



## Definition:

---

Unter einer **Emulsion** verstehen wir ein fein verteiltes Gemisch von zwei verschiedenen normalerweise **nicht mischbarer** Flüssigkeiten ohne Entmischung.

Meistens handelt es sich bei Emulsionen um milchige und trübe Flüssigkeiten.

Die eine Flüssigkeit liegt dabei in kleinen Tröpfchen in der anderen Flüssigkeit vor.

Emulgatoren (Tenside) erleichtern einerseits die Tröpfchenbildung und wirken andererseits einer Entmischung entgegen.

Die tröpfchenbildende Flüssigkeit heißt **disperse** (innere) Phase

Die Phase, in der die Tröpfchen schwimmen, wird hingegen **kontinuierliche** (äußere) Phase genannt.

Beispiele für Emulsionen sind: **Milch**, Mayonnaise und zahlreiche Kosmetika.

## Hydrophile und lipophile Flüssigkeiten:

---

Flüssigkeiten kann man darin unterscheiden, ob sie sich besonders gut mit Wasser (**hydrophil**) oder mit Öl (**lipophil**) mischen lassen.

### a) hydrophile Flüssigkeiten:

Hydrophile Flüssigkeiten lassen sich besonders gut mit Wasser mischen, indem sie **Wasserstoffbrücken** ausbilden.

# Emulsion Überblick ©www.mein-lernen.at

## b) lipophile Flüssigkeiten:

Lipophile Flüssigkeiten lassen sich besonders gut mit Öl mischen indem sie zwischenmolekulare **Van-der-Waals-Kräfte** (kurzlebige Dipole) ausbilden.

Mischt man hingegen Öl mit Wasser bildet sich zwischen den beiden Phasen eine **Grenzflächenspannung**, die sowohl die Bildung von Wasserstoffbrücken als auch Van-der-Waals-Kräfte verhindert.

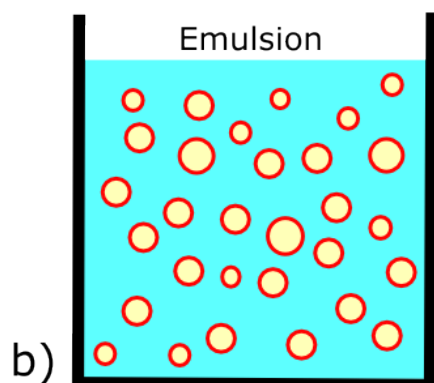
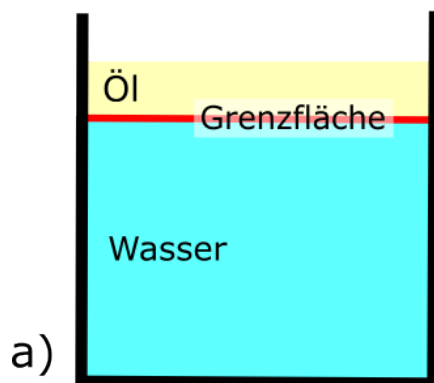
Um eine Emulsion hier überhaupt zu ermöglichen braucht es **Tenside**.

Diese Substanzen sind in der Lage die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit bzw. die Grenzflächenspannung zwischen zwei Phasen **herabzusetzen**.

## Tenside:

---

Tenside helfen uns die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit bzw. die Grenzflächenspannung zwischen zwei Flüssigkeiten so zu **senken**, damit eine Emulsion entstehen kann.



# ■ Emulsion Überblick ©www.mein-lernen.at

Weil Tenside sowohl einen hydrophilen (polaren) als lipophilen (unpolaren) Anteil haben, ermöglichen sie eine **Durchmischung** von Wasser und Öl.

Während der **polare** Anteil Wasserstoffbrücken ausbilden kann, kann der **unpolare** Anteil Van-der-Waals-Kräfte bilden.

In anderen Worten: Ein Teil des Tensids bindet sich ans Öl, während sich der andere Teil ans Wasser bindet.

Ein Beispiel für Tenside sind z.B. **Seifen**.

Ein Anwendungsbeispiel für Tenside wie Seifen sind **Waschmittel**.

Diese Tenside ermöglichen es z.B. das **Ölflecken** sich mit dem Wasser binden können und damit aus der Kleidung herausgewaschen werden können.

## Physikalische Größen:

---

Emulsionen können wir hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften in folgenden drei Ausprägungen definieren: Phasenvolumenverhältnis, die mittlere Teilchengröße und die Stabilität von Emulsionen.

### a) Phasenvolumenverhältnis:

Das Phasenvolumenverhältnis bestimmt, ob die Eigenschaften der Emulsion primär durch die innere oder äußere Phase festgelegt werden.

Bei einem Volumensverhältnis von 70% äußere Phase zu **30%** innere Phase bestimmt erstere die Eigenschaften der Emulsion.

Kommt es durch einen **Temperaturanstieg** zu einem steigenden Volumensverhältnis der inneren Phase dann ist eine Phaseninversion die logische Folge.

Die **innere Phase** bestimmt jetzt die Eigenschaften der Emulsion, indem die Wasserstoffbrücken hinsichtlich des hydrophilen Anteils **geschwächt** und die Van-der-Waals-Bindungen der lipophilen Anteile **gestärkt** werden.

## **b) Tröpfchengröße:**

Die Größe der Tröpfchen innerhalb einer Emulsion kann variieren.

Der **mittlere Teilchendurchmesser (Dm)** ist im Bereich zwischen 100 Nanometer (nm) und 1 Millimeter (mm) definiert.

Je größer der mittlere Teilchendurchmesser und je breiter die Teilchengrößenverteilung ist, desto stärker ist **milchig-weiße** Trübung der Emulsion ausgeprägt.

Wir unterscheiden folgende Tröpfchendurchmesser:

- **Makroemulsionen**: Hier ist der Tröpfchendurchmesser größer als 1 Mikrometer.
- **Miniemulsion**: Hier ist der Tröpfchendurchmesser 1 Mikrometer oder kleiner.
- **Nanomemulsion**: Hier ist der Tröpfchendurchmesser kleiner als 100 Nanometer.

## **c) Stabilität von Emulsionen:**

Grundsätzlich sind Emulsionen **thermodynamisch instabil**.

Die disperse Phase ist darauf ausgerichtet, sich durch Koaleszenz zu größeren Bereichen zu vereinigen, indem die Grenzflächenenergie zwischen zwei Phasen verringert wird.

Faktoren, die die Stabilität von Emulsionen beeinflussen sind die Zeit, der Temperaturbereich und der pH-Bereich.

Der Zerfall von Emulsionen kann man in einzelne Phasen unterteilen, die aber oft gleichzeitig ablaufen.

1. Phase: **stabile Emulsionen** - Fettröpfchen (innere Phase) sind mit Wasser (äußere Phase) durchmischt.

2. Phase: **Aufrahmung/Sedimentation** - durch die Gravitationskraft erfolgt die Trennung der gemischten Phasen in spezifisch leichtere und schwerere.

3. Phase: **Oswald-Reifung (Ripening)** - selbst ablaufender Prozess
4. Phase: **Aggregation** - die Fetttropfchen bilden jetzt Aggregate, die dazu führen dass der Teilchendurchmesser vergrößert wird und die Sedimentationsgeschwindigkeit dadurch zunimmt.
5. Phase: **Koaleszenz** - Die Fetttropfchen vereinigen sich, was zu einem Brechen der Emulsion führen kann.

## Herstellung von Emulsionen:

---

Wie oben beschrieben benötigen wir für die Herstellung einer Emulsion **Tenside**, mit deren Hilfe wir die Grenzflächenspannung der enthaltenen Phasen vermindern.

Die Tenside **verhindern** dabei das Zusammenfließen der Tröpfchen.

Während **synthetische** Tenside diese Tröpfchen in wenigen Millisekunden umschließen, benötigen größere Tenside dazu Minuten bis zu einer halben Stunden.

Die größeren Tenside haben aber den Vorteil, dass sie die **Viskosität** erhöhen.

Dadurch tragen sie zur **Stabilisierung** der Emulsion bei.

Ein wichtiges Kriterium in der Auswahl des richtigen Tensids ist die Berücksichtigung von dessen **Ausbreitungsgeschwindigkeit**.

## Feststoffstabilisatoren:

---

Zusätzlich besteht die Möglichkeit durch die Zugabe von **Feststoffstabilisatoren** eine Emulsion zu stabilisieren.

Diese Stabilisatoren bilden einen mechanisch stabilen Feststofffilm um die **innere** Phase.

Benannt nach ihrem Entdecker S. U. Pickering werden sie auch **Pickering-Emulsionen** genannt.

## Eigenschaften:

Diese Feststoffstabilisatoren sollten folgende Eigenschaften aufweisen:

- die Teilchen sollten eine möglichst **raue** Oberfläche aufweisen
- der Feststoff sollte ein **feinteiliges** Pulver sein
- die Feststoffteilchen sollten möglichst **dicht gepackt** sein
- für den Phasenkontaktwinkel zwischen Wasser und Öl an der Teilchenoberfläche muss gelten  **$0^\circ \text{ Durchschnitt} < 180^\circ$** . Damit wird vermieden, dass die Teilchen komplett in die Wasser- oder in die Ölphase gezogen werden.

Bei einem Phasenkontaktwinkel von weniger als  $90^\circ$  entstehen Öl in Wasser Emulsionen (**O/W-Emulsionen**), ist der Winkel größer als  $90^\circ$  entstehen meist Wasser in Öl Emulsionen (**W/O-Emulsionen**).

Ist der Phasenwinkel genau  $90^\circ$ , erfolgt **keine Wölbung** in der Oberfläche einer Flüssigkeit (keine Krümmung des Flüssigkeitsmeniskus).

## Vorteile einer feststoffstabilisierten Emulsion:

Wird einer Emulsion feststoffstabilisiert ergeben sich folgende Vorteile:

- a) starke **Senkung** der Tensidkonzentration
- b) die Emulsion ist **resistenter** gegenüber Änderungen des chemischen Milieus z.B. Säurekonzentration, pH-Wert, etc.
- c) die **Auswahl** an möglichen Emulgatoren ist größer
- d) Änderung der **Phasenlage** gegenüber der herkömmlichen Emulsion ist möglich
- e) Veränderung der **rheologischen** Eigenschaften (Verformungs- und Fließverhalten) von Emulsionen
- f) erhöhte **Langzeitstabilität** z.B. hohe Koaleszenzstabilität von Emulsionen mit größeren Öltröpfen
- g) Erhöhung der **Gefrier-Tau-Stabilität**

h) einstellbare **Verdaulichkeit** durch den Magendarm-Trakt durch Partikel mit eingestellter Enzymresistenz

## Verfahren zur Herstellung:

---

Für die Herstellung der Emulgierung unterscheiden wir 4 Methoden:

### a) Rotor-Stator-Systeme:

Diese Systeme funktionieren nach dem Prinzip, dass sich ein Bauteil **bewegt** und ein Bauteil **ruht**.

Beispiele: Fantaschale, Rührwerke, Schüttler, Vibrationsmischer, Emulgierzentrifugen, etc.

### b) Strömungsmechanische Mittel:

Hier sind Hochdruckhomogenisatoren zu nennen, die aus einer Pumpe und Blenden oder Ventilen bestehen.

Weitere Beispiele sind **Prallplatten** und Wirbelkammern.

### c) Ultraschallgeneratoren:

Hier zerkleinert ein **Ultraschallgeber** durch hochfrequente mechanische Schwingungen die Tropfen, indem er eine Sonotrode in Resonanzschwingungen versetzt.

Durch die Ultraschallkavitation werden hohe Scherkräfte sowie Mikroturbulenzen in der Flüssigkeit erzeugt.

Dadurch werden die Tropfen der **zwei Phasen** (Wasser- und Ölphase) zerkleinert und zu einer Phase vermischt.

### d) Mikrostrukturierte Systeme:

Mittels **Mikroporen** in Membranen oder mittels Mikrokanälen können polydisperse oder monodisperse Öltropfen Partikel mit einstellbarem Größenbereich erzeugt werden.

# ■ Emulsion Überblick ©www.mein-lernen.at

Für die Tropfengröße und die Tropfengrößenverteilung sind dabei folgende Parameter von Bedeutung:

- Zusammensetzung der **kontinuierlichen** Phase (Emulgatortyp, Dichte, Viskosität)
- **Grenzflächenspannung** zwischen den Phasen
- **Volumenstrom** der kontinuierlichen Phase bzw. Wandschubspannung
- **Membranmaterial** (Porendurchmesser, Hydrophilie, Porenform)
- **Dichte**, Viskosität und Flux der Ölphase

## Arten von Emulsionen:

---

Hinsichtlich der Arten können wir zwischen Mikroemulsionen, Multiple Emulsionen und Fotoemulsionen unterscheiden:

### a) Mikroemulsionen:

Unter Mikroemulsionen versteht man Wasser-Öl-Gemische, die im Gegensatz zu anderen Emulsionen **thermodynamisch** stabil sind. Ihr Vorteil liegt in ihrer optischen Transparenz und dass sie mit einem **geringen Energieaufwand** hergestellt werden können.

### b) Multiple Emulsionen:

Multiple Emulsionen bestehen aus **Tropfen in Tropfen**.

W1/O/W2 und O1/W/O2 werden auch als Doppelemulsionen bezeichnet. W1/O1/W2/O2/W3- oder O1/W1/O2/W2-Systeme hingegen als Multiple Emulsionen.

### c) Fotoemulsionen:

In der Fotografie bezeichnet man die auf einen Schichtträger aufgebraachte lichtempfindliche Schicht gemeinhin als Fotoemulsion. Hierbei handelt es sich aber um keine Emulsion, sondern um eine **erstarrte Suspension**.