

# Vegane Ei-Alternativen beim Backen

Maturarbeit durchgeführt an der  
KANTONSSCHULE FREUDENBERG  
ZÜRICH

vorgelegt von  
Géraldine Schmid

betreut durch  
Andreas Häne  
Fachschaft Chemie

Zürich, Dezember 2021



# DANK

Ich möchte meiner Familie danken, die mir als Versuchspersonen beim endlosen Testen der Muffins und der Schokoladenmousses stark geholfen hat und mich während der ganzen Zeit unterstützt hat.

Auch bei allen, die meine Umfrage ausgefüllt haben, bedanke ich mich herzlich, ohne sie wäre ein grosser Teil meiner Arbeit nicht möglich gewesen.

Zudem danke ich Herr Antognini und Herr Müller vom Statistik-Team, die bei der statistischen Auswertung der Versuche und der Umfrage sehr motiviert mitgewirkt haben.

Insbesondere danke ich auch meinem Betreuer Herr Häne, der meine Ideen von Anfang an unterstützte und durch den ich vieles gelernt habe.



# INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	7
2. THEORETISCHER TEIL	8
<b>2.1. Eier</b>	<b>8</b>
2.1.1. Inhaltsstoffe	8
Eiweiss	8
Eigelb	10
2.1.2. Vorgänge beim Backen	13
<b>2.2. Alternativen</b>	<b>16</b>
2.2.1. Aquafaba	16
2.2.2. Kichererbsenmehl	17
2.2.3. Sojamehl	17
2.2.4. Bananen	18
2.2.5. Backpulver/Natron	18
2.2.6. Ei-Ersatzpulver von Alnatura	19
2.2.7. Übersicht	20
3. PRAKTISCHER TEIL	21
<b>3.1. Muffins – Grobeinschätzung</b>	<b>21</b>
3.1.1. Methodisches Vorgehen	21
3.1.2. Resultate	23
<b>3.2. Muffins – genauer Vergleich</b>	<b>29</b>
<b>3.3. Muffins – Vergleich mit/ohne zusätzlichem/s Backpulver</b>	<b>30</b>
<b>3.4. Zitronenkuchen und Brownies</b>	<b>31</b>
<b>3.5. Schokoladenmousse</b>	<b>32</b>
4. UMFRAGE	34
5. FAZIT	37
6. ZUSAMMENFASSUNG	38
7. EXPERIMENTELLER TEIL	39
<b>7.1. Abkürzungen</b>	<b>39</b>
<b>7.2. Geräte, Zutaten</b>	<b>39</b>

<b>7.3. Herstellung der Muffins</b>	<b>41</b>
<b>7.4. Herstellung des Zitronenkuchens</b>	<b>42</b>
<b>7.5. Herstellung der Brownies</b>	<b>42</b>
<b>7.6. Herstellung des Schokoladenmousses</b>	<b>43</b>
<b>8. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>44</b>
<b>9. ANHANG</b>	<b>47</b>

# 1. EINLEITUNG

In meiner Freizeit backe ich sehr gerne, und gleichzeitig bin ich umweltbewusst und versuche weniger tierische Produkte zu essen. Gerade beim Backen ist das nicht immer so einfach, deshalb wollte ich eine vegane Alternative für Eier finden, die für Süßes verwendet werden kann.

Der Klimawandel ist heutzutage ein allgegenwärtiges Thema. Ob im Radio, in der Zeitung oder in den sozialen Netzwerken, man hört immer wieder davon. Langsam treffen die Auswirkungen auch die Schweiz: Extremes Wetter wird immer häufiger. Viele machen sich Gedanken, wie man sich besser verhalten kann, damit der Klimawandel in Grenzen gehalten wird. Eine Möglichkeit, seinen ökologischen Fussabdruck zu verkleinern, ist, weniger tierische Produkte zu essen. Ein Vegetarier hat einen Ernährungs-Fussabdruck, der ca. 24 % kleiner ist als der eines durchschnittlichen Schweizers. Bei einem Veganer sind es sogar 40 % weniger [1].

Ich bin selbst weder Veganerin noch Vegetarierin. Dennoch versuche ich immer weniger tierische Nahrungsmittel zu essen. Ich koche und backe sehr gerne und versuche auch da, mehr pflanzliche Produkte zu benutzen. Einerseits kann man sehr vielfältige Gerichte mit Gemüse machen, und andererseits findet man nun auch in vielen Supermärkten ein grosses Sortiment an Ersatzprodukten, wie z. B. «Planted.Chicken» auf Erbsenbasis, Sojajoghurts und Käsealternativen. Beim Backen bilden Milch, Butter und Eier, zusammen mit Mehl und Zucker, oft die Grundzutaten. Milch und Butter sind dabei leicht zu ersetzen: Es gibt verschiedenste Milchalternativen und vegane Margarine, die sogar in kleinen Supermärkten zu finden sind. Aber wie kann das Ei ersetzt werden?

Ei-Alternativen sind deutlich schwieriger zu finden, aber auch schwieriger herzustellen. Das Ei mit Eigelb und Eiweiss, die jeweils ganz unterschiedliche Eigenschaften haben, kann sehr vielfältig eingesetzt werden und ist somit ein komplexes und einzigartiges Produkt. Beim Backen haben die Eier zudem verschiedene Funktionen und nicht nur eine einzige.

Aber die Hühner, die diese Eier legen, werden stark überzüchtet, um überhaupt so viele Eier legen zu können, wie die heutige Bevölkerung konsumiert. Es gibt die Legehennen für die Ei-Produktion und die Masthühner für die Fleischproduktion. Legehennen sind so gezüchtet, dass sie etwa doppelt so viele Eier legen, wie sie eigentlich legen würden, und nach einem Jahr werden sie geschlachtet, obwohl die Lebensdauer von Hühnern eigentlich etwa zehn Jahre beträgt. Männliche Küken der Legehennen werden sogar direkt nach der Geburt vergast, denn sie können nicht als Masthühner gebraucht werden, da sie nicht genügend Gewicht zulegen. Dies ist auch bei Freiland- oder Bioeiern der Fall. Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, dass ihnen mehr Platz zur Verfügung steht. Was alles andere betrifft, sind sie ebenfalls Zuchthühner [2].

Für die Umwelt und die Tiere wäre es also hilfreich, wenn man Eier mit pflanzlichen Alternativen ersetzen könnte. Ich habe mich deshalb dafür entschieden, einen Ei-Ersatz zu finden, so dass nicht auf feine Backwaren verzichtet werden muss, wenn man weniger Eier brauchen will.

Um genauer herauszufinden, für welche Effekte die Eier verantwortlich sind, müssen deren chemische Prozesse beim Backen analysiert werden. Danach stellt sich die Frage: Wie können diese Prozesse mit rein pflanzlichen Lebensmitteln nachgeahmt werden?

Im theoretischen Teil befasse ich mich mit der Analyse der Inhaltsstoffe und der chemischen Prozesse, sowohl der Eier als auch der möglichen Alternativen. Dann habe ich im praktischen Teil Rezepte tatsächlich ausprobiert, um zu sehen, was wirklich funktioniert und was dann doch nicht.

Mich interessierte zudem, wie die Gesellschaft auf die Idee einer Ei-Alternative reagiert. Dementsprechend habe ich eine Umfrage durchgeführt und mich so genauer mit der sozialen Akzeptanz von veganen Ei-Alternativen befasst.

## 2. THEORETISCHER TEIL

### 2.1. Eier

#### 2.1.1. Inhaltsstoffe

##### *Eiweiss*

Eiweiss, oder auch Eiklar genannt, macht den grössten Teil des Eies aus. Es besteht hauptsächlich aus Wasser und Proteinen, nämlich 87,3 % Wasser und 10,6 % Proteine, und ist somit eine zehnpromtente Proteinlösung. Des Weiteren enthält es noch 0,7 % Kohlenhydrate, 0,7 % Mineralstoffe und 0,03 % Fette [3]. Es sind die verschiedenen Proteine, die dem Eiklar sein Aussehen und seine Eigenschaften geben. Proteine sind eine sehr vielfältige Stoffklasse. Sie werden aus Aminosäuren gebildet, und ein Protein besteht aus hundert bis manchmal sogar über tausend Aminosäuren. Dass sich die in der Anzahl begrenzten Aminosäuren in einer beliebigen Reihenfolge verbinden können, erlaubt die enorme Vielfalt von Proteinen. Je nach Anordnung der Aminosäuren bildet sich eine andere Struktur des Proteins, und mit der Struktur verändern sich auch die Eigenschaften der Proteine. Insgesamt spricht man von vier Strukturebenen: die Primärstruktur, die der Reihenfolge der Aminosäuren entspricht, der sogenannten Aminosäuresequenz, die Sekundär-, die Tertiär- und die Quartärstruktur. Die Aminosäuren, die nicht durch eine kovalente Bindung miteinander verbunden sind, können dennoch intermolekulare Bindungen miteinander eingehen, z. B. Wasserstoffbrücken und Dipol-Dipol-Kräfte. Durch solche nicht kovalente Kräfte entstehen die Sekundär- und die Tertiärstruktur. Einige Proteine lagern sich zudem zu einem Proteinkomplex zusammen, was der Quartärstruktur entspricht. Durch physikalische und chemische Einwirkungen können die nicht kovalenten Kräfte gelöst werden, so dass sich die Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen ändern, während die Aminosäuresequenz bestehen bleibt. Das führt dazu, dass die Proteine danach völlig andere Eigenschaften haben. Diese Änderung der Strukturen wird Denaturierung genannt und spielt auch beim Backen eine sehr wichtige Rolle [4].

Mit 58 % hat das Protein Ovalbumin den grössten Anteil an den Proteinen des Eiklars [3]. Es gehört zu den Sphäroproteinen, denn es hat in wässriger Umgebung eine kugelförmige Tertiärstruktur. Diese Kugel ist so angeordnet, dass die hydrophoben Aminosäurereste im Inneren sind und die hydrophilen eine Aussenschicht darum bilden (siehe Abb. 1), die an das Wasser grenzt (das z. B. im Eiweiss enthalten ist) [5], [6]. Diese Anordnung ist eine entscheidende Eigenschaft der Albumine.

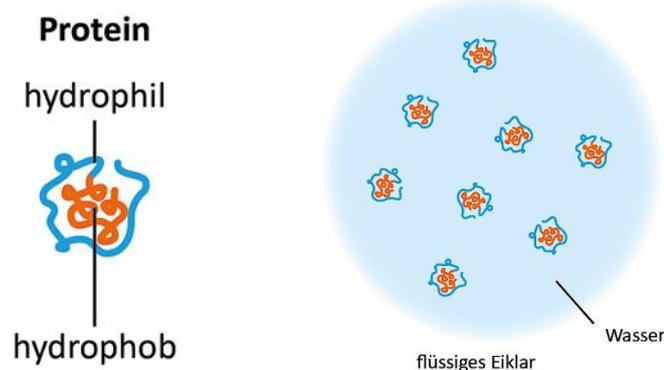


Abbildung 1: Aufbau eines Sphäroproteins: Die hydrophoben Aminosäurereste sind von den hydrophilen umgeben, so dass nur die hydrophilen ans Wasser grenzen.

Ovoalbumine denaturieren zudem schon bei geringer Einwirkung, das heisst bei kleiner Hitze oder auch durch mechanische Einwirkungen wie Aufschlagen. Sie gehören somit zu den Schaumbildnern [7]. Was genau das zur Folge hat, wird später erklärt.

Ovoglobuline, die ebenfalls zu den Sphäroproteinen gehören, haben demnach den gleichen Aufbau wie die Ovalbumine. Ausserdem diffundieren sie leicht, das heisst, sie verbreiten sich schnell, und haben einen vergleichsweise grossen Anteil an hydrophoben Molekülteilen [7]. Sie machen etwa 8 % der Proteine im Eiklar aus [3].

Das letzte Protein im Eiklar, das auch eine kugelförmige Tertiärstruktur aufweist, ist das Lysozym. Es handelt sich um ein Enzym, das Bakterien angreift und ihre Zellwand abbaut. Denn es kann die Bindung der Moleküle in der Zellwand auflösen. Im Eiklar macht es nur 3,5 % aus [3], aber es kommt z. B. auch in Speichel oder Tränen vor [8].

Des Weiteren enthält Eiklar 12–13 % Ovotransferrin [3]. Dieses Protein, das zum Teil auch Conalbumin genannt wird, kann mit Metallionen<sup>1</sup> hitzestabile Gerüste bilden [7]. Es gehört zu den Glykoproteinen. Das sind Proteine, die durch eine kovalente Bindung mit Kohlenhydratgruppen verbunden sind [9]. Ovotransferrin kann auch Hitzeschockproteine produzieren [10]; diese helfen bei der Wiederherstellung der Proteinstruktur nach einer Denaturierung durch Hitze [11].

Zudem macht Ovomuroid 11 % der Proteine im Eiklar aus [3]. Dieses Protein reduziert die Aktivität von Trypsin, einem Enzym, das Proteine verdaut. Es ist also verdauungsresistent [12].

Nicht zu verwechseln mit Ovomuroid ist das Glykoprotein Ovomucin, das 1.5–3.5 % der Proteine im Eiklar ausmacht [3]. Es ist für die teilweise gelartige Konsistenz vom Eiklar verantwortlich. Denn es besitzt eine gute Vernetzbarkeit, das heisst, es verbindet sich schnell mit anderen Proteinen und erhöht somit die Viskosität der Flüssigkeit [7]. Während der Lagerung nimmt der Anteil an Ovomucin allerdings ab, was zur Folge hat, dass das Eiklar immer flüssiger wird [13]. Auch die sogenannte Hagelschnur<sup>2</sup> im Ei wird durch die Eigenschaften des Ovomucins gebildet [14].

Kurz gesagt ist der grösste Anteil der Proteine im Eiklar kugelförmig, wobei die hydrophilen Molekülteile nach aussen zeigen und ans Wasser grenzen und die hydrophoben Molekülteile sich im Inneren der Kugel befinden, ohne mit dem Wasser in Berührung zu kommen.

<b>Protein</b>	<b>Mengenanteil</b>	<b>Struktur</b>	<b>Eigenschaften</b>
----------------	---------------------	-----------------	----------------------

<sup>1</sup> Ionen von Metallen → positiv geladene Kationen.

<sup>2</sup> Der weisse, dicke Faden im Eiweiss, der das Eigelb befestigt und mit der Schale verbindet.

<b>Ovalbumin</b>	58 %	Sphäroprotein (kugelförmige Tertiärstruktur)	Denaturiert bei geringer Einwirkung, <b>Schaumbildner</b>
<b>Ovotransferrin (Conalbumin)</b>	12–13 %	Glykoprotein (mit Kohlenhydratgruppen verbunden)	Kann mit Metallionen hitzestabile Gerüste bilden und Hitzeschockproteine produzieren, <b>Schaumstabilisator</b>
<b>Ovomucoid</b>	11 %	-	Reduziert die Aktivität von Trypsin, verdauungsresistent
<b>Ovoglobuline</b>	8 %	Sphäroproteine (kugelförmige Tertiärstruktur)	Diffundieren leicht, grosser Anteil an hydrophoben Molekülteilen, <b>Schaumbildner</b>
<b>Lysozym</b>	3,5 %	Sphäroprotein (kugelförmige Tertiärstruktur)	Enzym für den Abbau von Bakterienzellwänden, <b>Schaumbildner</b>
<b>Ovomucin</b>	1.5–3.5 %	Glykoprotein (mit Kohlenhydratgruppen verbunden)	Gute Vernetzbarkeit, erhöht die Viskosität des Eiweisses, <b>Schaumstabilisator</b>

Tabelle 1: Übersicht der wichtigsten Proteine im Eiweiss. Der jeweilige Anteil an der gesamten Proteinmenge des Eiweisses ist angegeben sowie deren Struktur und Eigenschaften. Die Schaumbildner und Schaumstabilisatoren spielen eine entscheidende Rolle für das Aufgehen von Gebäcken und die Herstellung von Eischnee.

### Eigelb

Das Eigelb enthält im Gegensatz zum Eiweiss nur ca. 50 % Wasser und dafür viel mehr Fette, nämlich ca. 32 %. Auch wenn die Proteine im Ei meistens mit dem Eiweiss in Verbindung gebracht werden, enthält auch das Eigelb 16 % Proteine. Dazu kommen noch 0,3 % Kohlenhydrate und 1,7 % Mineralstoffe [3].

Wenn man ein Eigelb aufsticht, ist das Innere sehr homogen, obwohl es sich um eine Mischung aus Wasser und Fetten handelt. Diese lassen sich normalerweise schlecht mischen, so dass man in der Regel noch die Fetttropfen sehen würde. Da merkt man also schon, dass das Eigelb eine spezielle Eigenschaft hat: Es enthält Emulgatoren. Das sind Stoffe, die veranlassen, dass sich Fett und Wasser besser mischen. Emulgator-Moleküle haben dafür sowohl einen hydrophilen (= wasserliebenden), sprich polaren, als auch einen lipophilen (= fettliebenden), also apolaren, Teil. Solche Moleküle werden amphiphil genannt: Sie können also sowohl mit Wassermolekülen wie auch mit Fettmolekülen zwischenmolekulare Wechselwirkungen eingehen. Viele Emulgatoren sind Moleküle mit einem sogenannten hydrophilen Kopf und einer oder mehreren hydrophoben (= lipophilen) Kohlenwasserstoffketten (siehe Abb. 2) [15] & [16].

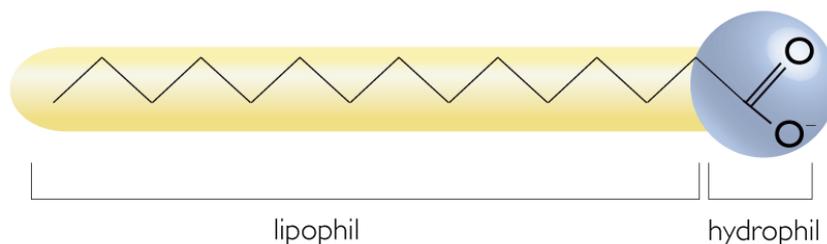


Abbildung 2: Beispielhafter Aufbau eines Emulgators: Er besteht aus einer hydrophoben Kohlenwasserstoffkette und einem hydrophilen Kopf.

Auch die im Eigelb enthaltenen Emulgator-Moleküle haben diesen Aufbau, denn es handelt sich um Phospholipide [3]. Das sind Fettsäuren, die ein Phosphoratom im sogenannten «Kopf» enthalten, wodurch dieser polar und somit hydrophil wird. Phospholipide sind unter anderem auch der Hauptbestandteil der Doppellipidschicht einer Biomembran (siehe Abb. 3) [17]. Im Eigelb machen Phospholipide 28 % der Fette aus [7]; es sind vor allem Lecithin, Kephalin und Sphingomyelin [3]. Das bekannteste und auch mengenmässig am meisten vertretene ist Lecithin. Es entsteht durch die Veresterung<sup>3</sup> von Fettsäuren, Glycerin, Phosphorsäure und Cholin (siehe Abb. 4). Durch die positive Ladung des Cholins und die negative Ladung des Phosphats wird der «Kopf» polar. Die Fettsäurereste bleiben apolar, so dass Lecithinmoleküle einen polaren und einen apolaren Teil besitzen [7].

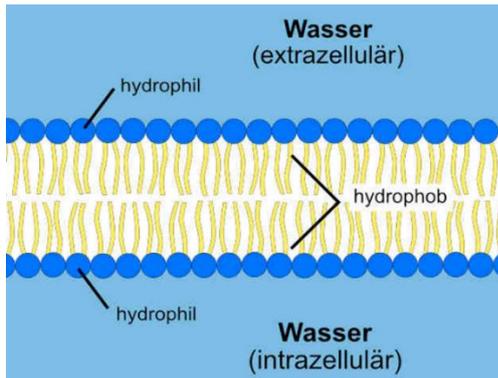


Abbildung 3: Die Doppellipidschicht einer Biomembran besteht aus Phospholipiden (Emulgatoren), die sich so anordnen, dass nur die hydrophilen Köpfe ans Wasser grenzen.

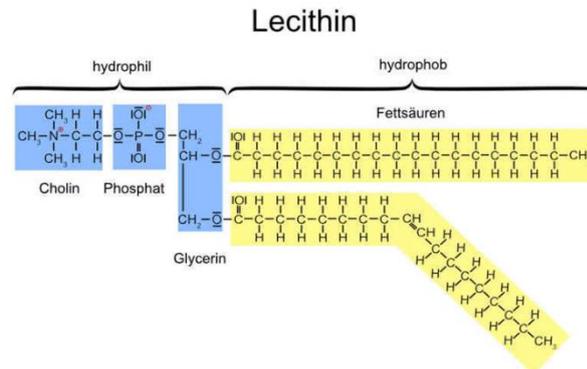


Abbildung 4: Ein Lecithin-Molekül besteht aus Cholin, Phosphat, Glycerin und zwei Fettsäuren. Die Fettsäuren (Kohlenwasserstoffketten) sind hydrophob und der Kopf (Cholin, Phosphat und Glycerin) ist hydrophil.

Emulgatoren sind grenzflächenaktive Stoffe, denn sie senken die Grenzflächenspannung. Sie wirken also dort, wo zwei Substanzen (meistens Flüssigkeiten) aufeinandertreffen, die sich nicht mischen lassen. Emulgatoren werden von beiden Substanzen angezogen und bilden so eine Verbindungsschicht. In einer Wasser-Fett-Mischung lagern sich Emulgatoren so an, dass ihr hydrophiler Kopf ans Wasser grenzt und die lipophilen Ketten an die Fette. Dabei gibt es zwei Varianten: eine Öl-in-Wasser-Emulsion (O/W-Emulsion) oder eine Wasser-in-Öl-Emulsion (W/O-Emulsion) [18] (siehe Abb. 5). Meistens sind die Emulgatoren speziell für eine dieser Varianten geeignet. Lecithin kann allerdings beide dieser Emulsionen stabilisieren [7]. Flüssigkeiten halten durch Kräfte zwischen den Molekülen zusammen. Das heisst, die Moleküle ziehen sich gegenseitig an. Ein Molekül in der Mitte der Flüssigkeit wird dabei von allen Seiten gleich stark angezogen. Es befindet sich also in einem Kräftegleichgewicht ( $F_R = 0$ ). Aber ein Molekül an der Grenzfläche wird nicht von allen Seiten gleich stark angezogen, sondern nur in Richtung des Inneren der Flüssigkeit (siehe Abb. 6). Das ist auch der Fall, wenn die Flüssigkeit an eine andere Flüssigkeit grenzt, mit der aber keine Wechselwirkungen stattfinden: Wie bei Wasser und Öl, da Wassermoleküle polar sind und Fettmoleküle apolar. Das heisst, sie gehen keine intermolekularen Wechselwirkungen miteinander ein. Um ein Molekül vom Innern an die Grenzfläche zu bringen, wird Energie benötigt, denn die Moleküle werden von innen angezogen. Bei Molekülen an der Oberfläche wird diese Energie in Form von potenzieller Energie gespeichert. Daraus folgt: Je grösser die Oberfläche, desto grösser die (potenzielle) Energie. Aber grundsätzlich wollen Moleküle und Substanzen immer in einer energiearmen Position sein, denn so sind sie am stabilsten. Sie versuchen

<sup>3</sup> Bildung eines Esters bei der Reaktion einer Carbonsäuregruppe mit einer Alkoholgruppe unter Abgabe von Wasser.

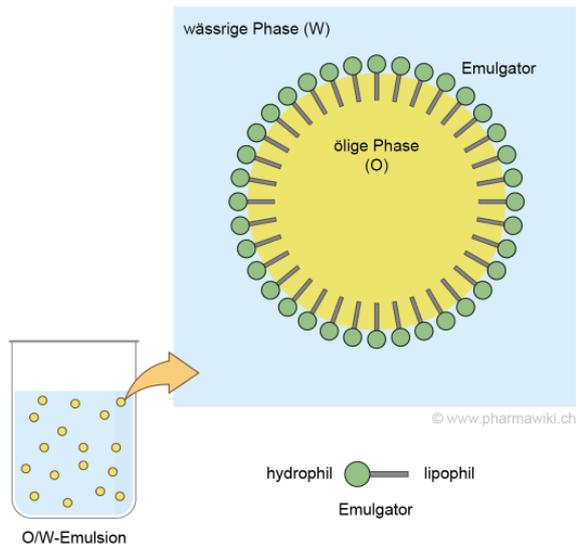


Abbildung 5: O/W-Emulsion: Die Emulgatoren richten sich so an, dass die hydrophilen Köpfe im Wasser liegen und die hydrophoben Kohlenwasserstoffketten an die Fetttropfen grenzen. Bei einer W/O-Emulsion wäre es genau umgekehrt.

Wasser oder von Wasser in Öl bilden, die sich nicht wieder zu grossen Tropfen vereinigen [20].

Auch Cholesterol, von dem jedes Ei etwa 200 mg enthält, kann als Emulgator wirken [3]. Allerdings nur für W/O-Emulsionen, denn das Molekül ist hauptsächlich lipophil und hat nur eine polare Hydroxygruppe. Es funktioniert zudem besser mit anderen Emulgatoren zusammen und nicht allein.

Die Proteine im Eigelb sind hauptsächlich Lipoproteine und Phosphoproteine [3]. Lipoproteine sind nicht-kovalente Aggregate (= keine kovalenten Bindungen) aus Fettmolekülen und Proteinen. Sie haben einen kugelförmigen Aufbau mit einem unpolaren Kern aus Cholesterinestern<sup>4</sup> und Tryglyceriden<sup>5</sup> und einer polaren Hülle aus Protein, Phospholipiden und Hydroxygruppen von unverestertem Cholesterin. Sie dienen vor allem dem Transport von wasserunlöslichen Fettmolekülen und Cholesterin unter anderem im Blut [21].

Die Phosphoproteine sind Proteine, an die eine Phosphatgruppe<sup>6</sup> angehängt wurde. Das wird Phosphorsäureester genannt: Die Phosphatgruppe wird durch eine kovalente Bindung an einen Aminosäurerest gebunden [21]. Diese Proteine sind wegen den Hydroxygruppen der Phosphorsäure hydrophil [13].

folglich immer in diese Position zu gelangen und verkleinern die Oberfläche respektive die Grenzfläche. Öl und Wasser wollen also eine möglichst kleine Kontaktfläche zueinander haben, um die Oberflächenenergie gering zu halten, deshalb bleiben sie unter sich und lassen sich nicht mischen [19]. Das ist auch der Grund, weshalb sich kleine Tropfen Öl in Wasser zu grossen Tropfen zusammenziehen. Denn je kleiner die Tropfen sind, desto mehr Oberfläche hat es im Vergleich zum Innern.

Wenn aber Emulgator-Moleküle hinzukommen, gehen sie sowohl mit Fett- als auch mit Wassermolekülen Wechselwirkungen ein und ziehen beide an. Das hat zur Folge, dass die Moleküle an der Grenzfläche ebenfalls von allen Seiten angezogen werden. So wird die Oberflächenenergie verkleinert, und die Substanzen lassen sich mischen. Erst dann können sich kleine stabile Tropfen von Öl in

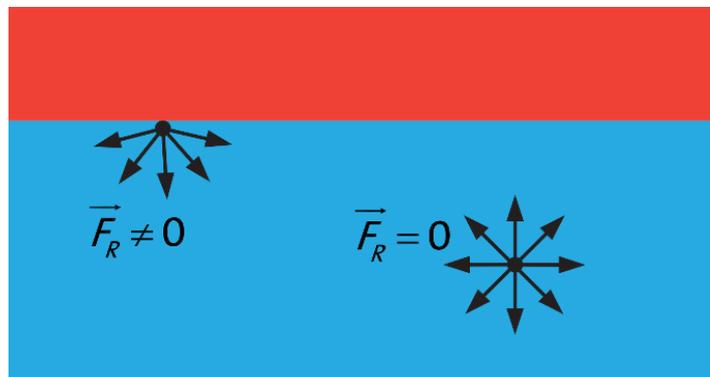


Abbildung 6: Die Kräfte, die auf ein Molekül wirken, unterscheiden sich je nachdem, wo sich das Molekül befindet. Im Inneren einer Phase wird das Molekül von allen Seiten angezogen, also ist es im Kräftegleichgewicht, aber an der Grenzfläche wird es nur nach Innen gezogen, deshalb entsteht dort Spannung.

<sup>4</sup> Chemische Verbindung zwischen Cholesterin und einer Fettsäure, entsteht durch Veresterung.

<sup>5</sup> Fettmoleküle (= Glycerin mit drei Fettsäureresten).

<sup>6</sup>  $\text{PO}_4^{3-}$  (Ion der Phosphorsäure  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).

Ein anderes spezielles Merkmal des Eigelbs ist die stark gelbe Farbe. Sie entsteht durch das  $\beta$ -Carotin (siehe Abb. 7) [3].  $\beta$ -Carotin ist eine wichtige Vorstufe von Vitamin A und wird deshalb auch als Provitamin A bezeichnet [22]. Die Farbe entsteht dadurch, dass Elektronen von einem Energieniveau in ein darübergelegenes Energieniveau springen, wenn Licht oder Wärme auf das Molekül trifft, denn dafür wird Energie benötigt. Die Elektronen fallen danach wieder auf ihre ursprüngliche Schale zurück, und dabei wird die Energie wieder frei. Diese Energie nehmen wir im Fall von  $\beta$ -Carotin als gelb-oranges Licht wahr [23].

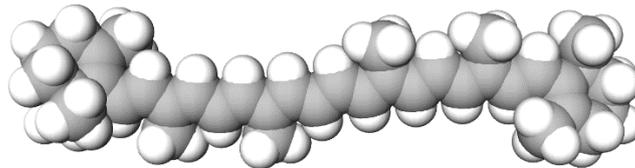


Abbildung 7: Ein  $\beta$ -Carotin-Molekül im Van-der-Waals-Sphären-Modell.

Die charakteristische gelbliche Farbe von Teigen und Gebäcken stammt genau vom  $\beta$ -Carotin des Eigelbs. Es wird auch als Lebensmittelfarbstoff verwendet wie z. B. in Margarine, um den Konsumenten und Konsumentinnen das von ihnen erwartete Bild zu geben. Margarine wäre ansonsten weiss-gräulich, und mit Hilfe von  $\beta$ -Carotin bekommt sie die gelbliche Farbe, die an Butter erinnert [22]. Denn das Aussehen von Lebensmitteln ist sehr wichtig für den Eindruck der Kunden und Kundinnen.

## 2.1.2. Vorgänge beim Backen

Ein Phänomen, das den meisten sicher schon begegnet ist, ist, dass Eier beim Kochen fest werden. Andere Substanzen werden flüssiger, wenn sie erhitzt werden, aber bei Eiern ist dies nicht der Fall, wieso genau?

Wie schon erwähnt, können Proteine durch chemische oder physikalische Einwirkungen denaturieren: also z. B. durch Hitze. Durch die brownsche Bewegung lockern sich die zwischenmolekularen Kräfte, die nicht so stark sind wie kovalente Bindungen, so dass sich die Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen auflösen. Die Proteine sind danach lange Ketten aus Aminosäuren (und nicht mehr knäuelartig), denn nur die Aminosäuresequenz bleibt bestehen. Die Aminosäuren suchen aber weiterhin Bindungspartner, so dass sich die langen Ketten, die nun nicht mehr aneinander vorbeikommen, ineinander verhaken. Die neuen Aggregate und Strukturen weisen dann ganz andere Eigenschaften auf. Bei Eiern hat dies zur Folge, dass sie fest werden, denn die Proteinketten bewegen sich nicht mehr flüssig aneinander vorbei, sondern sind nun alle miteinander verhakt [24] & [25].

Nicht alle Proteine denaturieren aber bei der gleichen Temperatur. Eiweiss denaturiert bei ca. 84.5 °C, das heisst, es wird bei dieser Temperatur fest, Eigelb hingegen schon bei ca. 65 °C. Diese Temperatur entspricht etwa dem Durchschnitt der Denaturierungstemperaturen der im Eiweiss respektive im Eigelb vorhandenen Proteine, und das erklärt diesbezüglich auch den Temperaturunterschied zwischen Eiweiss und Eigelb. Die Proteine im Eigelb sind durchschnittlich weniger hitzeresistent und denaturieren so leichter [25].

Beim Backen haben Eier grundsätzlich drei Hauptaufgaben: Sie binden, gehen auf und wirken als Emulgator. Die emulgierende Wirkung des Eies kommt vom Eigelb [3]. Wie genau Emulgatoren wirken, ist schon im Kapitel «Inhaltsstoffe Eigelb» erklärt. Sie erlauben das Mischen von ölbasierten und wasserbasierten Zutaten. Gerade beim Backen ist dies sehr wichtig, denn der Teig muss homogen sein und darf nicht in zwei Phasen aufgespalten sein, um das erwünschte Ergebnis zu bekommen. Wenn z. B. Milch oder Rahm (mehrheitlich wasserbasiert) mit Butter oder Öl gemischt wird, braucht es einen Emulgator. Diese Rolle übernimmt beim Backen meistens ein Ei oder manchmal auch nur ein Eigelb. Eier werden in der Küche oft zum Binden von Gerichten gebraucht. Bindemittel oder auch Verdickungsmittel erhöhen die Viskosität einer (wässrigen) Lösung. Sie tun dies, indem sie durch intermolekulare Wechselbeziehungen Wassermoleküle an sich binden. So können sich die Wassermoleküle nicht mehr frei bewegen, folglich wird die Lösung dickflüssiger. Stoffe, die Wasser binden, sind unter anderem Polysaccharide wie z. B. Stärke, aber auch Proteine können diese Aufgabe übernehmen. Dies ist der Fall beim Ei, denn Eier enthalten nur sehr geringe Mengen an Kohlenhydraten (siehe Kapitel «Inhaltsstoffe»). Proteine sind wie Stärke auch Makromoleküle<sup>7</sup> und besitzen meistens polare und somit hydrophile Molekülteile, an die Wassermoleküle gebunden werden können [26].

Eier werden auch gebraucht, um feste Gerichte wie z. B. Hackfleischbällchen, zu binden. Das funktioniert ebenfalls durch die intermolekularen Kräfte, die die Proteine mit den anderen Zutaten eingehen können. Da die Proteine des Eiklars sowohl polare als auch apolare Molekülteile besitzen, können sie sich mit allen Zutaten verbinden, und die Hackfleischbällchen halten besser zusammen.

Manchmal wird auch nur das Eigelb dafür verwendet. Hier kommen die Phospholipide (siehe Kapitel «Inhaltsstoffe Eigelb») zum Einsatz. Sie können ebenfalls durch ihre sowohl polaren als auch apolaren Molekülteile mit verschiedenen Zutaten Wechselwirkungen eingehen, wie z. B. Lecithin mit Wasser durch die positiven und negativen Teilladungen. Hier überschneidet sich die Wirkung des Bindens mit der Wirkung als Emulgator [27]. Des Weiteren können die Phosphoproteine im Eigelb Wassermoleküle an ihren polaren Hydroxygruppen der Phosphorsäure anlagern, und auch die Lipoproteine sind aussen polar, das heisst, sie können dort Wassermoleküle anlagern [13].

Bei Saucen oder Suppen wird meist nur das Eigelb oder das Eiweiss zum Binden verwendet, damit es nicht gerinnt, denn Eigelb und Eiweiss werden bei unterschiedlichen Temperaturen fest. Deshalb werden Suppen und Saucen nach der Zugabe des Eies auch nicht mehr aufgekocht, sondern nur leicht erhitzt. Somit wird das Denaturieren der Proteine, also das Gerinnen, verhindert [28].

Die letzte, aber eine der wichtigsten Eigenschaften des Eis ist die aufgehende Wirkung, die es besitzt. Das anschaulichste Beispiel dafür ist Eischnee. Wie im Kapitel «Inhaltsstoffe Eiweiss» erwähnt, sind die meisten Proteine im Eiweiss kugelförmig. Die hydrophoben Molekülteile liegen dabei im Innern und die hydrophilen aussen. Wenn das Eiweiss nun aufgeschlagen wird, denaturieren die Proteine; das bedeutet, sie entrollen sich zu langen Ketten. Durch das Aufschlagen kommen Luftbläschen ins Eiweiss hinein, und die denaturierten Proteine lagern sich neu an. Während die hydrophilen Teile im Wasser bleiben (Eiklar besteht zu 90 % aus Wasser), lagern sich die hydrophoben Teile an die Luftmoleküle an. Die Proteine verbinden sich nun neu, und ein Proteinnetzwerk entsteht, das die Luftbläschen stabilisiert und verhindert, dass die Luftbläschen das Eiklar wieder verlassen. Je länger die Eier aufgeschlagen werden, desto kleiner und somit stabiler werden die Luftbläschen [6]. Diese grosse Grenzfläche zwischen Wasser und Luft, die somit entsteht, ist eigentlich energetisch ungünstig, also energiereich und instabil, und wäre ohne grenzflächenaktive Substanzen nicht möglich. Erst durch das Entfalten der Proteine, die dann durch ihre polaren und apolaren Aminosäureresten als grenzflächenaktive Substanz wirken können und die Oberflächenenergie senken, wird diese Struktur möglich. Die Proteine fungieren hier also als Emulgatoren [7]. So entsteht der Eischnee.

Dabei gibt es aber einige Dinge zu beachten. Damit der Eischnee gut gelingt, dürfen keine apolaren Fett- oder Spülmittelreste an der Schüssel sein. Gerade bei Hartplastikgefässen ist dies oft der Fall, denn sie

---

<sup>7</sup> Moleküle, die aus vielen gleichen oder unterschiedlichen Bausteinen (z.B. Aminosäuren bei Proteinen) bestehen.

sind ebenfalls apolar, das heisst, Fettmoleküle sind schwieriger wegzubringen, da sie intermolekulare Wechselwirkungen mit der Schüssel eingehen können. Fettmoleküle sind ein Problem, weil sie sich an die Proteine anlagern und so die Vernetzung der Proteine zu einem Proteinnetzwerk stören [6]. Manchmal werden Zitronensaft und/oder eine Prise Salz zum Eiweiss hinzugegeben, um es besser aufschlagen zu können. Denn die Denaturierung der Proteine wird unter anderem durch Säuren und Schwermetallsalze oder auch Alkohol begünstigt. Sie ändern die Ladungsverhältnisse der Umgebung und somit auch die Wechselwirkungen, die die Tertiärstruktur der Proteine stabilisieren. Die Kräfte werden schwächer, folglich wird die Umstrukturierung und Denaturierung der Proteine begünstigt [7]. Die Proteine, die für die Bildung von Eischnee verantwortlich sind, sind die Ovalbumine, die Ovomucine, die Globuline, das Lysozym und zum Teil auch die Conalbumine. Ovalbumine denaturieren schon bei tiefen Temperaturen und auch bei mechanischer Einwirkung, wie eben das Aufschlagen. Deshalb gelten sie als Schaumbildner. Ovomucine denaturieren zwar nur schwer, aber sie besitzen eine sehr gute Vernetzbarkeit. Das heisst, sie verbinden sich schnell mit anderen Proteinen, wodurch die Viskosität der Flüssigkeit im Schaum erhöht wird. Das verhindert das Abfliessen der Flüssigkeit, was die Zerstörung des Schaums zur Folge hätte. Deshalb gehören sie zu den Schaumstabilisatoren. Globuline haben eine grosse Oberflächenhydrophobie, sprich, sie haben genügend hydrophobe Molekülteile, um kleine Mizellen<sup>8</sup> zu bilden. Sie begünstigen also die Entstehung von immer kleiner werdenden Luftbläschen. Das erhöht das Aufschlagvolumen und die Stabilität des Schaumes. Auch Lysozym gehört zu den Globulinen. Conalbumine können helfen, weil sie mit Metallionen, z. B. von Kupferschüsseln, hitzestabile Komplexe bilden, die den Schaum stabilisieren. Deswegen wurden früher oft Kupferschüsseln empfohlen, die die nötigen Kupferionen liefern. Heutzutage ist dies aber eher selten der Fall, da ein gewisses Gesundheitsrisiko durch Kupferchlorid, das entstehen könnte, vorhanden ist [7].

Für Meringue wird genau dieser Eischaum gebraucht. Allerdings ist hier der Zusatz von Zucker nötig. Denn beim Backen verdampft das Wasser aus dem Eischaum, und das Proteinnetzwerk würde zusammenfallen. Zucker karamellisiert aber bei Hitze und bildet dann ein neues festes Gerüst, so dass die Struktur erhalten bleibt. Es entstehen zudem neue chemische Bindungen zwischen den Zuckermolekülen und den Proteinen [6].

Eier können nicht nur Eischnee bilden, sie helfen auch beim Aufgehen von Gebäcken. In den meisten Rezepten werden die Eier im Teig aufgeschlagen. Ihr Volumen vergrössert sich also durch die Denaturierung der Proteine und das Einschliessen von Luftbläschen. Da aber das ganze Ei verwendet wird, ist dieser Effekt nicht so stark wie bei Eiweiss allein, denn die Fette im Eigelb verhindern dies [7]. Beim Backen denaturieren die restlichen Proteine wegen der Hitze, und somit vergrössert sich das Volumen erneut. Das entstandene Proteinnetzwerk stabilisiert die Gasbläschen, die beim Aufschlagen untergemischt werden, und diejenigen, die beim Backen entstehen (siehe Kapitel «Backpulver») und sonst entweichen würden. Im Ofen wird diese Struktur fest. Sie ist danach in Form von Luftlöchern im fertigen Gebäck zu sehen [6].

---

<sup>8</sup> Kugelförmige Molekülkomplexe aus amphiphilen Molekülen, die hydrophilen Teile liegen am Wasser und die hydrophoben sind nach innen gerichtet.

## 2.2. Alternativen

Wenn man im Internet nach Ei-Alternativen sucht, findet man sehr viele und auch sehr unterschiedliche Suchergebnisse. Da Eier in ganz vielen Gerichten verwendet werden und viele Funktionen haben, ist nicht für jedes Rezept die gleiche Alternative einsetzbar. In dieser Arbeit wurde eine Ei-Alternative gesucht, die in Kuchen und Muffins einsetzbar ist, und eine, mit der Schokoladenmousse hergestellt werden kann. In diesen Speisen können sich wahrscheinlich die Meisten Ei-Alternativen am besten vorstellen, und die Umfrage hat diese Annahme bestätigt (siehe Kapitel «Umfrage»). Das Ziel war, eine Alternative zu finden, mit der ein Ei in solchen Rezepten eins zu eins ersetzt werden kann – so dass jegliche Rezepte für Muffins, Kuchen und Schokoladenmousse auch für diejenigen möglich sind, die wünschen, weniger oder keine Eier zu benutzen. Aber welche der vielen Ei-Alternativen, die empfohlen werden, können die Aufgaben der Eier in diesen Gerichten überhaupt übernehmen? Um dieser Frage nachzugehen, wurden einige Alternativen genauer untersucht. Auf Grund von Vorexperimenten (siehe «praktischer Teil») wurde dieser Abschnitt auf folgende Ei-Alternativen beschränkt: Aquafaba, Kichererbsenmehl, Sojamehl, Bananen, Backpulver/Natron und Ei-Ersatzpulver von Alnatura.

### 2.2.1. Aquafaba

Aquafaba ist das Wasser aus Kichererbsendosen. Es wird vor allem als Eiweissersatz gebraucht, und zwar um Eischnee herzustellen. Das funktioniert tatsächlich, aber wie ist das möglich?

Aquafaba besteht hauptsächlich, nämlich zu 94 %, aus Wasser, wie der Name es schon suggeriert. Es enthält aber auch 1.5 % Proteine, 0.5 % Mineralien und 4 % Kohlenhydrate [29]. Fett ist keines vorhanden, was bei der Herstellung von Schaum ein klarer Vorteil ist. Beim Eiweiss sind es die Proteine, die den Eischaum ermöglichen und auch bei Aquafaba ist dies der Fall. Die Proteine in Aquafaba sind grösstenteils Albumine. Sie gehören also zur gleichen Proteingruppe, wie das Ovalbumin, von dem es mengenmässig am meisten im Eiklar hat. Albumine sind genau wie die Proteine im Eiklar kugelförmig aufgebaut und haben durch ihre hydrophilen und lipophilen Aminosäureresten gute Verschäumungseigenschaften [5].

Zudem enthält Aquafaba hitzeresistente Proteine wie z. B. Hitzeschockproteine. Da diese bei der Wiederherstellung der Proteinstruktur nach der Denaturierung helfen, kann Aquafaba im Gegensatz zu Eiweiss erhitzt und eingefroren werden, ohne dass die Proteine irreversibel denaturieren. Eier können hingegen nach dem Erhitzen nicht wieder zurück zu ihrer vorherigen Form gelangen. Die Proteine im Aquafaba haben tendenziell ein tiefes Molekulargewicht<sup>9</sup> [29], weshalb sie nicht sehr hitzeempfindlich sind. Denn je höher das Molekulargewicht eines Proteins, desto hitzeempfindlicher ist es [30]. Das ist sehr praktisch, denn so kann das Wasser aus den Kichererbsendosen aufgefangen und eingefroren werden, bis man es benötigt.

---

<sup>9</sup> Summe aller Atommassen in einem Molekül.

## 2.2.2. Kichererbsenmehl

Da Aquafaba ähnliche Proteine aufweist wie Eiweiss, muss dies auch bei Kichererbsen der Fall sein. Denn Aquafaba hat seine Proteine aus den Kichererbsen. Tatsächlich sind Albumine in Getreide und vielen anderen Pflanzen vertreten [9], auch in Kichererbsen. Da beim Backen vor allem die Proteine des Eies benötigt werden, um ein Proteinnetzwerk zu bilden, das sowohl beim Aufgehen als auch beim Binden hilft, sind es auch sie, die unbedingt ersetzt werden müssen, wenn man keine Eier verwenden will. Kichererbsenmehl (hergestellt aus gemahlenden getrockneten Kichererbsen) weist mit 19 g pro 100 g<sup>10</sup> einen sehr hohen Proteingehalt auf im Vergleich zu anderen Mehlen, und es sind Proteine, die ähnliche Eigenschaften haben wie die Proteine im Eiweiss. Diese Proteine haben hydrophile und lipophile Aminosäurereste, deshalb können sie auch als Emulgatoren wirken. Allerdings ist ihre emulgierende Wirkung weniger stark als die von Eiern. Denn Eier enthalten auch noch Phospholipide. Eier haben auch eine bindende Eigenschaft. Diese wird beim Kichererbsenmehl von den Kohlenhydraten übernommen, von denen es 44 g auf 100 g<sup>10</sup> hat. Kohlenhydrate haben viele freie polare OH-Gruppen (Hydroxygruppen), die mit Wassermolekülen Wasserstoffbrücken bilden und sie so an sich binden (siehe Abb. 7) [31]. Die Hauptaufgaben von Eiern beim Backen können somit alle ganz oder teilweise von Kichererbsenmehl übernommen werden. Um als Ei-Ersatz in Kuchen und Muffins verwendet zu werden, wird das Kichererbsenmehl mit etwas Wasser gemischt.

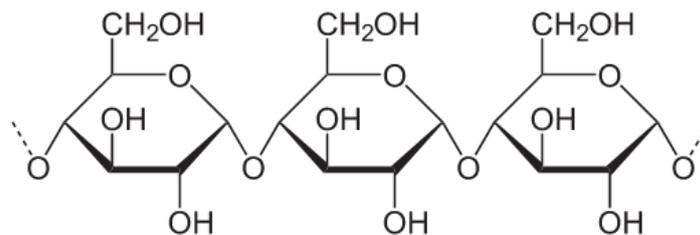


Abbildung 8: Abschnitt eines Stärke-Moleküls: Die OH-Gruppen können mit Wassermolekülen Wasserstoffbrücken bilden und sie so an sich binden.

## 2.2.3. Sojamehl

Auch Sojamehl ist ein sehr proteinreiches Mehl. Es enthält ganze 41 g Proteine pro 100 g<sup>10</sup>: Das sind sogar doppelt so viele wie im Kichererbsenmehl. Diese Proteine können, wie auch schon die Proteine des Kichererbsenmehls, die Funktion der Proteine des Eies übernehmen. Zudem sind die Sojaproteine ebenfalls hauptsächlich Globuline und Albumine. Sie weisen also dieselbe kugelförmige Struktur auf wie die Proteine im Ei und in Kichererbsen [32].

Sojamehl hat im Vergleich zum Mehl aus Kichererbsen dafür viel weniger Kohlenhydrate, nämlich nur 3,1 g pro 100 g<sup>10</sup>. Da Eier aber auch fast keine Kohlenhydrate enthalten, sind diese nicht zwingend nötig. Zudem enthält es mehr Fett (21 g/100 g)<sup>10</sup>. Das könnte schon ein Hinweis darauf sein, dass es Emulgatoren enthält. Denn die ursprünglichen Sojabohnen enthalten sowohl Wasser als auch Fette. Tatsächlich wird aus Sojabohnen sogar Lecithin gewonnen [33]. Lecithin ist ein Emulgator, der auch im Eigelb enthalten ist [3]. Dass Sojamehl zusätzlich noch Emulgatoren enthält im Gegensatz zum Kichererbsenmehl, ist ein Vorteil für die Verwendung als Ei-Ersatz.

<sup>10</sup> Siehe Verpackung.

## 2.2.4. Bananen

Bananen sind wahrscheinlich der am einfachsten erhältliche und weitverbreitetste Ei-Ersatz für Kuchen und Muffins. Man hat sie oft schon im Haushalt und kann sie gut brauchen, wenn gerade einmal kein Ei da ist, auch wenn man nicht speziell vegan oder ohne Eier backen will. Allerdings haben Bananen einen sehr starken Eigengeschmack. Bei einigen Rezepten kommt dieser mehr zur Geltung als bei anderen, aber man sollte dies trotzdem beachten.

Wieso Bananen so gut als Ei-Alternative funktionieren, ist nicht ganz klar. Sie enthalten zwar Pektin und Kohlenhydrate, die Wasser binden können, aber fast keine Proteine [34]. Trotzdem scheinen sie, dank ihrer Konsistenz und ihrem Feuchtigkeitsgehalt, Eier in Backwaren gut ersetzen zu können.

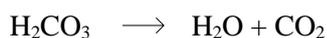
## 2.2.5. Backpulver/Natron

Gerade bei Kuchen und Muffins ist die aufgehende Wirkung des Eies entscheidend. Backpulver hat, wie sicherlich alle wissen, die gleiche Eigenschaft. Aber wie funktioniert das genau?

Backpulver ist eine Mischung aus Natron (Natriumhydrogencarbonat) und einem Säuerungsmittel wie z. B. Zitronensäure oder Weinstein (vorhanden in Weinsteinbackpulver). Natriumhydrogencarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) ist ein Salz aus  $\text{Na}^+$ - und  $\text{O}^-\text{C}(\text{O})\text{O}^-$ -Ionen. Es reagiert mit Säuren, wobei unter anderem  $\text{H}_2\text{CO}_3$  entsteht:

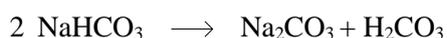


$\text{H}_2\text{CO}_3$  ist Kohlensäure. Kohlensäure wird bei Hitze zu  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{CO}_2$  umgewandelt, denn in diese Richtung ist die Reaktion endotherm, sprich, sie wird durch Wärme favorisiert:



Das entstandene  $\text{CO}_2$  ist gasförmig. Es bilden sich also durch die Reaktion von Natron Gasbläschen. Sie sorgen dafür, dass der Teig aufgeht, denn sie können ihm wegen dem Proteinnetzwerk und den Kleberproteinen<sup>11</sup> im Mehl nicht entweichen. So wird der Teig lockerer und luftiger.

Da im Backpulver bereits Säure enthalten ist, müssen keine zusätzlichen Zutaten hinzugegeben werden. Wenn allerdings reines Natron verwendet wird, muss noch Essig oder Zitronensaft hinzugefügt werden. Natron kann in der Hitze auch mit sich selbst reagieren, dann entsteht zusätzlich ein neues Salz, nämlich Natriumcarbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ):



Dies geschieht ab ca. 50 °C, also auch beim Backen. Dann braucht es aber doppelt so viel Natron für die gleiche Menge an Kohlensäure und somit an Gasbläschen. Deshalb ist der Vorgang mit Zugabe von Säure effizienter [35].

---

<sup>11</sup> Entstehen durch die Verbindung von Wasser mit Gluten und bilden ein Klebergerüst, das dafür sorgt, dass die Gase nicht entweichen.

## 2.2.6. Ei-Ersatzpulver von Alnatura

Wenn es tatsächlich schon fertig hergestelltes Ei-Ersatzpulver gibt, dann müsste das doch fast die beste Alternative zu Eiern sein. Das Ei-Ersatzpulver von Alnatura basiert auf Süsslupinenmehl, enthält aber auch noch Johannisbrotkernmehl, Maismehl, Leinsamenmehl und Sonnenblumenkernmehl<sup>12</sup>. Süsslupinenmehl ist, wie Kichererbsen- und Sojamehl, ebenfalls ein sehr proteinreiches Mehl, denn es enthält durchschnittlich etwa 40 % Eiweiss. Es wird aus geschälten Süsslupinensamen hergestellt, die zunehmend auch als Sojaersatz verwendet werden [36]. Die Proteine der Süsslupine sind den Sojaproteinen sehr ähnlich [37]. Daraus lässt sich schliessen, dass sie auch ähnlich sind wie die des Eiklars. Daher wird Süsslupinenmehl als Ei-Ersatz verwendet.

Nebst Proteinen enthält Süsslupinenmehl 5 % Kohlenhydrate und 4–7 % Fette. Es ist also eher kohlenhydrat- und fettarm. Das heisst, es enthält nicht noch Emulgatoren wie Sojamehl. Diese Funktion wird hier deshalb von den Proteinen übernommen, so wie es auch beim Kichererbsenmehl der Fall ist [38].

Johannisbrotkernmehl und Maismehl sind sehr kohlenhydratreich. Sprich, sie bringen die Kohlenhydrate ins Pulver, so dass dieses auch gut zum Binden verwendet werden kann. Leinsamenmehl und Sonnenblumenkernmehl sind dafür wieder proteinreich, so dass das Pulver insgesamt einen Proteingehalt von 30 % hat und einen Kohlenhydratgehalt von 14 %. Fett enthält es 8,3 %<sup>12</sup>. In der Theorie ist das Ei-Ersatzpulver von Alnatura also doch sehr geeignet, um Eier in Kuchen und Muffins zu ersetzen.

---

<sup>12</sup> Siehe Verpackung.

## 2.2.7. Übersicht

Welche Eigenschaften werden durch welche Inhaltsstoffe erfüllt?

	<b>Aufgehen, Lockern</b>	<b>Emulgatoren</b>	<b>Binden</b>
<b>Ei</b>	Proteine	Lecithin, Proteine	Proteine
<b>Kichererbsenmehl</b>	Proteine	Proteine	Kohlenhydrate
<b>Sojamehl</b>	Proteine	Sojalecithin, Proteine	Proteine, Kohlenhydrate
<b>Bananen</b>	?	?	Kohlenhydrate
<b>Backpulver/Natron</b>	Natriumhydrogencarbonat	-	-
<b>Ei-Ersatzpulver (Alnatura)</b>	Proteine	Proteine	Kohlenhydrate
<b>Aquafaba</b>	Proteine	(Proteine)	(Kohlenhydrate, Proteine)

*Tabelle 2: Die wichtigsten Funktionen der Eier beim Backen sind das Aufgehen und Lockern, die emulgierende Wirkung und das Binden. Die Tabelle zeigt, welche Inhaltsstoffe der jeweiligen Alternativen, welche Eigenschaften der Eier übernehmen.*

Welche Alternativen müssten für welche Gerichte geeignet sein?

	<b>Muffins/Kuchen</b>	<b>Schokoladenmousse</b>
<b>Ei</b>	✓	✓
<b>Kichererbsenmehl</b>	✓	
<b>Sojamehl</b>	✓	
<b>Bananen</b>	✓	
<b>Backpulver/Natron</b>	✓	
<b>Ei-Ersatzpulver (Alnatura)</b>	✓	
<b>Aquafaba</b>		✓

*Tabelle 3: In dieser Arbeit wurden Ei-Alternativen für Muffins und Kuchen und für Schokoladenmousse getestet. Die Tabelle zeigt, welche Alternativen für welches Gericht geeignet sein sollten. Die Alternativen wurden dann auch in diesem Gericht getestet.*

## 3. PRAKTISCHER TEIL

Verschiedene Alternativen sollten in der Theorie für verschiedene Gerichte als Ei-Ersatz einsetzbar sein. Um herauszufinden, ob diese Ei-Alternativen auch tatsächlich funktionieren, wurden die im Folgenden erläuterten Versuche durchgeführt.

### 3.1. Muffins – Grobeinschätzung

#### 3.1.1. Methodisches Vorgehen

Das Ziel war, eine Ei-Alternative zu finden, die für Muffins und Kuchen gleichermassen verwendet werden kann. Im Internet findet man sehr viele verschiedene Ei-Alternativen, und bei diversen wird gesagt, man könne sie für Muffins und Kuchen benutzen [39]. Deshalb wurden alle diese Vorschläge getestet. Denn bei Weitem nicht alle der im Internet gefundenen Vorschläge für Ei-Alternativen bei Muffins und Kuchen funktionieren tatsächlich.

Als Rezept wurde ein Muffin-Grundrezept benutzt [40], das einen eher hohen Anteil an Eiern enthält, damit der Unterschied zwischen den verschiedenen Alternativen besser ersichtlich wird. Zudem wurde im Rezept Öl anstelle von Butter verwendet. Das ist wichtig, weil die Muffins mit Ei-Alternative ganz vegan gemacht wurden und so die Butter nicht ersetzt werden musste. Ansonsten könnten Unterschiede zwischen der Variante mit Ei und den Varianten mit Ei-Alternativen auf den Ersatz von Butter mit Öl respektive Margarine zurückgehen. Somit war die einzige Zutat, die abgesehen von den Eiern ersetzt werden musste, die Milch. Sie wurde hier durch Mandelmilch ersetzt, kann aber auch durch eine andere pflanzliche Milch ersetzt werden.

Die Varianten, die getestet wurden (und so im Internet oder in Zeitschriften zu finden waren [39]), sind folgende (die Menge entspricht jeweils einem Ei):

- a. 1 Ei
- b. 75 g Apfelmus
- c. ½ Banane (ca. 40 g), zerdrückt
- d. 3 EL Mandelmus (ca. 45 g)
- e. Ei-Ersatzpulver von Alnatura (nach Anleitung: 1 TL + 50 ml Mineralwasser)
- f. 1 TL Natron + 1 EL Apfelessig
- g. 2 EL Chiasamen + 3 EL Wasser
- h. 2 EL geschrotete Leinsamen + 3 EL Wasser
- i. 1 EL Stärke + 3 EL Wasser (ca. 8 g Stärke)
- j. 1 EL pflanzliches Joghurt (ca. 17 g)
- k. 1 EL Kichererbsenmehl + 2 EL Wasser (ca. 11 g Kichererbsenmehl)
- l. 25 ml Aquafaba, aufgeschlagen
- m. 3 EL Aquafaba, flüssig

Pro Variante wurden drei Muffins gebacken. Die Zutaten für den Teig wurden auf das Gramm genau abgewogen. Sprich, auch die Mengen der Flüssigkeiten (Öl und Milch) wurden in Gramm umgewandelt. Sollte ein ml-Reagenzglas vorhanden sein, können sie auch damit abgemessen werden. Pro Muffin

wurden 50 g Teig abgewogen und in das eingefettete Muffinblech gegeben. Die Muffins wurden so darauf verteilt, dass jeweils eines in der Mitte, eines in der Ecke und eines am Rand des Muffinbleches platziert ist. So konnten Unterschiede auf Grund von Faktoren wie der Position im Ofen vermieden werden. Aus demselben Grund wurden alle Muffins auf der gleichen Höhe im Ofen, bei der gleichen Temperatur und gleich lange gebacken. Dafür wurde eine Stoppuhr mit Sekundengenauigkeit verwendet.

Um nicht nur Geschmack, Aussehen und Textur der Alternativen vergleichen zu können, wurden zusätzlich drei wissenschaftliche Tests durchgeführt. Denn so konnten die Muffins noch genauer miteinander verglichen werden. Diese drei Tests beziehen sich auf das Volumen, den Feuchtigkeitsgehalt und die Kompressibilität. Sie wurden folgendermassen durchgeführt:

- Volumen: Zwei Muffins pro Variante wurden senkrecht durch die Mitte halbiert. Die Höhe in der Mitte und am Rand wurde mit einer Schiebelehre gemessen. Dann wurden diese beiden Zahlen addiert und so wurde der Volumenindex gebildet.
- Feuchtigkeitsgehalt (siehe Abb. 10): Eines der halbierten Muffins pro Variante wurde bei 100 °C Umluft im Ofen bis zur Gewichtskonstanz<sup>13</sup> getrocknet. Das Gewicht der Muffins wurde sowohl davor als auch danach gemessen. Der Gewichtsverlust entspricht dem Feuchtigkeitsverlust und wurde in Prozent berechnet.
- Kompressibilität (siehe Abb. 9): Gewichte (4 x 100 g) wurden regelmässig verteilt auf einen Metall- oder Holzkreis mit einem kleinen Loch in der Mitte gestellt. In die Mitte aller noch ganzen Muffins wurde (eines pro Variante) ein langer Zahnstocher gesteckt. Die Scheibe mit den Gewichten wurde auf das Muffin gelegt (der Zahnstocher kommt in das Loch der Metallscheibe: Der Durchmesser muss genau abgestimmt sein, so dass Schief lagen vermieden werden). Die Höhe des Muffins nach dem Einsinken wurde mit einer Schiebelehre gemessen. Da nicht das Muffin direkt gemessen werden konnte, sondern nur das Muffin mit Scheibe und Brett, wurden Scheibe und Brett zuerst separat gemessen und dann ihre Breite vom Resultat abgezogen – so erhielt man die Höhe des eingesunkenen Muffins.



Abbildung 9: Test zur Kompressibilität: Mit der Schiebelehre wird die Höhe gemessen, von der danach die Dicke der Scheibe und des Brettes abgezogen werden, so dass man die Höhe des eingesunkenen Muffins erhält.

<sup>13</sup> Muffins mehrmals während des Trocknens wägen, bis sich das Gewicht nicht mehr ändert → um zu überprüfen, dass wirklich das ganze Wasser verdampft ist.



Abbildung 10: Die halbierten Muffins (1 pro Variante), nachdem sie im Ofen bei 100 °C Umluft bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wurden.

### 3.1.2. Resultate

Die Resultate der ersten Versuchsreihe waren sehr unterschiedlich. Schon bei den rohen Teigen fiel auf, dass die Variante mit Ei deutlich gelber war, denn das  $\beta$ -Carotin, das ihm die gelbe Farbe verleiht, ist in keiner der Alternativen vorhanden (siehe Abb. 11).

Nach dem Backen waren die Unterschiede aber noch grösser. Die originale Variante mit Ei ging deutlich am stärksten auf (siehe Abb. 12). Sie hatte die klassische Muffinform und auch den klassischen Muffingeschmack. Sie war luftig und aussen knusprig, allerdings waren diese Muffins im Mundgefühl eher trocken.

Mandelmus funktionierte nicht, denn es gab keinen homogenen Teig. Die krümelige Masse, die sich bildete, als die Zutaten für den Teig gemischt wurden, konnte nicht gebacken werden. Demzufolge kann Mandelmus nicht als Ei-Alternative für Muffins und Kuchen verwendet werden.

Die Variante mit Natron tönt in der Theorie gut. In der Realität sanken diese Muffins allerdings in der Mitte stark ein, wurden sehr dunkel und hatten einen seifigen Geschmack. Natron wird tatsächlich verwendet, um Seife herzustellen [41], daher ist diese Entwicklung nachvollziehbar. Wegen diesem Geschmack ist diese Variante nicht essbar. Das zeigt, dass es nicht reicht, nur die aufgehende Wirkung des Eies zu ersetzen. Denn so geht der Teig zwar zuerst auf, dann sinkt er aber viel stärker wieder ein, da er nicht genügend Stabilität hat.

Alle anderen Varianten waren essbar, dennoch gab es grosse Unterschiede bezüglich der Ähnlichkeit zum «originalen Produkt»: dem Muffin mit Ei. Die Varianten mit Chiasamen und Leinsamen entsprachen nicht dem gleichen Produkt, denn die Samen waren doch sehr präsent, sowohl im Geschmack und der Textur wie auch im Aussehen. Wenn dies allerdings nicht stört, sind die Muffins mit Leinsamen doch sehr genussvolle Muffins. Sie hatten eine schönere Form als diejenigen mit



Abbildung 11: Teig mit Ei (links) und Teig mit einer Alternative (rechts): Der Teig mit Ei ist deutlich gelber auf Grund des  $\beta$ -Carotins.



Abbildung 12: Blech mit gebackenen Muffins (Varianten A, B, C und E): Es ist deutlich sichtbar, dass die Muffins mit Ei stärker aufgehen als die anderen.

Chiasamen, die sehr unförmig waren und nicht richtig aufgingen. Dadurch waren die Muffins mit Chiasamen auch deutlich kompakter und eher teigig. Zudem waren die Körner bei der Variante mit Leinsamen weniger stark spürbar und weniger störend.

Die Variante mit Apfelmus ging kaum auf, war sehr feucht und gar nicht knusprig. Diese Textur war nicht sehr angenehm und zu kompakt. Zudem hatten diese Muffins eine graue Farbe und einen leichten Fruchtgeschmack.

Die Variante mit Banane gelang hingegen sehr gut: schöne Form, knuspriger Rand, ähnliche Textur wie diejenige mit Ei, nur etwas feuchter (was allerdings nicht störte). Aber der Geschmack war nicht neutral, denn man schmeckte die Bananen. Für diese Muffins störte dies nicht, aber diese Ei-Alternative ist nicht für alle Rezepte geeignet.

Von der Variante mit dem Ei-Ersatzpulver von Alnatura erwartet man viel, und in der Theorie scheint es tatsächlich eine sehr geeignete Alternative zu sein. Dennoch war das Ergebnis mittelmässig. Die Muffins waren nicht sehr knusprig, und der Geschmack sowie die Textur wurden teilweise als unangenehm empfunden. Nur weil etwas in der Theorie gut klingt, heisst das folglich noch nicht, dass es auch in der Realität gut funktionieren wird.

Der Geschmack und die Konsistenz der Variante mit Joghurt waren gut. Teilweise spürte man sogar einen leichten Caramelgeschmack bei diesen Muffins. Aber sie sanken in der Mitte ein und gingen nicht auf. Sie hatten folglich keine schöne Muffinform.

Die beiden Varianten mit Aquafaba waren in Ordnung. Sie zeigten leichte Unterschiede auf. Vor allem beim Test zur Stabilität sah man, dass die Muffins mit aufgeschlagenem Aquafaba deutlich stabiler waren (siehe Abb. 18). Durch das Aufschlagen denaturieren die Proteine und bilden ein Proteinnetzwerk, das die Muffins stabilisiert, so wie es auch bei der Variante mit Ei geschieht. Diese Variante ging durch die Proteine zwar auf, aber die Oberfläche blieb eher flach, das heisst sie hatte auch keine typische Muffinform. Bei beiden Varianten mit Aquafaba war der Geschmack ein Problem, denn ein leicht spezieller Nachgeschmack war spürbar, der nicht erwünscht war.

Am besten gelangen die Varianten mit Kichererbsenmehl und Stärke, da sie aussen knusprig waren und auch eine angenehme Textur aufwiesen (eher luftig, feinporig, angenehm feucht), wobei die Variante mit Kichererbsenmehl noch etwas knuspriger war und auch etwas stärker aufging. Allerdings waren beide geschmacklich nicht sehr überzeugend. Die Variante mit Stärke wurde als fad empfunden, und diejenige mit Kichererbsenmehl hatte einen leicht unangenehmen Nachgeschmack. Trotzdem war die Variante mit Kichererbsenmehl im Aussehen und der Textur die beste Alternative zu Ei.



Abbildungen 13-15: Bilder der Muffins mit den verschiedenen Ei-Alternativen (von oben, der Seite und halbiert). Die Reihenfolge entspricht der Reihenfolge auf S. 21 von links nach rechts und von oben nach unten.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Tests wurden ebenfalls verglichen und für jeden Test wurde eine Rangfolge aufgestellt. Die Buchstaben entsprechen den Buchstaben der Aufzählung der Varianten auf S. 21. Die Daten wurden dann nochmals in Form von Diagrammen wiedergegeben. In den Diagrammen sind sowohl die Extremwerte als auch die Bestwerte markiert.

Volumen (Beginn mit grösstem): A, K, L&E, M&C, I, H, B, G, J, F

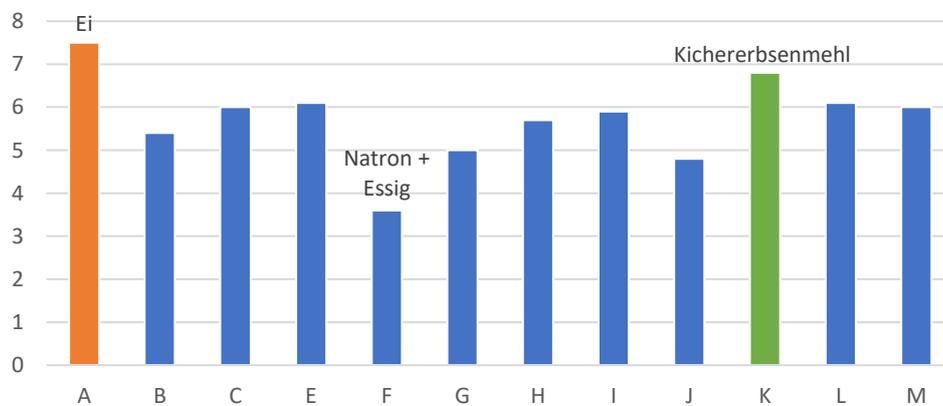


Abbildung 16: Das Diagramm zeigt den Volumenindex der verschiedenen Muffinvarianten. Je höher die Säule, desto stärker sind die Muffins dieser Variante aufgegangen. Die grüne Säule kommt der Variante mit Ei am nächsten. A: Ei, B: Apfelmus, C: Banane, E: Ei-Ersatzpulver (Alnatural), F: Natron mit Apfelessig, G: Chiasamen, H: geschrotete Leinsamen, I: Stärke, J: pflanzliches Joghurt, K: Kichererbsenmehl, L: Aquaflaba aufgeschlagen, M: Aquaflaba flüssig.

Feuchtigkeitsgehalt (Beginn mit feuchtestem): E, B, M, G&I, A&H, C, L, K, F&J

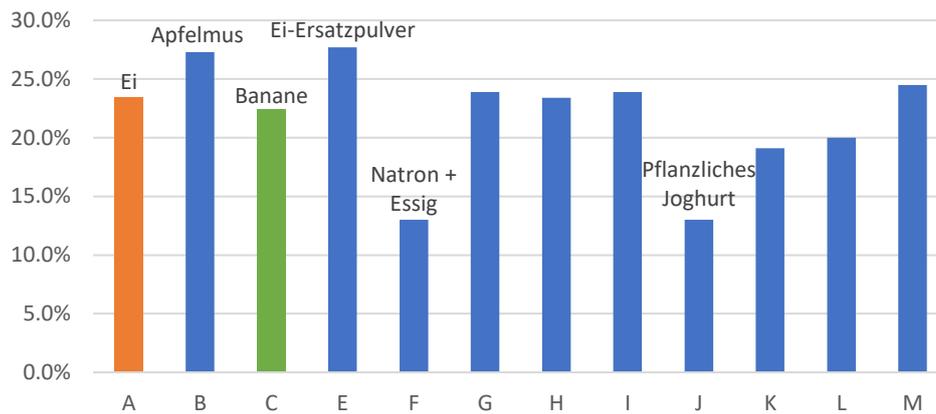


Abbildung 17: Das Diagramm zeigt den Feuchtigkeitsgehalt der Muffinvarianten in Prozent. Die grüne Säule kommt der Variante mit Ei am nächsten. A: Ei, B: Apfelmus, C: Banane, E: Ei-Ersatzpulver (Alnatura), F: Natron mit Apfelessig, G: Chiasamen, H: geschrotete Leinsamen, I: Stärke, J: pflanzliches Joghurt, K: Kichererbsenmehl, L: Aquafaba aufgeschlagen, M: Aquafaba flüssig.

Kompressibilität (Beginn mit stabilstem): J, F, A, G, L, C, E, I, K, H, B, M

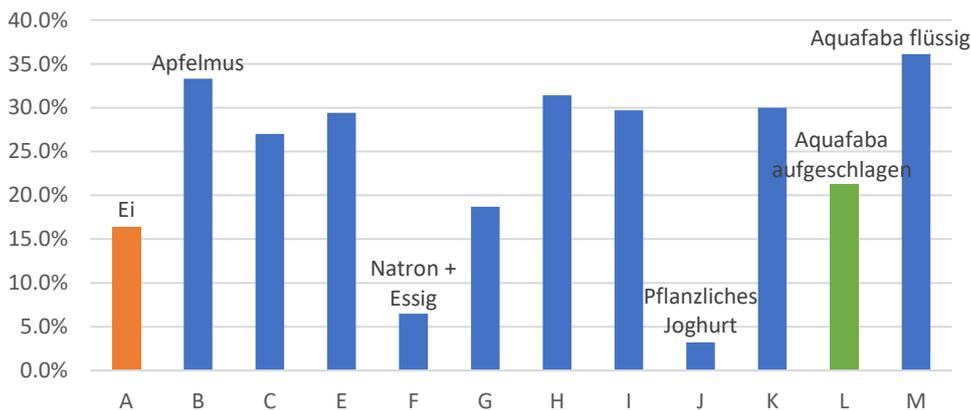


Abbildung 18: Das Diagramm zeigt, wie stark die Muffins zusammengedrückt wurden im Verhältnis zu ihrer eigentlichen Höhe. Je kleiner die Säule ist, desto stabiler sind die Muffins. Die grüne Säule kommt der Variante mit Ei am nächsten. A: Ei, B: Apfelmus, C: Banane, E: Ei-Ersatzpulver (Alnatura), F: Natron mit Apfelessig, G: Chiasamen, H: geschrotete Leinsamen, I: Stärke, J: pflanzliches Joghurt, K: Kichererbsenmehl, L: Aquafaba aufgeschlagen, M: Aquafaba flüssig.

Wie schon erwähnt, ging die originale Variante mit Ei (A) am stärksten auf. Die Variante mit Kichererbsenmehl (K) kam ihr aber am nächsten. Ausserdem fällt auf, dass die Variante mit Ei trotz der trockenen Wahrnehmung bei der Degustation nicht den kleinsten Feuchtigkeitsgehalt aufwies. Der Grund für die trockene Wahrnehmung liegt bei der Textur. Da diese Muffins sehr stark aufgingen, waren sie auch viel luftiger und weniger kompakt und wurden deshalb als weniger feucht wahrgenommen. Variante K (Kichererbsenmehl) war hier weniger feucht als Variante I (Stärke). Das geht darauf zurück, dass bei Variante I mehr Wasser hinzugegeben wurde. Allerdings ist I weniger knusprig als K und K im Mundgefühl immer noch feuchter als die originale Variante. Also scheint die Menge an Wasser, die für Variante K verwendet wurde, passend zu sein. Die Variante mit Ei war auch stabil, obwohl sie stark aufgegangen ist. Hier sind die zwei Varianten, die ansonsten am besten abschnitten, doch weniger stabil. Es scheint ausserdem einen Zusammenhang zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt und der Kompressibilität zu geben. Denn die Muffins mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt (wie z. B. Apfelmus) waren

tendenziell weniger stabil als die eher trockenen Muffins (wie z. B. Natron + Essig und pflanzliches Joghurt).

Das Fazit dieser Versuchsreihe ist, dass für Muffins Ei-Alternativen mit einem Mehl als Basis und zugefügtem Wasser am besten funktionieren (wie Varianten I und K). Sie hatten eine schöne Form und eine gute Textur. 2 EL Wasser pro Ei scheinen die richtige Menge zu sein, da die Muffins so gleichzeitig knusprig und nicht zu feucht werden. Auch die Variante mit Bananen funktionierte gut, hat aber einen starken Eigengeschmack. Die Muffins mit Alternative gingen hingegen alle weniger stark auf, dafür braucht es also noch eine zusätzliche Zutat wie z. B. mehr Backpulver.

## Übersicht der Ergebnisse des 1. Versuches:

Nr.	Ei-Variante	Volumen/Aussehen (Volumenindex)	Feuchtigkeit (Feuchtigkeitsgehalt)	Stabilität (Kompressibilität)	Textur	Geschmack
A	Ei	Geht am stärksten auf, schöne Muffinform (7.5)	Eher trocken im Mundgefühl (23,4 %)	Sehr stabil, obwohl stark aufgegangen (16,3 %)	Sehr luftig	Typischer Muffingeschmack
B	Apfelmus	Grünlich, eher flach (5.4)	Zu feucht (27,3 %)	Nicht stabil, da sehr weich (33,3 %)	Kompakt, teigig, nicht knusprig, Textur nicht angenehm	Leichter Fruchtgeschmack
C	Banane	Schöne Form (6)	Leicht feuchter als Variante mit Ei, angenehme Feuchtigkeit (22,4 %)	Eher stabil (27 %)	Ähnlich wie Variante mit Ei, angenehm, leicht knuspriger Rand	Starker Bananengeschmack
D	Mandelmus			Funktioniert nicht (Teig ist krümelig und kann nicht gebacken werden)		
E	Ei-Ersatzpulver von Alhaura	Schöne Form (6.1)	Feucht (27,7 %)	Nicht sehr stabil (29,4 %)	Nicht sehr knusprig, Textur nicht überzeugend	Geschmack nicht überzeugend
F	Natron + Apfelessig	Sinkt in der Mitte stark ein, sehr dunkel (3.6)	Trocken (1,3 %)	Hart, deshalb stabil (6,5 %)	Hart	Seifiger Geschmack, nicht essbar
G	Chiasamen	Unebene Form (5)	Feucht (23,9 %)	Stabil, da kompakt (18,7 %)	Körnig, teigig	Schmeckt Chiasamen
H	Geschrolete Leinsamen	Schönere Form als Variante mit Chiasamen (5,7)	Angenehm feucht (23,4 %)	Nicht sehr stabil (31,4 %)	Leicht körnig, Textur angenehmer als Variante mit Chiasamen	Schmeckt Leinsamen
I	Stärke	Schöne Form (5,9)	Angenehm feucht (23,9 %)	Nicht sehr stabil (29,7 %)	Feinporig, luftig, aussen leicht knusprig, ähnlich wie Variante mit Ei	Fad
J	Pflanzliches Joghurt	Sank in der Mitte leicht ein (4,8)	Angenehm feucht (13 %)	Stabil, da eher hart aussen (3,2 %)	Knusprig	Leichter Caramelgeschmack
K	Kichererbsenmehl	Ging nach der Variante mit Ei am stärksten auf, schöne Form (6,8)	Angenehm feucht (19,1 %)	Nicht sehr stabil (30 %)	Feinporig, luftig, aussen knusprig,	Leicht unangenehmer Nachgeschmack

Tabelle 4: Übersicht der Ergebnisse des ersten Versuches.

## 3.2. Muffins – genauer Vergleich

Im ersten Versuch schnitten die Ei-Alternativen auf Mehlbasis am besten ab. Deshalb wurden im zweiten Versuch mit demselben Rezept verschiedene Mehle miteinander verglichen. Das spezielle an Kichererbsenmehl ist, dass es proteinreich ist, und auch Eier enthalten sehr viele Proteine. Deshalb wurden nicht einfach irgendwelche Mehle miteinander verglichen, sondern proteinreiche. Solche Mehle sind vor allem Mandelmehl, Leinsamenmehl, Sojamehl und eben Kichererbsenmehl. Leinsamenmehl ist allerdings für dieses Ziel nicht genügend geschmackneutral, deshalb wurden nur die anderen drei getestet.

Für ein Ei wurden jeweils 10 g des Mehls mit 28 g Wasser gemischt (entspricht ca. 2 EL Wasser). Grundsätzlich war der Vorgang gleich wie im ersten Versuch, damit man auch hier Unterschiede aufgrund von anderen Faktoren ausschliessen konnte. Da diese Varianten ähnlicher waren als diejenigen im ersten Versuch, mussten noch einige zusätzliche Faktoren beachtet werden: Der Ablauf war für alle Varianten identisch, sprich, die Teige waren gleich lange in der Schüssel vor dem Abfüllen und Backen, und alle Zutaten hatten die gleiche Temperatur.

Des Weiteren waren die wissenschaftlichen Tests der ersten Versuchsreihe noch nicht genügend präzise, um sie statistisch auswerten zu können. Um dies bei diesem Versuch doch noch tun zu können, mussten pro Variante 12 Muffins gebacken werden (anstelle von drei wie bei der ersten Versuchsreihe). Ausserdem mussten die Tests immer nach genau derselben Zeit nach dem Backen durchgeführt werden, so dass auch hier der Ablauf und die Wartezeiten für alle Varianten identisch war. Für den Test zur Kompressibilität wurden ein Holzstab sowie eine dicke Holzscheibe mit Loch verwendet, die genau aufeinanderpassten. So konnten Schieflagen und somit eine Verfälschung der Resultate vermieden werden. Der Test zur Feuchtigkeit war bei der zweiten Versuchsreihe nicht mehr derselbe, da er zuvor weniger aussagekräftig war. Die Muffins wurden nun 10 Minuten nach dem Backen und 24 Stunden später gewogen, damit der Feuchtigkeitsverlust gemessen werden konnte. So wurde herausgefunden, welche Muffins länger frisch bleiben. Beim Volumen wurde zudem nur die Mitte gemessen, da der Rand bei allen sehr ähnlich war und nichts darüber aussagte, ob die Muffins aufgingen oder einsanken.

Es wurde wieder eine Variante mit Ei gemacht, um die Alternativen damit vergleichen zu können. Dabei stellte sich heraus, dass die Variante mit Sojamehl dem Original am nächsten kam und tatsächlich auch sehr gut schmeckte. Wie die Variante mit Kichererbsenmehl war die Textur sehr angenehm: aussen knusprig, innen luftig, feinporig und angenehm feucht, und das Aussehen entsprach dem eines Muffins, auch wenn sie weniger stark aufging als diejenige mit Ei. Der Vorteil dieser Alternative im Gegensatz zum Kichererbsenmehl ist der neutrale Geschmack. Sie hatte keinen unangenehmen Nachgeschmack. Das heisst, sie eignet sich sowohl für simple Rezepte als auch kombiniert mit starken Aromen. Allerdings fiel auf, dass die Varianten mit Ei-Ersatz leicht zerbrechlicher waren als diejenige mit Ei. Man musste sie also vorsichtiger aus der Form lösen. Die Variante mit Mandelmehl funktionierte bei dieser Versuchsreihe am wenigsten gut, denn die Textur war zu teigig und kompakt. Als Ei-Alternative funktioniert folglich Sojamehl am besten.

Die statistische<sup>14</sup> Auswertung der wissenschaftlichen Tests ergab keine signifikanten<sup>15</sup> Unterschiede zwischen den verschiedenen Ei-Alternativen. Nur bei der Variante mit Ei gab es einen Unterschied: Diese Muffins verloren mehr Feuchtigkeit als die Muffins mit einer Alternative. Der Vorteil von Alternativen wie Sojamehl ist folglich, dass diese Muffins länger frisch bleiben. Bei der Kompressibilität gab es hingegen zwischen der Variante mit Ei und denjenigen mit Ei-Ersatz keine

---

<sup>14</sup> Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm «RStudio» durchgeführt.

<sup>15</sup> signifikant = zu gross, um noch als Zufall gelten zu können.

signifikanten Unterschiede. Was das Volumen betrifft, gingen die Muffins mit Ei deutlich am stärksten auf. Diejenigen mit Kichererbsen- und Sojamehl gingen etwa gleich stark auf und diejenigen mit Mandelmehl am wenigsten stark.



Abbildungen 19-22: Muffin mit Ei (links), mit Mandelmehl (Mitte-links), mit Kichererbsenmehl (Mitte-rechts) und mit Sojamehl (rechts). Zwischen den Varianten mit Sojamehl und Kichererbsenmehl gibt es nur einen sehr kleinen Unterschied in Aussehen und Textur. Beide sind dem Original ähnlich.

### 3.3. Muffins – Vergleich mit/ohne zusätzlichem/s Backpulver

Da die bisherigen Alternativen alle weniger stark aufgingen als die Variante mit Ei, kam bei diesem Versuch ein weiterer Schritt hinzu: Die Muffins wurden mit der bisher besten Alternative hergestellt, und es wurde zusätzliches Backpulver hinzugefügt, damit sie noch mehr aufgehen.

Es wurden also weitere 12 Muffins mit Sojamehl als Ei-Ersatz und zusätzlichen 5 g Backpulver pro Ei gebacken (wieder unter den gleichen Konditionen wie bei der zweiten Versuchsreihe). Auch die wissenschaftlichen Tests von der zweiten Versuchsreihe wurden bei dieser Variante wiederholt.

Das Resultat war klar: Die Muffins gingen zwar schneller auf, brachen dann aber wieder zusammen. Am Schluss waren sie also weniger hoch als die Variante ohne zusätzliches Backpulver (siehe Abb. 23 & 24). Zudem waren sie noch viel zerbrechlicher als die anderen Varianten mit Ei-Alternativen. Es fehlte ihnen die Stabilität, die das Ei dem Teig verleiht, indem es ihn zusammenbindet.

Der Stoff im Ei, der dafür verantwortlich ist, ist das Protein Ovomucin des Eiweisses (siehe «Inhaltsstoffe Eiweiss»). Dieses Protein müsste also bei einem Ei-Ersatz hinzugefügt werden. Es gehört zur Familie der Mucine, die alle die Fähigkeit besitzen, gelartige Eigenschaften zu verleihen. Das Problem ist aber, dass diese Proteinfamilie nur bei Tieren und Menschen vorkommt: z. B. im Magen-Darm-Trakt, bei Knorpelgewebe, Sehnen und Haut [42]. Sie sind also nicht durch pflanzliche Zutaten ersetzbar. Ohne diese Eigenschaft nützt zusätzliches Backpulver nichts. Das Fazit ist also, dass Sojamehl allein doch am besten funktioniert.



Abbildungen 23-24: Muffins mit Sojamehl als Ei-Alternative: links ohne zusätzliches Backpulver, rechts mit zusätzlichem Backpulver. Das Muffin ohne zusätzliches Backpulver hat eine schöne Muffinform, während das andere wieder eingesunken ist und somit sehr flach erscheint.

### 3.4. Zitronenkuchen und Brownies

Sojamehl ist die beste Alternative für Muffins, aber funktioniert es auch in anderen Rezepten? Dafür wurden zwei andere Rezepte getestet und jeweils die Variante mit Ei und die Variante mit Sojamehl verglichen.

Für ein Ei wurden 10 g Sojamehl gemischt mit 28 g Wasser verwendet. Beim Zitronenkuchen funktionierte Sojamehl als Ei-Ersatz gut. Er sah schön aus, auch wenn er leicht weniger aufging als derjenige mit Ei, hatte aber trotzdem einen schönen Riss auf der Oberfläche. Die Textur war etwas kompakter und feuchter. Das sollte man dann beachten, wenn man den Kuchen noch mit Sirup tränken will, denn das ist bei der Version mit Alternative nicht nötig. Es war ein feiner Zitronenkuchen, aber im Direktvergleich merkte man den Unterschied zum Original trotzdem.

Der Versuch mit den Brownies fiel nicht gleich aus. Brownies basieren nicht auf einem klassischen Rührkuchen, das heißt sie funktionieren anders. Bei der Alternative hat sich beim Backen das Fett vom Rest des Teiges gelöst, so dass das Resultat nicht essbar war. Das ist ein gutes Beispiel für die Phasentrennung, die das Ei durch seine emulgierende Wirkung verhindert. Sojamehl enthält zwar auch Lecithin, aber nicht in genügenden Mengen, um bei diesem Rezept als Ei-Ersatz zu funktionieren.

Dieser Versuch hat bestätigt, dass Sojamehl als Ei-Alternative bei Kuchen und Muffins funktioniert, nämlich bei Rezepten auf Rührkuchenbasis, aber nicht für jegliche andere Gerichte wie z. B. Brownies. Das zeigt noch einmal deutlich, dass es nicht so einfach ist, Eier beim Backen zu ersetzen.

### 3.5. Schokoladenmousse

Schokoladenmousse ist ein Klassiker unter den Desserts. Und es ist ein Gericht, bei dem die Eier einen sehr grossen und entscheidenden Anteil ausmachen. Trotzdem sollte es doch möglich sein, diesen sehr beliebten Klassiker ohne Eier herzustellen.

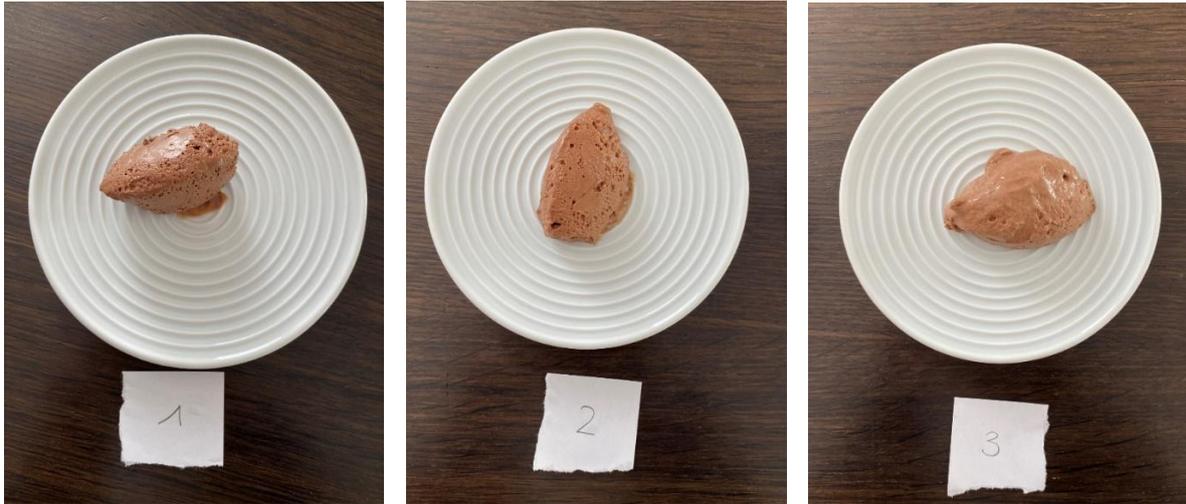
Hier wird das Ei in einer anderen Form gebraucht als bei Muffins und Kuchen. Denn das Eiweiss wird vom Eigelb getrennt und separat zu Eischnee aufgeschlagen. Um diesen Eischnee zu imitieren, wurde Aquafaba benutzt. Denn Aquafaba hat die spezielle Eigenschaft, dass es sich ebenfalls zu einem Schaum aufschlagen lässt, der dem Eischnee sehr nahekommt (siehe Kapitel «Aquafaba»).

Es wurde ein klassisches Rezept [43] genommen, das nebst Eischnee auch aufgeschlagene Sahne enthält. Da diese nicht vegan ist, wurden drei verschiedene Versionen des Schokoladenmousses hergestellt: eine «klassische» (mit Ei und richtigem Rahm), eine mit Ei-Alternative und richtigem Rahm und eine mit Ei-Alternative und veganem Rahmersatz (der sich aufschlagen lässt). So konnte man sehen, welche Unterschiede auf Grund der Ei-Alternative entstehen und welche auf Grund des veganen Rahmersatzes.

Beim Schokoladenmousse wird auch das Eigelb verwertet und dieses wurde genauso wie das Eiweiss durch Aquafaba ersetzt. Dafür konnte jeweils die Menge an Aquafaba verwendet werden, die das Eigelb und das Eiweiss in Milliliter hergeben, folglich ca. 20 ml für ein Eigelb und ca. 35 ml für ein Eiweiss. Für das Eigelb wurde das Aquafaba flüssig hinzugegeben, so wie auch das Eigelb hinzugegeben wird, und für das Eiweiss wurde das Aquafaba aufgeschlagen. Allerdings musste das Aquafaba nicht wie das Eiweiss für nur ca. 2 Minuten aufgeschlagen werden, sondern für ca. 5 Minuten. Denn so erhält man eine höhere Schaumstabilität [29]. Danach wurden die fertigen Schokoladenmousses über Nacht in den Kühlschrank gestellt.

Am nächsten Tag konnten die drei Versionen degustiert werden. Das «originale» Schokoladenmousse war klar am festesten, so dass sich sehr schöne und stabile Nocken formen liessen. Das vegane war am flüssigsten, sprich, es liessen sich Nocken formen, aber sie waren weniger stabil und fingen eher an zu zerlaufen. Das dritte mit richtigem Rahm und Ei-Ersatz war stabiler als das vegane, aber doch weniger fest als das originale (siehe Abb. 25-27). Trotzdem waren bei allen Versionen Luftbläschen zu sehen.

Beim Probieren war das vegane ein sehr feines Schokoladenmousse, und man merkte nicht, dass es Aquafaba anstelle der Eier enthält. Der leicht unangenehme Nachgeschmack, den die Muffins mit Aquafaba aufwiesen, war beim Schokoladenmousse nicht bemerkbar. Erst im Vergleich mit dem originalen wurde der Unterschied klar. Das originale war im Vergleich deutlich voller und cremiger im Geschmack. Bei den anderen beiden kamen die verschiedenen Geschmäcker von bitter und süss mehr zur Geltung. Ausserdem hatten sie einen leicht salzigen Abgang. Beim veganen war dieser Unterschied zum originalen noch leicht ausgeprägter als bei demjenigen, das richtigen Rahm enthielt. Dennoch waren beide Varianten mit Aquafaba sehr geniessbar.



Abbildungen 25-27: Schokoladenmousse mit Ei und Rahm (1), mit Ei-Alternative und Rahm (2) und mit Ei-Alternative und Rahmersatz (3). Variante 1 ist am festesten und Variante 3 am wenigsten fest.

Am nächsten Tag geschah etwas Erstaunliches: Die Konsistenz des veganen Schokoladenmousse hatte sich im Vergleich zum Vortag deutlich verbessert. Es war nun deutlich fester, so wie man es von einem Schokoladenmousse erwartet (siehe Abb. 28). Am Vortag war die zu flüssige Textur noch ein klar negativer Punkt, und somit wurde dieser wieder gut gemacht. Wenn man das vegane Schokoladenmousse also zwei Tage im Voraus herstellt, ist das Ergebnis sehr zufriedenstellend. Es war ein geschmacklich feines und servierbares Schokoladenmousse. Auch wenn der Geschmack im Eins-zu-eins-Vergleich nicht genau dem originalen entsprach, merkte man nicht, dass es keine Eier enthielt. Es könnte einfach ein anderes Rezept sein. Dieses Schokoladenmousse ist sehr empfehlenswert.



Abbildung 28: Variante 3 (mit Ei- und Rahmersatz) nach zwei Tagen im Kühlschrank: Es ist deutlich fester als zuvor (siehe Abb. 27).

## 4. UMFRAGE

Ich habe mich für das Thema «vegane Ei-Alternativen» unter anderem deswegen entschieden, weil es einer Marktlücke entspricht. In den letzten Jahren wurde immer mehr über die vegane Ernährung gesprochen, aber von veganen Ei-Alternativen hörte man noch nicht viel. Um mehr darüber herauszufinden, was die Bevölkerung vom Veganismus und vor allem von veganen Ei-Alternativen hält, habe ich also eine Umfrage erstellt und durchgeführt (genauer Aufbau der Umfrage siehe «Anhang», S. 47). Dabei habe ich einiges erfahren und konnte mir ein gutes Bild davon machen, wie die Gesellschaft auf vegane Ei-Alternativen reagiert.

Vegane Ei-Alternativen sind eindeutig noch sehr unbekannt. Viele haben sich noch nie überlegt, Eier zu ersetzen, und wüssten auch nicht womit. Sie fühlen sich unerfahren und doch gibt es zahlreiche Teilnehmer\*innen, die neugierig und offen sind, und sogar einige, die bereits vegane Ei-Alternativen benutzt haben. Für viele ist es wichtig, dass das Geschmackserlebnis dasselbe bleibt, also dass es schlicht und einfach immer noch gut schmeckt. Zudem ist einigen wichtig, dass die Alternative nicht etwas Chemisches oder Künstliches mit vielen Zusatzstoffen ist, sondern aus natürlichen Zutaten hergestellt wird. Deshalb habe ich mich dafür entschieden, eine Ei-Alternative mit Zutaten zu finden, die man zumindest in grösseren Supermärkten kaufen kann.

Ein Grund, weshalb einige sich nicht von der Idee einer veganen Ei-Alternative überzeugen lassen, ist, dass sie die Nährwerte des Eies schätzen. Sie wollen also nicht auf Eier verzichten, weil sie die Eier wegen der gesunden Nährstoffe essen, vor allem der Proteine; z. B. bei Sportlern ist das oft der Fall. Dies ist aber mehr bei Eiergerichten wie Omelette oder Rührei wichtig. Gerade bei Kuchen ist der Anteil an Eiern sowieso eher klein, und nicht die Nährstoffe, sondern deren Funktionen sind wichtig. Folglich ist dies bei Muffins und Kuchen oder auch Schokoladenmousse ein kleineres Problem. Das ist wahrscheinlich einer der Gründe, weshalb sich viel mehr Leute vorstellen können, ein Muffin oder ein Stück Kuchen zu essen, das mit einer Ei-Alternative hergestellt wurde, als z. B. ein Rührei. Die drei Gerichte, bei denen sich die meisten Teilnehmer\*innen vorstellen konnten, sie mit Ei-Ersatz zu essen, sind Kuchen, Muffins und Schokoladenmousse (siehe Abb. 29).

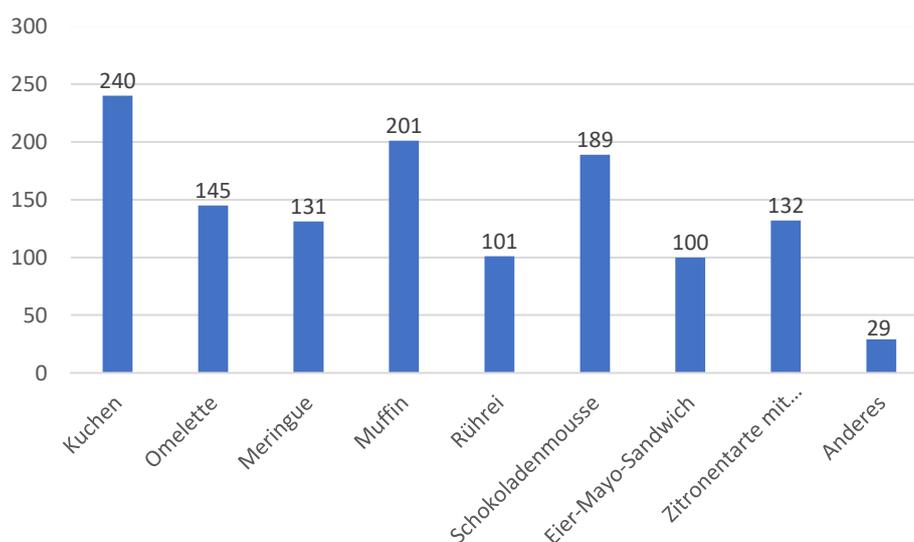


Abbildung 29: Das Diagramm zeigt, welche Gerichte auch dann gegessen respektive probiert werden, wenn sie mit einer Ei-Alternative anstelle der Eier hergestellt wurden (die Zahlen entsprechen den Teilnehmer\*innen der Umfrage, die diese Gerichte ausgewählt haben).

Das hat meine Annahme und meine Wahl der Gerichte klar bestätigt. Gerade Omelette, Rührei und die Eifüllung von Eier-Sandwiches bestehen hauptsächlich aus Eiern. Dort ist nicht nur die Funktion wichtig, sondern vor allem der Geschmack und die Konsistenz zählen. Bei solchen Eierspeisen ist es noch schwieriger, die Eier zu ersetzen, aber eben bis jetzt auch noch weniger gewünscht. Hingegen gibt es ebenfalls ein paar Teilnehmende, die aus Gesundheitsgründen vegane Ei-Alternativen in Erwägung ziehen. Denn sie sagen, die vegane Küche sei gesünder.

Ein anderer Grund, weshalb einige keine Ei-Alternativen benutzen wollen, ist, dass sie gerade bei Bio-Eiern kein Problem sehen. Bio-Eier sind natürlich schon um einiges besser, was die Tierhaltung angeht. Aber wie bereits in der Einleitung erwähnt, kommen auch Bio-Eier von Zuchthennen. Zudem geht es wegen der Umwelt und dem Klimawandel auch darum, die Menge an konsumierten Eiern zu verkleinern. Manche würden genau aus diesen Gründen Ei-Alternativen verwenden oder kaufen generell einfach eher wenige Eier. Andererseits haben einige Teilnehmer\*innen gesagt, sie würden lieber ganz auf Eier verzichten, als eine Alternative zu verwenden. Gerade bei Backrezepten ist es sicherlich möglich, Rezepte zu finden, die ganz ohne Eier auskommen. Aber mit einer Ei-Alternative stehen einem viel mehr Möglichkeiten offen.

Trotzdem verbinden mehrere Teilnehmer\*innen zusätzlichen Aufwand mit Ei-Alternativen und scheuen deshalb davor zurück. Andere trauen sich nicht, weil sie nicht sicher sind, ob es wirklich funktioniert. Meine ersten Versuche haben gezeigt, dass sie damit nicht Unrecht haben, und das ist der Grund, weshalb ich eine Alternative finden wollte, die auch tatsächlich funktioniert.

Von den Teilnehmern\*innen, die angegeben haben, bereits vegane Ei-Alternativen benutzt zu haben, verwendete eine klare Mehrheit Bananen. Sie sind tatsächlich sehr praktisch, da man sie oft bereits im Haushalt hat oder auch in kleinen Supermärkten findet. Ausserdem funktionieren sie anscheinend für eine grosse Vielfalt an Rezepten. Die Teilnehmer\*innen haben neben Kuchen und Muffins unter anderem auch Crêpes, Pancakes und Zöpfe erwähnt, die sie mit Bananen anstelle von Eiern gebacken haben.

Ferner habe ich die Umfrage statistisch<sup>16</sup> ausgewertet, was mir spannende Erkenntnisse gebracht hat. Das Alter spielt eine signifikante Rolle, wenn es darum geht, wie oft jemand vegane Gerichte isst (siehe Tabelle 5). Es sind die Jungen, die deutlich öfter vegan essen, während die älteren Generationen noch selten vegane Gerichte essen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieses Thema erst in den letzten Jahren einen deutlichen Aufschwung erlebt hat. Von einigen wird es deshalb eher als neuen Trend angesehen, der mit der Zeit wieder verschwinden wird. Aber grundsätzlich sind die älteren Generationen einfach nicht damit aufgewachsen, es ist für sie also ungewohnt. Während sich die jüngeren Generationen gewohnt sind und Themen wie Klimawandel und vegane Ernährung bei ihnen sehr präsent sind.

---

<sup>16</sup> Das heisst, die folgenden Angaben können auf die ganze Bevölkerung bezogen werden und nicht nur auf die Teilnehmer\*innen der Umfrage. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm «RStudio» durchgeführt.

	Häufigkeit veganer Mahlzeiten	Vegane Ei- Alternativen schon benutzt	Zukunft: mögliche Verwendung von veganen Ei- Alternativen
<b>Junge Generationen</b>	+ + +	+	+ +
<b>Ältere Generationen</b>	- - -	-	- -
<b>Frauen</b>	+/-	+	+
<b>Männer</b>	+/-	-	-
<b>Höheres Einkommen</b>	+	+/-	+/-
<b>Tieferes Einkommen</b>	-	+/-	+/-

Tabelle 5: Übersicht zur statistischen Auswertung der Umfrage. +/-: es gibt keinen Unterschied; +/+/+/+: eher/häufiger; -/-/---: weniger wahrscheinlich/seltener.

Auch das Einkommen spielt hier eine Rolle. Tendenziell essen Leute mit einem höheren Einkommen öfter vegan als diejenigen mit einem tieferen Einkommen. Das Geschlecht hat hingegen keine Bedeutung: Männer und Frauen essen durchschnittlich ähnlich oft vegane Gerichte.

Dennoch sind es mehr Frauen, die bereits vegane Ei-Alternativen ausprobiert haben, und auch wieder eher die Jungen. Hier spielt das Einkommen allerdings keine Rolle. Auch bei der Frage, wer sich vorstellen kann, in Zukunft Ei-Alternativen auszuprobieren, spielten das Geschlecht und das Alter eine Rolle und das Einkommen nicht. Es sind klar die Jungen, die Ei-Alternativen offener gegenüberstehen und tendenziell ebenfalls mehr die Frauen als die Männer (siehe Tabelle 5).

Da der veganen Ernährung oft das Vorurteil vorausgeht, dass sie teuer ist, habe ich auch diesen Aspekt untersucht. Tatsächlich essen diejenigen, die die vegane Ernährung als billiger oder gleich teuer wie die übliche Ernährung ansehen, öfter vegan als diejenigen, die sie als teurer betrachten. Nun stellt sich die Frage: Denken sie, es sei gleich teuer, weil ihnen dies die Praxis gezeigt hat, oder haben sie nur deshalb angefangen, vegane Gerichte zu essen, weil sie schon dachten, es sei etwa gleich teuer? Diese Frage konnte ich mit meiner Umfrage allerdings nicht beantworten. Es sind aber wieder eher diejenigen, die die vegane Ernährung als billiger oder gleich teuer ansehen, die bereits einmal eine vegane Ei-Alternative ausprobiert haben.

## 5. FAZIT

Eier sind und bleiben ein sehr einzigartiges und komplexes Produkt. Es ist nicht einfach, Eier in Rezepten zu ersetzen, aber es ist möglich. Mein Ziel war es, eine Ei-Alternative für Muffins und Kuchen zu finden und eine für Schokoladenmousse. Beides habe ich erreicht: Für Muffins/Kuchen kann ein Ei mit 10 g Sojamehl angemischt mit 2 EL Wasser (ca. 28 g) ersetzt werden und für Schokoladenmousse kann das Eigelb mit 20 ml Aquafaba und das Eiweiss mit 35 ml Aquafaba ersetzt werden. Die Resultate, die ich mit diesen Alternativen erhalten habe, waren sehr genussvoll, wenn auch nicht genau gleich wie diejenigen mit Ei. Das zeigt, wie komplex und wie wichtig Eier beim Backen sind. Die genau gleichen Ergebnisse wird man nicht erhalten, aber doch sehr ähnliche und geniessbare. Gerade das Schokoladenmousse mit Aquafaba hat mich persönlich sehr überzeugt, und auch die Muffins mit Sojamehl waren dem Original verblüffend ähnlich.

Mit diesen Alternativen ist es möglich, Eier eins zu eins zu ersetzen. Das heisst, wenn man auf Eier verzichten oder weniger Eier essen will, muss nicht ein Rezept gesucht werden, das ohne Eier auskommt. Man kann einfach ein beliebiges Rezept aussuchen und das Ei in diesem Rezept mit der passenden Alternative ersetzen. Somit stehen einem viel mehr Rezepte zur Verfügung.

Was die Gesellschaft angeht, sind Ei-Alternativen noch sehr unbekannt. Es ist ein Thema, von dem nicht viel gesprochen wird, aber vor allem die jüngeren Generationen zeigen sich offen und neugierig gegenüber veganen Ei-Alternativen. Es geht nicht darum, ganz auf Eier zu verzichten, aber wenn in Zukunft mehr über dieses Thema gesprochen wird, können wir den Konsum vielleicht zumindest ein wenig reduzieren.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Da vegane Ei-Alternativen noch ein sehr unbekanntes Thema sind, wurden in dieser Arbeit verschiedene Ei-Alternativen getestet und verglichen. Es wurde sowohl eine Ei-Alternative für Kuchen und Muffins gesucht als auch eine für Schokoladenmousse. Um die passende Alternative zu finden, wurden zuerst die Inhaltsstoffe des Eies analysiert. Dadurch konnte herausgefunden werden, welche Inhaltsstoffe für welche Wirkungen des Eies beim Backen verantwortlich sind. Dann wurden mögliche Alternativen gesucht, die diese Wirkungen durch ähnliche Inhaltsstoffe nachahmen können.

Die Durchführung mehrerer Versuche erlaubte herauszufinden, welche Alternativen tatsächlich funktionieren und welche doch nicht geeignet sind. In den ersten vier Versuchen war das Ziel, eine passende Ei-Alternative für Muffins und Kuchen zu finden, und im letzten Versuch ging es um die Ei-Alternative für ein Schokoladenmousse.

Es stellte sich heraus, dass für Muffins und Kuchen Sojamehl am besten als Ei-Ersatz geeignet ist. Bei Schokoladenmousse ist es hingegen Aquafaba, das Wasser aus Kichererbsenbüchsen, das sich wie Eiweiss aufschlagen lässt.

Des Weiteren wurde eine Umfrage durchgeführt. Diese erlaubte es, die soziale Akzeptanz von veganen Ei-Alternativen in der Gesellschaft zu ermitteln. Wie erwartet, ist das Thema bei der Mehrheit neu. Dennoch können sich vor allem die jüngeren Generationen und die Frauen vermehrt vorstellen in Zukunft auch einmal vegane Ei-Alternativen zu verwenden.

## 7. EXPERIMENTELLER TEIL

### 7.1. Abkürzungen

ca.	circa
°C	Grad Celsius
cl	Zentiliter
dl	Deziliter
EL	Esslöffel (entspricht 14 ml)
g	Gramm
kg	Kilogramm
l	Liter
ml	Milliliter
O/W-Emulsion	Öl in Wasser Emulsion
TL	Teelöffel (entspricht 4 ml)
W/O-Emulsion	Wasser in Öl Emulsion
z. B.	zum Beispiel

### 7.2. Geräte, Zutaten

Geräte:

**Backofen** mit Umluftfunktion von Electrolux.

**Gramm- & Karatwaage** von KERN, PCB-2500-2, Genauigkeit: 0.01 g.

Mio Star Bolero **Handmixer**.

**Kalibriergewichte** Set, 20 g bis 500 g, F1.

**Küchenwaage** Page Comfort 100 von Soehnle, Genauigkeit: 1 g.

**Messschieber** von Mitutoyo, Nonius 0.05 mm + 1/128 Zoll.

**Muffinbackform** 12er von Zwilling Dolce.

**Stoppuhr** mit Sekundengenauigkeit von der App «Uhr» auf dem iPhone.

Zutaten:

Bio **Apfelessig** von Migros, 570 ml.

**Backpulver**, Reinweinstein, von Alnatura, 18 g.

Max Havelaar **Bananen** von Migros.

Bio **Chiasamen** von Coop Naturaplan, 250 g.

**Crème fraîche** Natur von Valflora, 200 g.

Schweizer Bio-**Eier** von Migros, M 53 g +.

Veganer **Ei-Ersatz** von Alnatura, 15 g.

**Feinkristallzucker** von Migros Bio, 1 kg.

Bio **Fruchtpüree Apfel** ungezuckert von Coop Naturaplan, 4 x 100 g.

**Kichererbsen** gekocht, in der Büchse, 245 g Abtropfgewicht, von Coop Qualité & Prix.

**Kichererbsenmehl** von Alnatura, 400 g.

**Leinsamen** geschrotet von Alnatura, 200 g.

**Maisstärke** von Patissier Migros, 300 g.

**Mandelmehl** von Bauckhof, 200 g.

**Mandelmus** weiss von Alnatura, 250 g.

Bio Almond **Mandel-Reisdrink** von Karma Coop, UHT, 1 l.

Alsan Bio **Margarine**, 250 g.

Bio Drink, teilentrahmte **Milch**, 2,7 % Milchfett, UHT, von Coop Naturaplan, 1 l.

Rhätünser **Mineralwasser**, 150 cl.

**Natron** von Betty Bossi Coop, 5 g.

Reiner **Puderzucker** von Migros, 500 g.

Universelle **Schlagcreme** vegan von Schlagfix, 200 ml.

Bio **Schokolade** Cuisine Crémant 64 % von Coop Naturaplan.

Plant-based **Soja Classic Joghurt** von V-Love Migros, 150 g.

**Sojamehl** von Alnatura, 300 g.

**Sonnenblumenöl** von Sabo, 1 l.

**Speisesalz** von JuraSel, mit Jod und Flour, 1 kg.

Bourbon **Vanillezucker**, von Alnatura, 8 g.

**Vollrahm** von Valflora, UHT, 35 % Milchfett, 250 ml.

Bio **Vorzugsbutter** von Migros, 200g.

Bio **Walnusskerne** von Migros, 100 g.

Terrasuisse **Weissmehl** von Migros, 1 kg.

Bio **Zitronen** von Migros.

## 7.3. Herstellung der Muffins

Die Muffins wurden nach einem Rezept von «Gute Küche» [40] zubereitet. Die Zutaten hatten immer dieselbe Temperatur, das heisst, die Milch, die Mandelmilch und die Eier kamen aus dem Kühlschrank, und alle anderen Zutaten hatten Zimmertemperatur.

Für das Grundrezept mit Ei, das 12 Muffins ergibt, wurden 4 Eier schaumig aufgeschlagen, dann wurde zu den Eiern 140 g Zucker und eine Packung Vanillezucker hinzugefügt und weiter gerührt. In einer separaten Schüssel wurden 200 g Mehl und eine Packung Backpulver gemischt. Zudem wurden 132 g Sonnenblumenöl und 52 g Milch abgemessen. Ein Drittel der Mehlmischung wurde zur Zucker-Eier-Mischung hinzugegeben und untergerührt, dann die Hälfte des Öls und anschliessend die Hälfte der Milch. Dieser Vorgang wurde wiederholt, und zum Schluss wurde der letzte Drittel Mehl untergerührt. Danach wurde eine Schüssel auf die Waage gestellt und die ausgefettete Muffinform auf die Schüssel. Die Waage wurde auf null gestellt, und dann wurden jeweils 50 g Teig in eine Form gefüllt. Die Muffins wurden direkt nach dem Abfüllen im vorgeheizten Backofen bei 180 °C Ober-/Unterhitze 20 Minuten gebacken. Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr mit Sekundengenauigkeit gemessen, und die Lage im Backofen war immer die gleiche. Nach dem Backen kühlten die Muffins für 5 Minuten in der Form aus und wurden dann aus der Form gelöst.

Beim ersten Versuch wurden nicht die im Rezept angegebenen Mengen verwendet, sondern nur ein Viertel davon. Es wurden also drei Muffins pro Variante hergestellt. Das heisst, es wurden 1 Ei, 35 g Zucker, ¼ Packung Vanillezucker, 50 g Mehl, ¼ Packung Backpulver, 33 g Sonnenblumenöl und 13 g Milch verwendet anstelle von den oben genannten Mengen. Zuerst wurden die jeweiligen Ei-Alternativen vorbereitet:

- 1 Ei
- 75 g Apfelmus
- Eine halbe Banane mit einer Gabel zu Mus zerdrückt (entspricht in diesem Fall 40 g Banane)
- 3 EL Mandelmus (entspricht 45 g Mandelmus)
- Nach Packungsanleitung ein Ei mit Ei-Ersatz hergestellt: 1 TL Pulver mit 50 ml Mineralwasser vermischt, bis keine Klümpchen mehr zu sehen waren (Ei-Ersatzpulver von Alnatura)
- 1 TL Natron mit 1 EL Apfelessig gemischt
- 2 EL Chiasamen mit 3 EL Wasser gemischt
- 2 EL geschrotete Leinsamen mit 3 EL Wasser gemischt
- 1 EL Stärke (8 g) mit 3 EL Wasser gemischt
- 1 EL pflanzliches Joghurt (17 g)
- 1 EL Kichererbsenmehl (11 g) mit 2 EL Wasser gemischt
- Kichererbsendose geöffnet, mit einem Sieb Kichererbsen von Flüssigkeit (Aquafaba) getrennt und Flüssigkeit aufgefangen, 25 ml der Flüssigkeit abgemessen und für ca. 5 Minuten aufgeschlagen
- Zusätzliche 3 EL der Flüssigkeit aus der Kichererbsendose (Aquafaba) abgemessen und in einen separaten Behälter gegeben

Es wurden also insgesamt 13 Varianten hergestellt. Die Ei-Alternativen wurden im Rezept anstelle des Eies verwendet. Zudem wurde bei allen Varianten, ausser derjenigen mit Ei, die Milch mit Mandelmilch ersetzt.

Bei der Verteilung der Varianten auf dem Muffinblech wurde darauf geachtet, dass pro Variante jeweils ein Muffin in der Mitte, eines am Rand und eines in der Ecke ist.

Beim zweiten Versuch wurde das ganze Rezept verwendet, sprich, es wurden 12 Muffins pro Variante hergestellt.

Die vier Varianten wurden folgendermassen vorbereitet:

- 4 Eier
- 40 g Kichererbsenmehl mit 112 g Wasser gemischt
- 40 g Mandelmehl mit 112 g Wasser gemischt
- 40 g Sojamehl mit 112g Wasser gemischt

Die Alternativen wurden wieder anstelle der Eier verwendet, und auch die Milch wurde bei den Varianten ohne Eier wieder durch Mandelmilch ersetzt.

Beim dritten Versuch wurde ebenfalls das ganze Rezept verwendet, aber es wurde nur eine Variante hergestellt (sie wurde dann mit der Variante mit Sojamehl aus dem zweiten Versuch verglichen). Als Ei-Ersatz wurden 40 g Sojamehl mit 112 g Wasser gemischt und anstelle der Milch wurde Mandelmilch verwendet. Ausserdem wurden 2 Packungen Backpulver verwendet.

## 7.4. Herstellung des Zitronenkuchens

Der Zitronenkuchen wurde nach einem Rezept von «la paticesse» [44] zubereitet. Es wurden zwei Varianten hergestellt: eine mit Ei, Crème fraîche und Butter und eine mit Sojamehl als Ei-Ersatz, pflanzlichem Joghurt als Ersatz für die Crème fraîche und Margarine als Butter-Ersatz.

10 g Sojamehl wurden mit 28 g Wasser gemischt. Das Ei respektive die Sojamehl-Mischung wurde mit 68 g Zucker schaumig geschlagen, dann wurden 29 g Crème fraîche respektive pflanzliches Joghurt und der Abrieb von einer Bio-Zitrone hinzugegeben. Zudem wurden jeweils 54 g Mehl, 1 g Backpulver und eine Prise Salz untergemischt. 23 g Butter respektive Margarine wurde geschmolzen und ebenfalls unter den Teig gezogen. Die Teige wurden in zwei kleinen Cake-Formen im vorgeheizten Backofen für 45 Minuten bei 180 °C Umluft gebacken. Nach 10 Minuten Backzeit wurden beide Kuchen mit einem Schnitzer an der Oberfläche der Länge nach einmal mittig durchgeschnitten.

Der Sirup wurde für beide Kuchen gemeinsam hergestellt: 40 g Wasser, 15 g Zitronensaft und 20 g Zucker wurden erhitzt, bis der Zucker geschmolzen war.

Nach dem Backen wurde die Oberfläche der Kuchen mit einem Zahnstocher regelmässig durchstochen, und dann wurde der Sirup mit einem Pinsel darüber gegeben.

Für die Glasur, die auch für beide Versionen gemeinsam zubereitet wurde, wurden 58 g Puderzucker und 15 g Zitronensaft gemischt und über die abgekühlten Kuchen gegeben.

## 7.5. Herstellung der Brownies

Die Brownies wurden nach einem Rezept von «Ana und Nina» [45] zubereitet. Es wurden zwei Versionen hergestellt: eine mit Ei und Butter und eine mit Sojamehl als Ei-Ersatz und Margarine als

Butter-Ersatz. 83 g Butter respektive Margarine und 100 g Schokolade wurden über einem Wasserbad geschmolzen. 83 g Zucker und eine Prise Salz wurden hinzugegeben und vermischt. Dann wurde das Ei bei der ersten Variante mit dem Schwingbesen untergemischt, und für die zweite Variante wurden 10 g Sojamehl mit 28 g Wasser in einer separaten Schüssel gemischt und dann ebenfalls mit dem Schwingbesen unter die Schokoladenmasse gezogen. Bei beiden Versionen wurden 33 g Mehl und 25 g Walnüsse dazugegeben und kurz vermischt. Dann wurden die Teige in zwei ausgefettete gleiche Formen gegeben und im vorgeheizten Backofen für 30 Minuten bei 180 °C gebacken.

## 7.6. Herstellung des Schokoladenmousses

Das Schokoladenmousse wurde nach einem Rezept von «Betty Bossi» [43] hergestellt. Die drei Versionen wurden nacheinander zubereitet. Für jede Version wurde 50 g Schokolade gehackt und in einer Schüssel über dem Wasserbad geschmolzen. In einer separaten Schüssel wurden für die erste Version ein Eigelb und 1 EL Zucker mit dem Handrührgerät für ca. 5 Minuten schaumig geschlagen. Für die zweite und dritte Version wurden anstelle des Eigelbs jeweils 20 ml Aquafaba mit dem Zucker schaumig geschlagen. Dafür wurde eine Dose Kichererbsen geöffnet und die Flüssigkeit (Aquafaba) mit einem Sieb von den Kichererbsen getrennt, so dass die 20 ml abgemessen werden konnten. Danach wurde bei allen Versionen die geschmolzene Schokolade untergemischt.

1 dl Rahm respektive Rahmersatz wurde steif geschlagen und sorgfältig unter die Schokoladen-Ei-Mischung gezogen.

Für die erste Version wurde ein Eiweiss mit einer Prise Salz für ca. 2 Minuten steif geschlagen, dann wurden 1.5 TL Zucker hinzugegeben und kurz weitergeschlagen. Für die zweite und dritte Version wurden vom Aquafaba jeweils 35 ml abgemessen und mit einer Prise Salz für 5 Minuten steif geschlagen. Dann wurden ebenfalls 1.5 TL Zucker hinzugegeben und kurz weitergeschlagen. Der aufgeschlagene Eischnee respektive Aquafabaschnee wurde sorgfältig unter die Schokoladen-Masse gezogen. Dann wurden die Schokoladenmousses in separate Behälter gegeben und jeweils direkt nach der Zubereitung für mindestens eine Nacht in den Kühlschrank gestellt.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

### Literaturquellen

- [1] WWF. Online: [https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/fleisch-und-milchprodukte?gclid=Cj0KCQjw\\_8mHBhClARIsABfFgpinZihpS5XzPuXsfgyVIHQGmh0wO4c1NiDDBD8fCto1wWJ3iPQSUyIaAuTIEALw\\_wcB](https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/fleisch-und-milchprodukte?gclid=Cj0KCQjw_8mHBhClARIsABfFgpinZihpS5XzPuXsfgyVIHQGmh0wO4c1NiDDBD8fCto1wWJ3iPQSUyIaAuTIEALw_wcB) (13.9.21)
- [2] I. Basic, 'Ist die Schweiz wirklich ein Hühnerparadies?', SRF, 2020. Online: <https://www.srf.ch/kultur/gesellschaft-religion/wochenende-gesellschaft/artgerechte-haltung-ist-die-schweiz-wirklich-ein-huehnerparadies> (13.9.21)
- [3] R. Matissek, 'Lebensmittelchemie', S. 618/619, Springer Spektrum, Berlin, 2019.
- [4] Chemie.de, 'Protein'. Online: <https://www.chemie.de/lexikon/Protein.html> (15.11.21)
- [5] R. Matissek, 'Lebensmittelchemie', S. 259, Springer Spektrum, Berlin, 2019.
- [6] Simply Cooking, 'Wie wird aus flüssigem Eiklar Meringue?'. Online: <https://www.simplycooking.ch/kochen-und-experimentieren/das-huehnerrei/rezepte/meringue/wie-wird-aus-fluessigem-eiklar-meringue/> (13.9.21)
- [7] A. Deuerling, T. Wilhelm, 'Die Physik und Chemie der «Mousse au Chocolat»'. Online: <http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/Mousse.pdf> (13.9.21)
- [8] Chemie.de, 'Lysozym'. Online: <https://www.chemie.de/lexikon/Lysozym.html> (13.9.21)
- [9] R. Ebermann, I. Elmadfa, 'Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung', S. 67, Springer-Verlag, Wien, 2008.
- [10] Wikipedia, 'Ovotransferrin', 2021. Online: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ovotransferrin> (13.9.21)
- [11] Die Chemie-Schule, 'Denaturierung (Biochemie)'. Online: [https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Denaturierung\\_\(Biochemie\)](https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Denaturierung_(Biochemie)) (13.9.21)
- [12] Wikipedia, 'Ovomucoid', 2021. Online: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ovomucoid> (13.9.21)
- [13] R. Ebermann, I. Elmadfa, 'Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung', S. 322/323, Springer-Verlag, Wien, 2008.
- [14] Wikipedia, 'Ovomucin', 2020. Online: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ovomucin> (20.11.21)
- [15] R. Ebermann, I. Elmadfa, 'Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung', S. 639/640, Springer-Verlag, Wien, 2008.
- [16] Chemie.de, 'Amphiphilie'. Online: <https://www.chemie.de/lexikon/Amphiphilie.html> (20.11.21)
- [17] Wikipedia, 'Phospholipide', 2021. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Phospholipide> (13.9.21)
- [18] PharmaWiki, 'Emulgatoren', 2021. Online: <https://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Emulgatoren> (13.9.21)

- [19] H. Rau, N. Langer, J. O. Wund, 'Oberflächenspannung & Oberflächenenergie'. Online: [https://www.dataphysics-instruments.com/de/wissen/grenzflaechen-verstehen/oberflaechenspannung/#:~:text=Als%20eine%20\(Volumen%2D\)Phase,Kontaktfl%C3%A4che%20wird%20als%20Grenzfl%C3%A4che%20bezeichnet.](https://www.dataphysics-instruments.com/de/wissen/grenzflaechen-verstehen/oberflaechenspannung/#:~:text=Als%20eine%20(Volumen%2D)Phase,Kontaktfl%C3%A4che%20wird%20als%20Grenzfl%C3%A4che%20bezeichnet.) (13.9.21)
- [20] H. A. Schiffter-Weinle, 'Damit nichts bricht', Deutsche Apotheker Zeitung, 2016. Online: <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2016/daz-40-2016/damit-nichts-bricht> (13.9.21)
- [21] Chemie.de, 'Lipoproteine'. Online: <https://www.chemie.de/lexikon/Lipoproteine.html> (13.9.21)
- [22] Wikipedia, 'Carotine', 2021. Online: [https://de.wikipedia.org/wiki/Carotine#:~:text=Carotine%20\(Plural%20zu%20Carotin%2C%20von,farbigen%20Fr%C3%BCchten%2C%20Wurzeln%20und%20Bl%C3%A4ttern.](https://de.wikipedia.org/wiki/Carotine#:~:text=Carotine%20(Plural%20zu%20Carotin%2C%20von,farbigen%20Fr%C3%BCchten%2C%20Wurzeln%20und%20Bl%C3%A4ttern.) (13.9.21)
- [23] Chemie.de, 'Entstehung von Farben'. Online: [https://www.chemie.de/lexikon/Entstehung\\_von\\_Farben.html](https://www.chemie.de/lexikon/Entstehung_von_Farben.html) (20.11.21)
- [24] Wikipedia, 'Denaturierung (Biochemie)', 2021. Online: [https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung\\_\(Biochemie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung_(Biochemie)) (20.11.21)
- [25] T. De Padova, 'Warum werden Eier beim Kochen hart?', Der Tagesspiegel, 2011. Online: <https://www.tagesspiegel.de/wissen/aha-warum-werden-eier-beim-kochen-hart/4582022.html> (13.9.21)
- [26] Wikipedia, 'Verdickungsmittel', 2021. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Verdickungsmittel> (13.9.21)
- [27] Lecker, 'Legieren – Binden mit Eigelb'. Online: <https://www.lecker.de/legieren-binden-mit-eigelb-49637.html> (13.9.21)
- [28] Food Brothers, 'Legieren'. Online: <https://www.foodbrothers.com/koch-wiki/legieren.html> (13.9.21)
- [29] R. Mustafa, Y. He, Y. Y. Shim, M. J. T. Reaney, 'Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake', International Journal of Food Science and Technology, 2018, 53, 2247-2255.
- [30] R. Matissek, 'Lebensmittelchemie', S. 262/263, Springer Spektrum, Berlin, 2019.
- [31] R. Ebermann, I. Elmadfa, 'Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung', S. 21, Springer-Verlag, Wien, 2008.
- [32] Wikipedia, 'Sojaprotein', 2021. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Sojaprotein> (20.11.21)
- [33] R. Matissek, 'Lebensmittelchemie', S. 788, Springer Spektrum, Berlin, 2019.
- [34] Wikipedia, 'Dessertbanane', 2021. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Dessertbanane> (20.11.21)
- [35] Wikipedia, 'Natriumhydrogencarbonat', 2021. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Natriumhydrogencarbonat> (13.9.21)
- [36] Norddeutscher Rundfunk NDR, 'Zutaten-Lexikon: Süßlupinenmehl'. Online: [https://www.ndr.de/ratgeber/kochen/rezpte/rezeptdb124\\_zid-8401.html](https://www.ndr.de/ratgeber/kochen/rezpte/rezeptdb124_zid-8401.html) (21.11.21)

- [37] Wikipedia, 'Lupineneiweiss', 2021. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lupineneiwei%C3%9F> (21.11.21)
- [38] Wikipedia, 'Lupinen', 2021. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Lupinen#S%C3%BC%C3%9Fflupine> (21.11.21)
- [39] Unter Anderem von folgenden Webseiten: <https://www.lecker.de/ei-ersatz-beim-backen-12-vegane-alternativen-69804.html>, <https://www.sevendcooks.com/de/magazin/vegan-backen-10-einfache-moeglichkeiten-eier-zu-ersetzen-4INvB0wjdK4I40MQ00qmkQ>, <https://www.peta.de/veganleben/ei-alternativen/> (13.9.21)
- [40] Muffin Rezept von «Gute Küche». Online: <https://www.gutekueche.at/saftige-muffins-mit-oel-rezept-22625> (13.9.21)
- [41] Chemie.de, 'Natriumcarbonat'. Online: <https://www.chemie.de/lexikon/Natriumcarbonat.html> (6.10.21)
- [42] Wikipedia, 'Mucine', 2019. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Mucine> (13.9.21)
- [43] Schokoladenmousse Rezept von «Betty Bossi». Online: [https://ww2.bettybossi.ch/de/Rezept/ShowRezept/BB\\_GAST151001\\_0260A-40-de](https://ww2.bettybossi.ch/de/Rezept/ShowRezept/BB_GAST151001_0260A-40-de) (13.9.21)
- [44] Zitronenkuchen Rezept von «la patisserie». Online: <https://www.lapatisserie.com/cake-au-citron-franzoesischer-zitronenkuchen-rezept-kastenkuchen-tipps/5153/> (11.10.21)
- [45] Brownie Rezept von «Ana und Nina». Online: <https://anaundnina.ch/rezept/weltbeste-brownies/> (11.10.21)

## Abbildungsverzeichnis

Titelblatt: <https://www.peta.de/veganleben/ei-alternativen/> (6.12.21)

Abb. 1: <https://www.simplycooking.ch/kochen-und-experimentieren/das-huehnerei/rezepte/meringue/wie-wird-aus-fluessigem-eiklar-meringue/> (13.9.21)

Abb. 2: <https://olionatura.de/basiswissen/emulsionen-herstellen/emulgatoren-dr-jekyll-oder-mr-hyde/> (6.12.21)

Abb. 3 & 4: <https://www.abiblick.de/biomembran> (6.12.21)

Abb. 5: <https://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Emulgatoren> (6.12.21)

Abb. 6: <https://www.dataphysics-instruments.com/de/wissen/grenzflaechen-verstehen/oberflaechenspannung/> (6.12.21)

Abb. 7: <https://molview.org/?cid=5280489> (21.11.21)

Abb. 8: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Amylose3.svg> (6.12.21)

Abb. 9-15, 19-28: eigene Fotos

Abb. 16-18, 29: selbst erstellte Diagramme mit Excel

Rückseite: <https://www.worldofvegan.com/wp-content/uploads/2015/02/chicken-sign-dont-eat-eggs-vegan-illustration-.jpg> (9.12.21)

## 9. ANHANG

### Umfrage «vegane Ei-Alternativen»

Persönliche Fragen	1.	Alter:	...
	2.	Geschlecht:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiblich</li> <li>• Männlich</li> <li>• Keine Angabe</li> </ul>
	3.	Jährliches Nettoeinkommen (in CHF):	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0-25'000</li> <li>• 25'000-50'000</li> <li>• 50'000-100'000</li> <li>• 100'000-150'000</li> <li>• 150'000+</li> </ul>
	4.	Höchster Bildungsabschluss:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obligatorische Schule</li> <li>• Lehre</li> <li>• Matura</li> <li>• Berufsmatura</li> <li>• Hochschule</li> <li>• Universität Bachelor</li> <li>• Universität Master</li> </ul>
Vegan allgemein	5.	Haben Sie schon einmal bewusst ein veganes Gericht gegessen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja</li> <li>• Nein</li> </ul>
	5b.	Wenn ja, was?	...
6.	Wie oft essen Sie durchschnittlich vegane Gerichte?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nie</li> <li>• Selten</li> <li>• 1x jede zweite Woche</li> <li>• 1x pro Woche</li> <li>• 2-3x pro Woche</li> <li>• 4-5x pro Woche</li> <li>• Fast jeden Tag</li> <li>• Ich bin Veganer/in</li> </ul>	

	<p>1. Können Sie sich vorstellen, öfters vegane Gerichte zu essen?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja</li> <li>• Nein</li> </ul>	
	<p>2. Haben Sie schon einmal ein Produkt (Sandwich, Salat, Menu etc.) gekauft, welches mit «vegan» beschriftet war?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja</li> <li>• Nein</li> </ul>	
	<p>3. Wie schätzen Sie veganes Essen gegenüber restlichem Essen ein?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Billiger</li> <li>• Etwa gleich teuer</li> <li>• Teurer</li> </ul>	<p>8b. Können Sie sich vorstellen, Produkte zu kaufen, die mit «vegan» beschriftet sind?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja</li> <li>• Nein</li> </ul>
<p>Vegane Ei-Alternativen</p>	<p>4. Kennen Sie vegane Ei-Alternativen? Wenn ja, welche?</p> <p>...</p>	
	<p>5. Haben Sie schon einmal eine vegane Ei-Alternative anstelle von Eiern beim Kochen/Backen verwendet? (Bananen, Leinsamen, Ei-Ersatzpulver etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja</li> <li>• Nein</li> </ul>	<p>11b. Wenn ja, was?</p> <p>...</p>
	<p>6. Könnten Sie sich vorstellen, eine vegane Ei-Alternative anstelle von Eiern zu verwenden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja</li> <li>• Nein</li> </ul>	<p>12b. Wieso?</p> <p>...</p>

Zusätzliches

1.

Welche Gerichte würden Sie essen/probieren, wenn sie mit veganen Ei-Alternativen hergestellt wurden anstelle von Eiern?

- Kuchen
- Omelette
- Meringue
- Muffin
- Rührei
- Schokoladenmousse
- Eier-Mayo-Sandwich
- Zitronentarte mit Meringuebaiser
- Anderes

13b. Wenn «anderes», was?

...

2.

Wie würden Sie Ihre Haltung gegenüber veganen Ei-Alternativen beschreiben?

...

