

Emulsionen

Esra Ün, WS 13/14

Gliederung

1	Die Funktion von Emulgatoren	1
1.1	Experiment 1	2
2	Verschiedene Emulsionstypen	2
2.1	Experiment 2	3
3	Die Struktur	4
3.1	Chemische Betrachtung	4
3.2	Physikalische Betrachtung	4
3.3	Die Tröpfchen-Größe.....	5

Einstieg: Schokolade isst jeder sehr gerne. Doch kaum einer weiß überhaupt, was sich in der noch so leckeren Schokolade befindet. Was sagt uns die Zutaten-Liste? Neben den erwarteten Zutaten wie Zucker, Milchpulver, Kakaobutter, Kakaomasse und pflanzliches Fett steht etwas Unbekanntes: Emulgator Sojalecithin. Müssen die in der Schokolade drin sein?

1 Die Funktion von Emulgatoren

Emulgatoren sind Hilfsstoffe, die dazu dienen, zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten zu einem fein verteilten Gemisch zu vermengen und zu stabilisieren, damit sie sich nicht entmischen. Diese sind sowohl in Wasser als auch in Fett löslich, da sie einen hydrophilen (wasserfeindlichen) und einen lipophilen (wasserfreundlichen) Teil besitzen (vgl. Abb. 1):

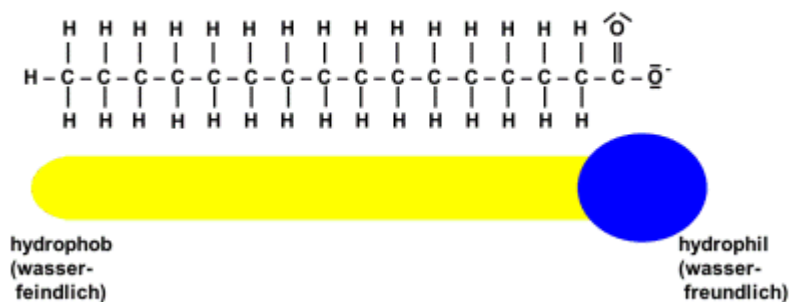


Abb. 1: Aufbau von Emulgatoren

Dies führt dazu, dass Emulgatoren zwischen den beiden nicht mischbaren Flüssigkeiten vermitteln können, indem sie die Tröpfchen mit einer Schicht überziehen und somit einen Grenzflächen-Film bilden, damit sich diese nicht mischen können (siehe Abb. 2).

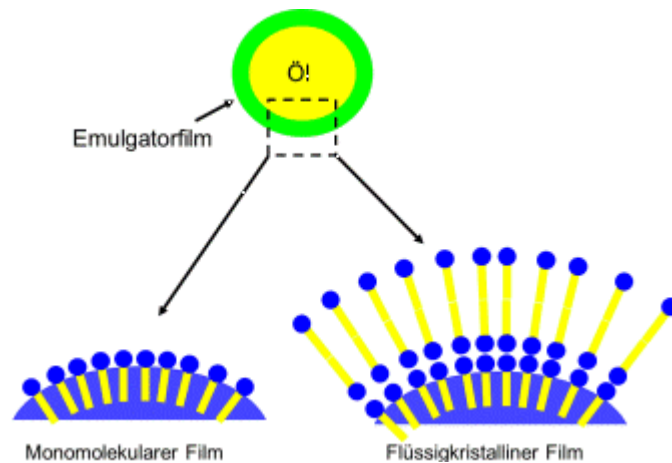


Abb. 2: Schematische Darstellung des Aufbaus monomolekularer und flüssigkristalliner Grenzflächen-Filme [2]

Diese „Oberflächen-Behandlung“ sorgt dafür, dass die Tröpfchen nicht wieder zusammenkleben und sie scheiden sich somit voneinander ab. Dies ist auch in der Praxis sichtbar:

1.1 Experiment 1

Material:

- 2 Reagenzgläser, d= 18 mm
- Löffelspatel
- Stopfen für Reagenzgläser

Chemikalien:

- Wasser
- Emulgator
- Sonnenblumenöl

Durchführung: Zwei Reagenzgläser werden mit gleichen Teilen Wasser und Öl befüllt. Reagenzglas 1 wird geschüttelt und das Ergebnis beobachtet. Anschließend wird in Reagenzglas 2 eine Spatelspitze Emulgator hinzugegeben und geschüttelt. Auch hier wird das Ergebnis beobachtet.

Beobachtung: Nach dem Schütteln entsteht in Reagenzglas 1 eine gelbe Trübung (Mischung), die sich jedoch nach kurzer Zeit wieder in zwei Phasen trennt. In Reagenzglas 2 entsteht eine „trübe Mischung“, die sich nicht trennt.

Interpretation: Wasser und Öl sind Flüssigkeiten, die sich aufgrund ihrer Polaritäten ohne Weiteres nicht mischen lassen. Dennoch kann ein homogenes Gemisch gebildet werden, die sich jedoch nach einer bestimmten Zeit wieder trennt. Mit Hilfe von Emulgatoren werden feine Tröpfchen von zwei zu mischenden Flüssigkeiten mit einer Schicht überzogen, sodass sich diese nicht zusammenkleben können und das Gemisch nicht in zwei Phasen getrennt wird.

2 Verschiedene Emulsionstypen

Emulsionen sind Mehrphasen-Systeme, die sich hinsichtlich ihrer Polarität ohne Weiteres nicht mischen lassen. Dabei liegt eine Flüssigkeit (disperse oder innere Phase genannt) als feinst verteilte Tröpfchen in einer anderen (kontinuierliche oder äußere Phase genannt) vor. Die stärker polare Phase ist hydrophil und wird allgemein Wasser-Phase (auch kurz W-Phase) genannt, während die weniger polare, also hydrophobe Phase allgemein Öl-Phase (kurz O-Phase) genannt wird.

Grundsätzlich unterscheidet man einfache und multiple Emulsionen (siehe Abb. 3):

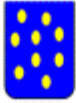
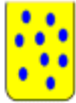
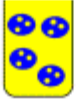
Verschiedene Emulsionstypen	
•O/W-Emulsion 	•W/O-Emulsion 
•O/W/O-Emulsion 	•W/O/W-Emulsion 

Abb. 3: Unterscheidung von Emulsionstypen

Die Öl-in-Wasser-Emulsionen (O/W-Emulsionen) und Wasser-in-Öl-Emulsionen (W/O-Emulsionen) stellen einfache, die Wasser-in-Öl-in-Wasser-Emulsionen (W/O/W-Emulsionen) und Öl-in-Wasser-in-Öl-Emulsionen (O/W/O-Emulsionen) die multiplen Emulsionen dar. Aufgrund der verwendeten Fette sind die W/O-Emulsionen in der Regel gelblich, während die O/W-Emulsionen durch die Lichtstreuung durch die Fett-Tröpfchen weiß erscheinen. Die Farbe bietet die Möglichkeit, die einzelnen Emulsionstypen voneinander zu unterscheiden: O/W-Emulsionen haben eine weiße Farbe und erhalten diese auch bei Wasserzugabe. W/O-Emulsionen hingegen haben eine gelbliche Farbe und eine zusätzliche Wasser-Zugabe sorgt dafür, dass sich die Fett-Schicht von der Wasser-Schicht abtrennt oben aufschwimmt.

2.1 Experiment 2

Versuch: Unterscheidung von Emulsionstypen durch unterschiedliche Verhältnisse

Material:

- Reagenzglas, d= 18 mm
- Stopfen für Reagenzglas

Chemikalien:

- Wasser
- Sonnenblumenöl

Durchführung: In Reagenzglas 1 und 2 werden jeweils Wasser und Öl in unterschiedlichen Verhältnissen gefüllt, z. B. bei Reagenzglas 1 mehr als die Hälfte mit Öl befüllen und wenig Wasser und in Reagenzglas 2 genau andersrum. Anschließend die Stopfen befestigen und Reagenzgläser schütteln. Ergebnis beobachten.

PS: Dieser Versuch kann mit mehreren Reagenzgläsern und unterschiedlichen Verhältnisaangaben durchgeführt werden.

Beobachtung: Im Reagenzglas mit mehr Wasser-Anteil bleibt die Emulsion weiß, während im Reagenzglas mit höherem Öl-Anteil die Mischung eine gelbe Farbe annimmt und sich eine deutliche Fett-Schicht absetzt.

Interpretation: Emulsionstypen können anhand ihrer Färbungen unterschieden werden. Eine O/W-Emulsion hingegen besteht aus mindestens 26% Wasser. Aufgrund der Lichtstreuung durch Fett-Tröpfchen erscheinen diese Emulsionen weiß. Dabei ist der Wassergehalt einer W/O-Emulsion bei maximal 74%, weshalb die Emulsion eine gelbliche Färbung aufweist.

3 Die Struktur

3.1 Chemische Betrachtung

Viele Flüssigkeiten können entweder gut im Wasser (sie sind hydrophil) oder mit Öl (sie sind lipophil) mischbar sein. Hydrophile Flüssigkeiten bilden hauptsächlich zwischenmolekulare Kräfte in Form von Wasserstoff-Brücken aus. Bei lipophilen Flüssigkeiten bilden sich hingegen hauptsächlich zwischenmolekulare Van-der-Waals-Kräfte aus. Gibt man etwas Öl in Wasser, wird das Öl aufschwimmen (siehe Abb. 4).

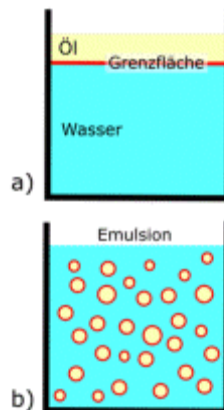


Abb. 4: Grenzflächen-Struktur [3]

Zwischen den beiden Phasen kommt es nicht zu den genannten Kräften, sondern zur Ausbildung einer Grenzfläche mit Grenzflächen-Spannung. Dieser ist der Antrieb eine möglichst kleine Grenzfläche zu bilden und verhindert eine Emulsion.

Da Emulsionen eine begrenzte Lebensdauer aufweisen, bezeichnet man diese als instabile Systeme. Dabei findet die Trennung in die unterschiedlichen Flüssigkeiten durch das Brechen der Emulsionen, bei der die Größe der Grenzflächen durch das Zusammenfließen von kleineren zu größeren Tröpfchen verringert wird. Hierbei werden unterschiedliche Reaktionswege unterschieden (siehe Abb. 5).

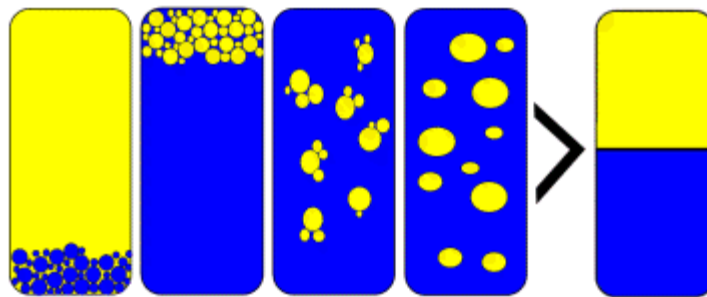


Abb. 5: Verschiedene Übergangsmöglichkeiten eines stabilen Emulgators in einem System mit vollständig getrennten Phasen. (A) Sedimentieren, (B) Aufrahmen, (C) Flockung, (D) Koaleszenz, (E) vollständige Phasentrennung [2]

3.2 Physikalische Betrachtung

Wichtige Größen bei der Betrachtung von Emulsionen stellen die Formel für das Phasen-volumen-Verhältnis (= der Quotient aus dem Volumen v_i der inneren Phase zu jedem der äußeren v_a)

$$\varphi = \frac{v_i}{v_a}$$

die mittlere Teilchen-Größe und die Teilchengrößen-Verteilung dar. Bei niedrigen Innenphasen-Anteil ($< 30\%$) können sich die Tröpfchen der inneren Phase fast unabhängig voneinander in der äußeren Phase bewegen und auch die Viskosität entspricht ungefähr jener der äußeren Phase, da sich die einzelnen Tropfen in ihrer Bewegung nur geringfügig stören. Mit steigendem Phasenvolumen-Verhältnis kommen auch die Eigenschaften der inneren Phase deutlich heraus. Wenn der Volumen-Anteil der inneren Phase zu hoch wird, kann die Phasen-Lage umschlagen, sodass eine O/W-Emulsion zu einer W/O-Emulsion und umgekehrt wird. Dies wird auch Phasen-Inversion genannt.

3.3 Die Tröpfchen-Größe

Abhängig von der Größe der dispergierten Teilchen nennt man die Emulsion auch Makro-Emulsion (auch grob-dispers genannt) oder Mikro-Emulsion (auch kolloid-dispers genannt). Durch Verkleinerung der Tropfen bei der Herstellung einer Emulsion erhöht sich die Grenzfläche zwischen den beiden Phasen. Dabei wird die Grenzflächen-Spannung durch mechanische Arbeit wie Schütteln oder Rühren überwunden und eine neue geschaffen. Dabei werden die Tröpfchen kleiner. Tröpfchen-Größen sind in Emulsionen in gewisser Spanne verteilt, sodass höhere Raum-Erfüllungen realisiert werden (siehe Abb. 6).

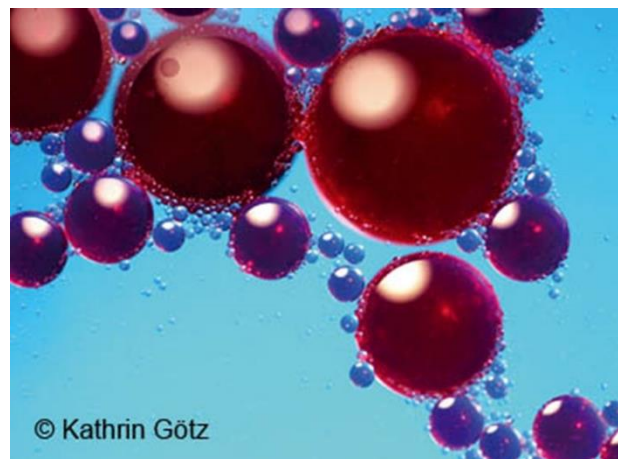


Abb. 6: Gefärbte Tröpfchen einer O/W-Emulsion [4]

Zwischen-Räume zwischen den größeren Tropfen werden mit kleineren Tröpfchen aufgefüllt. Je größer der mittlere Teilchen-Durchmesser (normalerweise zwischen 100 nm und 1 mm) und je breiter die Teilchengrößen-Verteilung ist, desto stärker tritt eine milchig-weiße Trübung der Emulsion auf (siehe Abb. 7).

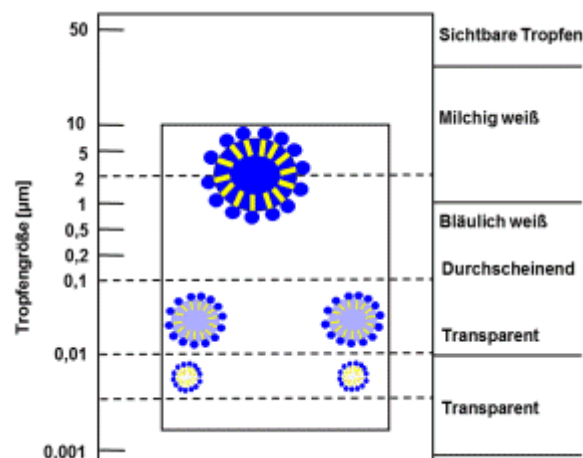


Abb. 7: Einfluss der Tropfen-Größe auf das Erscheinungsbild von Emulsionen [2]

Die Tropfen der dispersen Phase sind für das Auge erst ab einer Größe von 50 Mikrometer sichtbar.

Zusammenfassung: Es gibt Flüssigkeiten oder Flüssig-Kristalle, die sich hinsichtlich ihrer Polarität ohne Weiteres nicht mischen lassen. Dennoch gibt es Systeme, wie die Emulsion, die ein homogenes Gemisch mit feinst möglicher Verteilung bilden können. Nichtsdestotrotz kann es vorkommen, dass diese homogenen Gemische sich nach bestimmter Zeit wieder in zwei Phasen trennen. Um dies zu verhindern, werden in der Industrie Hilfsstoffe wie Emulgatoren verwendet, dessen Moleküle einen hydrophilen und einen lipophilen Teil haben. Diese können somit zwei unterschiedlich polare Flüssigkeiten oder Flüssig-Kristalle für längere Zeit verbinden, indem sie die Tröpfchen mit einer Schicht überziehen. Nach dieser „Oberflächen-Behandlung“ können diese nicht wieder zusammenkleben und sich abscheiden. Deswegen werden Emulgatoren in der Schokoladen-Industrie eingesetzt, damit die Schokolade zähflüssig wird und anschließend verarbeitet werden kann.

Ergebnis: Das Conchieren ist die letzte Bearbeitungsstufe bei der Schokoladen-Herstellung. Denn hier werden unerwünschte Stoffe wie Wasser oder organische Säuren und unwillkommene Aroma-Stoffe reduziert. Außerdem werden Nicht-Fettstoffe wie Zucker oder fettfreies Milchpulver mit Kakaobutter umhüllt, wodurch ein cremiges Mundgefühl und die charakteristisch feine Schmelze der Schokolade erreicht. Für die Schokoladen-Herstellung werden dabei zwei Verfahren, Trocken- und Flüssig-Conchierung, unterschieden. In der ersten Stufe, der Trocken-Conchierung, wird das trockene Walzgut, bestehend aus Kakao-Bohne, Butter, Milchzucker und normaler Zucker, zu einer Schokoladen-Masse bearbeitet. Durch stufenweise Zugabe der Restkakaobutter-Menge wird die Masse pastös. Weiterhin wird der Wasser-Gehalt von ca. 1,5% auf 0,8% reduziert, so dass unerwünschte Aroma-Komponente entweichen. Dies reduziert die Conchier-Zeit erheblich. In der zweiten Phase wird die pastöse Masse unter Zugabe von Kakaobutter, Vanille und Lecithin nochmals einem kräftigen Knet- und Mischprozess unterzogen und geht somit in den flüssigen Zustand über. Das Lecithin ist hier das Hilfsstoff, damit sich das Kakaobutter mit der Kakao-Masse vermischt und somit eine homogene Masse entsteht, die deutlich fließfähiger ist. Denn mit Hilfe des Emulgators wird die Viskosität herabgesetzt: Je größer die Viskosität, desto dickflüssiger die Schokolade. Somit gilt, dass je niedriger die Viskosität ist, desto flüssiger wird die Schokolade. Die fertige Schokoladen-Masse wird anschließend auf ca. 45°C abgekühlt und in großen Tanks unter sanftem Rühren bis zur Weiterverarbeitung zwischengelagert.

Quellen:

1. Cornelsen, Emulsionen: Gemische, die es eigentlich nicht geben dürfte. Abgerufen am 30.10.2013 von <http://www.chemieunterricht.de/dc2/milch/emulsion.htm>
2. G. Kutz, R. Daniels, H. Trommer, (2011): Emulsionen, ECV Editio Cantor Verlag für Medizin und Naturwissenschaften GmbH, Aulendorf.
3. Roland.chem. Wikipedia. Abgerufen am 30.10.2013 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Emulsion#/media/File:GrenzflächeUndEmulsion.png>
4. K. Götz, Emulsion gefärbten Öltröpfchen in Wasser, Abgerufen am 27.10.2013 von http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/effekt/photo_emulsion.htm