



Qualifikationsphase _____

Seminararbeit

Leitfach: _____

Rahmenthema des W-Seminars:

Thema der Seminararbeit:

Verfasser/in der Seminararbeit:

Kursleiter/in: _____

Abgabetermin: _____

Abschlusspräsentation am: _____

Erzielte NP-Zahl in der schriftlichen Arbeit:

Erzielte NP-Zahl in der Abschlusspräsentation:

Doppelte Wertung (gerundet) geht ein in die Gesamtqualifikation:

[NP_{schriftliche Arbeit} 3 + NP_{Präsentation}] : 2

Unterschrift des/der Kursleiters/in:

Erasmus-Grasser-Gymnasium

Melanie Mestl

Abiturjahrgang 2020

Schokolade – Auf den Spuren der lila Kuh

Wissenschaftsorientierte Seminar Arbeit

vorgelegt von:

Kaltrina Krasniqi

Landsbergerstraße 289

80687 München

rina.lori@hotmail.de

Leitfach:

Chemie, 2SWC

„Wie schmeckt die
Zukunft?“

Ort und Datum:

München, den

29.10.2019

Inhaltsverzeichnis	
1. Einleitung	1
1.1 Geschichtlicher Hintergrund von Milka.....	1
1.2 Konventionelles Herstellungsverfahren einer Milka-Tafel.....	1
1.3 Wirkung der Schokolade auf den menschlichen Körper.....	3
2. Experimentelle Durchführung zur Herstellung einer Milka-Tafel	6
2.1 Materialien und Geräte.....	6
2.2 Versuchsdurchführung.....	10
3. Versuchsbeobachtung und Auswertung	17
3.1 Erste Versuchsreihe ohne Conchieren.....	17
3.2 Zweite Versuchsreihe mit Conchieren.....	19
3.3 Vergleich der Versuchsreihen.....	20
4. Diskussion der Versuchsergebnisse	23
4.1 Vergleich der selbst hergestellten Schokolade mit dem Original.....	23
4.2 Zusammenfassung und Interpretation.....	26
5. Fazit und Ausblick	29
6. Anhang	31
7. Glossar	47
8. Literatur-, Bilder- und Graphenverzeichnis	51
9. Selbstständigkeitserklärung	55

1. Einleitung

1.1 Geschichtlicher Hintergrund von Milka

Die Geschichte der Milka-Schokolade begann in einem kleinem Ort namens Serrieres nahe Neuenburg. Philippe Suchard eröffnete hier seine Schokoladenfabrik *Suchard*, in der er eine Vielzahl an wichtigen Maschinen, die bis heute noch in der Schokoladenproduktion eingesetzt werden, entwickelte.¹

Erst später, mit dem Verkauf des Unternehmens an Kraft Foods, wurde die Fabrik umbenannt², bis schließlich 1901 der Markenname Milka registriert wurde³. Die Verpackung ähnelte damals stark der von heute: violetter Hintergrund, ein abgebildetes Alpenpanorama, später hinzugefügt die weiße Schrift und 1972 die von Young & Rubicam entworfene weltberühmte lila Milka-Kuh.⁴

Heutzutage ist die Schokolade schon über 115 Jahre alt und besonders bekannt für ihren Zartschmelz.⁵ Mit Werbeslogans wie „Trau dich, zart zu sein“⁶ und „Im Herzen zart.“⁷ macht Mondelez - der heutige Milka-Hersteller – unglaubliche, steigende Umsätze auf dem Markt. Von 2017 auf 2018 steigerte Mondelez seinen Umsatz auf 6,8 Milliarden US-Dollar.⁸ Einen Ansatz, den breiten Erfolg zu erklären, könnte das überaus zeitintensive und mühselige Herstellungsverfahren bieten, das nötig ist, um eine hocharomatische, homogene, zartschmelzende, und struktur- und formbeständige Schokolade zu erhalten.⁹

1 Homborg finest food o.J.

2 Content Fleet GmbH o.J.

3 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

4 a.a.O.

5 a.a.O.

6 a.a.O.

7 a.a.O.

8 Online Börse o.J.

9 Belitz/Grosch 1995, S.876

1.2 Konventionelles Herstellungsverfahren einer Milka-Tafel

Die Kakaobohnen, die von Mondelez verarbeitet werden, stammen überwiegend aus Côte d'Ivoire, Ghana, Indien, Indonesien, Brasilien und der Dominikanischen Republik. Fermentiert und getrocknet erreichen sie die Schokoladenfabrik. Dort werden sie zunächst gereinigt¹ und anschließend in Röstern unter Temperaturen von 140°C bis 150°C 10 bis 35 Minuten lang geröstet.² Die gerösteten Bohnen werden dann in einem Mahlwerk gebrochen³ und erneut intensiv gereinigt⁴. Der Kakaokernbruch entsteht. Dieser wird in Mühlen und Walzwerken zunächst grob und anschließend immer feiner zur zähflüssigen, dunklen Kakaomasse zerkleinert.⁵

Zur Weiterverarbeitung wird die Kakaomasse in eine Mischanlage gepumpt⁶ und mit Kristallzucker, Kakaobutter, Milchprodukten wie Magermilchpulver und Süßmolkenpulver, Butterreinfett, gemahlene⁷ Haselnüsse und Aromen wie Vanille oder Vanillin⁸ für 30 Minuten⁹ in Knetern oder Mischern¹⁰ vermengt.¹¹

Die Schokoladenmasse wird in einen Walzer gegossen und in einem Walzwerk gewalzt, bis ein extrem feines Pulver entsteht.¹² Da sie in diesem Zustand einen unharmonischen, sauren Geschmack hat, muss sie noch für etwa 24 Stunden bei Temperaturen von 45 bis 50°C ausreifen.¹³

Der nächste Schritt, das Conchieren, stellt bei der Schokoladenherstellung einen der wichtigsten Punkte dar. Dieser ist nämlich besonders für den berühmten Mil-

1 Technische Universität München 2018, S.1

2 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

3 a.a.O.

4 Technische Universität München 2018, S.1

5 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

6 a.a.O.

7 Hammer 2001, S.12

8 Berger 2013

9 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

10 Technische Universität München 2018, S.4

11 Vgl. Anhang Abb. 6

12 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

13 Belitz/Grosch 1995, S.876

ka-Zartschmelz, für die Senkung der Zähflüssigkeit, die Aromaausbildung und -verfeinerung, für die Feuchtereduktion und die Austreibung unerwünschter Aromastoffe verantwortlich¹, wobei die Ursachen selbst teilweise noch nicht aufgeklärt sind². Damit die letzten beiden Punkte gelingen, wird die Schokolade trockenconchiert. Beim darauffolgenden Flüssigconchieren wird Kakaobutter dazugegeben. Kurz vor Beendigung des Conchiervorgangs wird Sojalecithin hinzugefügt.³ Dies alles findet unter hohen Temperaturen bis zu 48 Stunden lang in Conchen statt.⁴

Damit das Produkt länger haltbar, knackig und glänzend wird, muss es noch vor dem Eintafeln temperiert, beziehungsweise vorkristallisiert, werden. Hierfür wird die fast fertige Schokolade auf 50°C erwärmt, dann auf 27°C abgekühlt und zum Schluss wieder auf 30°C erhitzt.⁵

Über Rohre wird sie zu der Eintafelanlage weitergeleitet. Schwingende Trichter gießen die Schokolade in vorgewärmte Metall- und Kunststoffformen, ehe sie an der Rüttelstation unter Vibration gesetzt wird.⁶ Im Kühlkanal kühlt das fertige Produkt nun ab und wird durch Wenden und leichtes Klopfen schließlich ausgetafelt.⁷

1.3 Wirkung der Schokolade auf den menschlichen Körper

Ob dieses Verfahren für den großen Erfolg der Milka-Schokolade verantwortlich ist, ist noch zu überprüfen. Bekannt ist dagegen, dass diese Süßigkeit glücklich macht. Doch anders, als es allgemein vermutet wird, liegt das nicht an den Inhaltsstoffen, die sie in sich trägt. Einer der enthaltenden chemischen Stoffe wäre beispielsweise Tryptophan, das vereinfacht ausgedrückt im menschlichen Körper

1 Technische Universität München 2018, S.4

2 Belitz/Grosch 1995, S.876

3 Technische Universität München 2018, S.8

4 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

5 Technische Universität München 2018, S.12

6 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

7 Technische Universität München 2018, S.15

zum Glückshormon Serotonin umgewandelt wird.¹ Oder Theobromin², dem eine stimmungsaufhellende Wirkung nachgesagt wird³. Bei beiden Stoffen ist jedoch die entsprechende Dosis zu gering, als dass sie für das sich einstellende Glücksgefühl beim Genuss von Schokolade verantwortlich sein könnten.⁴

Viel mehr liegt der Grund dafür in der Psyche des Menschen. Schokolade konsumieren wir schon von klein auf zu unterschiedlichen Gelegenheiten wie Weihnachten oder Ostern. Diese Kindheitstage verbinden wir mit schönen Erinnerungen, die beim Schokoladenkonsum unbewusst erneut abgerufen werden und uns glücklich machen.⁵ Die Schokoladenhersteller könnten sich dieses Wissen zu Nutze machen und erweitern deswegen ihr Angebot zu den Festtagen auf bestimmte Specials: Zur Weihnachtszeit produziert Mondelez zum Beispiel Milka Sweet Winter - Alpenvollmilch- und weiße Schokolade in Form von kleinen Tannenbäumen⁻⁶, an Ostern Milka Löffel-Ei gefüllt mit einer Milchcrème-Füllung⁷.

Doch auch im Alltag wird immer wieder suggeriert, dass Schokolade mehr als nur ein reines Lebensmittel sei. In den Medien ist sie ein viel benutztes Motiv, das immer die gleiche Nachricht vermittelt: Wenn du traurig bist, iss Schokolade und dir wird es besser gehen. Im Film „Bridget Jones – Schokolade zum Frühstück“ beispielsweise erlebt die Protagonistin unter anderem Herzschmerz und die Trennung ihrer Eltern. Diese negativen Ereignisse bekämpft sie stets mit Schokolade. Das Bild, das damit vermittelt wird, brennt sich in die Köpfe der Zuschauer, die schließlich bei ähnlichen Problemen auch zur Schokolade greifen.

Somit wird Schokolade schon lange nicht mehr als bloßes Konsummittel gesehen. Sie hat sich fest in unserer Gesellschaft etabliert und kann als Genussmittel, fast schon Suchtmittel beschrieben werden. Um dem Erfolgsgeheimnis der Schokoladentafel auf die Spur zu kommen, wird im Folgenden versucht, den großindustri-

1 Ganschow/Böhnke/Schadwinkel o.J.

2 a.a.O.

3 DocCheck Community GmbH o.J.

4 Ganschow/Böhnke/Schadwinkel o.J.

5 a.a.O.

6 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

7 a.a.O.

ell hergestellten Klassiker unter allen Milka-Tafeln - die Alpenmilch Schokolade -
so originalgetreu wie möglich selbst herzustellen, wobei der besondere Fokus auf
dem Conchieren liegt.

2. Experimentelle Durchführung zur Herstellung einer Milka-Tafel

2.1 Materialien und Geräte

Die Zutaten finden sich auf der Rückseite jeder Schokoladentafel:

„Zucker, Kakaobutter, Magermilchpulver, Kakaomasse, Süßmolkenpulver, Butterreinfett, Haselnüsse, Emulgator (Sojalecithin), Aroma (Vanillin). Kakaο: 30% mindestens“¹

Das eigentliche Rezept hält Mondelez als Betriebsgeheimnis zurück, doch aus der Zutatenliste lassen sich wichtige Erkenntnisse ziehen. Zwar fehlen die Mengenangaben, doch man kann das Verhältnis der Zutaten untereinander sehen. Die EU-Lebensmittelinformationsverordnung schreibt vor, dass die Zutaten in absteigender Reihenfolge ihrer Gewichtsanteile angegeben werden müssen.² Zudem ist die übliche Zusammensetzung einer Milkschokoladentafel von 100 Gramm bekannt.³

Aus 100 g Kakaobohnen erhält man genau 77,5 Gramm Kakaomasse. Das Problem - dass es noch Zusatzzutaten gibt, die nicht in der Tabelle erfasst wurden - kann nur durch mehrere Versuche gelöst werden. Als Basis werden zunächst die Mengen der Kakaobutter, dem Zucker und dem Milchpulver mit 77,5 Gramm Kakaomasse ermittelt und nach der Menge absteigend sortiert. Schließlich werden die restlichen Zutaten ebenso eingegliedert, sodass die Zutaten wie auf der Zutatenliste der Milka-Verpackung sortiert sind.⁴

Die Menge für Milchpulver beträgt gerundet 142 Gramm. Diese muss im nächsten Schritt auf Magermilchpulver und Süßmolkenpulver aufgeteilt werden. Ebenso kann das Butterreinfett vernachlässigt werden, da es in der Industrie nur als billi-

1 Vgl. Anhang Abb. 6

2 Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V. 2014, S.2

3 Vgl. Anhang Abb. 24

4 Vgl. Anhang Abb. 25

gerer Kakaobutter Ersatz dient.¹ Stattdessen muss der Wert des Butterreinfettes zum Wert der Kakaobutter addiert werden. Daneben spielt die Menge an Sojalecithin eine wichtige Rolle. Der Emulgator soll nämlich die Viskosität senken und die rheologischen Eigenschaften der Schokolade verbessern.² Dies gilt aber nur bei einer Menge von circa 0,1% bis 0,3 %. Bei einer größeren oder geringeren Menge steigt der Viskositätswert nämlich wieder, statt zu sinken.³

Nach einigen Versuchen, in denen ausschließlich der Geschmack getestet wurde, kristallisiert sich ein Rezept heraus, dessen Ergebnis der Milka Alpenvollmilchschokolade am nächsten kommt:

Zusammensetzung	Zucker	Kakaobutter	Magermilchpulver	Kakaomasse	Süßmolkenpulver	Haselnüsse	Sojalecithin	Vanillin
absolut	310 g	150 g	90 g	78 g	42 g	20 g	1 g	0,1 g
prozentual	44,35%	21,46%	12,88%	11,16%	6,01%	2,86%	0,14%	0,01%

Abb.1 : Zusammensetzung der selbst hergestellten Schokolade pro Versuch (eigene Abb.)

Da eine herkömmliche Küchenwaage keine Nachkommastellen anzeigt, wurden die absoluten Mengenangaben gerundet. Beim Befolgen des Rezepts ist besonders die Menge der Kakaomasse zu beachten. 100 Gramm Kakaobohnen ergeben nicht immer 78 Gramm Kakaomasse. Beim Schälen und beim Zerkleinern geht ein Teil verloren. Außerdem könnte die resultierende Portion der Kakaomasse von der Art der Kakaobohnen abhängig sein. Je kleiner die Bohnen, desto mehr Schale wird in den 100 Gramm Startgewicht eingerechnet. Je nachdem, wie viel Kakaomasse entsteht, muss die Rezeptur auch verändert werden. Da bei allen ausgeführten Versuchen jedoch 77 bis 78 Gramm Kakaomasse entstanden ist, wird im weiteren Verlauf der Arbeit der Wert zur Vereinfachung als Standard festgelegt.

1 Dreißig 2013

2 Technische Universität München 2018, S.8

3 Vgl. Anhang Abb. 26

Für einen Versuch können alle Zutaten einfach und schnell besorgt werden¹: Ein paar von ihnen können in jedem Haushalt gefunden werden, wie der Kristallzucker. Für das Aroma kann man eine Packung Vanillinzucker verwenden. Die angegebenen 0,1 Gramm Vanillin entsprechen einer Packung Vanillinzucker der Eigenmarke „Gut und Günstig“ vom Supermarkt EDEKA, da sie auf 8 Gramm Zucker mindestens 0,1 Gramm Vanillin enthalten müssen². Vor allem ist auch zu beachten, dass der Wert nur für frisch gekaufte Ware gilt, da der Vanillingehalt mit der Zeit abnimmt.³ Die 6 Gramm Zucker in der Packung verändern weder den Geschmack noch die Konsistenz, weswegen man sie nicht von den 310 Gramm des Zuckers abziehen muss. Im gleichen Supermarkt sind auch die Kakaobutter und die Haselnüsse zu finden. Obwohl die Milka Alpenvollmilchschokolade keine Nusschokolade ist, werden ihr gemahlene⁴ Haselnüsse zugegeben⁵, die man in jedem EDEKA in der Kochabteilung finden kann. Flüssiges Sojalecithin ist in jeder Apotheke erhältlich. Die genutzten BIO Kakaobohnen roh der Marke naturi.me, das sprühgetrocknete Milchpulver von Golden Peanut und das Süßmolkenpulver von GEFRO kann über Amazon im Internet bezogen werden.

Auch die Materialien sind alle in einer konventionellen Küche zu finden.⁶ Neben ausreichenden Löffeln und Schüsseln in unterschiedlichen Größen, die teilweise auch hitzebeständig sein sollten, Wasser und Heizplatten benötigt es pro Arbeitsschritt nochmal auszeichnende Gerätschaften. Statt Röstern wird entweder eine beschichtete Pfanne oder ein Ofen⁷ mit Backblech und Backpapier genutzt.

Für das Schälen sind keine weiteren Küchengeräte nötig. Sollte man jedoch nicht während des ganzen Prozesses am Herd stehen wollen, empfiehlt sich eine Unterlage für die heiße Pfanne oder das Blech. Im Versuch wird ein Holztablett benutzt.

In einer Großindustrie werden verschiedenste Mühlen und Walzwerke genutzt, um

1 Vgl. Anhang Abb. 4

2 Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V 2007, S.1

3 a.a.O.

4 Hammer 2001, S.12

5 Vgl. Anhang Abb. 6

6 Vgl. Anhang Abb. 5

7 Homborg finest food o.J.

die gewünschte Kakaomasse herzustellen. Die Aufgabe der Mühlen, die Kakaobohnen auf 100 µm vor- und feinzuzerkleinern¹, übernimmt ein Standmixer². Um allerdings die Kakaobutter aus den Kakaobohnen zu brechen, so dass die Kakaomasse entsteht³, bedarf es bestimmter Walzwerke, die im Experiment durch einen Mörser⁴ und eine Nudelmaschine⁵ ersetzt werden. Damit auch nichts von dem Kakaokernbruch verloren geht, kann eine Tischdecke als Unterlage genutzt werden.

Für das Mischen der Zutaten werden die meisten Materialien benötigt. Mit einer Küchenwaage müssen alle Zutaten abgewogen und die geriebenen Haselnusskerne gesiebt werden. Für das Mischen und dem Erhitzen der Kakaobutter werden zusätzlich noch zwei Pfannen und ein Glas gebraucht. Sollte keine große Schüssel für die Kakaomasse vorhanden sein, kann auch auf einen Kochtopf zurückgegriffen werden. Außerdem könnten Ofenhandschuhe und ein Spachtel hilfreich sein.

Statt eines Walzers bei der Feinzerkleinerung kann der schon vorher genutzte Standmixer genutzt werden.⁶ Ebenso braucht es einen Handmixer und ein hohes Glasgefäß. Das Ausreifen wird durch einen Magnetrührer mit integrierter Heizplatte ermöglicht.

Dieser Magnetrührer wird in Kombination mit einem Rührfisch schließlich auch als Ersatz für die Conchen verwendet.

Da die Temperatur bei der Temperierung gemessen werden muss, braucht es ein hitzebeständiges Thermometer. Im Versuch wird dafür ein HKL-Messgerät verwendet.

Zum Formen der Schokolade werden weite, mit Backpapier ausgelegte Backbleche verwendet, die in einem Ofen vorgewärmt⁷ werden. Die Arbeit von Schneide-

1 Technische Universität München 2018, S.4

2 Homborg finest food o.J.

3 Technische Universität München 2018, S.4

4 Strüven u.a. 2005, S.10

5 Singh o.J.

6 Homborg finest food o.J.

7 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

maschinen übernimmt ein scharfes Küchenmesser.

2.2 Versuchsdurchführung

Insgesamt werden fünf Versuche, mit unterschiedlichen Änderungen durchgeführt.

Für die erste Versuchsreihe müssen die 100 Gramm Kakaobohnen gewaschen werden.¹ Hierfür werden sie in eine Schüssel gegeben, die dann unter einen laufenden Wasserhahn gehalten wird. Das Wasser sollte hierbei eine hohe Temperatur haben, da sich Schmutz besser in warmem Wasser löst.² Sobald die Schüssel bis zum Rand gefüllt ist, wird sie kurz geschwenkt und das Wasser abgegossen. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis das Wasser klar ist. Die gewaschenen Bohnen werden sofort im Anschluss auf dem mit Backpapier ausgelegten Backblech verteilt und im vorgewärmten Ofen bei 150 °C³ 30 Minuten⁴ lang erhitzt.

Im nächsten Schritt werden die fertig gerösteten Kakaobohnen mit den Händen geschält. Hierfür wird zunächst der Ofen ausgeschaltet und das Backblech auf einer wärmebeständigen Unterlage abgestellt, auf der die Kakaobohnen abkühlen können. Danach kann die Schale bedenkenlos abgezogen werden. Da die Bohnen nun empfindlicher sind als zuvor, kann es vorkommen, dass sie bei dem Schälen brechen. Somit entsteht schon der gewünschte Kakaokernbruch, ohne dass die Kakaobohnen in einem Mahlwerk vorzerkleinert werden müssen. Sollten sich die Schalen nur schwer entfernen lassen, kann die Pfanne auch mit kaltem Wasser gefüllt werden. Im Wasser kühlen die Kakaobohnen schneller ab und die Schalen lösen sich viel leichter. Der entstandene Kakaokernbruch kommt in die gleiche Schüssel, die schon zu Beginn des Experiments zum Waschen genutzt wurde, um erneut im gleichen Verfahren wie zuvor gereinigt⁵ zu werden. Die Schalen können bedenkenlos im Hausmüll entsorgt werden.

1 Technische Universität München 2018, S.1

2 Drösser 2016

3 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

4 a.a.O.

5 Technische Universität München 2018, S.1

Der Kakaokernbruch muss nicht abgetrocknet werden, sondern kann gleich weiter zerkleinert werden. Zunächst wird er dafür grob in einem Standmixer¹ gemixt und schließlich in einen Mörser² umgefüllt und zerstampft, bis sich ein Brei bildet³. Es empfiehlt sich, kleinere Portionen zu mörsern, um ein möglichst feines Ergebnis zu erlangen.⁴ Auf diesen Schritt folgt das Walzen in einer Nudelmaschine⁵, die per Hand bedienbar ist. Es wird nur die Glattwalze am Apparat benötigt, dessen Stärke durch den Regler auf die höchste Stufe eingestellt werden muss. Jeweils ein Löffel Kakaomasse wird in die Glattwalze gegeben und dann durch Drehen der Kurbel im Uhrzeigersinn gewalzt. Das durch eine Tischdecke aufgefangene Resultat wird in eine Schüssel umgelagert. Dieser Schritt wird nun so oft ausgeführt, bis die komplette Masse gewalzt ist.⁶

Bevor sie nun weiterverarbeitet wird, müssen alle Zutaten bis auf das Sojalecithin vorbereitet werden. Nach den Mengenangaben in der Rezeptur müssen der Zucker, die Kakaobutter, das Magermilch- und Süßmolkenpulver und die feingeriebenen und gesiebten Haselnüsse separat in einer Küchenwaage abgewogen werden und bis zum Mischen in einzelnen Schüsseln aufbewahrt werden. Für 100 Gramm Kakaobutter muss ein Wasserbad erstellt werden.⁷ Dazu stellt man die Schüssel mit der Kakaobutter in eine größere Pfanne und gibt in diese zwei Gläser Wasser, das zum Kochen gebracht wird. Anschließend wird die Temperatur herabgeschaltet. Während die Kakaobutter erhitzt wird, kann schon mit der Kakaomasse weitergearbeitet werden. Diese muss genauso wie die Kakaobutter in einem Wasserbad auf einer anderen, freien Herdplatte erwärmt werden⁸. Ist dieser Vorgang abgeschlossen, darf die Kakaomasse während des gesamten weiteren Verlaufs nicht unbeaufsichtigt stehen gelassen werden, da sie schnell anbrennen kann. Um dies zu verhindern, sollte sie stetig umgerührt werden. Wenn die Masse erhitzt ist, werden die trockenen Zutaten unter Rühren nacheinander hinzugefügt: als ers-

1 Homborg finest food o.J.

2 Strüven u.a. 2005, S.10

3 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

4 Vgl. Anhang Abb. 7

5 Singh o.J.

6 Vgl. Anhang Abb. 8

7 Strüven u.a. 2005, S.11

8 Strüven u.a. 2005, S.11

tes der Zucker, dann das Päckchen Vanillinzucker, anschließend beide Milchpulver und schließlich die Haselnüsse. Mittlerweile müsste auch die letzte Zutat, die Kakaobutter, in einen flüssigen Aggregatzustand übergegangen sein, sodass man schon die betreffende Herdplatte abschalten kann.¹ Weil sich nicht nur die Kakaobutter erhitzt hat, sondern auch die Schüssel, empfiehlt es sich, einen Topfhandschuh über zu ziehen. Mit der geschützten Hand kann nun die Schüssel aus dem Wasserbad genommen und anschließend die Kakaobutter zu der Kakaomasse gegossen werden. Um auch möglichst die gesamten 100 Gramm in das Gemisch zu bekommen, sollte man die Reste, die in der Schüssel kleben, mit einem Kochspatel abkratzen und zur Kakaomasse hinzufügen. Das Gemisch wird nun noch einmal kurz verrührt und dann aus dem Wasserbad genommen, um abzukühlen. Die Herdplatte, auf der die Kakaomasse steht, wird ausgeschaltet.

Sobald die Masse Raumtemperatur angenommen hat, sollte sie für das Mixen bereit sein. Für diesen Schritt wird sie in den Standmixer gefüllt². Für 20 Minuten³ wird die Masse nun auf höchster Stufe gemixt. Dabei entsteht ein Pulver⁴, das in einen Topf umgefüllt werden muss. Dieser wird wiederum auf den Magnetrührer gestellt, der auf 50°C⁵ eingestellt ist. Einen ganzen Tag muss die Schokolade nun so stehen, bis sie eine teigartige Konsistenz angenommen hat^{6,7}.

Im nächsten Schritt kommt nun auch die Magnetfunktion des Magnetrührers zum Einsatz. Bei der Wahl der Erhitzungstemperatur müssen zwei Aspekte beachtet werden. In der hergestellten Schokolade ist durch die Milchpulver Lactose enthalten⁸. Bei höherer Hitze lagert sich Lactose zum Teil nach der Lobry-de-Bruyn-Alberda-van-Ekenstein-Umlagerung in Lactulose um⁹, die vom Körper nicht verwertet werden kann, weswegen sie auf Menschen eine laxative Wirkung hat¹⁰. Zwar entsteht auch bei der Wärmebehandlung von Milch ein geringer Lactulose-

1 Vgl. Anhang Abb. 9

2 Homborg finest food o.J.

3 a.a.O.

4 a.a.O.

5 Belitz/Grosch 1995, S.876

6 a.a.O.

7 Vgl. Anhang Abb. 10

8 Technische Universität München 2018, S.8

9 Belitz/Grosch/Schieberle 2008, S.530

10 Clanner-Engelshofen 2017

Anteil. Allerdings sind die Lactulose-Werte von direkt und indirekt erhitzter Milch um einiges höher als die Werte von milchpasteurisierter und mikro- oder tiefenfiltrierter Milch. Dies kann auf die unterschiedlichen Erhitzungstemperaturen zurückgeführt werden. Milchpasteurisierte und mikro- oder tiefenfiltrierte Milch wird für 20 Sekunden bei einer Temperatur von circa 74°C erhitzt, bei der direkt und indirekten Milch reichen 2 bis 3 Sekunden aus, gleichwohl bei Temperaturen von etwa 125°C bis 127°C.¹ Eine erhöhte Temperatur bedeutet eine größere Menge an Energie. Diese ist nötig, damit Lactose zu Lactulose umgelagert wird. Je höher die Temperatur also, desto mehr Lactose wird umgelagert. Da bei Schokolade der Lactulose-Anteil möglichst klein gehalten werden soll, um nicht abführend zu wirken, muss sie bei Temperaturen unter 75°C conchiert werden². Da der nächste Schritt das Temperieren ist, bei der die Schokolade eine Ausgangstemperatur von 50°C benötigt³, kann man die Conchier-Temperatur auf 50°C festlegen. So muss man nicht warten, bis die Masse auf die gewünschte Temperatur abkühlt, sondern kann sofort weiterarbeiten. Die Schüssel mit der pastösen Schokolade wird auf den Magnetrührer gestellt und der Rührfisch langsam in die Schüssel gegeben. Die Magnetstärke sollte so eingestellt werden, dass der Rührfisch sich möglichst intensiv dreht. Sechs Stunden lang muss die Schokolade nun conchiert werden⁴. Danach werden die restlichen 50 Gramm Kakaobutter in einem Wasserbad erwärmt und zur Schokolade gegeben. Die Flüssigconchierdauer hängt wahrscheinlich von dem Magnetrührer, den Zutaten und dem Rezept ab, doch allgemein kann gesagt werden, dass Schokolade, die weniger als 4 Stunden flüssigconchiert wurde, eine schlechte Qualität aufweist⁵. Herkömmliche Schokolade muss also 24 bis 72 Stunden conchiert werden. Bei der Versuchsdurchführung sollte sich ebenso an diese Dauer gehalten werden. Eine halbe Stunde, bevor man das Flüssigconchieren beenden möchte, muss die Sojalecithin Zugabe erfolgen.⁶ Hierfür wird ein Tropfen Sojalecithin in die Schokolade gegeben.

1 Vgl. Anhang Abb. 28

2 Technische Universität München 2018, S.8

3 a.a.O., S.12

4 Belitz/Grosch 1995, S.876

5 Technische Universität München 2018, S.8

6 a.a.O.

Sobald die Schokolade fertig ist, wird die Magneteinstellung ausgeschaltet, der Rührfisch aus der Masse genommen und die Temperatur extrem heruntergeschaltet, sodass die Schokolade von ihren 50 °C innerhalb von 10 Minuten¹ auf 27°C abkühlt². Bei Kakaobutter handelt es sich nämlich um ein Triglycerid aus unterschiedlichen Fettsäuren, das polymorph in 6 verschiedene Modifikationen mit Schmelzpunkten zwischen 17°C und 36°C kristallisiert. In unterschiedlichen Geschwindigkeiten wandeln sich die instabilen Kristallformen mit niedrigen Schmelzpunkten in höher schmelzende, stabilere Modifikationen um, was jedoch zur Fetteifbildung führen kann. Es wird also versucht, beim Temperieren schon möglichst viele Kakaobutter-Kristallkeime mit der stabilen β -Modifikation zu erzeugen. Die Temperatur von 50°C wird als Schmelzphase bezeichnet, da hier erstmals alle Kristalle geschmolzen werden.³ Nach dem Abkühlen muss die Schokolade weitere 10 Minuten⁴ auf 27°C gehalten werden.⁵ In dieser Kristallbildungsphase werden nun stabile, aber auch instabile Fettkristalle gebildet.⁶ Anschließend muss die Temperatur innerhalb von 5 Minuten⁷ auf 30°C erhöht werden.⁸ Da dies über dem Schmelzpunkt aller instabilen Kristalle liegt⁹, könnte es sein, dass nur die instabilen Kristallformen geschmolzen werden und somit nur die stabilen β -Modifikationen übrig bleiben. Es ist sehr wichtig, dass die Temperaturführung mit dem HKL-Messgerät ganz genau kontrolliert und die Schokolade gleichzeitig regelmäßig umgerührt wird. Dazu empfiehlt es sich, ein Paar helfende Hände zu haben. So kann sich nämlich eine Person ganz auf das Messgerät konzentrieren und die andere auf das Umrühren. Die 30°C müssen kurz gehalten werden¹⁰, ehe der Magnetprüher komplett ausgeschaltet wird.¹¹

Die flüssige Schokolade erhält im letzten Schritt ihre Form. Dazu wird sie in das auf 24C bis 29°C vorgewärmte¹², mit Backpapier ausgelegte Backblech gegossen.

1 Belitz/Grosch 1995, S.877

2 Technische Universität München 2018, S.12

3 a.a.O., S.11 ff.

4 Belitz/Grosch 1995, S.877

5 Technische Universität München 2018, S.12

6 a.a.O., S.13

7 Belitz/Grosch 1995, S.877

8 Technische Universität München 2018, S.13

9 Vgl. Anhang Abb. 27

10 Belitz/Grosch 1995, S.877

11 Vgl. Anhang Abb. 12

12 Ternes 1998, S. 614

Erneut kann mit einem Kochspatel der Topf geleert und die Schokolade gleichmäßig auf dem Blech verteilt werden. Um Luftblasen in der Schokolade zu vermeiden, wird sie noch kurz gerüttelt¹ und dann in den Kühlschrank gestellt.² Sie bräuchte je nach Größe des Blechs unterschiedlich lang zum Abkühlen, weswegen man im 15 Minuten-Takt nach der Schokolade schauen sollte. Allgemein sollte gelten: Ist sie erstarrt, ist sie fertig. Dann kann das Blech aus dem Kühlschrank genommen, das Backpapier herausgehoben und die Schokolade vorsichtig auf einer sauberen und glatten Unterlage gestürzt werden. Das Papier wird abgezogen und die Schokolade mit einem scharfen Messer in Tafelgröße geschnitten. Für einen besonders glatten Rand, der keine Bruchstellen aufweist, kann dieses zuvor erst unter heißes Wasser gehalten werden.³

Im zweiten Versuch werden statt des Standmixers bei der Feinzerkleinerung ein Handmixer und ein hohes Glasgefäß benutzt. Die abgekühlte Schokolade wird in das Glasgefäß gefüllt und mit dem Handmixer für 20 Minuten⁴ gemixt, bis sie eine pulvrige Form⁵ angenommen hat.

Bei der nächsten Versuchsdurchführung wird der Zucker nicht erst beim Mischen, sondern einen Schritt vorher dem Kakaokernbruch zugeführt, damit er parallel mitzerkleinert wird.

Das vierte Experiment verzichtet vollständig auf den Einsatz der Nudelmaschine und beim letzten wird für das Rösten der Kakaobohnen statt des Ofens eine beschichtete Pfanne genutzt. Die Temperatur der Herdplatte wird dabei auf die höchste Stufe gedreht und bis zum Ende der Röstzeit hin immer wieder etwas hergeschaltet werden. Ebenso wie beim Versuch mit dem Ofen müssen die Kakaobohnen für 30 Minuten geröstet werden⁶. Währenddessen sollte man sie regelmäßig umrühren, sodass sie von jeder Seite gleichmäßig erhitzt werden.

1 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

2 Vgl. Anhang Abb. 13

3 Vgl. Anhang Abb. 14

4 Homborg finest food o.J.

5 a.a.O.

6 Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG o.J.

Jede Versuchsveränderung wird für das nächste Experiment als Standard mitübernommen. Außerdem muss mit der doppelten Menge jeglicher Zutaten gearbeitet werden. Den Arbeitsschritt Conchieren überspringt man nämlich mit der Hälfte der Masse, sodass pro Versuch ein conchiertes und ein nicht conchiertes Ergebnis vorliegt, was schlussendlich 10 Endschokoladen ergibt.

3. Versuchsbeobachtung und Auswertung

3.1 Erste Versuchsreihe ohne Conchieren

Alle hergestellten Schokoladen werden auf Aussehen, Konsistenz, Geruch, Geschmack und Mundgefühl geprüft, wobei alle nicht conchierten keine Unterschiede in Optik und hinsichtlich des Gefühls, das sie auf der Zunge auslösen, aufweisen. Sie sind matt und haben eine tiefe, erdbraune Farbe.¹ Betrachtet man sie von der Seite, sind an vereinzelt Stellen noch Zuckerkristalle sichtbar. Auch im Mund bleibt die Schokolade stetig sandig und grobkörnig.² Sie schmilzt nicht auf der Zunge, sondern muss zerkaut werden. Zwar kommt es innerhalb der anderen Kategorien im Laufe der Versuche nicht zu extremen Abweichungen, es ist jedoch eine abfallende Qualität beobachtbar.³

Das Ergebnis des ersten Versuchs weist in der Konsistenz, im Geruch und im Geschmack einige Schwächen auf. Die Schokolade ist brüchig, an manchen Stellen regelrecht klumpig. Der Bruchtest⁴ gilt als nicht bestanden, da die Tafel schon in den Händen zerkrümelt. Sie schmeckt zunächst extrem süß, hinterlässt im Nachgeschmack nichtsdestotrotz einen bitteren und sauren Geschmack. Der Geruch erinnert an Zartbitterschokolade.

Die Ergebnisse lassen sich auf die Versuchsdurchführung zurückführen. Das erste Problem stellt sich nämlich schon ganz zu Beginn bei der Vorzerkleinerung ein. Die Kakaobutter lässt sich nicht aus den Kakaobohnen brechen, sodass keine Kakaomasse entsteht. Der Kakaokernbruch bleibt noch bestehen. Dieser ist gleichzeitig nicht klein genug zermahlen, womit man die einzelnen Partikel bei der finalen Schokolade noch herauschmecken kann. Erst später, bei Hinzugabe der Kakaobutter wird der Kakaokernbruch flüssig. Ein weiteres Problem tritt folgend bei der Feinzerkleinerung im Mixer auf. Die Schokolade wird nicht wie gewollt tro-

1 Vgl. Anhang Abb. 18

2 Vgl. Anhang Abb. 19

3 Vgl. Anhang Abb. 29

4 Südwestrundfunk 2013

cken. Stattdessen behält sie ihren flüssigen Aggregatzustand bei.¹ Es wird vermutet, dass letzteres Problem aufgrund des Mixers vorliegt. Dieser erhitzt sich extrem bei 20-minütiger Nutzung, sodass die Schokolade bei der hohen Temperatur im geschmolzenen Zustand aufrecht erhalten wird. Um letzteres Problem zu lösen, wird die Schokolade nach dem Mischen in ein Glasgefäß gegeben. Glas besitzt eine Wärmefähigkeit von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ unter Normalbedingungen und ist somit ein schlechter Wärmeleiter². Das Mixen übernimmt ein Handmixer, der zwar auch wärmer wird, die Schokolade gleichzeitig jedoch nicht extrem erhitzt. Je größer nämlich der Abstand zur Wärmequelle ist, desto mehr nimmt die Temperatur ab³. Die entstehende erhöhte Temperatur im Handmixer muss nun durch die Rührhaken in die Schokolade und dann bis an das Ende des extra hoch gewählten Gefäßes. Mit dem Austausch der Geräte wird die Schokolade bei der Feinzerkleinerung somit porös. Beim Temperieren schmilzt die staubige Schokolade zwar zum Teil, aber wirklich flüssig wird sie nicht, sodass es zur Brockenbildung kommt.

Neben den Klumpen spürt man vor allem die Zuckerkristalle heraus. Um dem entgegen zu wirken, werden sie dem Kakaokernbruch schon bei der Vorzerkleinerung beigemischt. So werden sie mitzerkleinert. Das Problem wird mit diesem Vorgehen nur teilweise gelöst. Auch wenn die Schokolade nun eine einheitlichere, plastischere Masse ist, ist der Zucker nichtsdestotrotz noch sensorisch wahrnehmbar,

Die Nudelmaschine zermahlt den Kakaokernbruch nicht klein genug. Um die Schokoladenproduktion also weniger zeitintensiv zu machen, wird im vierten Versuch auf deren Nutzung verzichtet. Die Schokolade zeigt keinerlei Veränderung.⁴ Somit kann mit Versuch 4 der Arbeitsaufwand vermindert werden.

Es fällt auf, dass der süße Geschmack des Zuckers bei den vorherigen Versuchen überwiegt. Ein intensiverer Geruch wird versucht, zu erzielen, indem beim Röstvorgang der Ofen durch eine andere andere Wärmequelle wie die Pfanne ersetzt wird. Das Ergebnis des letzten Versuchs ist eine Schokolade, die geruchlich und

1 Vgl. Anhang Abb. 15

2 Hahn 2009, S.323

3 a.a.O., S.326

4 Vgl. Anhang Abb. 29

geschmacklich stark an Kakaobohnen erinnert.

3.2 Zweite Versuchsreihe mit Conchieren

Die conchierte Schokolade ähnelt der nicht conchierten im Aussehen, weist jedoch in den anderen Kategorien teilweise komplett andere Eigenschaften auf. Obwohl man die Zuckerkristalle noch spüren kann, ist die Schokolade im allgemeinen betrachtet eine homogene Masse. Sie bröckelt nicht, sondern verharrt in der Form, in der sie erstarrt ist.¹ Den Bruchtest besteht sie und bleibt sogar beim Kauen noch knackig, ehe sie langsam im Gaumen zergeht². Neben dem Zartschmelz spürt man trotzdem noch den Kakaokernbruch und den Zucker wie Krepppapier auf der Zunge.³ Ein intensiver, süßlicher Geruch ist wahrnehmbar, wobei der Kakaogeruch etwas fehlt. Auch vom Geschmack her dominiert die Süße des Zuckers. Gleichzeitig ist Milch heraus schmeckbar.

Von Versuch 1 zu Versuch 2 kann keine Veränderung im Ergebnis beobachtet werden.⁴ Es kommt dahingegen zu Schwierigkeiten im Conchierprozess. In Versuch 1 ist die Schokolade nach der Feinzerkleinerung noch flüssig. Man kann also den Rührfisch einfach in das Gemisch geben und die Schokolade conchieren. Das Trockenconchieren fällt jedoch weg, stattdessen wird die Schokolade entsprechend länger flüssigconchiert. Um die Versuchsdurchführung allerdings so ähnlich wie möglich dem der Großindustrie zu halten, muss bei der Zerkleinerung ein Pulver entstehen, dass dann trockenconchiert wird. Durch Änderung von Versuch 1 auf Versuch 2 funktioniert das auch, aber der Rührfisch wirbelt hierbei das Pulver hoch. Beim Conchieren muss also darauf geachtet werden, dass die Magnetstärke für das Trockenconchieren um einiges geringer, als die für das Flüssigconchieren, ausfallen muss.

Bei der conchierten Schokolade, die in der Versuchsdurchführung 3 entsteht, ist nur eine kleine Verbesserung beobachtbar. Der Zucker schmilzt während des

1 Vgl. Anhang Abb. 18

2 Südwestrundfunk 2013

3 Vgl. Anhang Abb. 19

4 Vgl. Anhang Abb. 30

Conchierens, sodass schon nach diesem Schritt kaum Kristalle mehr sicht- und spürbar sind. Das Mitzerkleinern des Zuckers macht die Kristalle kleiner, dennoch bleiben sie wahrnehmbar.

Auch Versuch 4 weist keine Abweichungen bei den Endergebnissen auf.¹ Aber der Verzicht auf die Nudelmaschine macht die extrem zeitaufwändige Schokoladenherstellung um einiges kürzer.

Durch das Rösten der Kakaobohnen in der Pfanne in Versuch 5 schmeckt die Schokolade nicht mehr nur noch nach Zucker und Milch, sondern erhält einen angenehmen Kakaogeschmack und -geruch.

3.3 Vergleich der Versuchsreihen

Um alle Schokoladen miteinander vergleichen zu können, wird ein Bewertungssystem angelegt, das designtechnisch dem Nutri-Score nachempfunden ist. Hierbei handelt es sich um eine Farbskala von einem A in einem dunklen Grün bis zu einem E in Rot. Die Qualität der Nährwerte in einem Lebensmittel als Endnote hervorgehoben, wobei ein A das beste und ein E das schlechteste Ergebnis darstellt.² Die Bewertung der Schokolade konzentriert sich jedoch nicht auf den Energiegehalt, die enthaltene Zucker-, gesättigte Fettsäuren- und Natriummengen³, sondern auf die 5 Kategorien, auf denen schon die Beurteilung der Testergebnisse basiert. 35 Testpersonen werden nach einer Bewertung auf der Skala gefragt. Aus dem Durchschnitt aller Antworten ergibt sich folgendes Muster:

1 Vgl. Anhang Abb. 30

2 Stiftung Warentest 2019

3 Verbraucherzentrale Hamburg e. V 2019, S.2

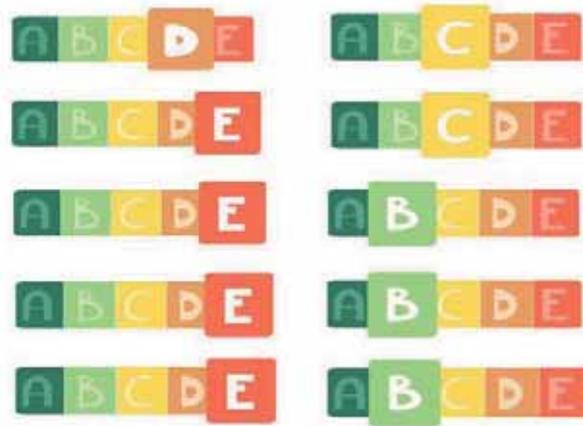


Abb. 2: Ergebnisse der durchschnittlichen Angaben der 35 Testpersonen im Nutri-Score Design sortiert nach unconchiert (links) und conchiert (rechts) und nach Versuchsreihe (aufsteigend) (eigene Abb.)

Die Ergebnisse lassen sich durch die Beobachtungen erklären. Schokolade 1 aus der nicht conchierten Reihe erhält unter den nicht conchierten Schokoladen die beste Bewertung. Sie bleibt nämlich flüssig bei der Zerkleinerung, sodass sie auch am Ende beim Formen diesen Aggregatzustand besitzt. Alle anderen sind wie bei der industriellen Herstellung nach diesem Vorgang trocken-breiig mit einem bitteren Geschmack. Das Ergebnis ist also klumpig, und bröckelt extrem stark. Das Mitzerkleinern des Zuckers kann eine - wenn auch nur geringere - Verbesserung bezüglich des sandigen Gefühls im Mund und des Aussehens bieten.

Die conchierte Schokolade hingegen schneidet in jedem einzelnen Versuch besser ab. Auch diese ist keine homogene Masse, aber dafür sehr zartschmelzend. Außerdem hinterlässt sie nicht wie die unconchierten Schokoladen einen bitteren und unangenehmen Nachgeschmack.

Weiterhin werden die 35 Testpersonen nach ihrem Favoriten unter den 10 Schokoladen gefragt, bei dessen Umfrage folgendes Ergebnis vorliegt:

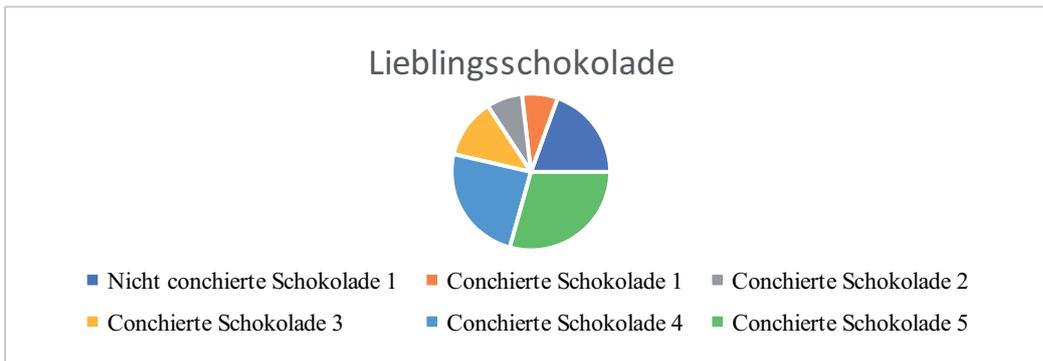


Abb. 3: Testergebnisse der befragten Personen nach ihrer Lieblingsschokolade unter den 10 selbst hergestellten (eigene Abb.)

Am auffälligsten ist, dass es alle unconchierten Schokoladen bis auf die aus Versuch 1 nicht in die Auswertung geschafft haben. Diese wird am Schluss noch mit der bestbewerteten, conchierten Schokolade, also Nummer 5, auf Lagerfähigkeit getestet. Dafür werden beide im Kühlschrank in Tupperboxen aufbewahrt. Schon nach wenigen Wochen ist gleichermaßen Fettreif an beiden Schokoladen erkennbar.¹ Der grau-weiße Fettreif entsteht bei ungenügender Temperierung oder zu hoher Umgebungstemperatur². Weil die Schokolade im Kühlschrank gelagert wird, fällt der letzte Punkt als möglicher Grund des Problems weg. Anscheinend wurden beide Schokoladen nicht gut genug temperiert. Noch stärker vorhanden ist der Zuckerreif, der entsteht, wenn Wasser an die Oberfläche gelangt³. Kondenswasser des Kühlschranks könnte in die Tupperbox getropft sein. Der Zuckerreif macht sich jedoch vor allem bei der unconchierten Schokolade anhand von dunklen Stellen⁴ bemerkbar, sodass es scheint, dass das Conchieren einen Einfluss auf die Bildung von Zuckerreif haben könnte.

1 Vgl. Anhang Abb. 16

2 Technische Universität München 2018, S.24

3 a.a.O.

4 Uni zu Köln o.J.

4. Diskussion der Versuchsergebnisse

4.1 Vergleich der selbst hergestellten Schokolade mit dem Original

Das Original wird ebenso auf Aussehen, Konsistenz, Geruch, Geschmack und Mundgefühl getestet und schließlich mit der besten, selbst hergestellten Schokolade 5 verglichen.

Abgesehen von den typischen Rillen unterscheidet sich die Milka-Schokolade von den selbst hergestellten in zwei weiteren Punkten. Die Alpenvollmilkschokolade ist um einiges heller als diese. Dies lässt sich darauf schließen, dass der Kakaogehalt in der eigenen Schokolade eventuell höher ist, als der des Originals. Zudem glänzt die conchierte Schokolade, jedoch nicht so stark wie das Original, was ein Anzeichen für eine mangelhafte Temperierung ist^{1,2}. Um eine bessere Temperierung zu ermöglichen, bedienen sich Hersteller Alternativen. Sie mengen der unterkühlten Schokoladenmasse sogenannte Impfkristalle, also Kakaobutter mit Kristallkeimen, die schon in der β -Konfiguration sind, bei.³ Die Kakaobutter-Kristalle in der Schokolade lagern sich dann wahrscheinlich um diese Impfkristalle an, so dass verhindert wird, dass sie sich in stabilere Modifikationen umwandeln können.

Bezüglich der Konsistenz ist die Schokolade aus der Eigenproduktion konvergent zu der gekauften. Sie bricht sogar etwas lauter. Beim Schneiden mit dem Messer sind die Seiten nicht glatt, sondern etwas brüchig. Auch das könnte unter anderem eine Folge eines ungenügenden Vorkristallisierens sein⁴.

Der Geruch der Milka-Tafel ist genauso intensiv wie der der selbst hergestellten. Während diese jedoch ein starkes Aroma von Milch und Zucker aufweist, dominieren bei der eigenen der Geruch nach Kakaobohnen. Die Menge der Kakaomasse könnte somit zu groß gewählt sein. Auch vom Geschmack ist die selbst herge-

1 Technische Universität München 2018, S.12

2 Vgl. Anhang Abb. 18

3 Technische Universität München 2018, S.27

4 a.a.O.

stellte einiges herber als die Milka-Tafel.

Die interessantesten Ergebnisse liefern die Schokoladen beim Mundgefühl. Die Alpenvollmilchschokolade schmilzt innerhalb weniger Sekunden. Sie ist sehr zart und einheitlich. Es sind keinerlei Fremdkörper heraus spürbar. Anders sieht es bei der Schokolade aus der Selbstproduktion aus.¹ Neben den Haushaltsgeräten, die nicht klein genug pulverisieren, könnte für das unbefriedigende Ergebnis auch der Wassergehalt der Schokolade ein möglicher Grund sein. Dieser beträgt durch das Conchieren nur noch 0,6 %², was nötig ist, damit die Schokolade nicht verdirbt³. Somit bleibt nur noch ein großer lipophiler Teil übrig, in dem sich jedoch der hydrophile Zucker nicht lösen kann, wodurch es vermutlich zur Bildung einer Suspension kommt. In der Großindustrie könnte das Problem mit den Conchen und dem Sojalecithin gelöst werden. Lecithine besitzen nämlich eine hydrophile Phosphorsäureester-gruppe und lipophile Fettsäureketten⁴. Sie sind also amphiphil und können somit als Tenside wirken. Das heißt aber auch, dass das Sojalecithin nur an Grenzflächen aktiv ist und die Suspension stets in Bewegung gehalten werden müsste, um ein Vermischen für möglichst viele Teilchen zu ermöglichen⁵. Das könnten die Conchen erledigen. Das Sojalecithin ist gleichwohl nicht hitzebeständig, was das Problem bei der Eigenproduktion erklären könnte. Bei Temperaturen über 39°C kann es zerstört werden und die zuvor gebundenen Zucker- und Fettstrukturen lösen sich damit auf.⁶ Nach Zugabe des Sojalecithins wird die Schokolade in den Versuchsreihen weiter auf 50°C gehalten. Ebenso könnte die Umgebung für das Nichtwirken des Emulgators verantwortlich sein. Zucker löst sich trotz Lecithin immer noch besser in Wasser als in Fett. Sollte eine hohe Feuchtigkeit im Umfeld vorliegen, wird der Zucker aus der Emulgatorverbindung gelöst⁷. Die Schokoladen der eigenen Versuchsreihen werden noch warm in den Kühlschrank gestellt. Der Dampf könnte aufsteigen, an der Kühlschrankdecke kondensieren und schließlich auf die Schokolade tropfen. Weiterhin könnten weitere

1 Vgl. Anhang Abb. 19

2 a.a.O., S.8

3 Herzog 2018

4 Vgl. Anhang Abb. 20

5 Universität zu Köln o.J.

6 a.a.O.

7 a.a.O.

Emulgatoren in der Schokolade vorhanden sein, die nicht gekennzeichnet werden.

Neben den zu prüfenden Kategorien muss auch die Dauer der Produktion betrachtet werden. Für die Versuche mit der Nudelmaschine benötigt man circa 4 Tage, für die ohne Nudelmaschine etwas mehr als 3 Tage. Zwar gibt es überaus lange Wartezeiten, aber einzelne Schritte ziehen sich aufgrund von Problemen stark hin. Schon beim Schälen lassen sich die Schalen nur schwer entfernen, sodass sie teilweise heruntergekratzt werden müssen. Das bei 200 Gramm Kakaobohnen durchzuführen, dauert lange und geht mit einer körperlichen Belastung einher. Um einiges länger dauert jedoch die Zerkleinerung des Kakaokernbruchs, der gemörsert und anschließend mit der Nudelmaschine gewalzt werden muss. Beides ist anstrengend und dauert lange, da jeweils nur eine kleine Portion bearbeitet werden kann. In der Industrie sorgen nicht nur die Maschinen dafür, dass die Produktion viel schneller läuft¹. Man hat mittlerweile viele Möglichkeiten gefunden, Zeit bei einzelnen Arbeitsschritten zu sparen, wobei sich noch nicht jedes Verfahren bereits durchgesetzt hat. Vor allem das Conchieren lässt sich mit Dünnschicht-Kurzzeitbehandlungen, Reaktionslösungen und Extrudern verkürzen.² Bei der Dünnschicht-Kurzzeitbehandlung handelt es sich um das Rösten der Kakaomasse anstelle der Kakaobohnen. Dafür müssen diese zunächst thermisch mit Heißluft, Satttdampf oder Infrarot-Licht vorbehandelt werden. Dann können die Schalen unter hygienischen Bedingungen entfernt und die Bohnen vorzerkleinert werden. Die entstandene Kakaomasse muss durch Reaktionslösungen wie Zucker- und Eiweißlösungen vorveredelt werden³. Die Maillard-Reaktion ist nämlich hauptverantwortlich für den typischen Schokoladengeschmack⁴. Hierbei lagern sich Aminosäuren und reduzierende Zucker unter Hitze zu neuen Verbindungen um.⁵ Die Eiweiß- und Zuckerlösungen könnten also genau diese Reaktion anregen, um die gewollten Aromen auszubilden, die wahrscheinlich ansonsten erst nach langer Conchierdauer entstehen würden. Nach diesem Schritt muss die Kakaomasse je

1 Technische Universität München 2018, S.27

2 a.a.O., S.26

3 a.a.O., S.29

4 Minifie 2012, S.23

5 Belitz/Grosch 2009, S. 270 ff.

nach Verfahren geröstet, entfeuchtet, entsäuert und entgast werden¹. Damit könnte das Trockenconchieren, das eigentlich für das Senken des Wassergehalts und das Entfernen von nicht gewünschten Aromastoffen verantwortlich ist², stark verkürzt werden. Ebenso kopieren Doppelschneckenextruder mit ihren Scherkräften, dem Mischen der Zutaten und dem anschließenden entgasen die Conchen³. Sie arbeiten aber im Gegensatz zu ihnen kontinuierlich und vermutlich auch intensiver, sodass die Conchierzeit mit solchen Intensivveredlern auf ganze 8 Stunden reduziert werden kann.⁴

Eine 100 Gramm Tafel Milka-Alpenvollmilchschokolade kostet 0,95 €⁵, reduziert oft sogar nur 0,65 € bis 0,69 €. Für den Tafelpreis der eigenen Schokolade werden die Kosten aller für 78 Gramm Kakaomasse genutzten Zutaten ermittelt, anschließend addiert und durch die Anzahl der entstehenden Tafeln – 6 bis 7 Tafeln – dividiert.⁶ Als Ergebnis kommt für eine Schokoladentafel ein Preis von 1,34€ beziehungsweise 1,57€ raus, was fast dem doppeltem entspricht, was man für eine Milka-Alpenvollmilchschokolade zahlt. In der Großindustrie müssen demnach entweder billigere Zutaten wie das Butterreinfett⁷ oder Zutaten in anderen Massenverhältnissen verwendet werden.

4.2 Zusammenfassung und Interpretation

Betrachtet man also die fünf Kategorien, so würde die Alpenvollmilchschokolade ein A auf der Qualitätsskala erhalten. Die Schokolade mit der Bewertung B weist somit schon große Ähnlichkeiten mit der Milka Alpenvollmilchschokolade auf, ist jedoch noch nicht die gewünschte originalgetreue Nachbildung.

Der Kakaokernbruch muss dafür noch kleiner gemahlen werden, was ohne groß-

1 Belitz/Grosch 1995, S.876

2 Technische Universität München 2018, S.8

3 a.a.O., S.26

4 Belitz/Grosch 1995, S.877

5 Vgl. Anhang Abb. 23

6 Vgl. Anhang Abb. 31

7 Dreißig 2013

industrielles Fünfwalzwerk¹ nicht möglich ist. Auch den Zucker kann man nicht in kleinere Partikel zerteilen. Durch das Sojalecithin kann er aber besser gebunden werden, sodass die Schokoladenmasse homogener wird². Damit er nicht zerstört wird, müsste Mondelez nach der Lecithinzugabe darauf achten, dass die Temperaturen nicht Werte über 39°C³ erreichen, beziehungsweise nur kurz für das Temperieren 50°C⁴ annehmen. Zur Unterstützung des Emulgators könnte Polyglycerin-Polyricinoleat genutzt werden. PGPR wirkt stark emulgierend, wird in Schokoladenerzeugnissen bis zu 5 Gramm pro Kilogramm verwendet und wird nicht gekennzeichnet, da es während seiner Herstellung mehrere Arbeitsschritte durchläuft.⁵ Ebenso müsste in der Fabrik eine hohe Feuchtigkeit verhindert und die Tafeln nach dem Austafeln sofort luftdicht verpackt werden.

Die Schokolade kann so genau wie in der Fabrik nicht temperiert werden. Mondelez besitzt dafür Temperiermaschinen, die den ganzen Ablauf perfekt regeln⁶. Außerdem könnten sie der Schokolade Impfkristalle beimengen, um ein besseres Temperierergebnis zu erzielen.⁷

Durch Dünnschicht-Kurzzeitbehandlung, Reaktionslösungen und dem Einsatz von Extrudern, jedoch auch der Automatisierung jedes Arbeitsschrittes ist es heutzutage möglich, die Arbeitszeit so stark zu verkürzen, dass man innerhalb einer halben Stunde eine Tafel Schokolade herstellen kann.⁸ Die eigene Produktion kann zwar durch das Weglassen der Nudelmaschine verkürzt werden, sodass höchstens 3 Tage nötig sind. Das ganze Verfahren jedoch auf eine halbe Stunde zu kürzen, ist nicht möglich.

Der Preis für eine selbst hergestellte Schokoladentafel könnte durch verschiedene Faktoren verringert werden. Die Rezeptur wird in Bezug auf ihre Zutaten verän-

1 Technische Universität München 2018, S.6

2 Universität zu Köln o.J.

3 a.a.O.

4 Technische Universität München 2018, S.12

5 foodlexicon.org o.J.

6 Technische Universität München 2018, S.14

7 a.a.O., S.12

8 a.a.O., S.26 f.

dert, indem ein Teil der teuren Kakaobutter mit billigem Butterreinfett¹ ersetzt wird. Ebenso können die Mengenverhältnisse in der Rezeptur zu billigeren Materialien verschoben werden. Süßmolkenpulver, beispielsweise, ist billiger als Magermilchpulver, sodass man dessen Anteil als Milchpulver vergrößern kann.²

1 Dreißig 2013

2 Vgl. Anhang Abb. 31

5. Fazit und Ausblick

Das größte aufgekommene Problem, dass der Kristallzucker und der Kakaokernbruch noch spürbar sind, könnte zum Teil gelöst werden, indem man statt Kristallzucker fein gemahlene Zucker nimmt. Puderzucker kann hierbei nicht als Ersatz verwendet werden, weil er aufgrund seiner hygroskopischen Eigenschaft mit 3% Maisstärke versetzt ist und so in Flüssigkeiten zur Klumpenbildung neigt. Stattdessen kann man Bäckerzucker, also feinen oder ultrafeinen Zucker verwenden.¹ Ebenso könnte man ab der Lecithinzugabe die Temperatur genau kontrollieren, sodass sie nur für die Schmelzphase beim Vorkristallisieren auf 50°C ansteigt² und ansonsten stets unter 39°C gehalten wird³. Um das Problem mit dem sichtbaren Zucker und dem Zuckerreif zu lösen, sollte auch versucht werden, die Schokolade nach dem Temperieren erst an der Luft abkühlen zu lassen, direkt nach dem Aus tafeln luftdicht in Alufolie oder Papier zu verpacken und dann an einem trocknen, dunklen Ort ohne Fremdgerüche und Temperaturschwankungen zu lagern.⁴ Auch die Zugabe von E 476 könnte eine mögliche Lösung sein.⁵ Dieses muss aber selber hergestellt werden, indem man zunächst Polyglycerin aus Glycerin und Glycerid⁶ und dann Polyricinoleat aus Ricinolsäure und einen intermolekularen Esters⁷ erzeugt und beides schließlich zu Polyglycerin-Polyricinoleat reagieren lässt. Zu beachten wäre noch, dass der Emulgator einen ADI-Wert von 7,5 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht besitzt und eine höhere Menge als gesundheitlich bedenklich gilt.⁸

Diese Arbeit zentriert sich unter allen Arbeitsschritten vor allem auf das Conchieren. Das Temperieren erweist sich jedoch auch als ein kompliziertes Thema, das einen großen Einfluss auf die Qualität der Schokolade hat und das somit wichtig zu untersuchen wäre. Die fehlende Genauigkeit in einer konventionellen Küche

1 Wolke 2003, S.28

2 Technische Universität München 2018, S.12

3 Universität zu Köln o.J.

4 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. o.J.

5 Blume 2013

6 Vgl. Anhang Abb. 21

7 Vgl. Anhang Abb. 22

8 Blume 2013

zur Temperaturkontrolle könnte mit Impfkristallen¹ oder Nachtemperieren² gelöst werden. Als Impfkristalle eignen sich Stücke einer normalen Alpenvollmilchschokolade³, da diese durch eine sachgerechte Temperierung nur noch Kristalle in der β -Modifikation enthalten müssten. Beim Nachtemperieren wird Schokoladenmasse 6 Stunden lang bei circa 30°C erhitzt⁴, was wahrscheinlich dafür sorgt, dass alle instabilen Kristall-Modifikationen schmelzen.

Zur großindustriellen Herstellung einer Schokolade fehlt es vor allem an notwendigen Maschinen, sodass eine klare Kopie des Originals nicht möglich ist. Statt einer Alpenvollmilchschokolade könnte man indes andere Tafeln herstellen. Vor allem weiße Schokolade und Schokolade mit knusprigem Zusatz wie Nüssen oder Müsli könnte gut nachzustellen sein, da ersteres keine Kakaomasse beinhaltet und zweites nicht weich sondern knusprig sein muss, sodass die ungenügend zerkleinerte Schokoladenmasse nicht auffallen sollte. Neben eingelegten Zutaten kann die Tafel nach dem Wendeverfahren auch gefüllt werden⁵. Mit dem gleichen Verfahren können Hohlfiguren hergestellt werden.⁶ Neben Tafeln und Hohlfiguren könnten ebenso Pralinen mit festem oder flüssigen Kern oder Hohlkörperpralinen produziert werden.⁷

Die Auswahl an möglichen Schokoladenvariationen ist so enorm, dass die Produktion der Alpenvollmilchschokolade nur einen kleinen Teil in der Schokoladenforschung ausmacht. Zur Verbesserung der Eigenproduktion gibt es genügend Ansätze, die weiterverfolgt werden können und sollten. Vielleicht wird in Zukunft so eine perfekte Replikation einer Schokolade mit geringerem Arbeits- und Zeitaufwand möglich sein.

1 Technische Universität München 2018, S.12

2 Belitz/Grosch 1995, S.878

3 Technische Universität München 2018, S.12

4 Belitz/Grosch 1995, S.878

5 Technische Universität München 2018, S.17

6 a.a.O.

7 a.a.O., S.19

6. Anhang

Bilder:



Abb. 4: Materialien zur Herstellung einer Schokoladentafel (eigene Abb.)



Abb. 5: Geräte zur Herstellung einer Schokoladentafel (eigene Abb.)

höchster Stufe (eigene Abb.)



Abb. 9: Mischen der trockenen Zutaten zu der Kakaomasse und Schmelzen der Kakaobutter (eigene Abb.)



Abb. 10: Schokoladenmasse nach dem Ausreifen (eigene Abb.)



Abb.11: Trockenconchieren der Schokoladenmasse im ersten Versuch (eigene Abb.)



Abb. 12: Temperieren der Schokolade (eigene Abb.)



Abb. 13: Eintafeln der Schokoladenmasse in ein mit Backpapier ausgelegtes, vorgewärmtes Blech (eigene Abb.)



Abb. 14: Schneiden der Schokoladentafeln (eigene Abb.)



Abb. 15: Nach der Feinzerkleinerung im Mixer bleibt die Schokoladenmasse flüssig (eigene Abb.)



Abb. 16: Prüfung der Lagerfähigkeit der conchierten Schokolade aus Versuch 5 (links) und der un-conchierten Schokolade aus Versuch 1 (rechts) (eigene Abb.)



Abb. 17: Kakaokernbruch nach der Vorzerkleinerung (eigene Abb.)

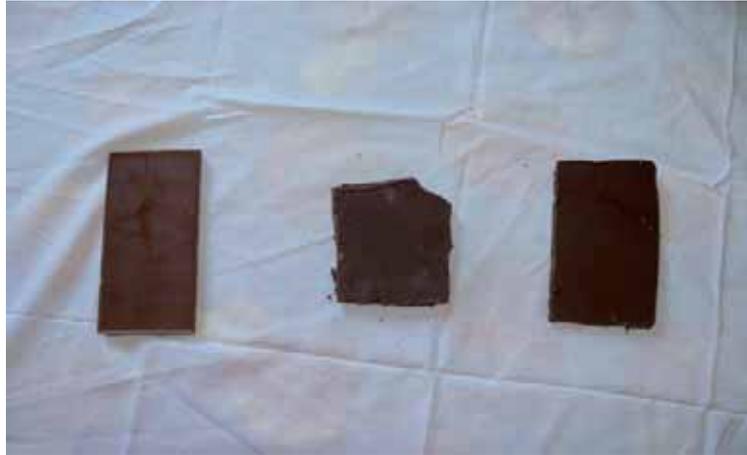


Abb. 18: Vergleich der Milka-Alpenvollmilchschokolade (links) mit der nicht conchierten Schokolade aus Versuch 1 (mittig) und der conchierten Schokolade aus Versuch 5 (rechts) (eigene Abb.)



Abb. 19: Vergleich der Milka-Alpenvollmilchschokolade (links) mit der nicht conchierten Schokolade aus Versuch 1 (mittig) und der conchierten Schokolade aus Versuch 5 (rechts) aus der Seitenansicht (eigene Abb.)

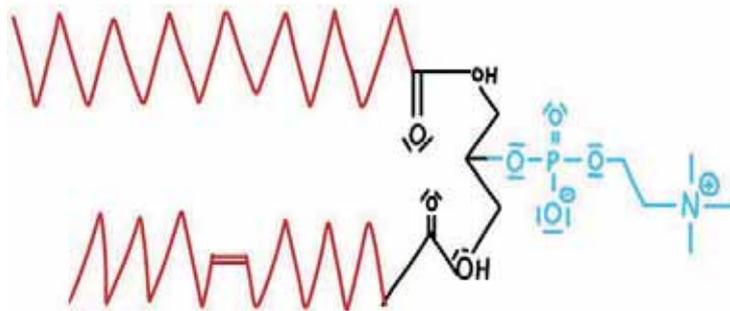


Abb. 20: Aufbau von Sojalecithin (vgl. LV Blume 2013, eigene Abb.)

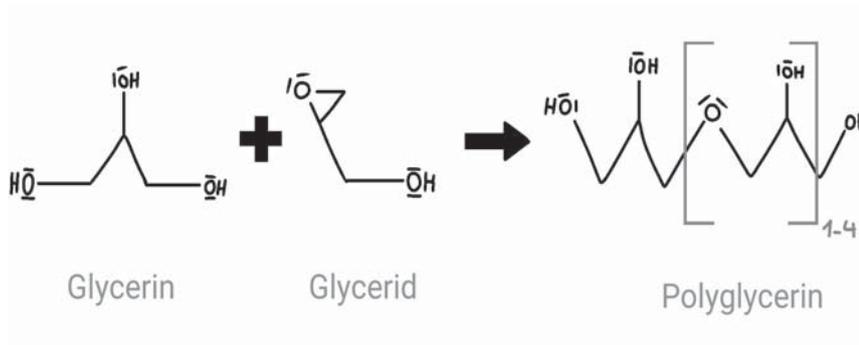


Abb. 21: Herstellung von Polyglycerin (vgl. LV Blume 2013, eigene Abb.)

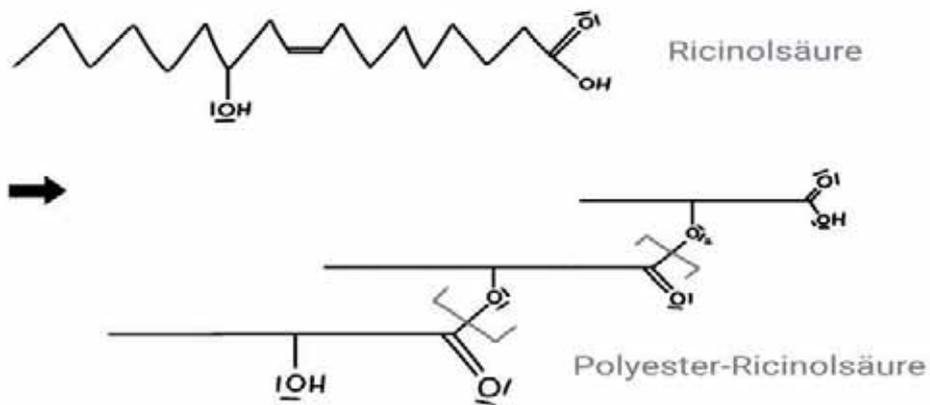


Abb. 22: Herstellung von Polyricinoleat (vgl. LV Blume 2013, eigene Abb.)



Abb. 23: Preis einer Milka-Alpenvollmilchschokolade (eigene Abb.)

Graphen:

Zusammensetzung	Kakaomasse	Kakaobutter	Zucker	Milchpulver
absolut	12 g	18 g	48 g	22 g
prozentual	12 %	18%	48 %	22%

Abb. 24: Durchschnittliche Zusammensetzung von Vollmilchschokolade pro 100 g (vgl. LV Technische Universität München 2018, eigene Abb.)

Zucker	Kakao- butter	Mager- milch- pulver	Kakao- masse	Süß- mol- kenpul- ver	Butter- reinfett	Hasel- nüsse	Sojale- cithin	Vanillin
310 g	116,25 g		77,5 g					

Abb. 25: Grundrezept für die selbst hergestellte Schokolade vor den Versuchen zur Geschmacksermittlung (eigene Abb.)

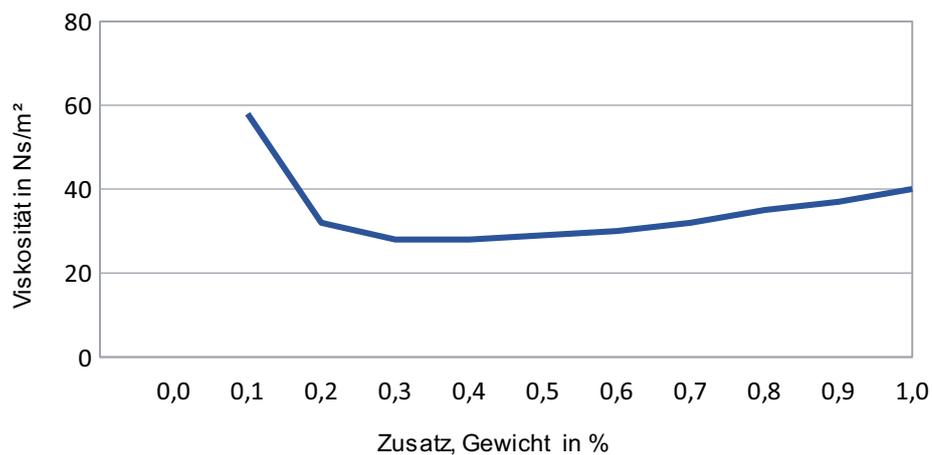


Abb. 26: Viskosität einer Schokoladenschmelze durch Zusatz von Sojalecithin (vgl. LV Ternes 1998, eigene Abb.)

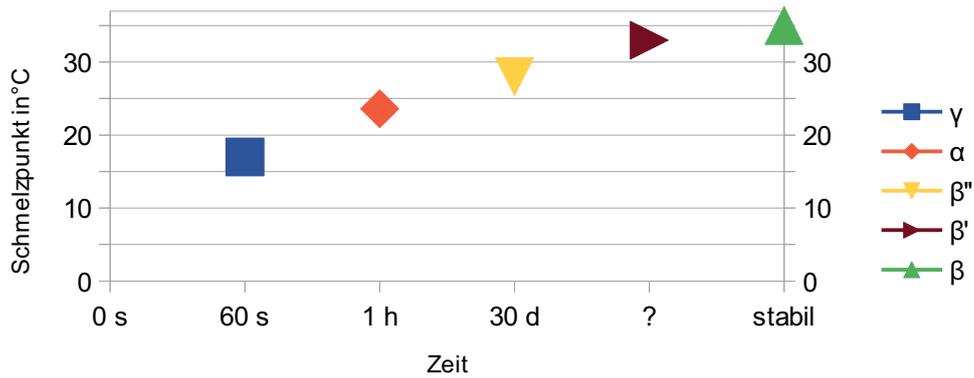


Abb. 27: Modifikationen der Kakaobutter im Verlauf der Zeit (vgl. LV Technische Universität München 2018, eigene Abb.)

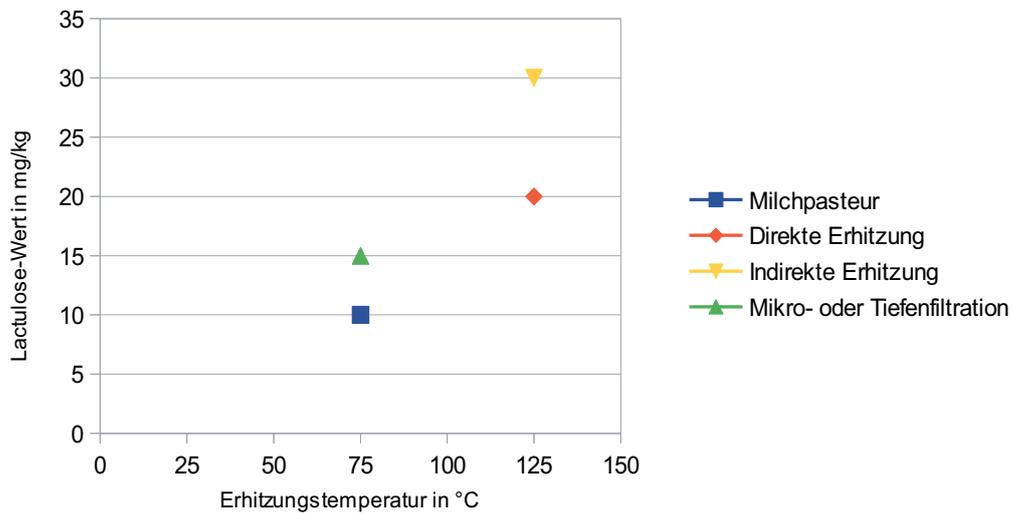


Abb. 28: Lactulose-Werte von milchpasteurisierter, direkt und indirekt erhitzter und mikro- oder tiefenfiltrierter Milch (vgl. LV Strahm/Eberhard 2009, eigene Abb.)

Versuch	Aussehen	Konsistenz	Geruch	Geschmack	Mundgefühl
Versuch 1	- matt -Zucker- kristalle noch in der Schokolade sichtbar	- brüchig -Bruchtest: nicht bestanden	-intensiver Geruch nach Zartbitter- schokolade	- zu süß - gleichzei- tig saure und bittere Elemente	-kein Zartschmelz -kauen ist nötig -sandiges Gefühl im

					Mund - grobkörnig
Versuch 2	- matt -Zucker- kristalle noch in der Schokolade sichtbar	-extrem brüchig -Bruchtest: nicht bestanden	-Geruch nach Zartbitter- schokolade	- zu süß - gleichzei- tig saure und bittere Elemente	-kein Zartschmelz -kauen ist nötig - Brocken in der Schokolade -sandiges Gefühl im Mund
Versuch 3	- matt -Zucker- kristalle noch in der Schokolade sichtbar	-extrem brüchig -Bruchtest: nicht bestanden	-Geruch nach Zartbitter- schokolade	- süß -gleichzeitig saure und bittere Elemente	-kein Zartschmelz -kauen ist nötig - Brocken in der Schokolade -sandiges Gefühl im Mund
Versuch 4	-matt -Zucker- kristalle noch in der Schokolade sichtbar	-extrem brüchig -Bruchtest: nicht bestanden	-Geruch nach Zartbitter- schokolade	- süß -gleichzeitig saure und bittere Elemente	-kein Zartschmelz -kauen ist nötig - Brocken in der Schokolade -sandiges Gefühl im

					Mund
Versuch 5	- matt -Zucker- kristalle noch in der Schokolade sichtbar	-extrem brüchig -Bruchtest: nicht bestanden	-Geruch nach Zartbitter- schokolade	- süß -gleichzeitig saure und bittere Elemente	-kein Zartschmelz -kauen ist nötig - Brocken in der Schokolade -sandiges Gefühl im Mund

Abb. 29: Beobachtungen zu den Versuchen ohne Conchieren (eigene Abb.)

Versuch	Aussehen	Konsistenz	Geruch	Geschmack	Mundgefühl
Versuch 1	- matt -wenige Zuckerkris- talle noch in der Schoko- lade sicht- bar	-homogene Masse - knackig -Bruchtest: bestanden	-extrem süßlicher Geruch -Kakao kaum heraus riechbar	- süß - milchig	-zartschmel- zend -sandiges Gefühl im Mund
Versuch 2	- matt -wenige Zuckerkris- talle noch in der Schoko- lade sicht- bar	-homogene Masse - knackig -Bruchtest: bestanden	-extrem süßlicher Geruch -Kakao kaum heraus riechbar	- süß - milchig	-zartschmel- zend -sandiges Gefühl im Mund - grobkörnig
Versuch 3	- matt -wenige Zuckerkris-	-homogene Masse - knackig	-extrem süßlicher Geruch	- süß - milchig	-zartschmel- zend -sandiges

	talle noch in der Schokolade sichtbar	-Bruchtest: bestanden	-Kakao kaum heraus riechbar		Gefühl im Mund
Versuch 4	- matt -wenige Zuckerkrystalle noch in der Schokolade sichtbar	-homogene Masse - knackig -Bruchtest: bestanden	-extrem süßlicher Geruch -Kakao kaum heraus riechbar	- süß - milchig	-zartschmelzend -sandiges Gefühl im Mund
Versuch 5	- matt -wenige Zuckerkrystalle noch in der Schokolade sichtbar	-homogene Masse -knackig -Bruchtest: bestanden	-extrem süßlicher Geruch -Kakao kaum heraus riechbar	- süß - milchig - Kakaobohnen heraus schmeckbar	-zartschmelzend -sandiges Gefühl im Mund

Abb. 30: Beobachtungen zu den Versuchen mit Conchieren (eigene Abb.)

Zutat	Menge	Preis
Zucker	1000 Gramm	0,75 €
	1 Gramm	75/100000 €
	310 Gramm	0,2325 € = 0,23 €
Kakaobutter	100 Gramm	2,95 €
	1 Gramm	295/10000 €
	150 Gramm	4,425 € = 4,43€
Magermilchpulver	1000 Gramm	11,99 €
	1 Gramm	1199/100000 €
	90 Gramm	1,0791 € = 1,08€
Kakaobohnen	400 Gramm	9,95 €
	1 Gramm	995/40000 €
	100 Gramm	2,4875 € = 2,49 €

Süßmolkenpulver	700 Gramm	6,90 €
	1 Gramm	69/700 €
	42 Gramm	0,414 € = 0,41 €
Gemahlene Haselnusskerne	100 Gramm	1,49 €
	1 Gramm	149/10000 €
	20 Gramm	0,298 € = 0,30 €
Sojalecithin	100 Milliliter	12,65 €
	1 Milliliter	1265/10000 € = 0,13 €
Vanillinzucker	24 Gramm	0,99 €
	8 Gramm	0,33 €

Abb. 31: Berechnung des Preises für eine Versuchsdurchführung (eigene Abb.)

Schülerversuch:

Herstellung einer Schokoladentafel

Klasse	5	8	9	10	11	12
NTG SG, ..	X					



Chemikalien

- 11 Gramm Kakaomasse
- 22 Gramm Kakaobutter
- 44 Gramm Bäckerzucker
- 13 Gramm Magermilchpulver
- 6 Gramm Süßmolkenpulver
- 3 Gramm gemahlene und gesiebte Haselnusskerne
- 0,14 Gramm Sojalecithin
- 1 Päckchen Vanillinzucker
- 1 Liter Wasser

Geräte

- 2 Herdplatten
- 2 Pfannen
- 1 auf 24°C – 29°C vorgewärmtes Backblech
- 1 Backpapier
- 2 wärmebeständige Schüsseln
- 2 Holzlöffel
- 1 Kühlschrank
- 1 scharfes Messer

Sicherheitshinweise: Beim Mischen sollte ein Sicherheitsabstand zu den Wasserbädern gehalten werden, da der Wasserdampf zu Verbrennungen führen kann. Das Messer sollte nur am Arbeitsplatz gehalten werden.

Versuch:

1. Es werden zwei Wasserbäder vorbereitet. Dafür werden zwei Pfannen auf je eine Heizplatte gestellt. 500 Milliliter Wasser werden in jede Pfanne gegossen und eine große, wärmebeständige Schüssel daraufhin in jede rein gestellt. Die Heizplatten werden auf die höchste Stufe eingestellt.
2. Die Kakaobutter wird in die eine, die Kakaomasse in die andere Schüssel gegeben. Beide Zutaten werden kurz verrührt.
3. Während die Kakaobutter schmilzt, werden alle trockenen Chemikalien – also der Zucker, das Magermilch-, das Süßmolkenpulver, die Haselnusskerne und der Vanillinzucker – der Kakaomasse zugemischt. Nach jeder Chemikalie wird eine kurze Pause zum Rühren eingelegt.
3. Sobald die Kakaobutter geschmolzen ist, mengt man sie der Kakaomasse bei.
4. Nach erneutem Verrühren wird die Schokoladenmasse in die mit Backpapier

- ausgelegten Bleche gegeben.
5. Die Bleche werden gerüttelt.
 6. Die Schokolade muss bei Raumtemperatur abkühlen. Erst dann kann sie zum Austafeln in den Kühlschrank gegeben werden.
 7. Wenn die Tafeln erstarrt sind, sind sie fertig. Dann werden sie aus dem Kühlfach genommen.
 8. Das Blech wird auf einer glatten, sauberen Unterlage vorsichtig gestürzt und das Backpapier abgezogen.
 9. Mit dem Messer wird die Schokolade in Tafeln geschnitten.

Beobachtung:

Die Schokolade erinnert nur wage an die großindustriell produzierte. Sie ist glanzlos, zerbröseln leicht und knackt nicht beim Brechen. Die Kakaobohnen sind klar heraus riech- und vor allem schmeckbar. Bittere und saure Fremdgeschmäcke sind wahrnehmbar. Die Schokolade schmilzt nicht auf der Zunge, sondern muss zerkaut werden. Außerdem hinterlässt die Schokolade ein leicht sandiges Gefühl im Mund.

Erklärung:

Die zeitintensivsten Schritte bei der Schokoladenherstellung: Die Feinzerkleinerung, das Ausreifen, das Conchieren und das Temperieren wurden übersprungen. Gleichzeitig bilden sie jedoch die wichtigsten Qualitätsmerkmale einer Schokolade.

Die Feinzerkleinerung verhindert das sandige Gefühl im Mund, da bei diesem Verfahrensschritt die Partikel der Schokolade auf höchstens 30 µm zerkleinert werden.

Beim Ausreifen verschwinden ein Teil der unharmonischen, sauren Geschmackselemente.

Das gilt auch für das Conchieren. Hier wird aber auch der Zartschmelz und das typische Schokoladen- Aroma erzeugt. Das Gemisch wird insgesamt homogener, da mit Zugabe des Emulgators Sojalecithin unter anderem die Zähflüssigkeit gesenkt wird.

Der Bruch und der Glanz entstehen beim Temperieren. Für beides sind nämlich die Kakaobutter-Kristallkeime in der β-Konfiguration verantwortlich. Ohne Vorkristallisieren entstehen sie erst über einen längeren Zeitraum, wobei sie bei ihrer Umwandlung Fettreif bilden.

Tipps und Tricks	Der Versuch sollte in zweier Gruppen ausgeführt werden. Ein Team-Mitglied sollte beide Gemische durchgehend verrühren, da beides schnell anbrennt, während der andere die Chemikalien beimengt. Hält man das Messer unter heißem Wasser, ist der Schnitt viel glatter und leichter getan.
Entsorgung	Alle Chemikalien können im Haushaltsmüll entsorgt werden.
Literatur	Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG (Hrsg., o.J.): Milka Schokoladenherstellung. URL:htt-

ps://www.milka.de/marke/schokoladenproduktion

(Stand: 25.10.2019)

STRÜVEN, Jannick u.a. (2005): Industrielle Herstellung von Schokolade. URL: www.scribd.com/document/129240/IndustrielleHerstellung-von-Schokolade

(Stand: 29.10.2019)

Technische Universität München (2018): Schokoladentechnologie. Lehrstuhl für Allgemeine Lebensmitteltechnologie, München.

TERNES, Waldemar (1998): Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. 2., neubearb. und aktualisierte Aufl., unveränd. Nachdr. Hamburg: Behr.

7. Glossar

A

ADI-Wert

deutsch: ETD (Erlaubte Tagesdosis); tägliche Höchstdosis einer Substanz, die ein Mensch lebenslang einnehmen könnte, ohne gesundheitlichen Schädigungen zu erliegen; Formelzeichen: mg/kg Körpergewicht

Ausreifen

24-stündiges Ruhenlassen der Schokoladenmasse nach der Feinzerkleinerung zur Entfernung von unerwünschten Aromen

B

Bruchtest

Test zur Qualitätsbestimmung einer Schokolade, bei der sie gebrochen werden muss. Ein glattes Durchbrechen und ein lautes Knacken sind Merkmale einer qualitativ hochwertigen Schokolade

Butterreinfett

Billigerer Kakaobutterersatz

C

Conchieren

Nach R. Lindt die intensive, mechanische Behandlung wie Reiben, Rühren und Kneten von der Schokoladenmasse unter Wärmeeinwirkung

D

E

ESL Milch

Frischmilch mit verlängerter Haltbarkeit

Extruder

Maschine mit der Aufgabe, feste oder dickflüssige Stoffe zu formen, indem sie sie unter hohen Temperaturen und hohem Druck aus eine formgebende Öffnung presst

F

Fermentieren

Gärung der Samen und des Fruchtfleisches

Fettreif

Graue bis weiße Schicht auf der Schokolade, die entsteht, wenn die Schokoladenmasse ungenügend vorkristallisiert oder hohen Temperaturen ausgesetzt wurde

Flüssigconchieren

Conchieren unter Zugabe von Kakaobutter

G

H

Hohlkörperpralinen

Pralinen mit flüssigem Kern, der nicht von einer Zuckerkruste umgeben ist

I

Impfkristalle

Kristallkeime in der β -Konfiguration, die statt des Temperierens einer Schokolade beigemischt werden

J

K

L

Lactulose

Synthetisch hergestellter Disaccharid, der laxativ auf den Menschen wirkt

Lobry-de-Bruyn-Alberda-van-Ekenstein-Umlagerung

Spezialfall der Keto-Endiol-Tautomerie, bei der sich ein Gleichgewicht zwischen zwei konstitutionsisomeren Formen von Aldehyden oder Ketonen bildet

M

Maillard-Reaktion

Chemische Reaktion, bei der sich Aminverbindungen und reduzierende Verbindungen unter Hitzeeinwirkung zu neuen Verbindungen umlagern

N

Nachtemperieren

6-stündige Erhitzung der Schokolade nach dem Temperieren auf 30°C, um die Bildung von Fetteif zu verhindern

Nutri-Score

Farbskala, in der die Qualität eines Lebensmittels anhand ihres Energiegehalts, die enthaltene Zucker-, gesättigte Fettsäuren- und Natriummenge geprüft wird

O

P

Polyglycerin-Polyricinoleat

auch bekannt als: PGPR, E 476; Emulgator, der vor allem in Schokoladenerzeugnissen zu finden ist

Q

R

S

Sattdampf

Grenzbereich zwischen Nass- und Heißdampf

T

Temperieren

Spezielle Temperaturführung der Schokoladenmasse

Trockenconchieren

Conchieren ohne weiteren Kakaobutterzusatz

U

V

Vanillin

Hauptaromastoff der Vanille und naturidentischer Aromastoff

Vorkristallisieren

Siehe Temperieren

W

X

Y

Z

Zuckerreif

Weiß-grauer Belag auf der Schokolade, der entsteht, wenn Wasser auf die Masse gelangt

8. Literatur-, Abbildungs- und Graphenverzeichnis

Bücher:

BELITZ, Hans-Dieter/GROSCH, Werner (1995): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Mit über 500 Tabellen. 4., überarb. Aufl., korrigierter Nachdr. Berlin: Springer.

BELITZ, Hans-Dieter/GROSCH, Werner/SCHIEBERLE, Peter (2008): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Mit 634 Tabellen. Sechste, vollständig überarbeitete Auflage. Berlin/Heidelberg: Springer.

BELITZ, Hans-Dieter/GROSCH, Werner/SCHIEBERLE, Peter (2009): Food chemistry. 4., rev. and extended ed. Berlin: Springer.

HAHN, Ulrich (2009): Physik für Ingenieure. München: Oldenbourg.

MINIFIE, Bernard W. (2012): Chocolate, Cocoa and Confectionery. Science and Technology. Dordrecht: Springer Netherlands.

TERNES, Waldemar (1998): Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. 2., neubearb. und aktualisierte Aufl., unveränd. Nachdr. Hamburg: Behr.

WOLKE, Robert L./Parrish, Marlene/Reuter, Helmut (2003): Was Einstein seinem Koch erzählte. Naturwissenschaft in der Küche. 3. Aufl. München: Piper.

Internetseiten:

BERGER, Peter (2013): Vanille und Schokolade. URL: <http://de.chclt.net/vanille-vanillin-in-schokolade/> (Stand: 16.10.2019)

BLUME, Rüdiger (2013): Fragen und Fakten zur Schokolade. URL: http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/12_13.htm (Stand: 30.10.2019)

CLANNER-ENGELSHOFEN, Benjamin (2017): Lactulose. URL: <https://www.netdokter.de/medikamente/lactulose/> (Stand: 16.10.2019)

Content Fleet GmbH (Hrsg., o.J.): Milka – Schokolade mit Tradition und Geschichte. URL: <http://www.meinlieblingsessen.de/milka-schokolade-mit-tradition-und-geschichte> (Stand: 16.10.2019)

DocCheck Community GmbH (Hrsg., o.J.): Theobromin. URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/Theobromin> (Stand: 16.10.2019)

DREIßIG, Kilian (2013): Butterreinfett – was ist das eigentlich? URL: <https://www.vegpool.de/magazin/butterreinfett.html> (Stand: 16.10.2019)

foodlexicon.org (Hrsg., o.J.): Polyglycerin-Polyricinoleat, E 476, PGPR. URL: <https://www.lebensmittellexikon.de/p0002400.php> (Stand: 30.10.2019)

GANSCHOW, Lena/BÖHNKE, Andrea/SCHADWINKEL, Alina (o.J.): Schokolade und ihre Wirkung. URL: <https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/lebensmittel/schokolade/pwieschokoladeundihrewirkung100.html> (Stand: 16.10.2019)

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Hrsg., o.J.): Schokolade, fest. URL: <http://www.tis-gdv.de/tis/ware/lebensmi/schoko/schoko.htm> (Stand: 16.10.2019)

HERZOG, Lena (2018): Schimmelt Schokolade? URL:<https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wieso/artikel/beitrag/schimmelt-schokolade/>(Stand: 16.10.2019)

Homborg finest food (Hrsg., o.J.): Philippe Suchard. URL: <https://www.theobroma-cacao.de/wissen/geschichte/personen/philippe-suchard/> (Stand: 16.10.2019)

Homborg finest food (Hrsg., o.J.): Selber Schokolade herstellen. URL: <https://www.theobroma-cacao.de/wissen/rezepte-und-technik%20kakaobohnen-verbatim/selber-schokolade-herstellen/> (Stand: 16.10.2019)

Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG (Hrsg., o.J.): Über 115 Jahre Milka Geschichte. URL:<https://www.milka.de/marke/geschichte/> (Stand: 16.10.2019)

Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG (Hrsg., o.J.): Milka Schokoladenherstellung. URL:<https://www.milka.de/marke/schokoladenproduktion> (Stand: 25.10.2019)

Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG (Hrsg., o.J.): Milka Löffel-Ei Milchcrème 136g. URL: <https://www.milka.de/produkte/milka-eier/milka-loeffel-ei-milchcreme-136g?p=4166&provider={D193998A-4A6D-4EA5-BAA8-209357B27A09}&categoryId=23949> (Stand: 16.10.2019)

Mondelez Deutschland Services GMBH & CO. KG (Hrsg., o.J.): Milka Sweet Winter 100g. URL: <https://www.milka.de/Produkte/Milka%20Weihnachtstafeln/Sweet%20Winter%20100g?p=6944&provider=%7BD193998A-4A6D-4EA5--BAA8-209357B27A09%7D&categoryId=3554> (Stand: 16.10.2019)

Online Börse (Hrsg., 2018): Milka-Konzern Mondelez steigert Umsatz und Gewinn deutlich. URL: <https://www.boerse-online.de/nachrichten/aktien/milka-konzern-mondelez-steigert-umsatz-und-gewinn-deutlich-1023058228> (Stand: 16.10.2019)

SINGH, Amy (o.J.): Making my bar. In the 5th grade I decided to make my own chocolate from beans. URL: <http://www.amyschocolate.com/> (Stand: 16.10.2019)

Stiftung Warentest (Hrsg., 2013): Quadratisch, praktisch, gut? URL: <https://www.swrfernsehen.de/marktcheck/check/ritter-sport-check,broadcastcontrib-swr-7442.html> (Stand: 16.10.2019)

PDF-Dateien:

Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V (Hrsg., 2007): Richtlinie für Vanille-Zucker und Vanillin-Zucker. URL: <https://www.lebensmittelverband.de/d-e/publikationen/richtlinien/richtlinie-vanille-zucker> (Stand: 29.10.2019)

Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V. (Hrsg., 2014): Die wichtigsten Neuerungen der Lebensmittelinformations-Verordnung. URL: <https://www.lebensmittelverband.de/de/lebensmittel/kennzeichnung/lebensmittelinformationsverordnung/infografik-neuerungen-lmiv-lebensmittelinformations-verordnung> (Stand: 29.10.2019)

HAMMER, Stefanie (2001): Schokolade. URL: <https://www.theobromacacao.de/fileadmin/Dokumente/referat-hammer.pdf> (Stand: 16.10.2019)

STRAHM, Walter/EBERHARD, Pius (2009): Milch wird hoch erhitzt oder filtriert. In: Alimenta, S. 25–29

STRÜVEN, Jannick u.a. (2005): Industrielle Herstellung von Schokolade. URL: www.scribd.com/document/129240/IndustrielleHerstellung-von-Schokolade (Stand: 29.10.2019)

Technische Universität München (Hrsg., 2018): Schokoladentechnologie. Lehrstuhl für Allgemeine Lebensmitteltechnologie, München.

Universität zu Köln (Hrsg., o.J.): Emulgatoren. Institut für Chemie und ihre Didaktik, Köln. URL: <http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/didaktiken/chemie/schokomaterialien/p11.pdf> (Stand: 29.10.2019)

Verbraucherzentrale Hamburg e. V (Hrsg., 2019): Die wichtigsten Fragen und Antworten zum Nutri-Score. URL: <https://www.vzhh.de/media/2286> (Stand: 29.10.2019)

Bilder:

BERGER, Peter (2013): Test: Milka Alpenmilch. URL: <http://de.chclt.net/schokolade/milka-alpenmilch/> (Stand: 16.10.2019)

Alle anderen Bilder wurden von der Verfasserin der Arbeit selbst erstellt.

Graphen:

Alle Graphen wurden von der Verfasserin der Arbeit selbst erstellt.

9. Selbstständigkeitserklärung



ERASMUS - GRASSER - GYMNASIUM MÜNCHEN
Naturwissenschaftlich - technologisches Gymnasium

ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus den Werken als solche kenntlich gemacht habe. Ferner versichere ich, dass die mitabgegebene digitale Datei der Arbeit identisch mit der vorgelegten Druckversion ist.

München, _____
Unterschrift der/des Schülerin/Schülers