

GYMNASIUM NEUBIBERG

Abiturjahrgang 2022/2024

SEMINARARBEIT

aus dem W-Seminar:

„Physik in der Küche“

THEMA

Schokolade – das braune Gold des Genusses

Verfasser: Leandra Bruch

Seminarleiter: Eva Siegert

Abgabetermin: 07.11.2023

Inhaltsverzeichnis

3	Geschichtliche Informationen	5
3.1	<i>Entdeckung.....</i>	<i>5</i>
3.2	<i>Verbreitung der Schokolade nach Europa</i>	<i>7</i>
4	Schokolade heute.....	9
4.1	<i>Der moderne Herstellungsprozess</i>	<i>9</i>
4.2	<i>Die Tafelschokolade.....</i>	<i>10</i>
5.1	<i>Conchieren.....</i>	<i>11</i>
5.2	<i>Temperieren</i>	<i>12</i>
6	Gesundheitliche Aspekte	14
6.1	<i>Nährstoffe.....</i>	<i>14</i>
6.2	<i>Negative Aspekte.....</i>	<i>15</i>
6.3	<i>Glücklich durch Schokolade</i>	<i>15</i>
6.4	<i>Schokolade als Medizin</i>	<i>16</i>
7	Anleitung zur Selbstanfertigung von Schokolade	18
8	Die Vielfältigkeit von Schokolade.....	22
9	Literaturverzeichnis und Quellen	23
10	Selbstständigkeitserklärung	25

1 Schokolade als Genuss für jedermann

Jeder Deutsche isst durchschnittlich 9,5kg Schokolade pro Jahr, damit belegt Deutschland weltweit den zweiten Platz. Unangefochtener Spitzenreiter ist die Schweiz, deren Pro-Kopf-Konsum pro Jahr durchschnittlich 11kg beträgt. Die Tendenz ist weiterhin steigend.¹ Somit lässt sich feststellen, dass Schokolade einen wichtigen Stellenwert in der heutigen Gesellschaft hat.

Viele Teilbereiche zum Thema Schokolade wurden bereits weitgehend erforscht, allerdings sind die Erkenntnisse meist veraltet. Das Ziel dieser Seminararbeit ist es, eine aktuelle Arbeit über sowohl die allgemeinen Informationen wie auch die Beantwortung von detaillierteren Fragen zu dem Thema zu verfassen. Dabei wird unter anderem den Fragen nachgegangen, welche Rolle physikalische Aspekte bei bestimmten Herstellungsprozessen spielen, was der Grund für die große Beliebtheit von Schokolade ist aber auch, wie man sie aus möglichst einfachen Zutaten zuhause selbst herstellen kann.

Um diese Zielsetzung zu erreichen, muss grundsätzlich der Begriff „Schokolade“ und die damit verbundene Verordnung geklärt werden, denn es gibt ein EU-weit gültiges Gesetz über die Anforderungen an Schokolade. Anschließend werden die geschichtlichen Informationen über Schokolade genauer beleuchtet, insbesondere die Entdeckung. Demnach wird auch über die Verbreitung in Europa informiert, bevor es weiter geht mit einem Zeitsprung in die Gegenwart zum modernen Herstellungsprozess von Schokolade. Es werden detailliert die einzelnen Schritte beschrieben, gefolgt mit der Herstellung der typischsten Schokoladenform. Das Conchieren und Temperieren sind zwei besonders wichtige Schritte bei der Herstellung. Sie perfektionieren die Schokolade, aufgrund dessen werden diese beiden Schritte jeweils physikalisch ausführlich erklärt.

Wie bereits erwähnt wird in der Seminararbeit der Grund für die Beliebtheit von Schokolade genauer betrachtet, doch davor muss allgemein über ihre Nährstoffe und auch über die schwerwiegenden negativen Aspekte von übermäßigem Schokoladenkonsum aufgeklärt werden. Auf der anderen Seite kann sich Schokolade aber auch positiv auf die Gesundheit auswirken, sodass „Schokolade als Medizin“ ein relevantes Thema bereits im 16. Jahrhundert, aber auch heutzutage ist. Abschließend ist mein Versuch der Selbstherstellung von Schokolade protokolliert und in Form einer Anleitung niedergeschrieben.

¹ Bocksch, René (2022): Schweizer:innen essen am meisten Schokolade.
<https://de.statista.com/infografik/20328/schokoladenverzehr-pro-kopf-in-europa/> (Stand: 28.10.23)

2 Definition von Schokolade

Unter dem Wort „Schokolade“ sind allgemein Zubereitungen aus Zucker und feinzerkleinerter Kakaomasse zu verstehen, denen man Kakaobutter und bestimmte Geschmacksstoffe, wie zum Beispiel Vanillin oder andere Lebensmittel, darunter Milchpulver oder Nüsse zusetzen kann. Ein besonderes Gefüge, das die verschiedenen Schokoladenarten kennzeichnet, ist die Bildung von zusammenhängenden Phasen von Kakaobutter beziehungsweise von Mischungen aus zugelassenen Fetten, wie Milchfett mit Kakaobutter. In ihnen sind zum Beispiel Kakaokernbruchstücke, feste Zuckerteilchen oder auch Milchpulverteilchen eingebettet.²

Das Reinheitsgebot für Schokoladenwaren ist durch die Kakaoverordnung vom 15.12.2003 gesetzlich geregelt worden, sie gilt in allen EU-Ländern und bezieht „sich auf eine Richtlinie der Europäischen Union für Kakao- und Schokoladenerzeugnisse 2000/36/EG, die an Endverbraucher abgegeben“ wird. Die Kakaoverordnung gibt vor unter welchen Voraussetzungen ein Produkt als beispielsweise Schokolade, Kakaopulver oder Weiße Schokolade bezeichnet werden darf, die jeweilige Bezeichnung ist dabei abhängig von dem Gehalt an Milchtrockenmasse, Kakaotrockenmasse, Kakaobutter oder Milchfett. Um ein Produkt als Milkschokolade betiteln zu dürfen, muss es mindestens 25% Kakaobutter, 14% Milchtrockenmasse und 25% Gesamtkakaotrockenmasse beinhalten, wohingegen es bei weißer Schokolade mindestens 20% Kakaobutter und 14% Milchtrockenmasse sein müssen. In der Kakaoverordnung ist außerdem vorgeschrieben, welche Zutaten für die Schokoladenherstellung genutzt werden dürfen und dass Aromen nicht den Geschmack von Schokolade und Milchfett nachahmen dürfen. Für alle Hersteller ist die Kakaoverordnung bindend, sie dient dazu den Verbrauchern sowohl Orientierung als auch ein hohes Maß an Produktqualität und Produktsicherheit zu garantieren.³

² Fincke, H. 1965, S. 187

³ Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e. V. (Hrsg., 2023): Kurz erklärt: Die Kakaoverordnung. <https://schokoinfo.de/kurz-erklart-die-kakaoverordnung/> (Stand: 04.09.23)

3 Geschichtliche Informationen

Zunächst wird erläutert, wer den Kakao entdeckt hat und welche Hochkulturen in den Jahrhunderten danach in Kontakt mit Kakao gekommen sind, um Schokoladenprodukte auf unterschiedliche Weise mit vielfältigen Zutaten herzustellen. Es wird aber auch erklärt, wie die Schokolade nach Europa kam und was für eine Bedeutung sie zu der damaligen Zeit für die Gesellschaft gehabt hat.

3.1 Entdeckung

Die Entdecker des Kakaos sind die Olmelken. Sie sind die erste Hochkultur von Amerika und siedeln zwischen 1500 bis 400 v. Chr. in den heutigen Bundesstaaten Tabasco und Veracruz im Süden des Golfes von Mexiko⁴. Da Rückstände von Kakao in Gefäßen aus der Stadt San Lorenzo und der Stätte El Manati im Jahr 2008 gefunden wurden, lässt sich belegen, dass bereits zwischen 1800 bis 1000 v. Chr. Kakaoprodukte unter der Elite der Olmelken verbreitet sind. Die Küstenregion am Golf von Mexiko bietet für das Wachsen des Kakaobaums ideale Voraussetzungen. Ein weiterer Beleg für die Verwendung von Kakao bei den Olmelken ist ihre Sprache, die Urform der Mixe-Zoque-Sprache, die eine Familie von Sprachen darstellt und im heutigen Südmexiko noch immer gesprochen wird.⁵ Linguisten haben erforscht, dass schon um 1000 v. Chr., dem Höhepunkt der Olmelken-Kultur, das Wort „kakawa“ im Wortschatz, zum Beispiel in San Lorenzo, gewesen ist⁶. Somit ist bestätigt, dass sie die Frucht gekannt haben, wahrscheinlich haben sie aus den Samen des Kakaobaums ein Getränk hergestellt⁷.

Zwischen 300 v. und 400 n. Chr. übernehmen die Maya das Wort von Kulturen, die Mixe-Zoque sprechen und entwickeln es zu dem Wort „kakaw“⁸. Die Maya sind ein indigenes Volk in Mittelamerika, dessen Blütezeit zwischen 250 und 900 n. Chr. liegt und das während der präkolumbischen Zeit durch seine hoch entwickelte Zivilisation bekannt geworden ist.⁹ Bereits im ersten Jahrtausend nach Christus pflanzen sie in großer Menge den „Theobroma cacao“ auf Feldern an, da die Kakaoherstellung ein wichtiger Wirtschaftszweig für sie ist. Allerdings ist der Anbau aufgrund der klimatischen Bedingungen nur in der Chontalpa Region, dem heutigen mexikanischen Bundesstaat Chiapas, sowie in der pazifischen Küstenebene von Guatemala möglich. Eine große Ernte wird durch raffinierte Bewässerungssysteme auf den Feldern ermöglicht und anschließend durch ein von Fernhandelskaufleuten ausgeklügeltes

⁴ Durry, A. & Schiffer, T. 2012, S. 153

⁵ ebd., S. 155

⁶ Coe, S. & Coe, M. 1997, S. 42ff.

⁷ Durry, A. & Schiffer, T. 2012, S. 155

⁸ ebd., S. 166

⁹ ebd., S.156

Handelssystem in die restlichen Maya-Gebiete transportiert. Die meisten Informationen über den Kakaokonsum der Maya werden Bemalungen und Beschriftungen der damaligen Trinkgefäße der Adligen entnommen, wie zum Beispiel auf Abbildung 1 zu erkennen ist.¹⁰

Aber auch Texte über Kakao auf Baumrinde, die während des Zusammenbruchs des Maya-Reichs geschrieben werden, dienen als Informationsquelle, wenn auch nur bedingt aufgrund der mangelhaften Haltbarkeit von Baumrinde¹¹.

Ob die niedere Schicht des Volkes es sich leisten kann Schokolade zu trinken ist unbekannt, den Bemalungen auf den Gefäßen zufolge, zeigt man Reichtum und



Abbildung 1: Kakaogefäß aus der Maya-Zeit

Macht durch den Besitz von Kakao. Schokolade dient als Genussmittel für besondere Anlässe, wie zum Beispiel Hochzeiten, Verlobungen, Bestattungen, Festlichkeiten des Adels, aber auch als Währung.¹²

Später ist Kakao bei den Azteken ebenfalls weit verbreitet¹³. Anfang des 13. Jahrhunderts wandern die Azteken in das Tal von Mexiko ein, wo sie ein riesiges Reich mit über 150.000 Einwohnern errichten, mit dem Machtzentrum in der Stadt Tenochtitlan, der heutigen Hauptstadt Mexico-City¹⁴. Da der Kakao, ähnlich wie bei den Maya, für die Azteken sowohl für das alltägliche Leben als auch für ihre Religion eine große Rolle spielt, dehnen sie ihr Reich bis an die Pazifikküste im Süden aus, um die hochwertige Kakaoanbauregion Xoconochco zu beherrschen. Auch in den Küstengebieten von Veracruz und an der Küste des heutigen Staates Guerrero spielt der Kakaoanbau eine große Rolle. Überwiegend beziehen die Azteken den Kakao aber aus Tributzahlungen. Mit dem Wort „Cacahuatl“ bezeichnet das Volk Kakaobohnen und das Schokoladengetränk, welches sie ähnlich wie die Maya herstellen und es vermutlich bevorzugt kalt trinken. Der Ethnologe und spanische Missionar Bernardino de Sahagun beschreibt den Herstellungsprozess des Schokoladengetränks von einer Schokoladenköchin im Jahr 1569 auf folgende Weise:¹⁵

„Sie mahlt den Kakao (die Bohnen); sie zerstampft, bricht und zerkleinert sie zu Pulver. Sie sortiert sie aus, verliert und trennt sie. Sie durchtränkt sie, durchfeuchtet sie, weicht sie ein. Sie fügt sparsam, zurückhaltend Wasser hinzu; sie reichert es mit

¹⁰ ebd., S. 166f.

¹¹ Coe, S. & Coe, M. 1997, S. 46ff.

¹² Durry, A. & Schiffer, T. 2012, S. 167f.

¹³ ebd., S. 179

¹⁴ ebd., S. 172

¹⁵ ebd., S. 179f.

*Kohlensäure an, filtert es, siebt es, schüttet es hin und her, bringt es zum Sprudeln; sie lässt es eine Krone bilden, stellt Schaum her; sie entfernt die Krone, lässt es dickflüssig werden und trocknen, gießt Wasser dazu, rührt Wasser hinein.*¹⁶

In Mesoamerika wird Kakao und dem Schokoladengetränk ein hohes soziales Prestige zugeschrieben. Zum Beispiel bringen Adlige luxuriöse Geschenke, wie Gold, Edelsteine und Kakao zu privaten oder religiösen Festen mit. Die Elite der Azteken trinkt das Getränk auf Feierlichkeiten oder Empfängen. Durch einen roten Farbstoff namens Achiote, in Verbindung mit der Farbe der Schokolade, sowie dem Wert der Bohnen gilt das Getränk als Symbol für das menschliche Blut, weshalb es auch für Opferzeremonien und die Erhebung von Kriegen in den Adelsstand genutzt wird.¹⁷

3.2 Verbreitung der Schokolade nach Europa

Mit der Entdeckung Amerikas kommt erstmals ein Europäer in Kontakt mit Kakao. Es ist Christoph Kolumbus, der auf seiner vierten Reise, bei der er Amerika entdeckt, vor der Küste Nicaraguas einem großen Ruderboot, besetzt von Kaufleuten der Maya, begegnet. Das Boot ist beladen mit Baumwollstoffen, Tongefäßen, Geräten aus Kupfer und Früchten in Körben, unter anderem auch Kakaofrüchten. Allerdings ist diese Begegnung für die Verbreitung des Kakaos bedeutungslos, da Christoph Kolumbus die Frucht nie probiert hat.¹⁸

Unter der Führung von Hernán Cortés beginnt im Jahr 1519 die Eroberung des Aztekenreiches und endet 1521 mit dem Sieg der Spanier. Die Spanier erkennen schnell die große Bedeutung des Kakaos für die Azteken und die Maya. Auch sie verarbeiten die Kakaobohnen zu einem schaumigen und sehr fettigen Getränk, allerdings ist das für die Europäer nicht ansprechend, aufgrund des unappetitlichen Eindrucks. Als die Spanier schließlich Schokolade mit Zuckerrohr süßen, bemerken die Europäer den Genuss daran. Da die Zubereitung von Kakaogetränken und -speisen weit gefächerte und besondere Kenntnisse erfordert, sind Kakaoprodukte nur für den spanischen Hof, den Adel, gleichgestellte hohe Geistliche, Rückkehrer aus den spanischen Überseegebieten, sowie für andere wohlhabende Personen verfügbar.¹⁹ Die Beliebtheit des Kakaos in Spanien nimmt immer weiter zu. Die erste offizielle Ladung von Kakaobohnen wird im Jahr 1585 von Vera Cruz nach Sevilla verschifft.²⁰ Allerdings können Schiffe nur geringe Ladungen von Mittelamerika nach Spanien transportieren. Die Folge sind erhöhte Kakao-Preise, wodurch der Kakaoverbrauch der

¹⁶ ebd., S. 180

¹⁷ ebd., S. 182

¹⁸ Schröder, R. 1990, S. 79ff.

¹⁹ ebd., S. 81

²⁰ Durry, A. & Schiffer, T. 2012, S. 221

Spanier gering bleibt, nur in Neuspanien, dem heutigen Mittelamerika, ist der Konsum für die kreolische Oberschicht alltäglich.²¹

Die Verbreitung des Kakaos, und somit der Schokolade, geht weiter im Jahr 1615, als Anna von Habsburg das Getränk in Frankreich einführt, wo es sich von Paris aus an anderen europäischen Höfen als vornehm angesehenes und hoffähiges Schokoladengetränk bekannt macht²².

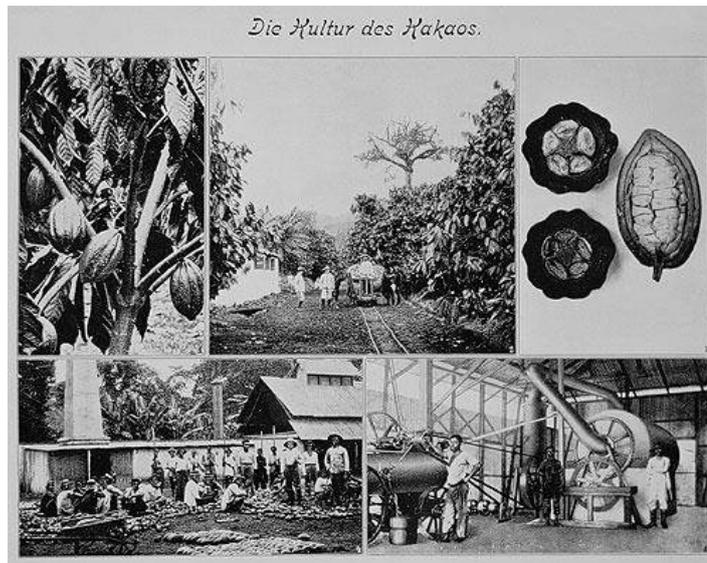


Abbildung 2: Anbau von Kakao als Kulturpflanze zu Beginn des 18. Jahrhunderts

Bis in das 18. Jahrhundert bleibt Spanien der größte Verbreiter, aber auch Verbraucher von Kakao in Europa, da ohne direkte Einfuhr aus Übersee die Preise in anderen Ländern zu hoch sind und zudem die Erntemenge in Amerika noch zu gering ist. Kakao anzupflanzen, wird bereits in den Jahren 1660 auf Martinique und 1666 auf Haiti

versucht, allerdings schlägt dies zunächst fehl. Erst 1715 gibt es, wenn auch bescheiden, Erfolge bei der Anpflanzung von Kakao (siehe Abbildung 2). Als Folge tritt Kakao anschließend als Tropenkultur in die Weltwirtschaft ein und durch den Anbau in den englischen, französischen und niederländischen Kolonien im tropischen Amerika erhöht sich die Produktion, sodass trotz steigender Nachfrage die Preise für Kakao sinken.²³

²¹ Schröder, R. 1990, S. 83

²² ebd., S. 83

²³ ebd., S. 83

4 Schokolade heute

Vergleicht man die Herstellung von Schokolade heute mit der des 13. Jahrhunderts, so sind große Unterschiede zu erkennen. Im Folgenden wird der grundsätzliche moderne Herstellungsprozess wiedergegeben, allerdings variiert die Zusammensetzung der Kakaosorten für die verschiedenen Schokoladensorten je nach Firma und wird meist geheimgehalten.²⁴ Anschließend wird erklärt, wie man die fertige Schokoladenmasse in die reguläre Form bringt, die Tafelschokolade.

4.1 Der moderne Herstellungsprozess

Zu Beginn werden die Kakaobohnen durch Sauganlagen, Bürsten oder Magnete mechanisch gereinigt und von Jutefasern, Steinen, Metallteilen oder auch kleineren Ästen befreit.

Anschließend werden die sauberen Kakaobohnen geröstet, indem sie auf übereinander angeordnete Gitterroste oder in große rotierende Trommeln kommen. Dieser Prozess dauert zehn bis 30 Minuten in einem Heißluftofen bei 150°C. Großröster erzielen eine Leistung von bis zu 6.000kg pro Stunde. Das Rösten dient dazu, den Feuchtigkeitsgehalt der Bohnen auf unter 0,5% zu reduzieren, damit Bakterien absterben und sich das typische Kakaoaroma entfalten kann. Dadurch entsteht die endgültige, dunkelbraune Färbung der Kakaobohnen.²⁵

Der nächste Schritt ist das Brechen. Die Kakaobohnen werden in kleine Stücke gebrochen, indem sie gegen die Maschinenwand geworfen werden. Die Schale, die sich bei diesem Prozess von der Bohne löst, wird durch ein Sieb oder durch Heißgebläse entfernt, da sie sonst die Schokoladenqualität beeinträchtigt.²⁶

Die zerkleinerten, gerösteten Kakaokerne, auch Nibs genannt, werden zunächst in der Kakaomühle gemahlen. Dies geschieht zwischen rotierenden Metallscheiben. Daraufhin schmilzt durch die Reibungswärme das in der Bohne enthaltene Fett, die Kakaobutter. Es entsteht eine dunkle, sehr bittere und intensiv duftende Kakaomasse, welche als Grundlage für die Schokoladenherstellung dient.²⁷

Danach kommt es zur Vermischung der Kakaomasse mit den übrigen Zutaten. Diese sind abhängig von der Schokoladensorte, in der Regel sind es jedoch Zucker, Milchpulver, Vanille und zusätzliche Kakaobutter, je nach gewünschtem späteren Feinheitsgrad. Die Vermischung der Zutaten erfolgt in einem Mischer oder Knetter, die teilweise 9.000kg pro Stunde verarbeiten können. Dieser Herstellungsvorgang geschieht bei 40-60°C und dauert 30 Minuten.²⁸

²⁴ Durry, A. & Schiffer, T. 2012, S. 124

²⁵ ebd., S. 125

²⁶ ebd., S. 125

²⁷ ebd., S. 125

²⁸ ebd., S. 125

Als Resultat erhält man eine zähflüssige, teigartige und grobkörnige Masse, die im nächsten Schritt auf einen Walzstuhl gegeben wird, wo sie zwischen mehreren Metallwalzen, die innen hohl und wassergekühlt sind, bearbeitet wird, um einen Feinheitsgrad von weniger als 25 Tausendstel Millimetern zu erhalten.²⁹ Dadurch entsteht ein hauchdünner Schokoladenfilm, der durch Rakelmesser abgenommen wird. Unter einer Rakel ist ein Werkzeug zu verstehen, mit dem man dickflüssiges Material auf Flächen ab- oder glattstreicht³⁰.

Anschließend geht es zum wichtigsten Arbeitsschritt, dem Conchieren. Dieser Vorgang entscheidet über den Geschmack und die Qualität der Schokolade, denn durch ihn erhält sie das typische Aroma und den charakteristischen Schmelz. Die Schokolade wird bei 90°C durch Metallstäbe gerührt und permanent umgewälzt. Dadurch sinkt der Feuchtigkeitsgehalt auf unter ein Prozent und unerwünschte Aromen entweichen, während angenehme Aromen aufgeschlossen werden. Der Prozess hat eine Länge von bis zu 72 Stunden, abhängig von der Kakaosorte. Erfinder dieses Perfektionsschrittes war Rodolphe Lindt aus Bern im Jahr 1879.³¹ Der letzte Schritt für die Grundlage der Schokoladenherstellung ist das Temperieren. Dies erfolgt, indem die Schokoladenmasse eine bestimmte Temperaturkurve durchläuft. Zuerst kommt es zu einer Erhitzung auf 50°C, anschließend wird sie abgekühlt auf 34°C, dann auf 28°C, daraufhin wieder erhöht auf 32°C und zuletzt auf 30°C gesenkt. Das Temperieren sorgt für eine längere Haltbarkeit der Schokolade und dadurch entwickelt sie ihren Glanz und knackigen Bruch. Nun ist die Schokolade fertig und kann zu verschiedenen Produkten weiterverarbeitet werden.³²

4.2 Die Tafelschokolade

Um eine Tafelschokolade zu erhalten, wird die fertige Schokoladenmasse in Formen gefüllt, die in breiten Bahnen über ein Fließband laufen. Anschließend werden diese Formen geschüttelt, um eine gleichmäßige Verteilung zu erhalten und damit eingeschlossene Luftbläschen entweichen können. Daraufhin laufen sie durch einen Kühltunnel bei 6°C, dadurch zieht sich die Masse zusammen und lässt sich nachher leichter aus der Form lösen. Für das endgültige Herausnehmen wird mechanischer Druck angewendet: die Formen werden gewendet und große, flache Hammer klopfen die Schokolade aus der Form. Zuletzt laufen die Tafeln auf dem Transportband zur Verpackstation, wo sie als verkaufsfertiges und verpacktes Produkt wieder herauskommen.³³

²⁹ ebd., S. 126

³⁰ DWDS – Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache o. D.: Rakel. <https://www.dwds.de/wb/Rakel> (Stand: 25.10.23)

³¹ Durry, A. & Schiffer, T. 2012, S. 128f.

³² ebd., S. 129

³³ ebd., S. 129f.

5 Ausgewählte physikalische Eigenschaften von Schokolade

Um Schokolade zu perfektionieren, gibt es zwei Herstellungsschritte, die den größten Teil dazu beitragen: das Conchieren und das Temperieren (siehe Kapitel 4.1). Im Anschluss werden die physikalischen Eigenschaften von Schokolade im Hinblick auf diese zwei Schritte erläutert. Es wird auch der Frage nachgegangen, warum sich Schokolade nach mehreren Monaten Aufbewahrung weiß färbt.

5.1 Conchieren

Die Umwandlung des krümeligen Walzgutes in eine fließende Suspension ist der wesentliche physikalische Vorgang beim Conchieren. Um dies zu erzielen, wird die Masse bestimmten Schwerkraften ausgesetzt. Sie müssen ausreichen, um zusammengebackene Zucker- und Kakaoteilchen wieder zu trennen und mit einer Fetthülle zu überziehen, dürfen allerdings nicht zu groß sein, da sonst eine unerwünschte weitere Zerkleinerung des Walzgutes stattfindet. Dadurch würden dann weitere Bruchflächen entstehen, die ebenfalls mit Kakaobutter bedeckt werden müssen.³⁴ In Conchiermaschinen (siehe Abbildung 3) sind die auftretenden



Abbildung 3: Conchiermaschine in Betrieb

Reibungs-, Druck- und Scherkräfte viel kleiner als in Walzwerken, weshalb keine merkliche Zerkleinerung stattfindet. So wird die Korngrößenverteilung nicht beeinflusst, allerdings ist die Zertrümmerung von einzelnen Feststoffteilchen möglich. Damit Schokolade einen guten Schmelz

bekommt, ist die vollständige Umhüllung der Feststoffteilchen mit Schokoladenfett notwendig. Der Schmelz der Schokolade entsteht, indem die Feststoffteilchen beim Conchieren zu Beginn von hochschmelzenden Glyceriden der Kakaobutter umhüllt werden und sich anschließend weitere Fettschichten zwiebelschalenartig mit Glyceriden, die niedriger schmelzend sind, auflagern.

Im Laufe des Conchierens findet zudem eine Viskositätsänderung statt³⁵.

Unter Viskosität versteht man ein Maß für die innere Reibung von einem fließenden oder strömenden Medium. Beim Anlegen einer Schubspannung an Flüssigkeiten und Gase wirkt

³⁴ Fincke, H. 1965, S. 225

³⁵ ebd., S. 226

sie als Widerstand gegen eine fortschreitende Lageveränderung. Durch den Widerstand von der angelegten Schubspannung und der inneren Reibung entsteht eine abhängige Fließgeschwindigkeit.³⁶

Beim Conchieren geschieht die Viskositätsabnahme durch das Verringern des Wassergehalts. Besonders Lecithin senkt die Viskosität während des Conchierens.³⁷ Deshalb wird am Ende des Conchierens das Lecithin zu der Schokoladenmasse hinzugefügt, um die Partikel in der Lösung zu behalten und nicht zum Verklumpen zu bringen. Lecithin ist ein Emulgator und dient zum Glätten der Oberfläche der Zuckerpartikel. Es erleichtert das aneinander Vorbeigleiten, wodurch die Masse weicher und fließfähiger wird.³⁸

Als Lecithin bezeichnet man die Zusammenfassung von mehreren sehr ähnlichen Phospholipiden, die alle einen hydrophilen Kopf und einen Schwanz aus hydrophoben Kohlenwasserstoffketten besitzen. Bei der Bindung des Kopfes des Lecithins an die Saccharose wird er so weit absorbiert, dass er vollständig in einer Senke der Zuckerpartikel verschwindet.³⁹

„Indem die Lecithinmoleküle an die Saccharose-Oberfläche anlagern, minimieren sie die Interaktion ihres hydrophilen Kopfes mit der hydrophoben Kakaobutter.“⁴⁰

Eine fettaffine Hülle wird vom Lecithin um den Zucker gebildet, dadurch wird die Entstehung von Kristallklumpen vermieden, da die Saccharosepartikel in der Kakaobutter gelöst und vereinzelt bleiben. Die Stabilität der Bindungen ist je nach Lecithin-Variante unterschiedlich, bei Phosphatidylcholin sind die Köpfe vier- bis sechsfach an den Zucker verankert, somit erweist es sich als das am besten geeignete Lecithin für das Conchieren.⁴¹

5.2 Temperieren

Schokolade ist ein polymorphes System, worunter zu verstehen ist, dass ein chemisches Element oder eine Verbindung die Fähigkeit besitzt in verschiedenen Modifikationen zu kristallisieren⁴².

³⁶ Bartz, W. 1993, S. 2

³⁷ Fincke, H. 1965, S. 226

³⁸ Podbregar, Nadja (2015): Schokolade: Die Physik des zarten Schmelzes. <https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/schokolade-die-physik-des-zarten-schmelzes/> (Stand: 24.08.2023)

³⁹ ebd., <https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/schokolade-die-physik-des-zarten-schmelzes/> (Stand: 24.08.2023)

⁴⁰ ebd., <https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/schokolade-die-physik-des-zarten-schmelzes/> (Stand: 24.08.2023)

⁴¹ ebd., <https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/schokolade-die-physik-des-zarten-schmelzes/> (Stand: 24.08.2023)

⁴² Spektrum Akademischer Verlag (Hrsg., 1998): Polymorphie. <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/polymorphie/11520> (Stand: 24.08.2023)

Wie in Abbildung 4 dargestellt wird, ist das Auskristallisieren von Kakaobutter und somit auch von Schokolade in sechs Formen möglich, es geschieht während des Temperierens und lässt jeweils Unterschiede in Aussehen, Textur und Schmelzbereich entstehen. Je nach Kristallform sind dabei unterschiedliche Entstehungsbedingungen notwendig. Die ideale, die V-Form, entsteht durch langsames Kristallisieren der Schmelze und besitzt eine Schmelztemperatur von 33,8°C, bei der sie ihr volles Aroma entfaltet. Für das gewünschte Schmelzen der Schokolade auf der Zunge müssen die Kristalle in der enthaltenden Kakaobutter einen Durchmesser von einem sechstelmillionstel Millimeter haben. Im Verlauf des Abkühlens beginnt ab einer Temperatur von 40°C das Kristallisieren⁴³.

Kristallform	Entstehungsbedingungen	Schmelztemperatur (°C)
I	Schnelles Abkühlen der Schmelze	17,3
II	Rasches Abkühlen der Schmelze mit 2°C/min	23,3
III	Kristallisieren der Schmelze bei 5-10°C wandelt sich dabei in Zustand II um	25,5
IV	Kristallisiert bei 16-21°C	27,3
V	Langsames Kristallisieren der Schmelze	33,8
VI	Entwickelt sich aus V nach mehreren Monaten bei Raumtemperatur	36,3

Abbildung 4: Kristallisationsformen der Kakaobutter

Wird Schokolade über mehrere Monate bei Raumtemperatur aufbewahrt, so bilden sich weiße, kristallartige Ablagerungen an der Oberfläche, der sogenannte Fettreif. Bei dieser Auskristallisierung tritt ein Teil der kristallisierten Kakaobutter nach außen, da diese Kristallform der Kakaobutter thermodynamisch stabiler ist. Dadurch steigt die Schmelztemperatur auf 36,3°C, was zur Folge hat, dass sich die Schokolade beim Zergehen auf der Zunge häufig sandig anfühlt, weicher ist und beim Brechen weniger knackig. Obwohl sie durch den sich ablagernden Fettreif optisch weniger ansprechend ist, bleibt sie noch immer genießbar und kann ohne Probleme verzehrt werden. Da Milchpulver die Umwandlung in die stabilere Form verzögert, ist Milkschokolade nicht so oft vom Fettreif betroffen wie Halbbitter- oder Bitterschokolade.⁴⁴

⁴³ Deuerling, A. 2010, S. 37f.

⁴⁴ ebd., S. 38

6 Gesundheitliche Aspekte

Da Schokolade ein Lebensmittel ist, besteht die Notwendigkeit die Nährstoffe zu untersuchen. Im Anschluss werden auch die negativen, sowie positiven Auswirkungen von Schokolade auf die Gesundheit detailliert erklärt. Außerdem wird genauer betrachtet, was es mit der Behauptung auf sich hat, dass Schokolade Medizin ist.

6.1 Nährstoffe

Schokolade ist ein kalorienreiches Lebensmittel: eine 100g Tafel deckt, je nach körperlicher Tätigkeit, ein Fünftel bis ein Achtel des täglichen Kalorienbedarfs⁴⁵. Frauen benötigen durchschnittlich 1.900kcal pro Tag, während Männer einen Kalorienbedarf von durchschnittlich 2.500kcal täglich haben. Umso älter man ist, desto niedriger ist der Kalorienbedarf⁴⁶. Eine gewöhnliche Vollmilchschokolade, die aus 12% Kakaomasse, 18% Kakaobutter, 50% Zucker und 20% Magermilch-/Vollmilch- bzw. Sahnetrockenmasse besteht (siehe 2. Spalte von Abbildung 5), besitzt pro 100g 272 Fettkalorien, 29 Eiweißkalorien und 238 Kohlenhydratkalorien, was eine Summe von 539 Gesamtkalorien ergibt. Der Fettgehalt liegt bei 29,4%, die Eiweißstoffe bei 6,8%. Auch Vitamin A, D, E und K sind enthalten, allerdings gibt es davon nur zwischen 0,021 mg/100g bis 1,6 mg/100g, sodass die negativen Aspekte von Schokolade (siehe Kapitel 6.2) eindeutig überwiegen.⁴⁷

	Magermilchschokolade	Vollmilchschokolade süß	Vollmilchschokolade herb	Sahneschokolade
<i>I. Rezeptur</i>				
Kakaomasse	10%	12%	27%	30%
Kakaobutter	23%	18%	9%	13%
Zucker	46%	50%	34%	41%
Magermilchtrockenmasse	21%			
Vollmilchtrockenmasse		20%		
Sahnetrockenmasse (42% Fett)			30%	6%
				20%
<i>II. Zusammensetzung</i>				
Wasser	1,2%	1,2%	1,5%	1,3%
Fett	28,6%	29,4%	31,0%	33,6%
Asche	2,0%	1,5%	2,5%	1,8%
Purine	0,1%	0,2%	0,4%	0,3%
Polyhydroxyphenole	0,6%	0,7%	1,7%	1,2%
Eiweißstoffe	8,8%	6,8%	11,6%	8,2%
Zuckerarten	56,5%	57,3%	46,1%	50,0%
Stärke	0,6%	0,7%	1,7%	1,1%
Cellulose	0,9%	1,1%	2,5%	1,8%
Pentosane	0,2%	0,2%	0,4%	0,3%
Säuren	0,2%	0,2%	0,4%	0,3%
Vitamin A	0,012 mg/100 g	0,045 mg/100 g	0,06 mg/100 g	0,079 mg/100 g
Carotin		0,027 mg/100 g	0,04 mg/100 g	0,06 mg/100 g
Vitamin D	1,3 µg/100 g	1,6 µg/100 g	1,8 µg/100 g	2,0 µg/100 g
Vitamin E	2,2 mg/100 g	0,76 mg/100 g	1,21 mg/100 g	2,2 mg/100 g
Vitamin K		0,021 mg/100 g	0,031 mg/100 g	0,04 mg/100 g
Thiamin	0,10 mg/100 g	0,077 mg/100 g	0,14 mg/100 g	0,10 mg/100 g
Lactoflavin	0,38 mg/100 g	0,28 mg/100 g	0,45 mg/100 g	0,32 mg/100 g
Nicotinsäureamid	0,19 mg/100 g	0,32 mg/100 g	0,59 mg/100 g	0,43 mg/100 g
Biotin	0,022 mg/100 g	0,016 mg/100 g	0,024 mg/100 g	0,018 mg/100 g
Pantothensäure	0,88 mg/100 g	0,68 mg/100 g	1,09 mg/100 g	0,75 mg/100 g
Pyridoxin	0,11 mg/100 g	0,08 mg/100 g	0,13 mg/100 g	0,08 mg/100 g
Ascorbinsäure		0,37 mg/100 g	0,6 mg/100 g	0,6 mg/100 g
<i>III. Kalorien je 100 g</i>				
Fettkalorien	266	272	289	313
Eiweißkalorien	36	29	47	34
Kohlenhydratkalorien	238	238	199	210
Gesamtkalorien	540	539	535	557

Abbildung 5: Beispiele für die Zusammensetzung und den Nährwert von milchhaltigen Schokoladen

⁴⁵ Fincke, H. 1965, S. 386

⁴⁶ Techniker Krankenkasse (Hrsg., 2023): Wie viele Kalorien am Tag brauchen wir?

<https://www.tk.de/techniker/magazin/ernaehrung/uebergewicht-und-diaet/wie-viele-kalorien-pro-tag-2006758> (Stand: 25.10.23)

⁴⁷ Fincke, H. 1965, S. 389

Außerdem sind in Schokolade viele Nährstoffe wie beispielsweise Spurenelemente, sekundäre Pflanzenstoffe und Mineralien enthalten. Ein Spurenelement, welches sich dabei besonders hervorhebt, ist Kupfer: in 100g Schokolade ist 1mg Kupfer enthalten, was den täglichen Kupferbedarf eines Menschen abdecken kann, dieser liegt zwischen 1mg und 1,5mg pro Tag.⁴⁸

6.2 Negative Aspekte

Betrachtet man die Kohlenhydrate in der Schokolade, so handelt es sich um Saccharose, also gewöhnlichen Zucker. Das Entstehen von Diabetes und anderen Stoffwechselerkrankungen durch Kohlenhydrate ist abhängig von ihrer Verfügbarkeit nach der Resorption. Der glykämische Index ist ein Maßstab dafür.⁴⁹ Er schätzt den Effekt von kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln auf den Blutzuckerspiegel ein. Die Skala geht von 0 bis 100, umso niedriger der Wert, desto geringer ist auch die Wirkung auf den Blutzuckerspiegel. Dem glykämischen Index zufolge, hat Glucose einen Index von 100.⁵⁰ Schokolade besitzt den Index 42, aufgrund des hohen Fett- und Zuckergehaltes. Der hohe Fettgehalt von Schokolade trägt dazu bei, dass die Resorption von Kohlenhydraten im Gastrointestinaltrakt verlangsamt wird, während der Grund für den hohen Zuckergehalt lautet, dass Saccharose aus einem Mol Fructose und Glucose aufgebaut ist, was dem Körper die Aufnahme und Verarbeitung von Saccharose erleichtert. Aufgrund der hohen Energiedichte von Schokolade ist vom Verzehr bei einer Diät abzuraten, schließlich kann übermäßiger Schokoladenkonsum zu Gewichtszunahme führen. Das in der Schokolade enthaltene Fett liegt mit circa 9kcal pro Gramm fast doppelt so hoch wie die Kohlenhydrate und Eiweiße mit circa 5kcal. Eine übermäßige Aufnahme von Fetten kann die Blutwerte HDL (high density lipoprotein: Lipoproteine mit hoher Dichte), LDL (low density lipoproteins: Lipoprotein mit niedriger Dichte), sowie die Triglyceride negativ beeinflussen.⁵¹

6.3 Glücklich durch Schokolade

Die Inhaltsstoffe der Schokolade beginnen bereits zu wirken, wenn die Schokolade auf der Zunge zergeht. In der Schokolade sind verschiedene Inhaltsstoffe „Bausteine von endogenen,

⁴⁸ Weyrauch-Wiegand, S. (2021): Heißhunger auf Schokolade. <https://www.dr-susanne-weyrauch.de/vorschlaege/vorschlaege-human/schokoladenlust> (Stand: 28.10.23)

⁴⁹ Passreiter, Claus (2012): Schokolade – Trank der Götter, Genussmittel oder doch Medizin? <https://storckverlag.de/wp-content/uploads/2012/05/Fortbildung-2011-12-Schokolade-Genussmittel-oder-Medizin.pdf> (Stand: 11.10.23)

⁵⁰ Oviva (Hrsg., 2023): Wie nutzen Sie den Glykämischen Index für Ihre Ernährung? <https://oviva.com/de/de/glykaemischer-index/> (Stand: 25.10.23)

⁵¹ Passreiter, Claus (2012): Schokolade – Trank der Götter, Genussmittel oder doch Medizin? <https://storckverlag.de/wp-content/uploads/2012/05/Fortbildung-2011-12-Schokolade-Genussmittel-oder-Medizin.pdf> (Stand: 11.10.23)

also körpereigen produzierten Stoffen [...]“, die in der menschlichen Gefühlschemie eine wichtige Rolle spielen.⁵²

Ein Beispiel ist die essentielle Aminosäure Tryptophan, welche über die Nahrung aufgenommen werden muss, da sie nicht vom menschlichen Organismus synthetisiert werden kann. Außerdem baut der Körper aus Tryptophan einen neutralen Botenstoff namens Serotonin. Er sorgt für seelische Ausgeglichenheit, Glücksgefühle, erholsamen Schlaf, sowie Entspannung. In zum Beispiel Vollkornprodukten ist Tryptophan ebenfalls enthalten, allerdings ist die Wirkung bei Schokolade intensiver, da Fett und Zucker eine zügige und sehr effektive Serotoninsynthese aus Tryptophan ermöglichen.⁵³

Auch direkt psychoaktiv wirkende Stoffe sind in der Schokolade enthalten. So haben die enthaltenen Alkaloide Koffein und Theobromin auf den menschlichen Organismus eine physiologische und psychoaktive Wirkung, denn sie machen munter, wach und fördern die Konzentration. Koffein gilt dazu als Blutdruck erhöhend, während Theobromin die Muskeln entspannt und den Blutdruck senkt. In einer 100g Tafel dunkle Schokolade ist mit 90mg so viel Koffein enthalten, wie in einer Tasse Kaffee und von Theobromin siebenmal so viel, also 630mg.⁵⁴

Ebenfalls gibt es den endogenen Botenstoff Phenylethylamin in Schokolade. Der Stoff wird in großen Mengen im Gehirn ausgeschüttet, wenn man verliebt ist. Er wirkt euphorisierend, anregend und leicht aphrodisierend, also sexuell belebend. Allerdings schwankt die Konzentration sehr, ein Gramm Schokolade kann zwischen 0,4µg und 6,6 µg Phenylethylamin enthalten. Der Großteil dieses Botenstoffes ist bevor er das zentrale Nervensystem erreicht hat, wahrscheinlich bereits in seine Metabolite zerfallen.⁵⁵

6.4 Schokolade als Medizin

In Europa erfährt man von dem Schokoladengenränk im Verlauf des 16. Jahrhunderts. Zu dieser Zeit sieht man Schokolade als ein Mittel mit kräftigender Wirkung, was der italienische Kaufmann Francesco Carletti, der von 1573 bis 1636 gelebt hat, in seinem Reisebericht erwähnt. Carletti behauptet in seinem Bericht, dass Schokolade⁵⁶

„Kraft gibt, nährt und auf vielfältige Weise stärkt, sodass diejenigen, die es gewohnt sind, davon zu trinken, nicht bei Kräften bleiben, wenn sie das Getränk absetzen, auch wenn sie reichlich andere Nahrung zu sich nehmen würden. Und es scheint ihnen so, als nähmen sie ab, wenn sie das besagte Getränk nicht mehr hätten.“⁵⁷

⁵² Beuttel, B. 2005, S. 27

⁵³ ebd., S. 27f.

⁵⁴ ebd., S. 27f.

⁵⁵ ebd., S. 27f.

⁵⁶ Durry, A. & Schiffer, T. 2012, S. 223f.

⁵⁷ ebd., S. 223f.

Bis in die Neuzeit hinein basiert die Medizin auf der Lehre von Hippokrates von Kos, einem griechischen Arzt. Laut ihm sind im menschlichen Körper nur die Säfte Blut, Schleim, gelbe Galle und schwarze Galle enthalten (siehe Abbildung 6). Bei einem ausgeglichenen Verhältnis der vier Säfte gilt ein Mensch als gesund. Ein Ungleichgewicht kann eine Krankheit auslösen, welche durch Therapieverfahren, wie zum Beispiel Brech- und Abführmittel, geheilt werden kann. Die Lehre von Hippokrates ergänzt der griechische Arzt Galenos von Pergamon

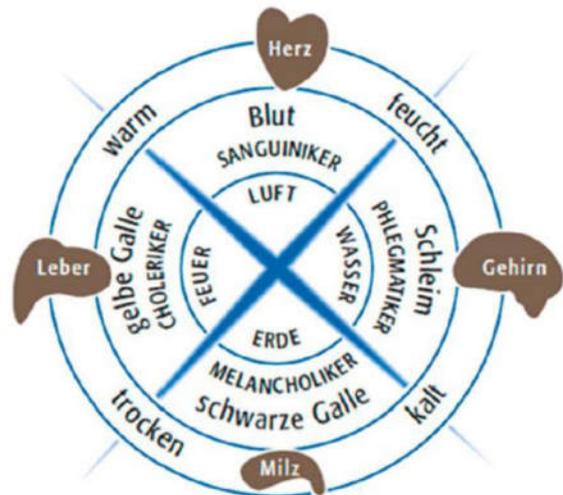


Abbildung 6: Schema der Ordnung der Körpersäfte und der körperlichen Zustände nach Hippokrates

mit der Behauptung, dass alle Heilmittel und Körpersäfte entweder kalt oder heiß sein müssen. Schließlich erwähnt Francisco Hernández 1570, dass Schokolade eine Neigung zum Kalten und Feuchten hat und somit für die Behandlung von Fieber oder bei heißem Wetter geeignet ist. Im Laufe der Zeit setzt sich allerdings die Meinung durch, dass Schokolade kalt und trocken ist, was aber durch die Verwendung von heißen Gewürzen und Wasser, sowie durch das Zerreiben der Kakaobohnen ausgeglichen wird. Dadurch ist fertige Schokolade geeignet für alle vier Temperamente.⁵⁸

In einer Doktorarbeit der Pariser Universität im Jahr 1739 sieht man Schokolade schließlich als Stärkungsmittel, welches insbesondere für kranke und alte Menschen geeignet ist⁵⁹.

Auch heutzutage kann Schokolade noch immer als Medizin verwendet werden. So hat eine Untersuchung vom Deutschen Institut für Ernährungsforschung in Potsdam ergeben, dass das Risiko für einen Myokardinfarkt oder einen Schlaganfall um 39% verringert wird, wenn ein deutscher Erwachsener täglich sechs Gramm Schokolade konsumiert. Grund dafür sind die in der Schokolade enthaltenen Polyphenole und Flavonoide, die sich positiv auf Herz- und Kreislauf auswirken. Empfohlen wird dafür der Verzehr von bitterer Schokolade, da in dieser in der Regel ein höherer Gehalt an Polyphenolen vorhanden ist. Der Gehalt kann zwischen 0,34 und 2,62 g/100g Schokolade schwanken. Besonders hoch ist er, wenn Kakaosorten, die reich an Polyphenolen sind, verwendet werden. Da die Resorption von Polyphenolen durch Milch behindert wird, ist es außerdem empfehlenswert Schokolade mit einem geringen Milchgehalt und einem hohen Kakaoanteil zu konsumieren.⁶⁰

⁵⁸ ebd., S. 228

⁵⁹ ebd., S. 231

⁶⁰ Passreiter, Claus (2012): Schokolade – Trank der Götter, Genussmittel oder doch Medizin? <https://storckverlag.de/wp-content/uploads/2012/05/Fortbildung-2011-12-Schokolade-Genussmittel-oder-Medizin.pdf> (Stand: 11.10.23)

7 Anleitung zur Selbstanfertigung von Schokolade

Die Schokolade, die im Alltag gegessen wird, ist in der Regel aus dem Supermarkt, es besteht aber auch die Möglichkeit Schokolade selbst anzufertigen. Ich habe dies in meiner Küche mit drei Zutaten versucht. Grund dafür war zum einen das eigene Interesse und zum anderen, um eine Möglichkeit zu haben, den reinen Schokoladengeschmack probieren zu können, ohne zusätzliche Geschmäcker von zum Beispiel Vollmilch oder Nüssen.

Das verwendete Rezept ist von Juliane Vogel von der Website der KoRo Drogerie. Für ein Backblech, was circa 365g Schokolade entspricht, werden 150g rohe Kakaobohnen, 175g Zucker, am besten Puderzucker und 40g Kakaobutter benötigt.

Die Kakaobohnen, die verwendet werden, sind die „Bio Kakao Bohnen“ von TerraSana. In dem Glas sind 250g rohe Kakaobohnen enthalten, die man für 6,49€ erwerben kann. Es wird Puderzucker verwendet, da dieser feiner ist und sich somit besser mit der Masse verbinden lässt als Haushaltszucker. Die Kakaobutter ist von Alnatura und heißt „Bio-Kakaobutter mild“, sie kostet 2,99€. Puderzucker und Kakaobutter sind im Supermarkt zu erwerben, die Kakaobohnen gibt es dort allerdings nicht, man kann sie aber in Bio-Geschäften, wie zum Beispiel Vitalia, kaufen.

Zu Beginn müssen die rohen Kakaobohnen geröstet werden, dafür werden die



Abbildung 7: Rohe Kakaobohnen

150g Kakaobohnen auf einem Backblech mit Backpapier verteilt (siehe Abbildung 7). Da in diesem Fall 100g Inhalt von dem Glas übrig bleiben, werden für das Experiment möglichst gleich große Bohnen verwendet, da bei massiven Größenunterschieden die kleinen schneller fertig geröstet sind als die großen.

Danach wird das Blech für 25 Minuten bei Ober- und Unterhitze in den Ofen gestellt. Die ersten 5min liegt die

Temperatur eher hoch, es sind 125°C, für die restliche Zeit sollte man sie dann auf 110°C runter stellen.



Abbildung 8: Geröstete Kakaobohnen

Nach 25 Minuten zieht ein intensiver Schokoladengeruch durch die Küche, was bedeutet, dass die Kakaobohnen fertig geröstet sind, also wird das Blech aus dem Ofen genommen und kurz gewartet, bis es abkühlt. Die Kakaobohnen haben nun eine wesentlich dunklere Farbe (siehe Abbildung 8) und bei ein paar löst sich inzwischen leicht die Schale.

Das führt nun zum nächsten Schritt, dem Schälen.



Abbildung 9: links: Schale von Kakaobohnen; rechts: geschälte Kakaobohnen

Das Schälen ist ein zwar leichter, aber zeitaufwendiger Schritt, der insgesamt über eine Stunde dauert. Man trennt die Schale von den Kakaobohnen (siehe Abbildung 9), was mit den Fingern oder sonst auch mit einem Messer teilweise gut geht, teilweise aber auch eine ziemliche Herausforderung sein kann, da die Kakaobohnen sehr schnell zerbröseln und somit schwer von der Schale zu entfernen sind.

Anschließend werden die Kakaobohnen gemahlen. Da sie zu 50% aus Fett bestehen, sind einige Haushaltsmixer zu schwach dafür. In diesem Fall



Abbildung 10: Thermometer und Thermomix gefüllt mit Kakaobohnen

kommt der Thermomix zum Einsatz, er ist ideal dafür geeignet, da er auch sehr fetthaltiges Material verarbeiten kann. Das Mahlen dauert insgesamt 30 Minuten, die Temperatur im Mixer steigt währenddessen, nach 5 Minuten liegt sie bei 27,9°C (siehe Abbildung 10), nach



Abbildung 11: Gemixte Kakaobohnen nach 30 Minuten

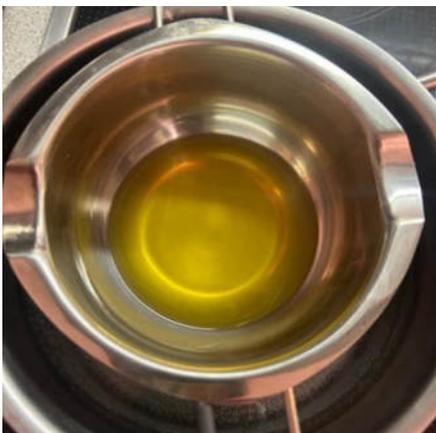


Abbildung 12: Geschmolzene Kakaobutter



Abbildung 13: Trockene Schokoladenmasse

10 Minuten bereits bei $35,9^{\circ}\text{C}$. Als 15 Minuten vergangen sind, beträgt die Temperatur $41,2^{\circ}\text{C}$, nach 20 Minuten $44,6^{\circ}\text{C}$ und am Ende, nach 30 Minuten, $49,3^{\circ}\text{C}$. Jetzt ist es eine einheitliche Masse mit nur noch sehr kleinen Stückchen (siehe Abbildung 11).

Es ist nun Zeit für das Hinzufügen des Puderzuckers.

Während die beiden Zutaten für weitere 5 Minuten gemischt werden, erwärmt man die Kakaobutter-Tropfen in einem Wasserbad bei 35°C . Nach den 5 Minuten sind die Tropfen komplett geschmolzen (siehe Abbildung 12) und werden der Schokoladenmasse hinzugefügt. Die zusätzliche Kakaobutter dient dazu, dass die Schokolade nicht zu trocken wird, denn das Mixen von Kakaobohnen und Puderzucker allein ergibt eine trockene und bröckelige Masse, die am Ende des Vermischens eine Temperatur von $43,9^{\circ}\text{C}$ hat (siehe Abbildung 13).

Die Kakaobutter wird für weitere 5 Minuten mit dem Rest vermischt, es entsteht eine dickflüssige Masse. Nun liegt die Temperatur bei $44,9^{\circ}\text{C}$.

Anschließend kommt es zum anspruchsvollsten Schritt, dem Temperieren. (Erklärung des Temperierens siehe Kapitel 3.1 & 4.1.2)

Dafür muss man die Schokolade zuerst abkühlen lassen und sie anschließend wieder erwärmen. Die Abkühlung findet in einem Wasserbad statt, es wird gewartet bis die Masse auf unter $28,5^{\circ}\text{C}$ abkühlt, währenddessen wird ständig umgerührt. Ist die entsprechende Temperatur erreicht, so muss man die Schokolade, ebenfalls in einem Wasserbad, auf 31°C erhitzen (siehe Abbildung 14).



Als nun auch diese Temperatur nach kurzer Zeit erreicht ist, muss die flüssige Masse mit einem Spatel auf dem Backblech verstrichen werden und zum Schluss für mehrere Stunden zum Fest werden in den Kühlschrank gestellt werden. Nun ist die Schokolade fertig (siehe Abbildung 15).

Abbildung 14: Flüssige Schokoladenmasse im Wasserbad



Abbildung 15: Fertige Schokolade

8 Die Vielfaltigkeit von Schokolade

Ziel dieser Seminararbeit war es allgemeine Informationen über Schokolade zu sammeln und Antworten auf bestimmte Forschungsfragen zu finden. Eine dieser Fragen war, welche Rolle ausgewählte physikalische Eigenschaften bei der Herstellung spielen. Beim Conchieren sind bestimmte Schwerkkräfte, die vollständige Umhüllung der Feststoffteilchen mit Schokoladenfett, sowie die Viskositätsabnahme von großer Wichtigkeit, denn diese Aspekte sorgen dafür, dass die Schokolade nicht körnig und verklumpt wird, sondern zu einer fließenden Suspension. Beim Temperieren hingegen spielt die Kristallform die ausschlaggebende Rolle, da Schokolade bei der Herstellung einen idealen Ablauf vom Temperaturwechsel benötigt, um eine intensive Farbe zu erhalten und um knackig und hart zu sein. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Schokolade labbrig, weich und weiß wird, was es optisch weniger ansprechend macht.

Der Grund für die große Beliebtheit von Schokolade hat sich ebenfalls in der Seminararbeit herausgestellt: in Schokolade sind bestimmte Inhaltsstoffe enthalten, die den Menschen glücklich machen. So lassen diese, neben dem Genuss, wahrscheinlich zum weiteren Kauf verleiten.

Es stellt sich nun die Frage, wie es möglich ist, Schokolade aus einfachen Zutaten, also welchen, die möglichst nah am Ursprung der Kakaobohne liegen, selbst herzustellen, um an das Glückliche zu gelangen. Dies wurde anhand eines eigenen Versuchs zur Schokoladenherstellung erklärt. Die einzige Option, die bezüglich der Zutaten in Frage kam, war die Schokolade aus rohen Kakaobohnen herzustellen, nicht aus industriellem Kakaoapulver oder bereits gerösteten Kakaobohnen. Die Ergebnisse zeigen, dass man durch die selbstständige Herstellung von Schokolade ein erfolgreiches Resultat erzielen kann. Der Prozess hat zwar wesentlich länger gedauert als vorgesehen, die Schokolade ist aber knackig, schmeckt sehr intensiv und ist definitiv ein Genuss. Durch die eigene Herstellung ist aber auch die Notwendigkeit der Verfeinerungsprozesse auffällig geworden, damit ein perfektes Resultat erzielt werden kann. In der Küche ist das Conchieren offensichtlich nicht möglich, die Auswirkungen davon bestätigen sich auch beim Verzehr: Es schränkt zwar nicht wirklich den Genuss ein, trotzdem sind die kleinen körnigen Kakaobohnen-Stückchen noch immer auf der Zunge zu ertasten. Zum Ausprobieren ist das Herstellen eine interessante Idee, auf Dauer ist das Kaufen von fertiger Schokolade allerdings günstiger und wesentlich einfacher.

Angesichts der Vielschichtigkeit der Thematik könnten weitere Forschungen in den unterschiedlichsten Bereichen zum Thema Schokolade interessant sein. Durch neue Ideen und Produktvorschläge, die dadurch entstehen könnten, wird der Pro-Kopf-Konsum von Schokolade in Deutschland möglicherweise immens steigen.

9 Literaturverzeichnis und Quellen

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Schmitz, A. (2019). Kakaogefäß aus der Maya-Zeit (Schokoladenmuseum Köln / Vildan Weckbach) [Photograph]. Kulturgeschichte des Kakaos, Mehr als ein kolonialer Exportschlager. <https://www.deutschlandfunk.de/kulturgeschichte-des-kakaos-mehr-als-ein-kolonialer-100.html> (Stand: 29.10.23)

Abbildung 2: Braun, L. (2012). Mit Beginn des 18. Jahrhunderts wurde begonnen Kakao als Kulturpflanze anzubauen [Photograph]. Infoblatt zur Geschichte der Schokolade. <https://www.klett.de/alias/1010351> (Stand: 29.10.23)

Abbildung 3: Rothkopf, I. (2021). [Photograph]. Experiment- und modellbaiserte Unterstützung des Conchierens dunkler Schokolade. <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/lebensmittel/schokoladen-und-pralinenherstellung/modellbasiertes-conchieren.html> (Stand: 29.10.23)

Abbildung 4: Deuerling, A. (2010). Die Physik und Chemie der „Mousse au Chocolat“. [Photograph], 38

Abbildung 5: Fincke, H., & Fincke, A. (1965). Handbuch der Kakaoerzeugnisse, 2. Auflage. [Infographic], 389

Abbildung 6: Armstrong, U. (2019). Humoralpathologie [Infographic]. Antikes Rom. <https://www.hausarzt.digital/kultur/medizinhistorie/antikes-rom-57368.html> (Stand: 29.10.23)

Abbildung 7 bis 15: eigene Aufnahme

Printquellen:

Bartz, Wilfried: Viskosität und Fließverhalten, o.O., 1993.

Beuttel, Bianca: Tafelfreuden, o.O., 2005.

Coe, Sophie/Coe Michael: Die wahre Geschichte der Schokolade, Frankfurt am Main 1997.

Deuerling, Anja: Die Physik und Chemie der „Mousse au Chocolat“, Würzburg, 2010.

Durry, Andrea/Schiffer, Thomas: Kakao - Speise der Götter, München 2012.

Fincke, Heinrich/Fincke, Albrecht: Handbuch der Kakaoerzeugnisse, 2. Auflage, Heidelberg 1965.

Schröder, Rudolf: Kaffee, Tee und Kardamon, Stuttgart, 1991.

Internetquellen:

Bocksch, René (2022): Schweizer:innen essen am meisten Schokolade.
<https://de.statista.com/infografik/20328/schokoladenverzehr-pro-kopf-in-europa/> (Stand: 28.10.23).

Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e. V. (Hrsg., 2023): Kurz erklärt: Die Kakaoverordnung. <https://schokoinfo.de/kurz-erklart-die-kakaoverordnung/> (Stand: 04.09.23).

DWDS – Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache o. D.: Rakel.
<https://www.dwds.de/wb/Rakel> (Stand: 25.10.23).

Oviva (Hrsg., 2023): Wie nutzen Sie den Glykämischen Index für Ihre Ernährung?
<https://oviva.com/de/de/glykaemischer-index/> (Stand: 25.10.23).

Passreiter, Claus (2012): Schokolade – Trank der Götter, Genussmittel oder doch Medizin?
<https://storeckverlag.de/wp-content/uploads/2012/05/Fortbildung-2011-12-Schokolade-Genussmittel-oder-Medizin.pdf> (Stand: 11.10.23).

Podbregar, Nadja (2015): Schokolade: Die Physik des zarten Schmelzes.
<https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/schokolade-die-physik-des-zarten-schmelzes/> (Stand: 24.08.2023).

Spektrum Akademischer Verlag (Hrsg., 1998): Polymorphie.
<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/polymorphie/11520> (Stand: 24.08.2023).

Techniker Krankenkasse (Hrsg., 2023): Wie viele Kalorien am Tag brauchen wir?
<https://www.tk.de/techniker/magazin/ernaehrung/uebergewicht-und-diaet/wie-viele-kalorien-pro-tag-2006758> (Stand: 25.10.23).

Vogel, Juliane (2018): Wie Du Schokolade selbst machen kannst.
<https://www.korodrogerie.de/blog/diys/wie-du-schokolade-selbst-machen-kannst> (Stand: 18.10.23).

Weyrauch-Wiegand, Susanne (2021): Heißhunger auf Schokolade. <https://www.dr-susanne-weyrauch.de/vorschlaege/vorschlaege-human/schokoladenlust> (Stand: 28.10.23).

10 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel

Schokolade – Das braune Gold des Genusses

selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe und die den verwendeten Quellen und Hilfsmitteln wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Neubiberg, 29.10.23

Ort, Datum

L. Bach

Unterschrift