



| | | |
|---------------|---|-----------------------|
| Chemie | Chemiefasern am Beispiel von Polyester- und Polyamidfasern | Klasse 11 – 13 |
|---------------|---|-----------------------|

Aufgaben

- 1 Stellen** Sie jeweils Vor- und Nachteile der vorgestellten Möglichkeiten (**M1a**) der Synthese von Chemiefasern dar.
- 2 Beurteilen** Sie aus ökologischer Perspektive die steigende Polyesterfaser-Produktion (**M1b**).
- 3 Stellen** Sie die Reaktionsgleichung für die Polyreaktion von Terephthalsäure und Ethan-1,2-diol (**M1c**) sowie von Adipinsäure und Hexan-1,6-diamin (**M1d**) auf.
Nennen Sie die entstehenden Stoff- und Kunststoffklassen der Produkte.
- 4 Erstellen** Sie ein Erklärvideo zu den Teilaufgaben 1 – 3 und greifen Sie die Stichpunkte (1) – (3) auf:
 - (1) die allgemeine molekulare Struktur von Polyamiden und Polyestern unter Nennung des Reaktionstyps sowie die hieraus resultierenden Eigenschaften der Textilfasern (**M1c, M1d**),
 - (2) ökologische und ökonomische Folgen der Rohstoffgewinnung für die *Fast Fashion* Industrie (**M1a, M1b**),
 - (3) Zusatz: aus ökologischer Sicht die Produktion der Rohstoffe für die Synthese des Polyamids Nylon 6.6[®] beurteilen (**M1b, M1d**).

Material

M1a: Rohstoffe zur Herstellung von Chemiefasern

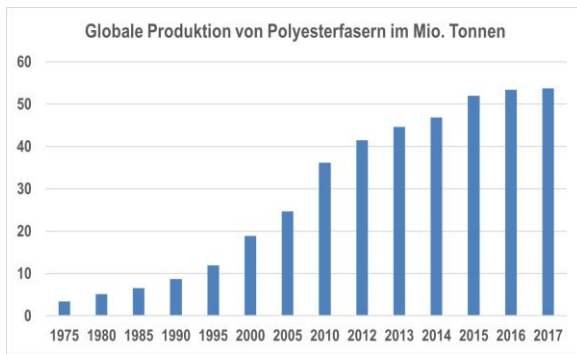
Zu den Chemiefasern zählen all diejenigen, die mittels chemisch-technischer Verfahren unabhängig von der Rohstoffart, hergestellt wurden. Dabei ist der Anteil der synthetischen Chemiefasern am größten. Im Jahr 2017 lag dieser bei etwa 70 %, wobei Polyester mit 80 % den größten Anteil an den synthetisch hergestellten Chemiefasern ausmachten. Auch Polyamide und Polyacryle zählen zu den synthetischen Chemiefasern.

Für die Synthese von Chemiefasern werden jährlich rund 0,8 % des geförderten Erdöls und Erdgases genutzt. Diese Zahl mag auf den ersten Eindruck gering erscheinen, jedoch wird von der Förderung des Rohöls bis zum fertigen Rohstoff für die Chemiefaserherstellung die Umwelt zusätzlich belastet. Unter anderem muss das Rohöl durch Cracken in kurzkettigere Moleküle zerlegt werden. Bei deren Weiterverarbeitung entstehen als Emissionen flüchtige organische Verbindungen wie Methan. Ferner ist der Energiebedarf hoch; auch das Einleiten von Schadstoffen in das Abwasser belastet die Umwelt. Dennoch wird noch heute der größte Anteil der synthetischen Chemiefasern petrochemisch erzeugt, weil Erdöl einer der preiswertesten Rohstoffe für die Synthese ist. Auch Chemiefasern aus abgelegten Kleidungsstücken kommen als Sekundärrohstoffe für die Herstellung neuer Chemiefasern in Frage. Bedingt durch Erdöl als knapper werdende Ressource wird versucht, Chemiefasern zu recyceln. Dies stellt sich jedoch als Herausforderung dar, weil in Kleidungsstücken oft Fasergemische genutzt werden, welche aufwendig getrennt werden müssen und die Qualität der recycelten Fasern schlechter ist als die der direkt aus petrochemischen Ressourcen erzeugten Chemiefasern.

Hofer, A.: Textil- und Modelexikon, Band 1, Frankfurt, 7. Aufl. 1997; Umweltbundesamt (2016): Schwerpunkte 2016: Der Preis der Schönheit, S. 11-28, URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp2016_web.pdf [10.12.20]; Heinrich-Böll-Stiftung: Der Plastikatlas, 5. Aufl. 2020, URL: https://www.boell.de/sites/default/files/2020-11/Plastikatlas%202019%205.Auflage%20web.pdf?dimension1=ds_plastikatlas [11.12.20]

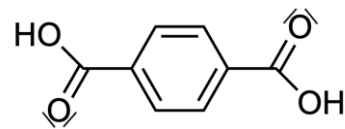
M1b: Synthetische Fasern haben Einfluss auf die Klimakrise

Allein im Jahr 2015 wurden 706 Mrd. kg CO₂-Äquivalente durch die Produktion von Polyester-Fasern freigesetzt. Im gleichen Jahr wurden 1,2 Mrd. t CO₂-Äquivalente durch die Textilindustrie freigesetzt – eine Menge, die größer ist als die durch Schifffahrt und internationale Flüge freigesetzte CO₂-Menge zusammen. Dies entspricht dem Ausstoß von 185 Kohlekraftwerken in einem Jahr. Die Einheit CO₂-Äquivalente ist eine vom Weltklimarat festgelegte Kategorie, um die Wirkung verschiedener Treibhausgase vergleichen zu können. Pro T-Shirt auf der Basis von Polyestern werden 5,5 kg CO₂-Äquivalente freigesetzt und damit mehr als doppelt so viele wie bei der Produktion eines T-Shirts auf der Basis von Baumwolle. Vor allem die steigende Nachfrage nach immer neuen Kollektionen (*Fast Fashion*) hat die erhöhte Produktion von Polyesterfasern zur Folge, die zu einem sehr großen Teil für textile Bekleidung genutzt werden. Dabei vermarktet ein Kleidungsunternehmen bis zu 12 Kollektionen in einem Jahr, wohingegen früher nur eine Frühjahr/Sommer- und eine Herbst/Winterkollektion herausgebracht wurde. Die Bekleidungsunternehmen regieren damit auf die erhöhte Nachfrage der Verbraucher*innen.



M1c: Polyester chemisch betrachtet – Polyethylterephthalat

Polyethylterephthalat ist ein Kunststoff, der durch die Polyreaktion von Terephthalsäure (vgl. rechts) und Ethan-1,2-diol entsteht. Im Handel unter dem Namen PET, kennt man diesen Kunststoff vorwiegend aus dem Supermarktregal, wo Getränke oft in PET-Flaschen abgefüllt sind.



Aber auch Textilfasern werden aus PET hergestellt. Die besonders widerstandsfähigen Eigenschaften von Polyesterfasern sind gleichzeitig ihr größter Vorzug und Nachteil. Fasern aus PET sind äußerst scheuerfest, was auf viele geordnete (kristalline) Bereiche in der Faserstruktur zurückzuführen ist. Ebenso ist PET nicht biologisch abbaubar und gelangt damit unter anderem in Form von Makro- und Mikroplastik in die Umwelt und schädigt Flora und Fauna. Besonders aquatische Lebewesen leiden unter diesen Umständen. Bedingt durch die Entwicklung in der *Fast Fashion* Industrie zeichnet sich in diesem Trend auch noch keine Umkehrung ab.

M1d: Polyamide am Beispiel von Nylon

Nylon wird aus den Monomeren Hexan-1,6-disäure (Adipinsäure) und Hexan-1,6-diamin hergestellt, weshalb es auch Polyamid 6.6 genannt wird. Allein im Jahr 2019 wurden in den USA 600.000 t Nylon produziert, Tendenz steigend. Dabei ist die Produktion des Monomers Adipinsäure alles andere als klimaverträglich, da pro Tonne Adipinsäure ca. 0,3 t Lachgas (N₂O) entstehen. Lachgas hat ein wesentlich höheres Klimapotential als Kohlenstoffdioxid; eine Tonne Lachgas entsprechen ungefähr 300 CO₂-Äquivalenten.

Heinrich-Böll-Stiftung: Der Plastikatlas, 5. Aufl. 2020, URL: https://www.boell.de/sites/default/files/2020-11/Plastikatlas%202019%205.Auflage%20web.pdf?dimension1=ds_plastikatlas [11.12.20]; WDR: Quarks - So macht unsere Kleidung die Umwelt kaputt, URL: <https://www.quarks.de/umwelt/kleidung-so-macht-sie-unsere-umwelt-kaputt/> [27.12.20]; Greenpeace: Gefahr aus dem Kleiderschrank, URL: <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/i03971-20170718-greenpeace-flyer-mikrofasen.pdf> [11.12.20]; Statista: Nylon production in the United States from 1990 to 2019, URL: <https://www.statista.com/statistics/975599/us-nylon-production-volume/> [11.12.20]; Umweltbundesamt: Schwerpunkte 2016: Der Preis der Schönheit, S. 11-28, URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp2016_web.pdf [10.12.20]; Abbildungen: eigene Darstellung.