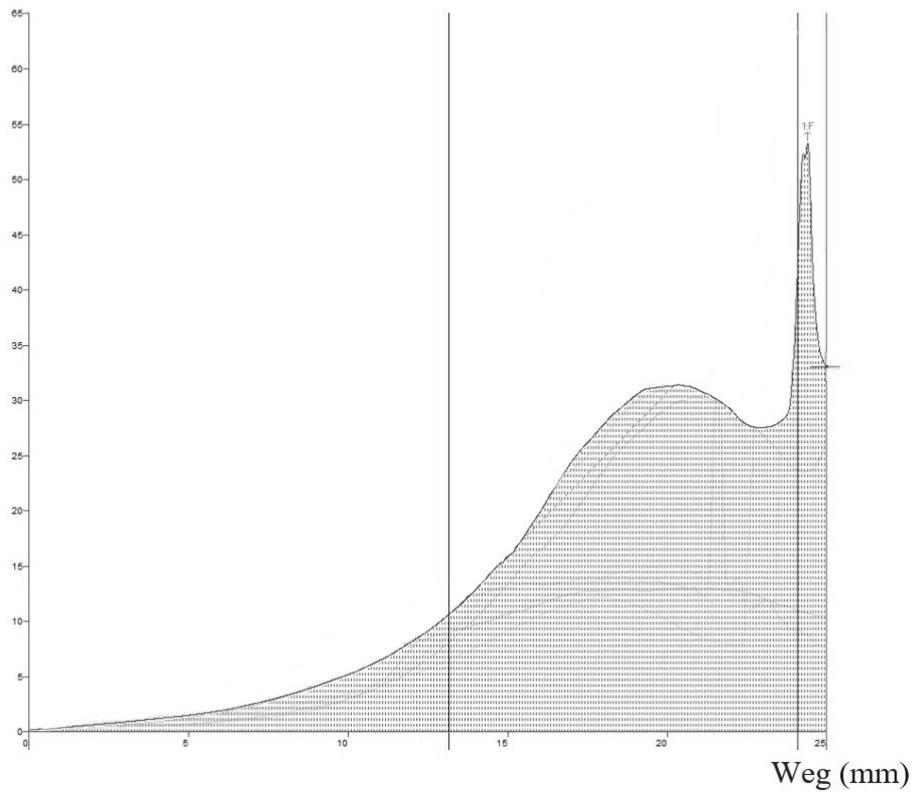
Anhang 12: Texturmessung Graph; Kräuter 2 Textureanalyzer

Kraft (N)



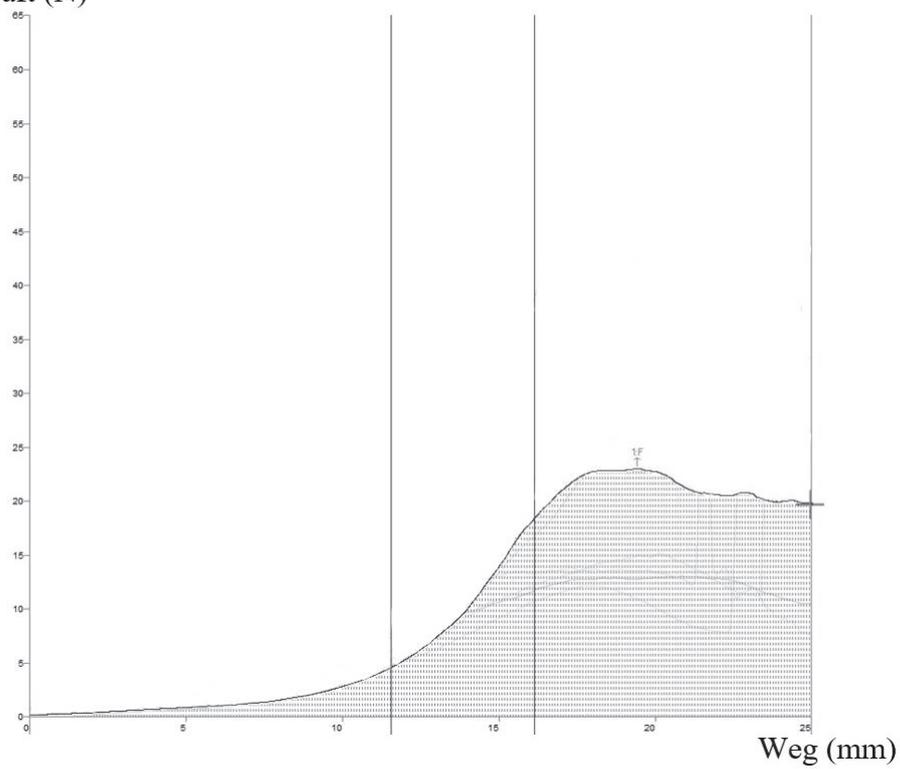
Anhang 13: Texturmessung Graph; Plain 1 Textureanalyzer

Kraft (N)



Anhang 14: Texturmessung Graph; Plain 2 Textureanalyzer

Kraft (N)



Anhang 15: Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

Hiermit versichere ich/wir, dass die vorliegende Arbeit von mir/uns selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist und ich/wir keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe/n. Textstellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind durch Zitate als solche gekennzeichnet.

Ich/wir erkläre/n weiterhin, dass die abgegebene digitale Version mit der eingereichten schriftlichen Arbeit übereinstimmt.

Neubrandenburg, 26.11.23

Ort, Datum