

WWW. KNIF**F**ELIX .DE

BEGLEITMATERIAL ZUR EXPERIMENTIERWEBSITE WWW.KNIFFELIX.DE ZUM THEMA

# Smoothies und Shakes

- Was haben sie mit Chemie, Biologie und Ingenieurwesen zu tun?



IN ZUSAMMENARBEIT MIT

  
<http://www.kjvi.de/>

ZIELGRUPPE

Alter ab 14-99+

Einzelinteressierte  
Schulklassen  
StudentInnen  
Kooperierende

**TUHH**  
Technische  
Universität  
Hamburg



www.kniffelix.de ist die kostenlose Mitmach-Experimentierwebsite, erstellt von der Nachwuchsinitiative KinderForscher an der TUHH. Ziel der Initiative ist, Wissenschaft, Technik und Forschung allgemeinverständlich für jeden zugänglich zu machen: Vom Alltag, über das Experimentieren zur Forschung und Berufsorientierung.

Kniffelix.de ist ausgezeichnet mit dem Seitenstark Gütesiegel für empfehlenswerte digitale Kindermedien.

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

#### **Autoren:**

Bianca Thoms<sup>2</sup>, Johnnie Phuong<sup>2</sup>, Philipp Huth<sup>2</sup>, Christian Wachsmann<sup>2</sup>,  
Julia Husung<sup>1</sup>, Gesine Liese<sup>1</sup>, Leon Klose<sup>1</sup>, Emily Kohsiek<sup>1</sup>  
Hamburg 2024

#### **KinderForscher an der TUHH**

Am Irrgarten 3–9, Gebäude Q, 21073 Hamburg  
Tel. (040) 428784082  
[gesine.liese@kinderforscher.de](mailto:gesine.liese@kinderforscher.de)  
[julia.husung@kinderforscher.de](mailto:julia.husung@kinderforscher.de)  
[www.kinderforscher.de](http://www.kinderforscher.de)

#### **Eine Arbeitsgruppe von**

##### **Prof. Dr. Andreas Liese**

##### **Institut für Technische Biokatalyse**

Denickestr. 15, Gebäude K, 21073 Hamburg  
Tel. (040) 428783218  
[liese@tuhh.de](mailto:liese@tuhh.de)  
[www.technical-biocatalysis.com](http://www.technical-biocatalysis.com)

#### **Kooperationspartner**

**2Kreative junge Verfahreningenieure und Verfahreningenieurinnen  
der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC)  
des Verein Deutscher Ingenieure (VDI e.V.)**

Die nachfolgend beschriebenen Experimente des Smoothie-Projektes zeigen, was Smoothies, Saft und Shakes mit (Bio-)Verfahrenstechnik bzw. Chemie- und Bioingenieurwesen zu tun haben.

## Inhalt

Wie können Kiwis im Milchshake ärgern?.....	4
Erklärung zum Experiment „Wie können Kiwis im Milchshake ärgern?“.....	6
Versuchsreihen zu grünen Kiwis und Ananas mit Milch und Hafermilch.....	8
Erklärung zum Experiment „Versuchsreihen zu grünen Kiwis und Ananas mit Milch und Hafermilch“.....	12
Smoothies mixen und beobachten.....	14
Theorie zum Experiment „Smoothies mixen und beobachten“.....	14
Blättertanz.....	16
Erklärung zum Experiment „Blättertanz“.....	16
Womit schlägst du Sahne?.....	18
Erklärung zum Experiment Sahneschlagen.....	18
Mischen mit 3D-Druck-Rührern.....	20
Erklärungen zum Experiment Mischen.....	21
Das Geheimnis des Blaubeershakes.....	22
Erklärung/Überlegungen zum Experiment.....	22
Zitronen-Zauber.....	24
Erklärung zum Experiment Zitronen-Zauber.....	25
Hafermilch herstellen.....	26
Erklärung zum Experiment Hafermilch.....	27
Was ist Verfahrenstechnik?.....	28
Verfahrenstechnik – Ein leckeres Studium –.....	30

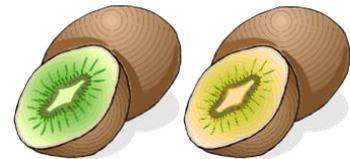
# Wie können Kiwis im Milchshake ärgern?

## Fragen:

Warum kann es problematisch sein, Milchshakes mit frischer Kiwi herzustellen? Wie können dennoch Milchprodukte mit Kiwis hergestellt werden? Gibt es einen Unterschied zwischen grünen und gelben Kiwis?

## Du brauchst für das Experiment

- eine grüne und eine gelbe Kiwi (Gold-Kiwi)
- 200 ml kochend heißes Wasser
- 200 ml Milch
- 4 Gläser
- 4 Teelöffel
- 4 Post-Its zum Beschriften der Gläser + Stift
- 2 Brettchen und 2 Küchenmesser
- optional 1 kleines Sieb (um das heiße Wasser von den Kiwis abzugießen)
- 1 Mixer oder Pürierstab mit Behälter
- ggf. etwas Zucker (zum Süßen nach dem abgeschlossenen Versuch)



## Durchführung des Experiments:

- Beschrifte vier Gläser jeweils mit: "gelbe Kiwi frisch + Milch", "grüne Kiwi frisch + Milch", "gelbe Kiwi gebrüht + Milch" und "grüne Kiwi gebrüht + Milch".
- Schäle die Kiwis, halbiere sie und lege jeweils eine Hälfte zur Seite.
- Gib die gelbe Kiwi-Hälfte in einen Behälter mit 50 ml Milch und püriere diese zu einem Shake. Fülle ihn in das beschriftete Glas und warte mindestens 5 Minuten bis zum Probieren.
- Reinige den Pürierstab und den Behälter sehr gut und wiederhole den Versuch mit der grünen Kiwi-Hälfte. Reinige erneut den Pürierstab und den Behälter sehr gut!
- Schneide jeweils die zweiten Kiwi-Hälften auf zwei unterschiedlichen Brettchen mit zwei unterschiedlichen Messern in möglichst kleine Stückchen. Fülle sie in je ein entsprechend beschriftetes Glas.

- Übergieße diese Stückchen in beiden Gläsern jeweils mit heißem Wasser, lasse sie mindestens vier Minuten ziehen und gieße das Wasser vorsichtig ab. (Nimm ggf. einen sauberen Löffel oder ein sauberes Sieb zur Hilfe.)
- Püriere die gebrühten grünen Kiwistücke mit 50 ml Milch zu einem Milchshake und fülle sie zurück in ihr Glas.
- Reinige den Pürierstab mit dem Behälter und stelle nun den Milchshake mit der gebrühten gelben Kiwi her.
- Probiere nun alles nach jeweils mindestens 5 Minuten und notiere den Geschmack.

### Auswertung:

Notiere, welche Schlussfolgerungen du aus deinen Geschmackserfahrungen ziehen kannst. Welche Antworten kannst du auf die am Anfang gestellten Fragen geben? Recherchiere, welche Enzym-Reaktion bei diesem Experiment stattfindet, oder lies unsere Erklärung.

### Zum Schluss:

Nun weißt du, wie du einen leckeren Kiwi-Milchshake herstellst und kannst hiervor noch mehr zubereiten. Die bitteren Proben sind nicht gesundheitsschädlich und können mit ein wenig Zucker auch noch getrunken werden, um keine Lebensmittel zu verschwenden. Aber: Jeder Mensch ist in Bezug auf Bitterstoffe unterschiedlich empfindlich.

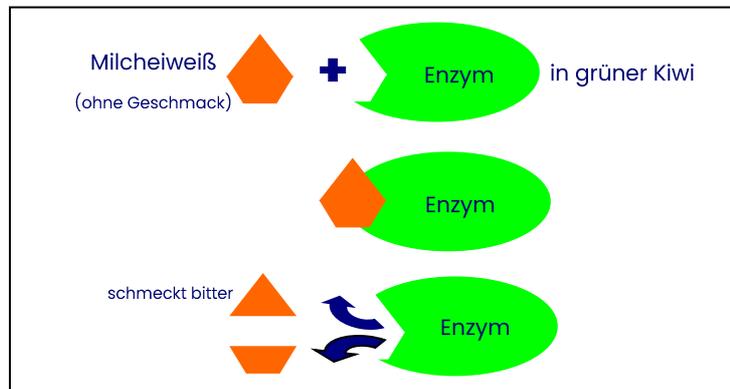
**Tipp:** Ein weiteres spannendes Experiment kannst du mit Gummibärchen und grünen Kiwis machen. Püriere dazu die Kiwi und gib sie mit einigen Gummibärchen in einen Gefrierbeutel. Gib in einen zweiten Gefrierbeutel etwas Wasser mit Gummibärchen. Beobachte nach ein paar Stunden, was mit den Gummibärchen passiert ist. Dieses Experiment hilft zu verstehen, wie die Verdauung im Magen funktioniert.

**Tipp 2:** Wenn du noch mehr über ärgende Enzyme herausfinden möchtest, findest du auf [www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de) in der Smoothie-Mission „Versuchsreihen zu grünen Kiwis und Ananas mit Milch und Hafermilch“.

## Erklärung zum Experiment

### „Wie können Kiwis im Milchshake ärgern?“

**Grüne Kiwis** enthalten das Enzym Actinidin, das Proteine, also z.B. Eiweiße, die in Milchprodukten enthalten sind, abbaut. Einige Produkte, die dabei entstehen, schmecken bitter<sup>1</sup>, was unter anderem von der Größe der Bruchstücke und deren räumlicher Anordnung abhängt.



Spaltung von Milcheiweiß durch Enzyme in grünen Kiwis

Daher sollte man frische grüne Kiwis nicht in Desserts oder Shakes mit Milch geben, oder diese verzehren, bevor das Enzym zu viele Bitterstoffe hergestellt hat.

**Gelbe Kiwis** enthalten dieses Enzym gar nicht oder es hat eine so geringe Aktivität, dass diese Kiwis auch roh mit Milcherzeugnissen verzehrt werden können, ohne dass es zu einem bitteren Geschmack kommt<sup>2</sup>.

Außer bei Kiwis kann man die Unverträglichkeit mit Milch auch bei Ananas und Papaya beobachten, denn auch diese tropischen Früchte enthalten viele Enzyme, die Eiweiße spalten. Je nach Frucht dominiert ein anderes Enzym: Actinidin bei der grünen Kiwi, Bromelain bei der Ananas sowie Papain bei der Papaya. Die Tatsache, dass Enzyme kaputtgehen, wenn sie zu heiß werden, kann man benutzen, um diese Früchte trotzdem mit Milch zu verwenden. Wenn man Kiwis, Ananas und Papayas vor der Verwendung mit kochendem Wasser übergießt und sie darin kurz ziehen lässt, verlieren die Enzyme ihre Wirkung!

**Tipp:** Übrigens ärgern Enzyme in diesen Obstsorten auch Gelatine! Sie können verhindern, dass Gelatine fest wird oder festgewordene Gelatine wieder auflösen. Hier

<sup>1</sup> Quelle: Wieser, H., Belitz, HD. Zusammenhänge zwischen Struktur und Bittergeschmack bei Aminosäuren und Peptiden II. Peptide und Peptidderivate. Z Lebensm Unters Forch 160, 383–392 (1976). <https://doi.org/10.1007/BF01106329>

<sup>2</sup> Quelle: Kaur L, Mao B, Bailly J, Oladeji O, Blatchford P, McNabb WC. Actinidin in Green and SunGold Kiwifruit Improves Digestion of Alternative Proteins—An In Vitro Investigation. Foods. 2022 Sep 6;11(18):2739. doi: 10.3390/foods11182739. PMID: 36140865; PMCID: PMC9497782.

helfen die Beobachtungen aus eurem Versuch, denn auch hier können die Enzyme durch Hitze zerstört werden, indem die Gelatine möglichst heiß über diese Früchte gegeben wird, und schon wird und bleibt die Gelatine fest!

## Und was hat das mit Bioingenieurwesen zu tun?

Enzyme sind Werkzeuge der Natur für Stoffumwandlungen, sogenannte Biokatalysatoren. Sie beschleunigen Reaktionen bei milden Temperaturen, bei denen Lebewesen existieren, und verursachen weniger Nebenprodukte als chemische Reaktionen. Daher werden sie auch in der Industrie eingesetzt. Bioingenieure untersuchen, wie man solche Prozesse durchführen kann. Da die Enzyme empfindlich sind, muss untersucht werden, bei welchen Reaktionsbedingungen (z. B. bezüglich Temperatur, pH-Wert) eine möglichst hohe Ausbeute erreicht wird und die Enzyme lang stabil und funktionsfähig bleiben. Auch die Herkunft der Enzyme spielt eine Rolle. Wenn es solche Enzyme z.B. in Bakterien gibt, die in heißen Quellen leben, dann können sie höhere Temperaturen vertragen. Auch mit der Auswahl und der Größe des Bioreaktors, in dem die Umwandlung stattfindet, beschäftigen sich Bioingenieure. Braucht man Rührer, um für einen guten Stofftransport zu sorgen? Wird ein Gas benötigt, das für die Durchmischung sorgen kann? Wie wird die Qualität analysiert und sichergestellt? Dies sind nur einige Fragen, auf die Bioingenieure im Studium und Beruf treffen.



Beispiel eines Versuchsaufbaus aus der Biotechnologie

© TU Hamburg, Institut für Technische Biokatalyse [www.tuhh.de/itb](http://www.tuhh.de/itb)

# Versuchsreihen zu grünen Kiwis und Ananas mit Milch und Hafermilch

**Milchprodukte und Früchte vertragen sich nicht immer. Mit diesen Versuchsreihen kannst du herausfinden, in welchen Fällen Probleme auftreten.**

## Du brauchst für die Experimente

- 2 grüne Kiwis
- 200 g frische Ananas
- 50 g Dosen-Ananas
- 700 ml Milch (3,5% Fett)
- 200 ml Hafermilch
- einen Wasserkocher (mit Temperatureinstellung oder zusätzlich ein Thermometer, geeignet für 60 °C)
- 9 Gläser
- 9 Post-Its zum Beschriften der Gläser + Stift
- 1 Stabmixer mit Behälter
- 2 Brettchen und 2 Küchenmesser
- Eine Küchenwaage (oder Mengen nach Gefühl verwenden: bei der Ananas ca. so viel wie ½ Kiwi entspricht, bei der Milch/Hafermilch ca. ½ Glas)



## Durchführung der Experimente:

- Beschrifte das Post-It für das erste Glas mit „Versuch 1: Grüne Kiwi mit Milch“. Beschrifte dann die anderen Post-Its mit den weiteren Versuchen, so wie sie in den fettgedruckten Überschriften unten angegeben sind. Klebe die Post-Its an die Gläser.
- Schäle die Kiwis und die frische Ananas.
- Lies dir die Versuchsbeschreibungen gut durch: Für einige Versuche kommen die Früchte direkt in den Behälter des Stabmixers, bei anderen müssen sie erst mit heißem Wasser oder durch Kochen vorbereitet werden.
- Spüle den Stabmixer und Behälter nach jedem Mixvorgang für den nächsten Versuch.

- Da du die Versuche nicht alle gleichzeitig durchführen kannst, solltest du dir ein Versuchsprotokoll vorbereiten und von jedem Versuch direkt nach der Durchführung und 10 Minuten später eine Geschmacksprobe nehmen. Schau außerdem, ob der Shake homogen ist oder ob eine Phasentrennung stattfindet.

### **Versuch 1: Grüne Kiwi mit Milch**

- Gib 1/2 grüne Kiwi und 100 ml Milch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 1“.

### **Versuch 2: Gekochte grüne Kiwi mit Milch**

- Schneide 1/2 grüne Kiwi auf einem Brettchen mit einem Messer in kleine Stückchen.
- Gib die Stückchen in ein Glas, übergieße sie mit kochendem Wasser und lasse sie 5 Minuten ziehen.
- Gieße das Wasser ab und fülle die Stückchen zusammen mit 100 ml Milch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 2“.

### **Versuch 3: Auf 60 °C erwärmte grüne Kiwi mit Milch**

- Schneide 1/2 grüne Kiwi auf einem Brettchen mit einem Messer in kleine Stückchen.
- Gib die Stückchen in ein Glas, übergieße sie mit 60 °C heißem Wasser und lasse sie 5 Minuten ziehen.
- Gieße das Wasser ab und fülle die Stückchen zusammen mit 100 ml Milch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 3“.

### **Versuch 4: Grüne Kiwi mit Hafermilch**

- Gib 1/2 grüne Kiwi und 100 ml Hafermilch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 4“.

**Versuch 5: Frische Ananas mit Milch**

- Schneide die frische Ananas auf dem zweiten Brettchen mit dem zweiten Messer in kleine Stückchen.
- Gib ca. 50 g dieser Ananas-Stückchen und 100 ml Milch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 5“.

**Versuch 6: Gekochte Ananas mit Milch**

- Gib ca. 50 g kleingeschnittene frische Ananas in ein Glas, übergieße sie mit kochendem Wasser und lasse sie 5 Minuten ziehen.
- Gieße das Wasser ab und fülle die Stückchen zusammen mit 100 ml Milch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 6“.

**Versuch 7: Auf 60 °C erwärmte Ananas mit Milch**

- Gib ca. 50 g kleingeschnittene frische Ananas in ein Glas, übergieße sie mit 60 °C heißem Wasser und lasse sie 5 Minuten ziehen.
- Gieße das Wasser ab und fülle die Stückchen zusammen mit 100 ml Milch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 7“.

**Versuch 8: Ananas mit Hafermilch**

- Gib ca. 50 g frische Ananas und 100 ml Hafermilch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 8“.

**Versuch 9: Dosen-Ananas mit Milch**

- Gib ca. 50 g Dosen-Ananas und 100 ml Milch in den Behälter.
- Mixe ca. 30 s mit dem Stabmixer und fülle den Shake in das Glas mit der Aufschrift „Versuch 9“.

Beobachte, wie homogen die Milchshakes sind, ob eine Phasentrennung stattfindet und wie der Geschmack unmittelbar nach dem Versuch und nach 10 Minuten ist.

So könnte dein noch leeres Versuchsprotokoll aussehen:

Versuch Nr.	Zutaten	Homogen direkt nach Mixen?	Geschmack direkt nach Mixen	Homogen nach 10 min?	Geschmack nach 10 min
1	Grüne Kiwi mit Milch				
2	Gekochte grüne Kiwi mit Milch				
3	Auf 60 °C erwärmte grüne Kiwi mit Milch				
4	Grüne Kiwi mit Hafermilch				
5	Frische Ananas mit Milch				
6	Gekochte Ananas mit Milch				
7	Auf 60 °C erwärmte Ananas mit Milch				
8	Ananas mit Hafermilch				
9	Dosen-Ananas mit Milch				

# Erklärung zum Experiment

## „Versuchsreihen zu grünen Kiwis und Ananas mit Milch und Hafermilch“

Sicher hast du auch nach 10 Minuten folgende Ergebnisse bei deinen Versuchen herausgefunden:

Versuch	Ergebnis nach 10 min
Versuch 1: grüne Kiwi mit Milch	bitter, nicht homogen
Versuch 2: gekochte grüne Kiwi mit Milch	nicht bitter
Versuch 3: auf 60 °C erwärmte grüne Kiwi mit Milch	bitter, relativ homogen
Versuch 4: grüne Kiwi mit Hafermilch	nicht bitter, nicht homogen
Versuch 5: Ananas mit Milch	sehr bitter! nicht homogen
Versuch 6: gekochte Ananas mit Milch	nicht bitter
Versuch 7: auf 60 °C erwärmte Ananas mit Milch	bitter, relativ homogen
Versuch 8: Ananas mit Hafermilch	nicht bitter, nicht homogen
Versuch 9: Dosen-Ananas mit Milch	nicht bitter

Es zeigt sich also, dass Milchprodukte nach kurzer Zeit bitter werden, wenn sie mit frischen grünen Kiwis oder frischer Ananas zusammengegeben werden. Die Enzyme in der grünen Kiwi oder in Ananas reagieren mit Bestandteilen von Milchprodukten und eines der Reaktionsprodukte schmeckt bitter.

Werden diese Obstsorten hingegen 5 min gekocht, so werden die Enzyme zerstört und die Milchprodukte schmecken weiterhin lecker. Werden diese Obstsorten nur mit 60 °C heißem Wasser erhitzt, ist dies nicht ausreichend, um die Enzyme zu zerstören.

Tatsächlich ist das Enzym Bromelain, das in der Ananas für die Reaktion mit den Milchprodukten verantwortlich ist, im Gegensatz zu anderen Enzymen in Obst relativ temperaturstabil und hat bei 50 °C sogar seine höchste Aktivität. Bei Temperaturen über 50 °C fängt Bromelain aber langsam an zu denaturieren. Dosen-Ananas wird bei

der Verarbeitung pasteurisiert, also so hoch erhitzt, dass hier die Enzyme denaturiert sind und keine Gefahr mehr darstellen, Milchprodukte bitter schmecken zu lassen. Auch mit Hafermilch findet keine Reaktion statt, allerdings ist das Gemisch bei uns nicht homogen geblieben.

Warum betonen wir immer wieder, dass diese Versuche mit grünen Kiwis gemacht werden sollen? Probiere es aus, oder schau dir den Versuch "Wie können Kiwis im Milchshake ärgern?" an.

## Und was hat das mit Biotechnologie zu tun?

Bromelain ist nicht nur ein Enzym, das in der Küche manchmal ärgert, sondern wird als wichtiger Rohstoff gewonnen und in der Lebensmittelindustrie, in Kosmetika, Nahrungsergänzungsmitteln und als Wirkstoff in Medikamenten verwendet. Die Gewinnung und Nutzung von Enzymen ist ein Teilgebiet der Biotechnologie.

Konkret dient Bromelain zum Zartmachen von Fleisch, zum Brauen und Backen sowie zur Herstellung von Proteinhydrolysaten, die z.B. als Eiweißquelle für Sportler dienen. Weitere Anwendungen finden sich in der Leder- und Textilindustrie, in der Wollherstellung, zur Hautpflege und in Waschmitteln.

# Smoothies mixen und beobachten

## Du brauchst für das Experiment

- Einen Pürierstab mit Behälter oder einen Mixer
- Beliebige Zutaten für einen Smoothie

## Durchführung des Experiments:

Schau dir den Pürierstab oder Mixer genau an. Berechne dann einen Smoothie zu und achte dabei darauf, wie sich die Strömung bewegt, z.B. anhand von kleinen Stückchen.



## Fragen zum Beobachten:

Womit hast du den Smoothie gemixt? Mit einem Pürierstab? Hatte die Haube mit dem Schneidwerk Löcher? Oder hast du einen Standmixer benutzt? Hat der Mixer nur alles im Kreis gedreht oder waren mehrere Ströme zu sehen?

Lies hierzu den folgenden Text und beziehe die Theorie auf deine Beobachtungen.

## Theorie zum Experiment

### „Smoothies mixen und beobachten“

Alle Details, die du über die Messer des Mixers, die Haube und die Strömungen beim Mixen beobachten konntest, sind wichtig beim Herstellen eines Smoothies, da das Gerät zwei Funktionen gleichzeitig erfüllt. Zum einen sollen die Früchte zerkleinert werden, zum anderen sollen die zerkleinerten Früchte aber auch vermischt werden.

Wenn du die Früchte vor dem Mixen geschnitten hast, dann zeigte die Klinge des Messers sicher in die Richtung, in die du gedrückt hast, richtig? Zum Zerkleinern der Früchte beim Mixen oder Pürieren sollte es dann doch auch reichen, wenn die Klängen

des Mixers oder des Pürierstabs gerade sind. Die Klingen sind aber gewinkelt. Warum? Wenn du beim Obstschneiden das Messer schräg halten und genauso drücken würdest wie zuvor, würdest du das Obst auf der Seite mit dem spitzen Winkel wegdrücken (Bitte nicht ausprobieren, Verletzungsgefahr, wenn das Messer dabei abrutscht!). Durch die angewinkelten Klingen passiert in deinem Gerät genau das gleiche. Die zerkleinerten Stücke werden weggedrückt. Beim Pürierstab werden die zerkleinerten Stückchen in die Haube gedrückt und durch die runde Form seitlich abgelenkt. Wenn die Haube seitlich Löcher hat, kann das pürierte Obst aus der Haube fließen, ohne groß in Kontakt mit dem unpürierten Obst zu kommen.

Besonders beim Standmixer sind diese Strömungen wichtig, da dieser ohne Führung mit der Hand alle unpürierten Stückchen erwischen muss. Dafür ist es wichtig, dass der Mixer für eine Strömung durch die Klingen sorgt. Dabei ist die Strömung in der Regel an den Klingen nach unten gerichtet, wird am Boden an die Wände abgelenkt und geht dann oben wieder in der Mitte in Richtung der Klingen.

Was in jedem Fall wichtig ist, ist eine hohe Geschwindigkeit der Klingen und der Strömung. Die hohe Geschwindigkeit bedeutet für die Strömung Turbulenz. Turbulenz ist eine völlig chaotische Strömung innerhalb der Hauptströmung. Diese Turbulenz ist wichtig für das Mischen der zerkleinerten Früchte im Smoothie.

## **Und was hat das mit Verfahrenstechnik bzw. Ingenieurwesen zu tun?**

Hat dich das Thema der Strömungsführung und Zerkleinerung interessiert? Strömungen werden in den Fächern Fluiddynamik oder Strömungslehre behandelt. Ein passendes Studium könnte Verfahrenstechnik oder Maschinenbau sein.

# Blättertanz

## Du brauchst für das Experiment:

- etwas Tee (lose oder aus einem Teebeutel) oder andere kleine Partikel, die etwas schwerer als Wasser sind, z.B. kleingeschnittene Früchte oder Kiwischalen
- Wasser
- eine Tasse und einen Teelöffel
- evtl. Früchte, einen Pürierstab und Behälter für einen Smoothie aus dem Experiment

## Durchführung des Experiments:

Fülle etwas Tee in eine Tasse mit Wasser und rühre mit einem Teelöffel.

Beobachte, wie sich die Blätter in der Strömung bewegen, und was passiert, wenn Du mit dem Rühren aufhörst. Was passiert wenn du nicht kreisförmig rührst, sondern mit dem Löffel nur Bewegungen hin und her machst? Wie setzen sich dann die Stückchen am Gefäßboden ab?

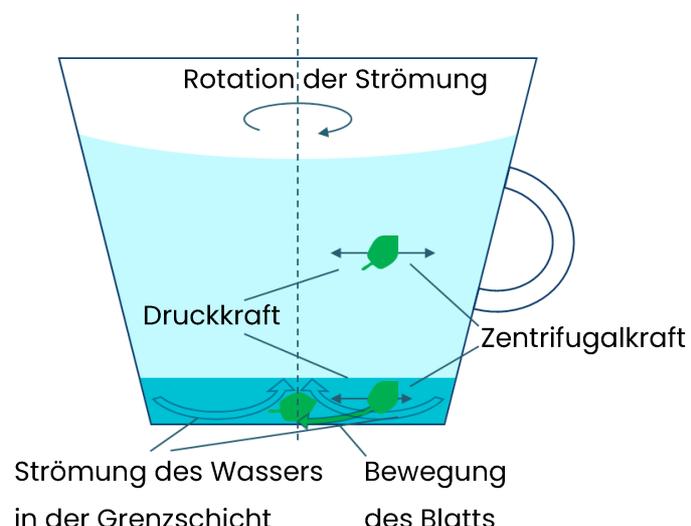
## Erklärung zum Experiment „Blättertanz“

### Beobachtung:

Während des Rührens bewegen sich die Blätter wie das Wasser auf Kreisbahnen in der Tasse. Hört man mit dem Rühren auf, sinken sie zu Boden und sammeln sich in der Mitte des Gefäßes.

### Erklärung:

Während des Rührens wirkt hauptsächlich die Zentrifugalkraft, die das Wasser und die Blätter nach außen drückt. Da die Wand der Tasse verhindert, dass sich der Tee beliebig weit nach außen bewegt, entsteht als Gegenreaktion eine nach innen gerichtete Druckkraft. Wenn du mit dem Rühren aufhörst, klingt die Zentrifugalkraft langsam ab, sodass die Druckkraft eine größere Rolle spielt. Hinzukommt, dass es am



Boden der Tasse eine Grenzschicht gibt, in der die Strömung stark abgebremst wird. Denn da sich der Boden der Tasse nicht bewegt und Reibungskräfte zwischen den Wasserteilchen und dem Boden wirken, können sie dort nicht mehr so schnell durch die Gegend flitzen. Die Zentrifugalkraft ist in dieser Schicht also viel kleiner, aber die nach innen gerichtete Druckkraft ist gleichgroß, sodass insgesamt eine Kraft nach innen wirkt.

Man könnte auch einfach feststellen, dass das durch das Rühren nach außen gedrängte Wasser wieder zurückkehren muss, und sich deshalb die Strömungsrichtung am Boden der Tasse umkehrt. Das Wasser strömt mit den Teeblättern nach innen und steigt dann in der Tassenmitte auf. Aufgrund der Schwerkraft steigen die Teeblätter nicht mit auf, sondern sammeln sich am Boden.

## Und was hat das mit Ingenieurwissenschaften zu tun?

Strömungen spielen eine zentrale Rolle in den Ingenieurwissenschaften, insbesondere in Bereichen wie Maschinenbau, Bauingenieurwesen, Verfahrenstechnik und Luft- und Raumfahrttechnik. Hier ein paar Beispiele:

- Um Fahrzeuge, Flugzeuge, Pumpen oder Rohrleitungssysteme zu entwerfen, müssen Ingenieure verstehen, wie Flüssigkeiten und Gase strömen.
- Die Kräfte, die Strömungen ausüben, müssen berechnet oder abgeschätzt werden, um Strukturen zu entwerfen, die Wind- und Wasserkraften standhalten, wie Brücken, Gebäude und Dämme.
- Im Umweltingenieurwesen sind Strömungen z.B. wichtig, um die Ausbreitung von Wasser- und Luftverschmutzungen vorherzusagen oder um Abwasserbehandlungsanlagen zu berechnen.
- Für Kühlsysteme, Heizungen und Klimaanlage muss die Wärmeübertragung durch Strömungen berechnet werden.

Da Strömungsvorgänge sehr kompliziert sein können, gibt es verschiedene Methoden und Vereinfachungen, um Lösungen für die Probleme der Praxis zu finden. Hierzu gehört zum Beispiel die Betrachtung von Grenzschichten.

## Womit schlägst du Sahne?

### Frage:

Bei einem Handrührgerät gibt es Rührbesen und Knethaken für verschiedene Zwecke. Was aber passiert, wenn man versucht, Sahne mit den Knethaken zu schlagen?

### Du brauchst für das Experiment

- einen halben Becher Schlagsahne (100 ml)
- ein Handrührgerät mit Rührbesen und Knethaken
- ein Gefäß zum Sahneschlagen
- evtl. ½ TL Zucker



Wenn du die Möglichkeit hast, dir weitere Rührer mit einem 3D-Drucker zu drucken, benötigst du auch eine Bohrmaschine, in die du die Rührer einspannen kannst und die Druckdateien von [www.printables.com/de/@NachwuchsCam\\_2064748](http://www.printables.com/de/@NachwuchsCam_2064748).

### Durchführung des Experiments:

(Je nach vorhandener Ausstattung und Zeit kannst du nur das Schlagen mit den Knethaken ausprobieren oder einen Vorversuch oder sogar parallelen Versuch mit den Rührbesen durchführen. Dann brauchst du die doppelte Menge Sahne und ggf. ein zweites Rührgerät samt Becher.)

Fülle die Sahne mit dem Zucker in den Sahnebecher und schlage sie mehrere Minuten mit den Knethaken. Stoppe dabei die Zeit, wie lange es braucht, bis die Sahne steif wird (falls es überhaupt funktioniert).

## Erklärung zum Experiment Sahneschlagen

Beim Sahneschlagen ist das Eintragen von Luft wichtig. Hierfür sind die Rührbesen besser geeignet als die Knethaken. Sie verursachen einen Strudel, durch den Luft in die Sahne eingetragen wird. Durch ihren größeren Außendurchmesser ist die Geschwindigkeit pro Umdrehung höher und demzufolge auch die Scherkraft, die beim Rühren auftritt. Diese zerteilt die eingetragene Luft in sehr feine Bläschen.

Da die Sahne dünnflüssig ist, setzt sie den Rührern nicht so einen großen Widerstand entgegen wie beispielsweise ein Hefeteig. Dieser benötigt die kräftigeren schlankeren Knethaken.

Alternativ kann zum Sahneschlagen auch ein Pürierstab mit Schlagscheibe genutzt werden. Dies ist eine Scheibe mit Löchern, die sich beim Betrieb dreht und hohe Scherkräfte erzeugt, sodass sich besonders kleine Luftblasen bilden, wodurch die Sahne fester wird und länger stabil bleibt.



Durch das Rühren wird Luft in die Sahne eingeschlagen. Die Eiweiße darin halten die Luft in vielen kleinen Luftbläschen fest. Um diese Bläschen herum bildet das Milchfett der Sahne miteinander verklebende Schichten, sodass die Bläschen nicht zusammenfallen. Das geht umso besser, je kälter die Sahne ist (ca. 4 °C sind ideal), je höher der Fettanteil ist und je „reifer“ die Sahne ist: Sie muss ca. zwei Tage gekühlt reifen, damit die Eiweiße elastischer und dehnfähiger werden. Darüber musst du dir jedoch keine Gedanken machen, denn das geschieht bereits in der Molkerei.

#### **Auch interessant:**

- Tiefgefrorene Sahne kann nicht mehr aufgeschlagen werden, denn durch die Eiskristalle werden die Strukturen von Fett und Eiweißen zerstört.
- Bei H-Sahne (ultrahocherhitzter Sahne) werden die Eiweiße durch Hitze beschädigt, sodass sie sich nicht mehr so gut aufschlagen lässt.
- Aufgeschlagene Schlagsahne gibt nach ein paar Stunden ungebundenes Wasser ab, wodurch sie ihren Stand und das lockere Gefüge verliert. Daher werden bei Sahnetorten Bindemittel wie Sahnesteif oder Gelatine zugegeben, die das freie Wasser binden. Diese Bindemittel bilden Gele mit dem Wasser.
- In Bäckereien und Konditoreien wird Sahne mit sogenannten Sahnebläsern aufgeschlagen. Dabei bläst ein Kompressor von unten Luft in den Sahnebehälter, während gleichzeitig ein drehendes Rührgitter im Behälter für eine gute Durchmischung sorgt.

## **Und was hat das mit Verfahrenstechnik zu tun?**

Beim Einsatz von Rührern zur großtechnischen Herstellung von Chemikalien, Kosmetika, Arzneimitteln und vielem mehr spielt deren Auswahl passend zur Rühraufgabe eine wichtige Rolle. Näheres hierzu findest du beim Versuch „Mischen mit 3D-Druck-Rührern“. Wie beim Sahnebläser wird auch in industriellen Prozessen manchmal mit Gasen, die durch eine Flüssigkeit strömen, gemischt. Diese Apparate heißen Blasensäulen.

# Mischen mit 3D-Druck-Rührern

## Frage:

Wofür nutzt man welche Rührer? Wie wird die Strömung bzw. Vermischung sichtbar?

## Du brauchst:

- eine Hand- oder besser Ständerbohrmaschine
- 3D-gedruckte Rührer
- einen Rührbehälter
- Alginat- oder Bubble Tea-Perlen
- Zucker
- braunen Kandiszucker
- rote Lebensmittelfarbe (am besten als feste Paste, z.B. Zuckerschrift)
- Öl, am besten Kürbiskernöl (ist sehr dunkel, daher besonders gut sichtbar)
- Wasser

Die Rührer kannst du mit einem 3D-Drucker drucken. Hierzu benötigst du unsere Druckdateien von der 3D-Druck-Plattform printables: entweder „printables nachwuchscampus“ in Suchmaschine eingeben und den passenden Treffer anklicken oder [https://www.printables.com/de/@NachwuchsCam\\_2064748](https://www.printables.com/de/@NachwuchsCam_2064748) eingeben.

## Durchführung der Experimente:

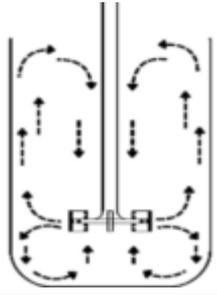
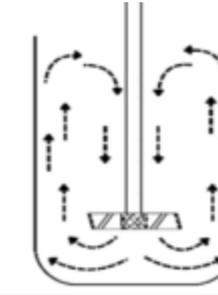
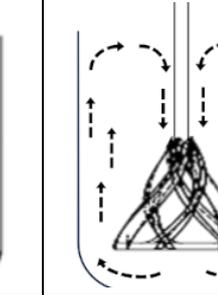
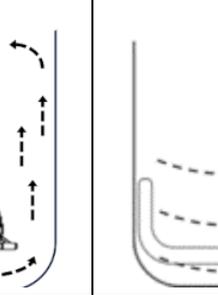
Spanne die Rührer nach und nach in die Bohrmaschine ein und untersuche das Mischverhalten bei verschiedenen Rühraufgaben. Die Rühraufgaben sind

- Suspendieren (Feststoff in Flüssigphase verteilen)
  - Experiment 1a: Bubble Tea-Perlen in Wasser
  - Experiment 1b: Bubble Tea-Perlen in Zuckerlösung (so viel Zucker lösen, bis sie schwimmen)
  - Experiment 1c: brauner Kandis in Zuckerlösung
- Homogenisieren (zwei mischbare Phasen ineinander lösen)
  - Experiment 2: Lebensmittelfarbstoff in Wasser
- Emulgieren (zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten ineinander verteilen)
  - Experiment 3: Öl in Wasser

Falls du die Experimente nicht selbst durchführen kannst, sieh dir die Videos auf der Website an.

## Erklärungen zum Experiment Mischen

Die vier verwendeten Rührer mit ihren typischen Eigenschaften und Einsatzgebieten siehst du hier in einer Tabelle gegenübergestellt:

	Scheibenrührer	Schrägblattrührer	Wendelrührer	Ankerrührer
<b>Strömungsrichtung</b>	radial	axial	axial	radial
<b>Strömungsprofil</b>				
<b>Position</b>	wandfern	wandfern	wandnah	wandnah
<b>Scherrate</b>	hoch	mittel	niedrig	niedrig bis mittel
<b>Rühraufgaben</b>	begasen, emulgieren	homogenisieren, suspendieren	homogenisieren, Wärmeübergang	Wärmeübergang
<b>Typische Anwendungen</b>	Fermentation, Gaseinleitung	Flüssigkeiten mischen, Feststoff- suspensionen	Polymerisation, hochviskose Medien	sehr viskose Flüssigkeiten, Pasten

Beim Suspendieren haben die Partikel meist eine andere Dichte als die Flüssigkeit, sodass sie zuerst am Boden liegen oder oben schwimmen. Zum Mischen ist hier der Schrägblattrührer am besten geeignet, da er eine axiale Strömung bewirkt (also auf- und abwärts). Wenn die Partikel gegen seine Blätter prallen, können größere Teilchen zerkleinert werden. Auch der Wendelrührer mischt axial, aber wesentlich schonender. Für das Homogenisieren kommen diese beiden Rührertypen ebenso infrage.

Zum Emulgieren wird eher der Scheibenrührer eingesetzt, häufig mit mehreren Scheiben, die über die Höhe des Reaktors verteilt werden. Es weist eine hohe Scherrate auf, das heißt an der Außenkante seiner Blätter treten hohe Kräfte auf, die die Öl- oder Fetttröpfchen zerkleinern und in der wässrigen Phase verteilen (oder umgekehrt die Wassertropfen in der Ölphase).

Häufig werden zusätzlich Strömungsbrecher eingesetzt, das sind sozusagen Stolperschwellen an den Reaktorwänden, die verhindern, dass die Strömung einfach im Kreis an der Außenwand entlangströmt.

## Das Geheimnis des Blaubeershakes

### Du brauchst:

- 100 g Blaubeeren
- 100 ml Milch
- einen Pürierstab
- einen passenden Behälter



### Durchführung des Experiments:

Püriere die Blaubeeren mit der Milch und beobachte, was passiert.

## Erklärung/Überlegungen zum Experiment

Nach dem Pürieren wird der Trunk in kurzer Zeit zu einer puddingartigen Masse, die nicht mehr lecker schmeckt.

Die Ursache muss in einer Reaktion von Bestandteilen der Heidelbeeren und der Milch liegen. Heidelbeeren enthalten viel Pektin, welches stark quellen (Wasser binden) kann.



Pektin kennst du vielleicht vom Marmeladekochen. Dabei gibt man Pektin zu den Früchten z.B. in Form von Gelierzucker und erhitzt das Gemisch, damit die Marmelade fest wird. Pektin gehört zu den Kohlenhydraten, also zu den Makromolekülen, die aus Zuckern aufgebaut sind. Wenn Pektin auf Eiweiß, z.B. Milcheiweiß, trifft, bilden sich Pektin-Protein-Komplexe. Insbesondere im sauren pH-Bereich wird die elektrostatische Anziehung von entgegengesetzt geladenen Proteinen und Pektinen gefördert.

Ob dies aber wirklich die Erklärung für das Versuchsergebnis ist, kann mit folgenden Versuchen geprüft werden:

1. Gekochte Blaubeeren mit Milch zu einem Shake pürieren
2. Apfel-Milchshake

**Hypothese zu Versuch 1:** Da Pektine zum Marmeladekochen verwendet werden, dürften sie durch die Hitze des Kochens nicht beeinträchtigt, höchstens aktiviert werden

(anders als Proteine, die durch Hitze denaturieren). Wenn man sie anschließend abkühlt und mit kalter Milch püriert, müsste dasselbe passieren wie mit ungekochten Blaubeeren.

**Ergebnis von Versuch 1:** Ein Blaubeer-Milchshake mit gekochten Blaubeeren klappt sehr gut, schmeckt sehr lecker und geliert auch nach längerem Stehen NICHT!

Damit ist die Hypothese widerlegt.

**Hypothese zu Versuch 2:** Da Äpfel ebenso wie Blaubeeren viel Pektin enthalten, müsste ein Apfel-Milchshake auch gelieren.

**Ergebnis von Versuch 2:** Der Apfel-Milchshake klappt und geliert nicht. Er spaltet sich nur nach längerem stehen, schmeckt aber gut.

Damit ist auch die zweite Hypothese widerlegt. Eine einfache Komplexbildung zwischen Pektinen und Milchproteinen scheint das Phänomen nicht zu erklären.

Eine andere Vermutung ist, dass die Gerbstoffe der Heidelbeere (Polyphenole) mit dem Milcheiweiß reagieren. Gerbstoffe sind chemische Verbindungen, die mit Proteinen und anderen Molekülen schwerlösliche Verbindungen eingehen. Sie können die Struktur von Proteinen verändern, sie zum Beispiel ausfällen oder vernetzen. Insofern könnte auch dies eine Erklärung sein, der man nachgehen könnte. Allerdings sollen auch Polyphenole nicht hitzeempfindlich sein, sodass Versuch 1 auch mit dieser Theorie nicht erklärt werden kann.

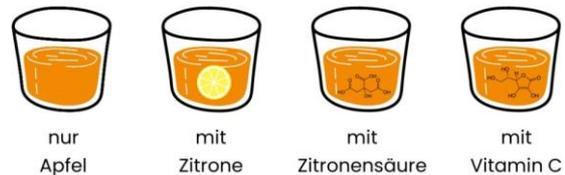
Falls du noch eine andere Spur hast oder Experimente durchführst, die Hypothesen stützen oder widerlegen, schreib uns gern einen Kommentar auf [www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de) oder eine E-Mail.

# Zitronen-Zauber

Hast du dich schon jemals gefragt, warum ein Apfel oder eine Banane braun werden? Stell dir vor, du willst deinen Freunden einen leckeren Smoothie bereiten, doch nach dem Mixen ist alles braun geworden. „Mist!“ denkst du dir. Woran liegt das? Gibt es dazu eine Abhilfe? Um das herauszufinden startest du daher eine Versuchsreihe.

## Du brauchst für das Experiment

- 4 Gläser
- Haftnotizen zum Beschriften der Gläser und einen Stift
- 1 Messer
- 1 Schneidbrett
- 1 Mixer
- 2 Äpfel
- 1 Päckchen Zitronensäure
- 1 Zitrone
- 1 Tablette Vitamin C (Ascorbinsäure)
- 4x 100 ml Wasser (je ein halbes Glas voll)



## Durchführung des Experiments:

Beschrifte die Haftnotizen mit den geplanten Zusätzen wie oben aus der Abbildung ersichtlich und klebe sie an die Gläser. Halbiere die Äpfel und verwende für jedes Experiment jeweils eine Hälfte. Schneide die erste Apfelhälfte in kleine Stücke, gib sie mit 100 ml Wasser in einen Mixer und püriere sie 30 Sekunden bei mittlerer Leistung. Gib diese erste Portion ohne Zugabe von weiteren Mitteln in das erste Glas. Diese Portion dient als Referenz, mit der du die Ergebnisse aus den anderen Experimenten vergleichst.

Verfahre nun mit den anderen Apfelhälften entsprechend, aber füge vor dem Mixen jeweils eine andere Komponente hinzu: Zur zweiten Portion kommt der ausgepresste Saft einer ganzen Zitrone, in die dritte Portion ein Päckchen Zitronensäure und in die vierte und letzte Portion eine zerdrückte Tablette Vitamin C. Fülle alle Portionen nach dem Mixen in die entsprechenden Gläser. Beobachte nun: Wie verändert sich der Inhalt der Gläser über die Dauer von einer Stunde?

## Erklärung zum Experiment Zitronen-Zauber

Äpfel enthalten in den Zellen, genauer in den Vakuolen, **Polyphenole**. Diese Moleküle bestimmen unter anderem die Farbe und das Aroma des Apfels. Beim Aufschneiden des Apfels werden die Zellen beschädigt, wodurch Polyphenole austreten und mit der Luft in Kontakt kommen. Außerdem tritt das Enzym **Polyphenoloxidase** aus. Dieses Enzym bewirkt, dass die Polyphenole mit dem Luftsauerstoff zu Chinonen oxidiert werden, was zur Braunfärbung führt. Dieser natürliche



Schutzmechanismus verhindert mikrobiellen Befall, da **Chinone** für Mikroorganismen giftig sind. Somit verdirbt ein verletzter Apfel nicht so schnell, aber er sieht nicht mehr so ansehnlich aus.

Diese enzymatische Braunfärbung kann durch zwei Bestandteile, die in Zitronen vorhanden sind, verhindert werden: Zitronensäure und Ascorbinsäure (auch bekannt als Vitamin C). Beide Stoffe greifen in die Oxidationsreaktion ein.

**Zitronensäure** behindert die Oxidation, indem sie Kupferionen bindet. Diese Kupferionen sind für die Funktion der Polyphenoloxidase wichtig und werden daher **Cofaktoren** genannt. Durch die Bindung der Kupferionen kann das Enzym die Oxidationsreaktion nicht richtig ausführen.

**Ascorbinsäure (Vitamin C)** unterbindet die enzymatische Bräunung, indem sie selbst mit dem Sauerstoff aus der Luft reagiert, und so den Reaktionspartner für die Polyphenole wegnimmt. Im Gegenzug wird die Ascorbinsäure selbst oxidiert. Die enzymatische Bräunung wird so lange verhindert, bis alle Ascorbinsäure-Moleküle verbraucht sind.

Dieses Wissen nutzen Lebensmittelhersteller, um durch die gezielte Zugabe dieser sogenannten Konservierungsstoffe ihre Produkte länger haltbar zu machen. So bleibt der Smoothie oder der Obstsalat aus dem Kühlregal über eine längere Zeit frisch und lecker.

## Und was hat das mit Bioingenieurwesen zu tun?

In der Natur kommen viele mikrobielle und enzymatische Vorgänge vor. Diese zu verstehen ist wichtig, um sich die Prinzipien zu Nutze zu machen oder auch Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Bioingenieurinnen und -ingenieure erforschen solche Vorgänge und entwickeln Anwendungen. So kann das Wissen genutzt werden, um Produkte besser oder umweltschonender zu produzieren. Können Enzymprozesse verbessert werden? Können nicht erwünschte Enzyme unterdrückt werden?

# Hafermilch herstellen

## Ziel des Experiments

Eine vegane Alternative zu Milch ist Hafermilch, die im Wesentlichen aus Haferflocken und Wasser hergestellt wird. Doch Feinheiten bei der Herstellung beeinflussen das Ergebnis. Untersuche, was der Zusatz von Leinsamen bewirkt, und finde im Zusatzversuch heraus, wie die Temperatur das Ergebnis beeinflusst.

## Du brauchst für das Experiment

- 40 g Haferflocken
- 2 Esslöffel Leinsamen (geschrotet)
- 500 ml kaltes Wasser
- 1 Teesieb
- 1 Stabmixer
- 1 kleine Schüssel
- 1 Becher (groß)
- 2 Gläser
- 1 Taschenlampe



Bild 1: Durch das Leuchten mit der Taschenlampe ist die Entmischung besser sichtbar.

## Durchführung des Experiments:

### Vorbereitung des Leinsamens:

Fülle die Leinsamen in die Schüssel. Füge 4 Esslöffel Wasser zu den Leinsamen und warte 15 min.

Gib die Haferflocken in den Becher. Füge 500 ml Wasser hinzu. Püriere die Haferflocken/Wasser-Mischung 30 Sekunden mit dem Zauberstab. Gieße die Mischung durch das Sieb. Fülle ca. 250 ml des Filtrats in das erste Glas.

Gib zu den anderen 250 ml des Filtrats die Leinsamen-Wasser-Mischung hinzu. Püriere die entstehende Mischung 10 Sekunden. Fülle diese in das zweite Glas

Rühre in beiden Gläsern mit einem Teelöffel um und beobachte. Durchleuchte dabei die Gläser ab und zu mit der Taschenlampe.

### Zusatzversuch:

Führe den Versuch mit Haferflocken und Wasser nun statt mit kaltem Wasser mit kochendem Wasser durch. Beobachte was sich ändert.

# Erklärung zum Experiment Hafermilch

## Beobachtungen

- Im ersten Glas bildet sich relativ schnell ein Bodensatz.
- Die Mischung im zweiten Glas ist trüber.
- Bei einem Geschmackstest sollte die erste Mischung wässriger schmecken als die Zweite.

## Beobachtungen zum Zusatzversuch

- Es entsteht viel weniger Bodensatz.
- Die Mischung ist noch trüber.
- Die Konsistenz ist schleimiger.

## Erklärung

Leinsamen enthalten natürliche Emulgatoren, welche die Mischung stabilisieren, sodass sich weniger Bodensatz bildet als bei der reinen, kalt angesetzten Haferflocken-Wasser-Mischung. In der Industrie wird statt Leinsamen meist Lecithin oder auch Johannisbrotkernmehl zugesetzt.

Durch das kochende Wasser beim Zusatzversuch quillt die Stärke im Hafer und nimmt so Wasser auf. Hierdurch wird die Konsistenz schleimiger. Das Getränk schmeckt nicht wie Hafermilch.



## Und was hat das mit Verfahrenstechnik zu tun?

Verfahrenstechnik beschäftigt sich mit der Herstellung und Umwandlung von Stoffen. Dazu gehören auch Trennverfahren, um gewünschte Stoffe aus einem Gemisch herauszuholen oder unerwünschte zu entfernen. Das Absetzen, was ihr im ersten Glas beobachtet habt, wird z.B. bei der Abwasserreinigung verwendet oder bei der Erzgewinnung. Es wird auch Sedimentieren genannt. Für ein technisches Verfahren ist die Sedimentationsgeschwindigkeit wichtig, weil sie mitbestimmt, wie lang der Prozess dauert. Sie ist von der Dichte der Bestandteile abhängig, aber es spielen auch noch andere Eigenschaften hinein, die Viskosität der Flüssigkeit, die Größe der Partikel und die Schwerebeschleunigung. Durch Zugabe von Stoffen kann man diese Eigenschaften beeinflussen. Beim Zentrifugieren hingegen erhöht man die Beschleunigung. Wer all das spannend findet, könnte Verfahrenstechnik studieren.

# Was ist Verfahrenstechnik?

## Definition:

Verfahrenstechnik ist die ingenieurwissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Entwicklung und Optimierung von Prozessen zur Stoffumwandlung befasst. Dabei ändern sich Zusammensetzung, Art oder Eigenschaften der Stoffe. Diese Umwandlung erfolgt gezielt in mehreren Schritten und kann sowohl chemische, physikalische als auch biologische Prozesse umfassen. Ziel ist es, Produkte herzustellen, die spezifische Eigenschaften und Qualitäten aufweisen. Dabei liegt ein großer Fokus auf der Effizienz der Prozesse, um sie wirtschaftlich und nachhaltig zu gestalten.

## Prozessablauf:

Der Prozess der Stoffumwandlung wird typischerweise in zwei Hauptphasen unterteilt:

**Upstream-Prozesse:** Diese beinhalten die Vorbereitung und Behandlung der Rohstoffe. Hierzu gehören Schritte wie das Mahlen, Mischen, Lösen, Auftrennen oder generelles Vorbereiten der Ausgangsmaterialien.

**Downstream-Prozesse:** Diese umfassen die Aufarbeitung und Veredelung der Zwischen- und Endprodukte. Dazu gehören Auftrennung von Produktgemischen, Aufreinigung, Trocknung und Verpackung.

## Etwas anschaulicher bitte?

Die Verfahrenstechnik lässt sich anschaulich mit einer Küche oder einem Labor vergleichen. In einer Küche werden Zutaten (Rohstoffe) durch verschiedene Kochtechniken (Verfahren) in Gerichte (Produkte) umgewandelt. Hierbei müssen die einzelnen Schritte präzise aufeinander abgestimmt sein, um ein gelungenes Endprodukt zu erhalten. Schritte im Upstream umfassen z.B. das Waschen und Schneiden der Zutaten während Downstream z. B. Gewürzbeutel entfernt werden, mit Schnittlauch garniert oder einfach angerichtet und serviert wird.

Ein wesentlicher Aspekt der Verfahrenstechnik ist aber das sogenannte Scale-Up, also die Übertragung der Prozesse von kleinen Labor- oder Pilotanlagen (private Küche) auf großtechnische Produktionsanlagen (Mensa/Kantine). Dieser Schritt ist besonders herausfordernd, da sich Prozesse nicht immer linear verhalten und spezielle Anpassungen erfordern, um in größerem Maßstab sicher, effizient und wirtschaftlich zu funktionieren.

Die Verfahrenstechnik eine Schlüsseltechnologie, die in vielen Industrien Anwendung findet, darunter Chemie, Pharmazie, Lebensmitteltechnik und Umwelttechnik. Sie ermöglicht die effiziente und nachhaltige Herstellung von Produkten, die aus unserem täglichen Leben nicht wegzudenken sind.

## Bereiche der Verfahrenstechnik

### 1. Chemische Verfahrenstechnik

#### Grundoperationen/Aufgaben:

- Auslegung von Reaktoren
- Entwicklung von Katalysatoren
- Optimale Reaktionsbedingungen ermitteln (Druck, Temperatur, Konzentration, Reaktionszeit, Katalysator, Reaktionskinetik)

#### Anwendungen in der Industrie:

- Synthese von Chemikalien (z.B. Ammoniaksynthese für Düngemittel)
- Petrochemie (z.B. Cracken von Erdöl)
- Herstellung von Polymeren (z.B. Polyethylen und Polypropylen)
- Produktion von Feinchemikalien und Pharmazeutika

### 2. Biotechnologische Verfahrenstechnik

#### Grundoperationen/Aufgaben:

- Fermentation: Nutzung von Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Pilze)
- Optimale Fermentationsparameter ermitteln (pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt)
- Entwicklung und Einsatz von Enzymen für die Produktion spezifischer Produkte

#### Anwendungen in der Industrie:

- Produktion von Antibiotika (z.B. Penicillin)
- Herstellung von Biokraftstoffen (z.B. Ethanol, Biogas)
- Lebensmittelindustrie (z.B. Fermentation von Milchprodukten)
- Produktion von Enzymen für Waschmittel

### 3. Thermische Verfahrenstechnik

#### Grundoperationen/Aufgaben:

- Destillation: Trennung von Fluidgemischen durch unterschiedliche Siedepunkte
- Extraktion: Trennung von Stoffen mittels Lösungsmittel
- Absorption: Aufnahme von Gasen in einem Waschmittel
- Adsorption: Aufnahme eines Fluids an der Oberfläche eines Feststoffes
- Trocknung: Entfernen von Feuchtigkeit
- Kristallisation: Trennung eines kristallinen Produkts aus einem Lösungsmittel
- Membrantechnik: Trennung eines Fluidgemisches durch eine Membran

#### Anwendungen in der Industrie:

- Raffinierung von Erdöl und Herstellung von Spirituosen
- Gewinnung von Pflanzenextrakten
- CO<sub>2</sub>-Abscheidung
- Aktivkohlefilter
- Papierherstellung
- Raffinierung von Zucker
- Meerwasserentsalzung

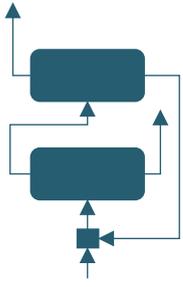
### 4. Mechanische Verfahrenstechnik

#### Grundoperationen/Aufgaben:

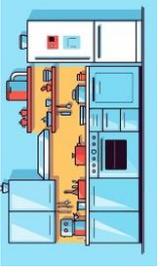
- Zerkleinern: Reduktion der Partikelgröße von Feststoffen
- Agglomerieren: Zusammenführung kleinerer Partikel zu größeren Agglomeraten
- Mischen: Homogenisierung von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen
- Trennen: Abscheidung von Feststoffen aus Flüssigkeiten oder Gasen

#### Anwendungen in der Industrie:

- Bergbau (z. B. Mahlen von Erzen)
- Lebensmittelindustrie (z. B. Mahlen von Getreide)
- Pharmazie (z. B. Tablettenherstellung)
- Abwasserbehandlung



# Verfahrenstechnik - Ein leckeres Studium -



## Verfahrenstechnik

## Küche



Rohstoffe aus fossilen und erneuerbaren Quellen, z.B. Erdöl, Erdgas, Grünschnitt, Klärschlamm etc.



Getreide, Gemüse, Obst, Fleisch werden aus dem Supermarkt eingekauft.



Vorbehandlung der Edukte, z.B. Vorreinigung, Trocknung, Zerkleinerung, Mischen.



Das Obst und Gemüse wird gewaschen und geschält, das Mehl eingewogen und die Zutaten miteinander gemischt.



Chemische oder Biologische Umwandlung bei bestimmten Parametern (Druck, Temperatur, Hilfsstoffe).



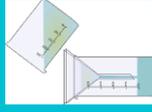
Die Hefe lässt den Teig aufgehen, der Ofen wird auf eine Temperatur eingestellt und das Gericht gebacken.



Abtrennung von nicht reagiertem Edukt mit Rückführung zum Reaktor (Destillation, Extraktion, Absorption).



Mit den Gemüseschalen und dem übrigen Eigelb kann noch wunderbar ein Gericht hergezaubert werden.



Produkte werden von Verunreinigungen befreit und geklärt, z.B. mit einer Filtration.



Die Gemüsebrühe wird gefiltert und die Nudeln abgessen.



Die Produkte werden in annehmliche Größen geformt und verpackt, z.B. als Tabletten.



Der Kuchen wird in Stücke geschnitten und das Gericht wird auf einem Teller schön angerichtet.

Das fertige Produkt kann im Handel gekauft werden.

Et voilà! Guten Appetit!

Produkte