



## Wissens-Box: „Pflanzenöl & Oleochemie“

Heutzutage gewinnt die Nutzung von **nachwachsenden Rohstoffen** immer mehr an Bedeutung, denn um die Erde auch für zukünftige Generationen lebenswert zu erhalten, darf höchstens so viel verbraucht werden wie wieder nachwachsen oder sich regenerieren kann (**Prinzip der Nachhaltigkeit**).

Ein wichtiger nicht-nachwachsender Rohstoff ist **Erdöl**. Viele Produkte unseres täglichen Lebens werden daraus hergestellt. Die Hauptmenge wird als Kraftstoff (z.B. Benzin) oder Heizöl verbrannt, weniger als 10% gehen in die chemische Industrie, die daraus z.B. Kunststoffe, Waschmittel, Cremes, Arzneimittel, Farben und Lacke herstellt. Aufgrund des immensen weltweiten Verbrauchs an Erdöl wird seit längerem befürchtet, dass die Vorräte bald aufgebraucht sind, auch wenn in den letzten Jahren immer wieder neue Vorkommen entdeckt und erschlossen wurden. Ein weiteres Problem der Erdölnutzung ist, dass bei der Verbrennung Kohlenstoffdioxid an die Atmosphäre abgegeben wird und zum Treibhauseffekt beiträgt, ohne dass heutzutage in gleichem Maße Kohlenstoffdioxid für die Neuentstehung von Erdöl verbraucht wird. Daher müssen wir andere Rohstoffe finden, aus denen diese erdölbasierten Produkte hergestellt werden können, z.B. Pflanzenöle.

Allerdings stellen sich auch hier Herausforderungen: Zunächst einmal müsste genügend Anbaufläche vorhanden sein. Die landwirtschaftlich nutzbare Fläche wird jedoch auch zum Anbau von Nahrungsmitteln und als Weideland bzw. zum Anbau von Tierfutter genutzt, so dass von einem **Teller-Trog-Tank-Konflikt** (Feed-Food-Fuel-Konflikt) gesprochen wird, insbesondere in Bezug auf stark gestiegene Nahrungsmittelpreise 2007/2008. Seither entwickelt die Forschung Methoden, um Rohstoffe möglichst vollständig zu nutzen, z.B. Rapsöl für Biodiesel und den dabei anfallenden Presskuchen als Tierfutter oder Maiskolben als Tierfutter und nur das Maisstroh statt des Kolbens zur Ethanol-Herstellung für den Autokraftstoff E10 (90% Benzin + 10% Ethanol). Während im Bereich Mobilität auch andere Möglichkeiten denkbar sind, um Erdöl zu ersetzen, z.B. Elektro- und Wasserstoffantrieb, braucht die chemische Industrie kohlenstoffhaltige Quellen und setzt daher auf nachwachsende Rohstoffe aus Pflanzen, aber auch auf Recycling und die Rückgewinnung des Kohlenstoffs aus Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>).

### Woher kommt unser Pflanzenöl und wofür wird es verwendet?

Die fünf wichtigsten  
Pflanzenöle weltweit

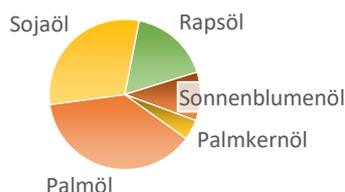


Abb.1: Die fünf weltweit am meisten produzierten Pflanzenöle (FAO 2014)

**Pflanzenöl** wird aus **Samen** oder **Früchten** ölhaltiger Pflanzen gewonnen. Ihr kennt sicher **Sonnenblumen-, Raps- und Olivenöl**. Daneben gibt es Soja- und Maiskeimöl sowie das aus den Tropen stammende Kokos-, Palm- und Palmkernöl und einige weitere Sorten. Manche sind sehr teuer und werden hauptsächlich als Feinschmeckeröle verwendet (z.B. Walnussöl), andere werden in großen Mengen produziert (siehe Abbildung 1). In Deutschland werden an Ölsaaten hauptsächlich Raps, Soja und Sonnenblumen angebaut. Pflanzenöle werden nicht nur direkt als Speiseöle verwendet, sondern zu Margarine

verarbeitet, Keksen und anderem Backwerk zugesetzt, für Pommes frites, in Cremes und Kosmetika verwendet oder sogar zu Waschmitteln oder Bio-Diesel weiterverarbeitet.

## Wie wird Pflanzenöl hergestellt?



Abb.2: Rapsölpresse

Pflanzenöl wird durch **Pressen** gewonnen. Dazu wird eine Schnecke mit immer enger werdenden Gängen in einem Zylinder mit Löchern oder Schlitzen gedreht, durch die das Öl herauslaufen kann, während der Presskuchen weitertransportiert und dabei immer stärker zusammengepresst wird, bis er am Ende herausfällt. Manche Samen oder Früchte werden vor dem Pressen geschält und **zerkleinert**, damit das Öl nicht die Schale durchdringen muss und die Oberfläche größer wird, durch die das Öl herausgepresst wird. Um die Ausbeute zu erhöhen, können die Samen oder Früchte **erwärmt** werden, denn dadurch wird das Öl dünnflüssiger und kann besser herausfließen. Allerdings werden dadurch Vitamine zerstört, so dass hochwertige Speiseöle **kaltgepresst** werden.

## Wie sehen Pflanzenöle chemisch gesehen aus?

Betrachtet man die chemische Struktur von Fetten und Ölen, so erinnert sie an den Buchstaben „E“.

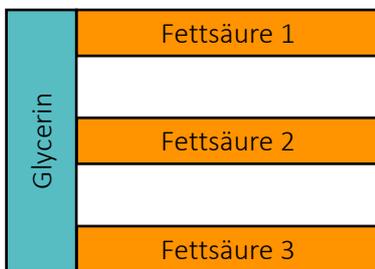


Abb.3: chemischer Aufbau von Fetten und Ölen

Fette lassen sich in ein Glycerinmolekül und drei Fettsäureketten aufspalten. Diese Fettsäureketten können unterschiedlich lang und unterschiedlich aufgebaut sein. Grundbausteine sind Kohlenstoff © und Wasserstoff (H), dazu ein bisschen Sauerstoff (O).

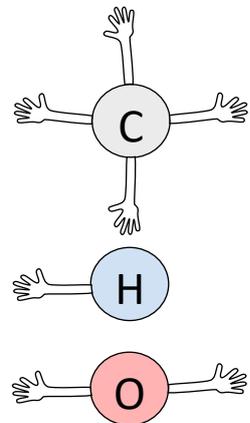


Abb.4: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff mit „Armen“

Der Kohlenstoff spielt in der Chemie der Naturstoffe eine große Rolle. Er kann mit seinen vier Außenelektronen vier Bindungen zu anderen Atomen eingehen und daher große räumliche Strukturen bilden. Sauerstoff geht nur zwei Bindungen ein, Wasserstoff sogar nur eine (siehe Abb.2). Mit Kohlenstoff und Wasserstoff lassen sich daher gut Ketten bilden.

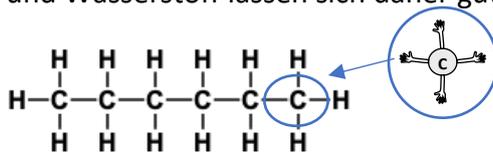


Abb.5: Kette aus Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H)

Solche Ketten findet man in unterschiedlicher Länge im Erdöl und den daraus hergestellten Produkten wie z.B. Benzin.

In Pflanzenölen sehen Ketten (= Fettsäuren) zum Beispiel so aus:

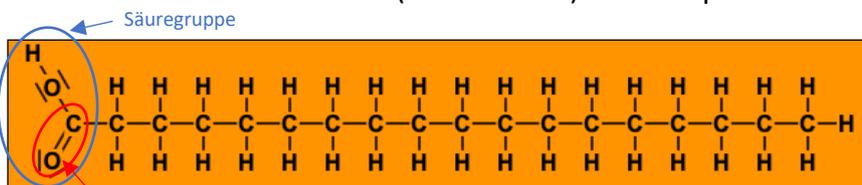


Abb.6: gesättigte Fettsäure mit 18 C-Atomen (Stearinsäure)

Diese Fettsäure hat 18 C-Atome. Das Ende, das auch Sauerstoff enthält, ist die Säuregruppe. Bei diesem Beispiel sieht man am Sauerstoff, dass es nicht

immer zwei weitere Partner braucht, um zwei Bindungen einzugehen: Das obere Sauerstoff-Atom ist an Wasserstoff und Kohlenstoff gebunden, das untere hat einfach zwei „Arme“ zum Kohlenstoff ausgestreckt, und ist eine sogenannte „**Doppelbindung**“ eingegangen. (Der Partner – hier Kohlenstoff – muss dann ebenfalls zwei „Arme“ für diese Verbindung nutzen, hat also auch weniger „Arme“ für andere Partner zur Verfügung.)

Der Kohlenstoff kann auch innerhalb eine Kohlenstoff-Kette Doppelbindungen eingehen. Dadurch erhält man die sogenannten „**ungesättigten**“ **Fettsäuren** (= Fettsäuren, die Doppelbindungen innerhalb der Kohlenstoff-Kette enthalten) wie zum Beispiel die Ölsäure:

C=C-Doppelbindung

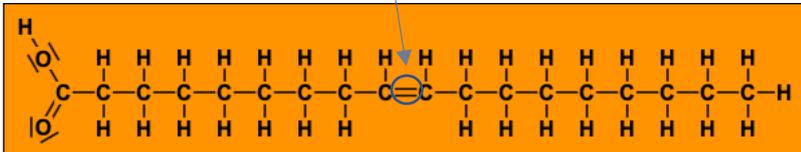


Abb.7: einfach ungesättigte Fettsäure mit 18 C-Atomen (Ölsäure)

Was bedeutet ungesättigt?

Ungesättigte Verbindungen sind noch „hungrig“, sie haben nicht genug Atome abbekommen, mit denen sie sich verbinden konnten. Daher sind sie reaktionsfreudig. Öle mit ungesättigten Fettsäuren reagieren z.B. gern mit dem Luftsauerstoff und werden dadurch ranzig.

Wie man sieht, sind die Formeln schon ziemlich lang und unterscheiden sich nur an wenigen Stellen. Da Chemiker in manchen Dingen faul sind, sparen sie sich, die vielen C- und H- Atome zu schreiben. Stattdessen verwenden sie die **Skelettschreibweise**. Dabei werden die Kohlenstoffketten als Zickzacklinien dargestellt und die Wasserstoffatome, die an den Kohlenstoff gebunden sind, weggelassen. Doppelbindungen werden eingezeichnet. Im Folgenden findest du beide Darstellungen nebeneinander.

In einer Fettsäure können auch an mehreren Stellen Doppelbindungen auftreten, so z.B. bei der Linolsäure an zwei Stellen in der Kohlenstoffkette und bei der Linolensäure sogar an drei Stellen (abgesehen von der C=O-Doppelbindung, die in jeder Fettsäure enthalten ist).

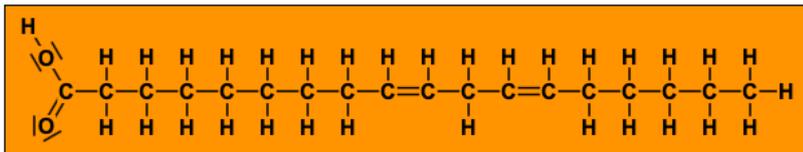


Abb.8: zweifach ungesättigte Fettsäure mit 18 C-Atomen (Linolsäure)

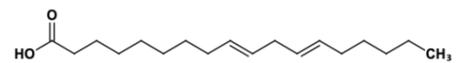


Abb.8a: Linolsäure in Skelettschreibweise

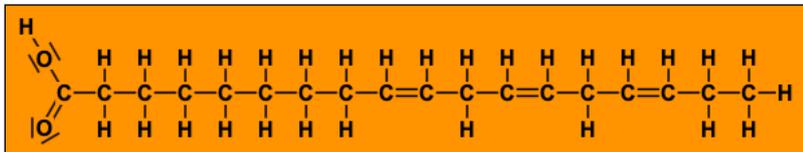


Abb.9: dreifach ungesättigte Fettsäure mit 18 C-Atomen (Linolensäure)

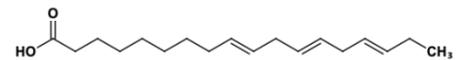


Abb.9a: Linolensäure in Skelettschreibweise

## Fest oder flüssig: Welchen Einfluss haben Doppelbindungen auf die Stoffeigenschaften?

Die bisher gezeigten Formeln von den Fettsäuren sind nur ein grobes Abbild. Tatsächlich sind die Atome ja nicht in einer Ebene sondern räumlich angeordnet. Die regelmäßigen C-C-Ketten bilden im Raum eine Zickzack-Struktur. Wenn jedoch Doppelbindungen auftreten, wird diese Regelmäßigkeit gestört, der Knick verläuft in einem anderen Winkel. Dadurch ordnen sich die drei Fettsäuren in einem Fettmolekül nicht mehr so gleichmäßig an und benötigen daher mehr Platz. Mehr Platz bedeutet, die Teilchen können sich besser bewegen, daher sind Fette mit vielen ungesättigten Fettsäuren bei Raumtemperatur flüssig, während Fette mit einem höheren Anteil an gesättigten Fettsäuren fest sind. Dies kennt ihr von Butter und Margarine, die mehr gesättigte Fettsäuren enthalten, im Gegensatz zu Ölen, die mehr ungesättigte Fettsäuren enthalten (siehe Abb. 10).



Abb.10: Flüssig oder fest – das ist abhängig vom Anteil gesättigter Fettsäuren und der Temperatur (Bilder von Pixabay)

(Bitte wenden)

In den folgenden Abbildungen ist dargestellt, wie man sich die Anordnung der Fettsäuren im Raum vorstellen kann. Gesättigte Fettsäuren sind regelmäßig angeordnet (Abb. 11), daher können sich sogenannte Van-der-Waals-Anziehungskräfte ausbilden, die diese Anordnung stabilisieren. Durch die Doppelbindungen in den ungesättigten Fettsäuren ordnen sich die Ketten völlig anders an und benötigen mehr Platz im Raum (Abb.12). (Die Winkel bei den Doppelbindungen müssten eigentlich anders als bei der Zickzack-Struktur sein, aber das Zeichenprogramm gab das nicht her.) Der Glycerinbaustein aus Abb. 3, der die Fettsäuren zu einem Fett verbindet, ist hier wieder mit eingezeichnet.



Abb.11: Fett mit gesättigten Fettsäuren  
regelmäßig angeordnet → fest bei Raumtemperatur

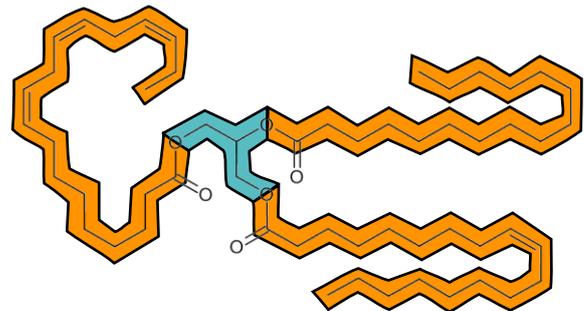
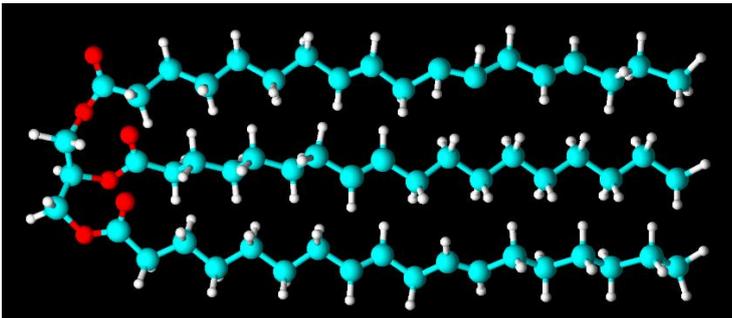


Abb.12: Fett mit ungesättigten Fettsäuren  
ungleichmäßig mit mehr Platz angeordnet → flüssig bei Raumtemperatur

Übrigens: Man kann sich Fettmoleküle am Computer in 3D-Ansicht darstellen lassen. Hier ist ein Bild von so einer Ansicht. Die türkisfarbenen Kugeln sind die Kohlenstoff-Atome, die grauen Wasserstoff- und die roten Sauerstoff-



## Wie kann man herausfinden, wieviel ungesättigte Fettsäuren in einem Öl enthalten sind?

Wenn man Öl mit bestimmten Iodverbindungen reagieren lässt, kann man bestimmen, wieviel ungesättigte Fettsäuren das Öl enthält. Dabei nutzt man aus, dass Iod mit den Doppelbindungen reagiert. Zunächst setzt man eine Iod-Lösung bekannter Konzentration im Überschuss zu, sodass das Iod mit allen Doppelbindungen reagiert. Das überschüssige Iod wird mit Stärke versetzt und bildet mit dieser einen intensiv blauen Farbstoff. Nun wird nach und nach eine weitere Lösung (Natriumthiosulfat) zugegeben, bis die Iod-Stärke-Komplexe alle zerstört sind, sodass sich die Lösung entfärbt. Dieses allmähliche Zudosieren bis zu einem Farbumschlag wird Titration genannt. Die verbrauchte Menge Iod in Gramm pro 100 g Öl ist ein Maß für den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren. Sie wird **Iodzahl** genannt und reicht von < 10 (z.B. Kokosfett) bis > 170 (Leinöl).

## Warum sind Doppelbindungen in Ölen wichtig?

Doppelbindungen sind wichtig, denn sie sind nicht sehr stabil. Man könnte sagen, ungesättigte Fettsäuren seien „hungrig“. Wenn ein geeigneter Reaktionspartner auf die Doppelbindung trifft, reagiert er mit ihr. Genau das nutzt die Oleochemie, um aus Pflanzenölen verschiedenste Chemikalien herzustellen. Dabei nutzt sie übrigens nur die einzelnen Fettsäuren (s. Abb. 7 – 9). Sie werden daher zuerst mit Laugen vom Glycerin abgetrennt.

**BACHELORSTUDIENGANG Chemie- und Bioingenieurwesen**

**WAS IST CHEMIE- UND BIOINGENIEURWESEN?**  
 Der Studiengang Chemie- und Bioingenieurwesen befasst sich mit der Anwendung von chemischen und biologischen Prinzipien in der Technik und der industriellen Produktion. Als Chemie- und Bioingenieur\*in leistest du einen wertvollen Beitrag für die Erforschung und Etablierung neuer zukunftsgewandter, ressourcenschonender und klimafreundlicher Technologien und damit zur nachhaltigen Entwicklung unserer Gesellschaft.

**WELCHE VORAUSSETZUNGEN MUSS ICH MITBRINGEN?**  
 Chemie- und Bioingenieurwesen ist das richtige Studienfach für dich, wenn...  
 du ein Verständnis von **naturwissenschaftlichen und mathematischen Zusammenhängen** sowie von Technik hast.  
 du Interesse an **Nachhaltigkeit und Klimaschutz** hast.  
 du gerne **neue Dinge** ausprobierst und sie dir selber erarbeiten möchtest.  
 dir es Spaß bringt, die erlernte Dinge auch **praktisch experimentell auszuprobieren**.  
 du gerne in **Gruppen** arbeitest, dich einbringst und dir Hilfe suchst, wenn du einen Knoten im Kopf hast.

**Wo kann ich später arbeiten?**  
 Chemie- und Bioingenieur\*innen werden überall gebraucht. Sie sind an allen Entwicklungsschritten eines Produktes beteiligt. Entsprechend werden auch Prozesse und Anlagen zur Herstellung von Produkten von ihnen entwickelt, konstruiert und gebaut. Hier ein paar Beispiele:  
 Lebensmittelindustrie, Kreislaufwirtschaft, Pharmaindustrie, Energieerzeugung, Anlagenbau, Behörden, Ämter, Banken, Versicherungen, Patentwesen

**WIESO DIE TU HAMBURG?**  
**EN GUTES FUNDAMENT**  
 Der Studiengang bietet dir eine solide Grundlagenausbildung, die interdisziplinär und praxisnah ist.  
**Theorie und Praxis**  
 Du hast die Möglichkeit, Praxiserfahrungen durch Exkursionen, Praktika, Projekte und Forschungsarbeiten zu sammeln, die auch mit Industriepartnern durchgeführt werden.  
**Studieren in Hamburg**  
 Hamburg ist eine lebendige und internationale Stadt mit vielen Möglichkeiten für Kultur, Freizeit und Karriere.

**Mit Chemie und Biologie zu mehr Klimaschutz!**

Stand 02/2023

**BACHELORSTUDIENGANG Chemie- und Bioingenieurwesen**

**WIE IST DAS STUDIUM AN DER TUHH AUFGEBAUT?**  
 In deinem Studium lernst du naturwissenschaftliche (Chemie, Biologie, Physik und Mathematik), ingenieurwissenschaftliche (Mechanik, Messtechnik, Konstruktion) und prozesstechnische Grundlagen (Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung).  
 Im vierten Semester setzt du mit der Wahl der Vertiefung einen Schwerpunkt in dem Bereich, der dich sehr interessiert.  
 Dein Studium schließt du mit der Bachelorarbeit ab, in der du dich einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung widmest und dein erlerntes Wissen gezielt anwendest.

1	2	3	4	5	6
Einführung in das Chemie- und Bioingenieurwesen, 3 LP	Grundlagen des Technischen Zeichnens, 3 LP	Chemische Reaktionstechnik, 6 LP	Wärme- und Stoffübertragung, 6 LP	Prozess- und Anlagentechnik, 6 LP	Prozess- und Anlagentechnik, 6 LP
Mathematik I, 8 LP	Mathematik II, 8 LP	Mathematik III, 8 LP	Grundlagen der Strömungsmechanik, 6 LP	Thermische Grundoperationen, 6 LP	Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik, 6 LP
Technische Mechanik I (Statische), 8 LP	Technische Mechanik II (Elastostatik), 8 LP	Technische Thermodynamik I, 6 LP	Phasengleichgewichte, thermodynamik, 6 LP	Grundlagen der Regelungstechnik, 6 LP	Vertiefung, 3 LP
Allgemeine und Anorganische Chemie, 6 LP	Organische Chemie, 6 LP	Messtechnik, 6 LP	Informatik für Ingenieure, 6 LP	Ökologische und Ökonomische Prozessbewertung, 6 LP	Bachelorarbeit im Themengebiet der Vertiefung, 12 LP
Biologische und Biochemische Grundlagen, 8 LP		Bioproszess-technik I, 6 LP	Vertiefung, 6 LP	Vertiefung, 6 LP	
	Technische Thermodynamik I, 6 LP	Nichttechnisches Angebot, 6 LP	Vertiefung, 3 LP		

**WELCHE PASSENDEN MASTERSTUDIENGÄNGE GIBT ES?**  
 • Verfahrenstechnik  
 • Bioverfahrenstechnik  
 • Regenerative Energien  
 • Chemical- and Bioprocess Engineering  
 • Internationales Wirtschaftsingenieurwesen\*  
 \* bei entsprechender Wahl der Module

**VERTIEFUNGSRICHTUNGEN**  
 • Chemieingenieurwesen  
 • Bioingenieurwesen

**WIE BEWERBEICH MICH FÜR DAS BACHELORSTUDIUM?**  
 Der Bewerbungszeitraum für ein Bachelorstudium ist immer vom 1. Juni bis 15. Juli. Du bewirbst dich vollständig online. Das Studium beginnt dann im Wintersemester (Oktober).

→ Studiengangangebot  
 → Bewerbung

Stand 02/2023

## Weitere Studien- und Berufsorientierungsinformationen

- ⇒ **Ausbildungsorientierung:** <https://www.elementare-vielfalt.de>
- ⇒ **Studienorientierung:**
  - Alle TUHH-Studiengänge & Information zur Bewerbung: [www.stuhhdium.de](http://www.stuhhdium.de)
  - TUHH Dekanat zu Chemie & Biologie: <https://www.tuhh.de/tuhh/dekanate/verfahrenstechnik>
  - Die Fachschaft (Infos von Studierenden): <https://www.tuhh.de/fsrv/aktuell>
- ⇒ **YouTube Videos mit Studieninformation:**  
**Ein Student erzählt (2,5 Minuten):** <https://youtu.be/s-CUHu5miVo>  
**Ausführliche Info (60 Minuten):** <https://youtu.be/aYqyleUPyzM>
- ⇒ **Angebote für Schüler\*innen:**  
**Websites mit Angeboten:** [www.tuhh.de/nachwuchs](http://www.tuhh.de/nachwuchs) & [www.nachwuchscampus.de](http://www.nachwuchscampus.de)  
**Mitmach-Experimentierwebsite:** [www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de)  
**Instagram:** @chemie\_und\_bioingenieurwesen, @tuhamburg und @mint\_nachwuchscampus

