

KLAUSUR – POLYETHYLEN UND POLYSTYROL

Material

Polyethylen (PE) gehört zu den wichtigsten Massenkunststoffen und wurde erstmals 1933 zufällig in Großbritannien hergestellt, als E. W. Fawcett und R. O. Gibson unter Hochdruck unkontrolliert polymeres Material aus Ethylen erhielten. PE ist ein flexibler Thermoplast, der heute in Folien, Kabelisolierungen, Flaschen und Rohren verwendet wird. Die Herstellung erfolgt über eine Kettenpolymerisation des Monomers Ethylen, einem Alken. Je nach Herstellungsbedingungen entstehen unterschiedliche Strukturvarianten (z. B. LDPE und HDPE), die sich hinsichtlich Kristallinität und Festigkeit unterscheiden.

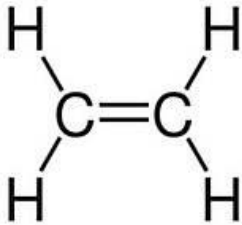


Abb. 1: Strukturformel
Ethylen $\text{CH}_2=\text{CH}_2$



Produkte aus Polyethylen



Produkte aus Polystyrol

Polyethylene Polypropylene

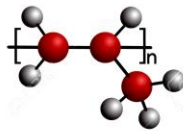
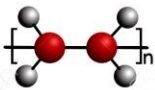
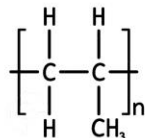
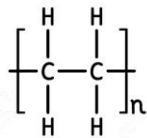


Abb. 2: Ausschnitt einer PE-Kette –
[$-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)-_n$]
und einer PP-Kette(rechts)

Polystyrol (PS) wurde im frühen 20. Jahrhundert von Hermann Staudinger wissenschaftlich beschrieben und später industriell eingeführt. Polystyrol wird aus dem Monomer Styrol hergestellt, ebenfalls über eine radikalische Kettenpolymerisation. Wegen der starren Phenylgruppe in der Seitenkette ist Polystyrol spröder und weniger flexibel als Polyethylen. Es wird u. a. in Verpackungen, Einwegartikeln, Dämmstoffen (EPS „Styropor“) und Modellbauteilen verwendet.

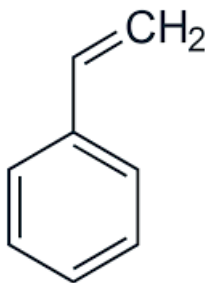


Abb. 3: Strukturformel Styrol $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$

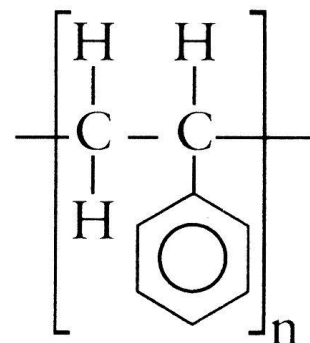


Abb. 4: Ausschnitt einer PS-Kette
 $-(\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5))-_n$

Vergleichstabelle (Auszug):

Eigenschaft	PE	PS
Substituenten	keine	Phenylgruppe
Beweglichkeit der Kette	hoch	eingeschränkt
Kristallinität	möglich (HDPE)	nicht kristallin (amorph)
Transparenz	trüb	klar
Glasübergangstemperatur T _g	sehr niedrig	hoch (~100 °C)
Mechanik	flexibel	hart/spröde

Aufgaben

1. (4 BE)

Benennen Sie die Monomere von Polyethylen und Polystyrol vollständig und geben Sie jeweils die funktionelle Gruppe an, die für die Polymerbildung verantwortlich ist.

2. (6 BE)

Erklären Sie, warum sowohl PE als auch PS über eine radikalische Kettenpolymerisation entstehen. Gehen Sie ein auf:

- die aufzubrechende Bindung
- das entstehende reaktive Zentrum
- den Aufbau des Polymergerüsts

3. (6 BE)

Stellen Sie für PE und PS jeweils eine vereinfachte Polymerisationsgleichung auf.

- Monomer mit Doppelbindung
- Pfeil zur Polymerstruktur
- Wiederholungseinheit mit Index n (Hinweis: Nutzen Sie Abb. 2 und Abb. 4.)

4. (8 BE)

Vergleichen Sie die Molekülstrukturen von PE und PS.

- 4.1 Warum ist PE flexibel?
- 4.2 Warum ist PS spröde und hart?
- 4.3 Welche Rolle spielen Seitenketten für die Beweglichkeit von Polymerketten?
- 4.4 Warum unterscheiden sich die T_g-Werte so stark?

5. (8 BE)

Nutzen Sie die Tabelle im Material, um folgende Eigenschaften strukturell zu erklären:

- Transparenz / Trübung
- Dichte und mögliche Kristallinität
- mechanische Flexibilität
- Verhalten beim Erwärmen (T_g, T_m)

Beziehen Sie sich ausdrücklich auf mindestens zwei Tabellenzeilen.

6. (8 BE)

Polystyrol existiert in verschiedenen Varianten.

- 6.1 Begründen Sie, warum massives PS spröde ist.
- 6.2 Erklären Sie, warum EPS („Styropor“) trotz gleicher Polymerart sehr gute Wärmedämmung zeigt.
- 6.3 Nennen Sie einen Grund, weshalb PE sich für bewegliche Bauteile eignet, PS jedoch nicht.

Erwartungshorizont

Aufgabe 1 – Erwartet wird (4 BE):

PE: Monomer Ethylen; funktionelle Gruppe: Doppelbindung C=C; Polymerbildung durch Öffnung der Doppelbindung

PS: Monomer Styrol; funktionelle Gruppe: Doppelbindung C=C; Phenylgruppe bleibt Seitenkette

Zusatz: korrekte Benennung (Ethen / Styren)

Aufgabe 2 – Erwartet wird (6 BE):

π -Bindung der Doppelbindung ist reaktiv und kann radikalisch geöffnet werden; Öffnung erzeugt Radikale an beiden C-Atomen; fortlaufende radikalische Addition führt zum Kettenwachstum; Abbruch durch Rekombination oder Disproportionierung

Zusatz: Initiator (Peroxid) erwähnbar

Aufgabe 3 – Erwartet wird (6 BE):

PE: $n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$

PS: $n \text{ CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5 \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-]_n$

Zusatz: korrekte Wiederholungseinheit; saubere Strichform

Aufgabe 4 – Erwartet wird (8 BE):

4.1 PE flexibel: keine Seitenketten; freie Rotation; geringe sterische Hinderung

4.2 PS spröde: sperrige Phenylgruppen; sterische Blockade; eingeschränkte Bewegung

4.3 große Seitenketten reduzieren Beweglichkeit allgemein

4.4 unterschiedliche Tg: PE sehr niedrig wegen hoher Beweglichkeit; PS hoch wegen eingeschränkter Rotation

Zusatz: Bezug auf intermolekulare Kräfte

Aufgabe 5 – Erwartet wird (8 BE):

Transparenz: PE trüb durch Kristallinität; PS klar durch amorphe Struktur

Dichte/Kristallinität: PE kann dicht packen; PS nicht

Flexibilität: PE flexibel; PS steif

Tg: PE niedrig, PS hoch

Zusatz: mindestens zwei klare Bezüge zur Tabelle

Aufgabe 6 – Erwartet wird (8 BE):

6.1 massives PS spröde: starre Phenylgruppen; hohe Tg

6.2 EPS dämmt gut: geschäumte Struktur; viele Lufteinschlüsse

6.3 PE beweglich: lineare Kette ohne große Seitenketten

Zusatz: Begriff „Schaumpolymer“

Gesamtpunktzahl: **40 BE**