

## „Ich war eine Flasche“

### Thema *Polykondensation*

#### 2.1 Infos und Ziele

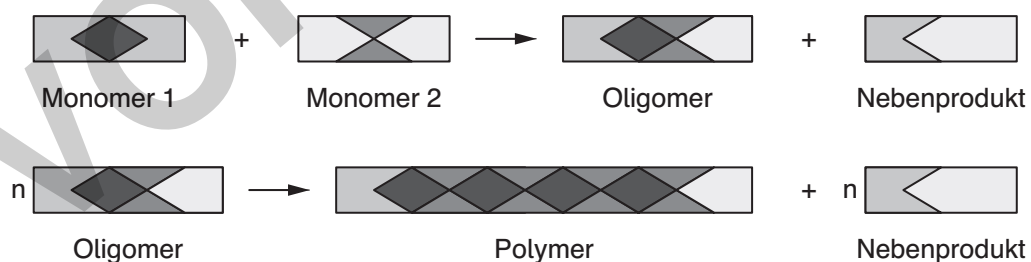
In diesem Mystery beschäftigen sich die Schüler mit der Polykondensation am Beispiel des PET. Für die Zusatzaufgabe sollten Sie entweder einen Experimentiertisch vorbereiten oder Experimentekisten zusammenstellen, sodass die Schüler bei Bedarf das Experiment aus der Zusatzaufgabe auch durchführen können.

##### *Polykondensation*

Die Polykondensation ist eines der wichtigsten Verfahren der Polymerchemie. Sie gelang als Erstes dem deutschen Chemiker Adolf Baeyer 1872. Dabei entdeckte er das Bakelit, welches aus der Polykondensation von Phenol und Formaldehyd entsteht.

Die Polykondensation läuft in Stufen ab, wobei stabile, aber weiterhin reaktionsfähige Zwischenprodukte gebildet werden, die Oligomere. Bei jeder dieser Kondensationsreaktionen werden einfach gebaute Moleküle (meist Wasser) abgespalten. Die Oligomere reagieren anschließend untereinander und verbinden sich so allmählich zu Makromolekülen, den Polymeren.

Als Ausgangsstoffe kommen für eine Polykondensation nur solche Stoffe in Frage, die mindestens zwei funktionelle Gruppen besitzen (z. B.  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$ ,  $-CHO$  ...). Meist reagieren dabei Monomere mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen miteinander. Die freigesetzten Nebenprodukte müssen kontinuierlich dem System entzogen werden, da die Reaktion sonst stoppt.

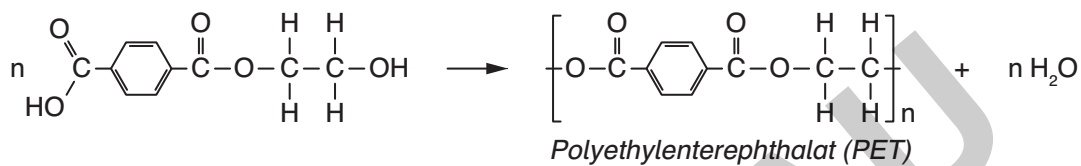
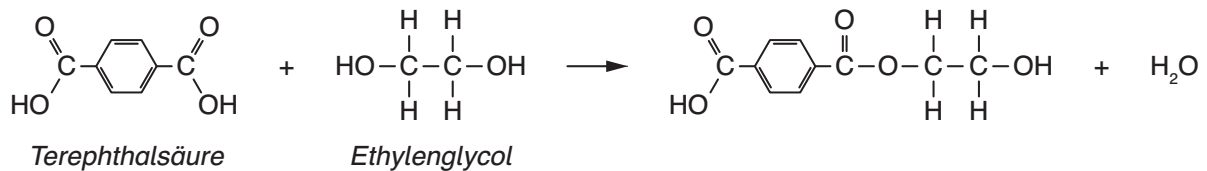


##### *PET (Polyethylterephthalat)*

PET wurde 1941 in England im Labor eines Textilunternehmens erfunden. Dort gelang die Herstellung eines Polyesters aus Ethylenglycol und Terephthalsäure, das sich zur Faserherstellung eignete. In Deutschland wurden diese Fasern in den 50er-Jahren unter den Namen „Trevira“ und „Diolen“ auf den Markt gebracht. 1978 stellten die Amerikaner zum ersten Mal Flaschen aus PET her, die zehn Jahre später auch ihren Einzug in Deutschland hielten. Der große Vorteil lag vor allem im niedrigen Gewicht und der scheinbaren Bruchsicherheit. Außerdem war es auch gut recycelbar.

Jedoch birgt die PET-Flasche gegenüber der Glasflasche auch Probleme: PET ist nicht gasdicht, weshalb Kohlensäure entweichen kann. Gesundheitsschädliches Ethanal, das nach einiger Zeit als Abbauprodukt entsteht, kann in die Flüssigkeit gelangen. PET-Flaschen sind nicht hitzebeständig und können so schwer sterilisiert werden.

Bei der PET-Herstellung reagiert die Carboxylgruppe der Terephthalsäure mit der Hydroxylgruppe des Ethylenglycols unter Wasserabspaltung zu einem Ester. Da Terephthalsäure und Ethylenglycol jeweils zwei funktionelle Gruppen besitzen, kann das Estermolekül an seinen Enden jeweils mit weiteren Oligomeren zu einem Polyester, dem PET, reagieren. Bei jeder dieser Reaktionen wird Wasser freigesetzt (Kondensation).



## 2.2 Story<sup>1</sup>

Mode aus recyceltem Kunststoff soll die Lösung bringen für die Plastikflut an Land und im Meer. Damit kein weiteres Plastik mehr entsteht und Plastikmüll reduziert wird, spinnen nun einige Textilunternehmer recycelte PET-Flaschen zu Garn. Dafür werden die Flaschen aus PET (Polyethylenterephthalat) gesammelt und die meisten von ihnen nach China verschifft. Die PET-Flaschen werden gewaschen, die Etiketten, Kleber und Deckel entfernt und die Flaschen farblich sortiert. Anschließend werden die PET-Flaschen geschreddert und eingeschmolzen. Die PET-Schmelze wird nun zu kleinen Pellets gegossen, aus denen Fäden gezogen werden können. Diese Fäden können wiederum gefärbt und zu neuen Kleidungsstücken verarbeitet werden. Zum Schluss kehrt der damit hergestellte Fleece-Pullover wieder nach Deutschland zurück. Erst trinken wir also die Flasche aus, die wir vielleicht später im Laden als Pullover wiederfinden.

Mit dieser Methode werden gegenüber der Herstellung von neuen Fasern 95 % Wasser und zwei Drittel Energie gespart. 16 PET-Literflaschen ergeben einen Fleece-Pullover. Der Materialeinsatz liegt bei etwa 32 Cent.

### Zusatz: Du hast die Fäden in der Hand

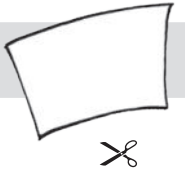
Als Zusatz sollen die Schüler sich folgendes Experiment erschließen und durchführen:

**Material:** Brenner, Tiegelflange, Schere, PET-Flasche

**Durchführung:**

- Schneide aus dem unteren Teil einer PET-Flasche einen ca. 5 cm langen Streifen heraus.
- Halte den PET-Streifen mit der Tiegelflange in den heißen Luftstrom über der Brennerflamme (nicht in die Flamme!).
- Sobald der PET-Streifen zu schmelzen beginnt, nimm ihn wieder heraus und setze das geschmolzene Ende auf den oberen Teil der PET-Flasche.
- Ziehe den PET-Streifen ruckartig weg und mache einen möglichst langen Faden.

<sup>1</sup> vgl. auch [https://www.deutschlandfunkkultur.de/oekobilanz-von-1000000-pet-flaschen-zu-einem-fleece-pullover\\_aid=421540](https://www.deutschlandfunkkultur.de/oekobilanz-von-1000000-pet-flaschen-zu-einem-fleece-pullover_aid=421540)

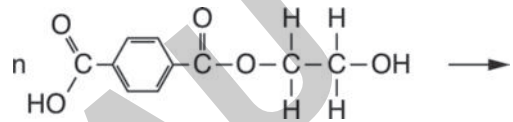


Mit dieser Methode werden gegenüber der Herstellung von neuen Fasern 95 % Wasser und zwei Drittel Energie gespart.

Jetzt waren wir eine PET-Schmelze, die zu Pellets gegossen wurde.



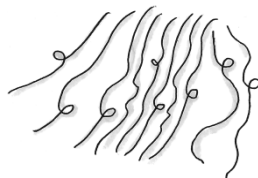
Vor Kurzem hast du mich ausgetrunken und in den Pfandautomaten geschoben.



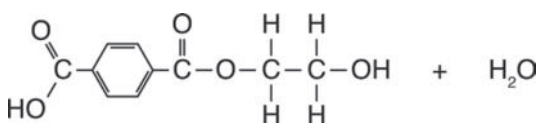
Die Carboxylgruppe (-COOH) der Terephthalsäure reagiert mit der Hydroxylgruppe (-OH) des Ethylenglycols unter Wasserabspaltung zu einem Ester.



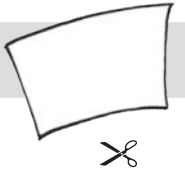
Aus den Pellets konnte man aus uns nun Fäden ziehen.



Meine ersten Vorfahren wurden 1941 im Labor eines englischen Textilunternehmens entdeckt.



In China wurden wir tüchtig geschrubbt und alle Etiketten, Kleberreste und Deckel wurden von uns entfernt.

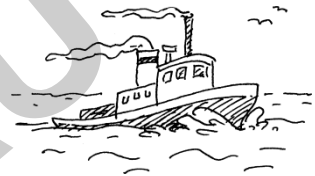


**Polykondensation:** Mehrfach ablaufende Kondensationsreaktion, bei der Monomere in Polymere (Kunststoffe) überführt werden.

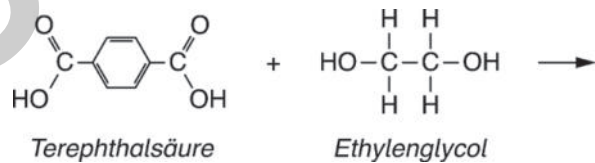
Irgendjemand fand mich toll und stellte aus mir einen Fleece-Pullover her.



Mit all meinen Flaschenfreunden habe ich dann eine weite Seereise bis nach China unternommen.



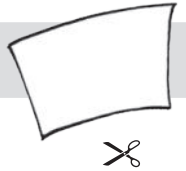
1978 wurden zum ersten Mal Flaschen aus PET hergestellt.



Ich, als PET-Faden, wurde schön bunt gefärbt.

Die Monomere mit jeweils mindestens zwei funktionellen Gruppen verbinden sich unter Abspaltung eines Nebenproduktes zu Oligomeren.





## 2.4 Zusatzkärtchen

Du hast die Fäden in der Hand

<p>Ziehe den PET-Streifen ruckartig weg und mache einen möglichst langen Faden.</p>	<p>Entzünde die Brennerflamme.</p>
<p>Schneide aus dem unteren Teil einer PET-Flasche einen ca. 5 cm langen Streifen heraus.</p>	<p>Sobald der PET-Streifen zu schmelzen beginnt, nimm ihn wieder heraus und setze das geschmolzene Ende auf den oberen Teil der PET-Flasche.</p>
<p>Kannst du aus mehreren Fäden etwas designen?</p>	<p><b>Du benötigst:</b> Brenner, Tiegelzange, Schere, PET-Flasche, Streichholz oder Feuerzeug</p>
<p>Halte den PET-Streifen mit der Tiegelzange in den heißen Luftstrom über der Brennerflamme (nicht in die Flamme!).</p>	