

Kunststoffe und ihre Eigenschaften – Struktur-Eigenschafts-Beziehungen erklären

Arbeitsblatt 1: Kunststoffe – Grundlagen und Beispiele

Aufgabe 1:

a)

Gegenstand	Form	Härte	Verformbarkeit	Verwendung	Kategorie
PET-Flasche	hohl, dünnwandig	eher hart	begrenzt eindrückbar	Getränkebehälter	Thermoplast
Frischhaltefolie	dünn, flächig	weich	gut verformbar	Verpackung	Thermoplast
Gummiband	länglich, dünn	weich	elastisch dehnbar	Bündeln, Befestigen	Elastomer
Smartphonehülle	passgenau, flexibel	weich bis mittelhart	elastisch/verformbar	Schutz	Elastomer/Thermoplast
Steckdosengehäuse	fest, formstabil	hart	kaum verformbar, bricht eher	Schutz, elektrische Isolation	Duroplast
Lineal aus Kunststoff	länglich, flach	hart	begrenzt biegsam	Messen, Zeichnen	Thermoplast
Kabelisolierung	schlauchförmig	weich	flexibel	elektrische Isolation	Thermoplast/Elastomer

b) Aufbau der Polymerketten

Aufgabe 2

Kunststoff

- Werkstoff aus überwiegend synthetisch oder halbsynthetisch hergestellten Polymeren
- Eigenschaften gezielt veränderbar

Polymer

- Makromolekül

Monomer

- kleiner, reaktionsfähiger Grundbaustein
- viele Monomere verbinden sich zu einem Polymer

Zusammenhang

- Monomere reagieren miteinander
- daraus entstehen lange Polymerketten
- Struktur der Polymere bestimmt die Eigenschaften des Kunststoffs

Aufgabe 3

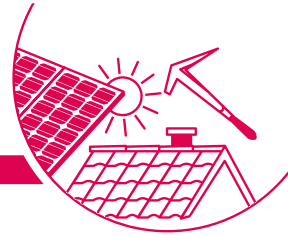
a) Duroplaste, Elastomere und Thermoplaste vergleichen

Kunststofftyp	Eigenschaften	Mechanische Belastung	Erwärmung
Thermoplast	weich bis hart, formbar, schmelzbar	plastisch verformbar, teilweise biegsam	wird weich, schmilzt, neu formbar
Elastomer	gummiartig, elastisch, flexibel	dehnbar, kehrt weitgehend in Ausgangsform zurück	schmilzt nicht, zersetzt sich bei starker Erwärmung
Duroplast	hart, formstabil, spröde	kaum verformbar, bricht eher	schmilzt nicht, zersetzt sich

b) Kategorien zuordnen

- PVC-Dachbahn: Thermoplast
- EPDM-Dichtungsbahn: Elastomer
- PUR-Hartschaum: Duroplast beziehungsweise stark vernetzter Kunststoff





Aufgabe 4

EPDM-Dichtungsbahn

- Einsatzbereich:
 - Abdichtung von Flachdächern
- benötigte Eigenschaften:
 - wasserdicht
 - elastisch
 - reißfest
 - UV-beständig
 - witterungsbeständig
 - temperaturbeständig
- Begründung:

PVC-Dachbahn

- Einsatzbereich:
- benötigte Eigenschaften:
 - wasserdicht
 - witterungsbeständig
 - temperaturbeständig
- Begründung:

PUR-Hartschaum

- Einsatzbereich:
- benötigte Eigenschaften:
 - geringe Wärmeleitfähigkeit
 - formstabil
 - druckfest
 - geringe Wasseraufnahme
- Begründung:

Polymermodifizierte Bitumenbahn

- Einsatzbereich:
 - Abdichtung
- benötigte Eigenschaften:
 - temperaturbeständig
 - haftfähig
- Begründung:

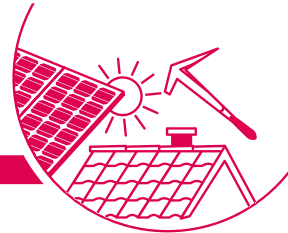
PU-Harz / Flüssigkunststoff

- Einsatzbereich:
 - Reparatur von Rissen
- benötigte Eigenschaften:
 - flüssig verarbeitbar
 - haftfähig
 - schnell aushärtend
 - wasserdicht
- Begründung:

Aufgabe 5

Aussage: „Für den Einsatz im Flachdach reicht es nicht aus, dass ein Kunststoff wasserdicht ist.“

- Begründung:
 - Abdichtung muss langfristig funktionsfähig bleiben



Arbeitsblatt 2: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Kunststoffen

Aufgabe 1

a)

Anforderung	Belastung
Wasserdichtigkeit	Regen, Schnee, stehendes Wasser
UV-Beständigkeit	Sonneneinstrahlung
Temperaturbeständigkeit	Hitze, Frost, Temperaturwechsel
Reißfestigkeit	Wind, Bewegung des Daches, mechanische Belastung
Elastizität	Dehnung und Schrumpfung durch Temperaturänderungen
Druckfestigkeit	Begehung, Auflast, Dachschichten
geringe Wärmeleitfähigkeit	Wärmeverluste
chemische Beständigkeit	Luftschadstoffe, saurer Regen, Kontakt mit Baustoffen

b) + c)

Abdichtung

- wasserdicht
- elastisch
- reißfest
- UV-beständig
- witterungsbeständig
- temperaturbeständig
- Bitumen

Dämmung

- geringe Wärmeleitfähigkeit
- druckfest
- formstabil
- geringe Wasseraufnahme
- PVC

Reparatur von Rissen

- flüssig verarbeitbar
- haftfähig
- schnell aushärtend
- elastisch oder rissüberbrückend
- wasserdicht
- Bitumen

Aufgabe 2

Thermoplaste

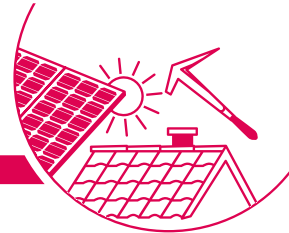
- lange, meist lineare oder verzweigte Polymerketten
 - verformbar und schmelzbar

Duroplaste

- stark kovalent vernetzte Polymerketten
 - formstabil, kaum elastisch, nicht schmelzbar

Elastomere

- Polymerketten geringfügig vernetzt
 - Elastisch, nicht schmelzbar



Aufgabe 3

a)

Eigenschaft	Thermoplast	Elastomer	Duroplast
Härte	weich bis hart	weich bis fest	hart
Elastizität	gering bis mittel	hoch	gering
Verformbarkeit bei Erwärmung	sehr gut	kaum, keine Schmelze	keine, keine Schmelze
Verhalten bei mechanischer Belastung	plastische Verformung möglich	elastische Verformung	spröder Bruch
Schmelzbarkeit	schmelzbar	nicht schmelzbar	nicht schmelzbar
Formstabilität	temperaturabhängig	elastisch formstabil	sehr formstabil

b) Vernetzungsgrad vergleichen

Thermoplaste

- keine kovalente Vernetzung
- schmelzbar und verformbar

Elastomere

- elastische Rückstellung nach Belastung

Duroplaste

- hart, spröde, formstabil
- nicht schmelzbar

Zusammenhang

- Recycling durch Einschmelzen möglich

c) Strukturelle Merkmale

- Länge der Polymerketten

Aufgabe 4

a) Thermoplaste beim Erwärmen

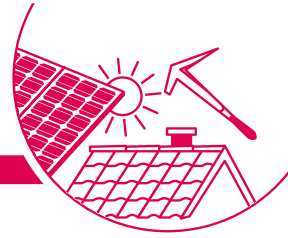
- keine kovalenten Bindungen zwischen den Polymerketten
- Wärme erhöht Beweglichkeit der Polymerketten
- Kunststoff wird weich, zähflüssig oder schmelzbar

Nachhaltigkeitsvorteil

- Einschmelzen möglich
- Recycling grundsätzlich möglich

b)

Merkmal	Hochdruck-Polyethylen / LDPE	Niederdruck-Polyethylen / HDPE
Struktur	stark verzweigte Ketten	weitgehend lineare Ketten
Dichte	niedriger	höher
Kristallinität	geringer	höher
Festigkeit	geringer	höher
Härte	weicher	härter
Flexibilität	flexibler	steifer
Packung der Ketten	weniger dicht	dichter
Schmelzbereich	niedriger	höher
typische Anwendungen	Folien, Müllsäcke, Frischhaltefolie, flexible Verpackungen	Kanister, Rohre, Flaschen, Behälter, technische Bauteile



Begründung

- viele Verzweigungen
- lineare Ketten
- dichtere Packung
- höhere Kristallinität

c) Vermutung überprüfen

Aufgabe 5

a) – c)

PUR-Hartschaum

- geringe Wärmeleitfähigkeit
- druckfest
- formstabil
- geringe Wasseraufnahme

EPDM-Dichtungsbahn

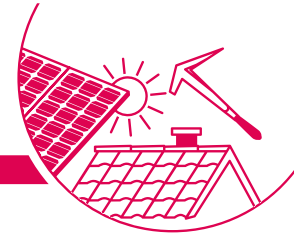
- Abdichtung von Flachdächern
- wasserdicht
- elastisch
- reißfest
- UV-beständig
- witterungsbeständig
- temperaturbeständig
- gering vernetzte Polymerketten

Polymermodifizierte Bitumenbahn

- Abdichtung von Flachdächern
- temperaturbeständig
- haftfähig
- Polymeranteile verbessern Elastizität

PU-Harz

- Reparatur von Rissen
- flüssig verarbeitbar
- wasserdicht
- witterungsbeständig
- Vernetzung beim Aushärten



Arbeitsblatt 3: Vom Monomer zum Polymer

Aufgabe 1

Lewis-Schreibweise

- ungepaartes Elektron als einzelner Punkt

Reaktivität

- ungepaartes Elektron energetisch ungünstig, Angriff auf Doppelbindungen möglich

Aufgabe 2

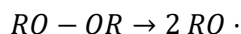
a) + c)

Reaktionsmechanismus der radikalischen Polymerisation

1. Initiation / Startreaktion

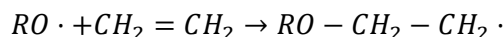
Bildung eines Startradikals aus dem Initiator

Bei einem Peroxid wird die Sauerstoff-Sauerstoff-Bindung homolytisch gespalten. Dabei entstehen zwei Radikale:



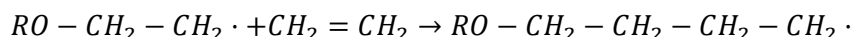
Angriff des Radikals auf Ethen

Das Radikal greift die Doppelbindung des Ethens an. Die Doppelbindung wird geöffnet und es entsteht ein neues Radikal am Kettenende:

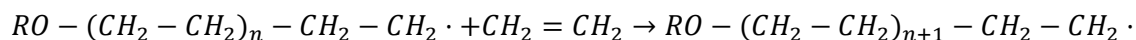


2. Propagation / Kettenwachstum

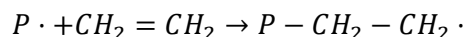
Das Kettenradikal reagiert mit einem weiteren Ethen-Molekül. Dabei wird erneut die Doppelbindung geöffnet und das Radikal bleibt am Ende der wachsenden Kette erhalten:



Allgemein lässt sich das Kettenwachstum so darstellen:



Oder vereinfacht mit einem Polymerradikal $P \cdot$:

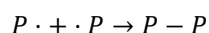


3. Termination / Kettenabbruch

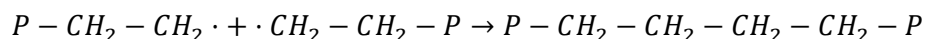
Beim Kettenabbruch reagieren zwei Radikale miteinander. Dadurch verschwindet das Radikalzentrum und das Kettenwachstum endet.

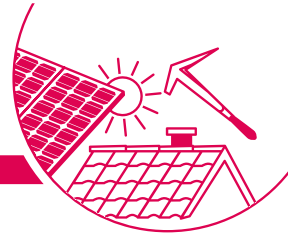
Kombination zweier Radikale

Zwei Kettenradikale verbinden sich zu einem längeren Polymermolekül:



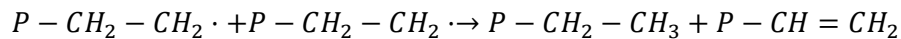
Genauer:





Disproportionierung

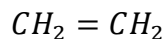
Ein Radikal überträgt ein Wasserstoffatom auf das andere. Dabei entsteht eine gesättigte und eine ungesättigte Polymerkette:



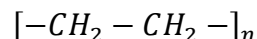
b) Reaktionsschritte

- Initiation / Startreaktion
 - Radikalbildung
 - Angriff auf Doppelbindung
- Propagation / Kettenwachstum
 - wiederholte Anlagerung von Ethen
 - Wachstum der Polymerkette
- Termination / Kettenabbruch
 - Reaktion zweier Radikale
 - Abfangen des Radikals
 - Ende des Kettenwachstums

d) Das Monomer bei der Herstellung von Polyethylen ist Ethen:



Bei der Polymerisation wird die Doppelbindung des Ethens geöffnet. Dadurch entsteht als Wiederholeinheit im Polymer:



Aufgabe 3

a) Kombination zweier Radikale

- Kettenwachstum stoppt

b) Weitere Möglichkeiten des Kettenabbruchs

Inhibitor / Radikalfänger

- Inhibitor reagiert mit Kettenradikal

Disproportionierung

- Kettenwachstum endet

Kettenübertragung

- Verbrauch des Monomers

Zusatzaufgabe

Reaktionstyp	Anforderungen an Monomere	Mechanismus	Besonderheit / Produkt	Beispiel
Radikalische Polymerisation	C=C-Doppelbindung, zum Beispiel Alkene	Kettenwachstum über Radikale	keine Abspaltung kleiner Moleküle	Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, PVC
Polyaddition	mindestens zwei funktionelle Gruppen	Stufenwachstum über Additionsreaktionen	keine Abspaltung kleiner Moleküle	Polyurethan, Epoxidharz
Polykondensation	mindestens zwei funktionelle Gruppen, zum Beispiel -OH, -COOH, -NH ₂	Stufenwachstum über Kondensationsreaktionen	Abspaltung kleiner Moleküle, zum Beispiel Wasser, Methanol, HCl	Polyester, Polyamid, Polycarbonat, Phenoplast