

## Kunststoffe

### Aufgabe 1: Kunststoffe allgemein

Bei der Synthese von Kunststoffe kommen unter anderem folgende Monomere zum Einsatz:

- Chlorethen (Vinylchlorid)
- Phenylethen (Styrol)
- 1,6-Diaminohexan (Hexamethyldiamin)
- 1,2,3-Propantriol (Glycerin)
- Ethandicarbonsäure (Bernsteinsäure)

### Aufgaben

1.1 (5) Geben Sie für die o.g. Monomere jeweils eine Strukturformel mit bindenden und nichtbindenden Elektronenpaaren an.

Monochlorethen  $\text{Cl-CH=CH}_2$ , Phenylethen  $\text{Ph-CH=CH}_2$ , 1,6-Diaminohexan  $\text{H}_2\text{N-(CH}_2)_6\text{-NH}_2$ , 1,2,3-Propantriol  $\text{HO(CH}_2)_3\text{-CH(OH)-CH}_2\text{OH} = \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , Ethandicarbonsäure  $\text{HOOC-(CH}_2)_2\text{-COOH}$

1.2 (5) Geben Sie sinnvolle Formeleinheiten (-ausschnitte) der Makromoleküle (Kunststoffe) an, die aus den Molekülen der o.g. Monomere gebildet werden können. Es sollen keine Mischpolykondensate und Mischpolymerisate berücksichtigt werden. Polychlorethen,

PVC, PS, Polyethylenglycerin, PolyethylenHMD und TB 03.10.2011

1.3 (5) Benennen Sie die Makromoleküle aus 1.2 bei denen Taktizitäten auftreten können und erläutern Sie worum es sich bei diesen drei Phänomenen handelt.

PVC, PS, und TB 05.10.2011

1.4 Benennen Sie die Monomere aus Aufgabe 1 bei deren Polyreaktion sich Duroplaste bilden können. Erläutern Sie die Unterschiede in der Struktur der Kunststoffe worauf die verschiedenen Eigenschaften der Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere beruhen. Liste Sie auf, welche Monomere jeweils für diese Kunststoffe notwendig sind?

TB 05.10.2011

1.5 Beschreiben Sie das experimentelle Vorgehen für die Herstellung eines Kunststoffes ausgehend von Phenylethen und formulieren Sie den der Reaktion zugrunde liegenden Mechanismus in allen notwendigen Schritten.

Polymerisation Abb.1 im Buch S. 364 und TB radikalische Substitution 26.09.2011

1.6 Berechnen Sie exemplarisch für eine Formeleinheit des Polymers, basierend auf den Bindungsenergien, ob bei der Reaktion von Phenylethen zu Polyphenylethen Energie benötigt wird oder die Reaktion von alleine abläuft.

S. TB 08.09.2011 Alken zu Cycloalkan = -82 kJ/mol

1.7 Nummerieren Sie die Atome im Ethandicarbonsäuremolekül mit Ausnahme der Wasserstoffatome und geben Sie für jedes Atom die Hybridisierung an.

Je doppelt:  $\text{O} = \text{sp}^2$ ;  $\text{C} = \text{sp}^2$ ,  $\text{O}^- = \text{sp}^3$ ;  $\text{C}^- = \text{sp}^3$

### Aufgabe 2: Recycling

Es gibt drei unterschiedliche Recyclingmöglichkeiten von Kunststoffabfällen.

Bei der idealen Verbrennung von Polyethylensuccinat-(PES)-Abfällen entsteht z.B. nur Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) und Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ). PES ist ein Polyester mit Ethandicarbonsäure als einem Monomer.

### Aufgaben

2.1 Zählen Sie die drei Recyclingmöglichkeiten von Kunststoffabfällen auf.

Stofflich, Chemisch, Thermisch TB 29.09.2011 und Buch.

- 2.2 Geben Sie** den Namen und die Strukturformel des zweiten Bausteines von PES **an** sowie einen Formelausschnitt, der den Bau des Polyester-moleküls erkennen lässt.  
**1,2-Ethandiol, (Glycol)  $-\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{-O-C=O}(\text{CH}_2)_2\text{-C=O}$  und TB 28.09.2011**
- 2.3 Zeigen Sie** deutlich in einer Gegenüberstellung einer Formeleinheit des Kunststoffes und der Verbrennungsprodukte durch eine Berechnung, dass bei der Verbrennung von PES-Abfällen Energie frei wird und **geben Sie an**, wie viel Energie dies für eine Formeleinheit PES ist.  
 **$-\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{-O-C=O}(\text{CH}_2)_2\text{-C=O} + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2$  und  $4\text{H}_2\text{O}$   
Bindungsenergievergleich der Edukte (+) und Produkte (-)  $\rightarrow$  (-) = exotherm  
und TB 29.09.2011**
- 2.4 Nehmen Sie** eine Formeleinheit PES, **berechnen Sie** den prozentualen Massenanteil C, H und O und **begründen Sie**, warum diese Rechnung nur ungefähre Werte ergeben kann.  
 **$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_4 = \text{C} = 50\%$ ,  $\text{H} = 5,6\%$ ,  $\text{O} = 44,4\%$  und TB 19.09.2011**

**Aufgabe 3: Anwendung von Kunststoffen** - Polyacrylsäure als Superabsorber  
Ausgangsstoff für Acrylpolymere ist die **Acrylsäure (Ethencarbonsäure)**. Polyacrylsäure löst sich gut in Wasser, aber schlecht in unpolaren Substanzen. Polyacrylsäure wird unter anderem als Wasser aufsaugender Füllstoff (Superabsorber) in Babywindeln eingesetzt.

#### Aufgaben

- 3.1 Geben Sie** einen Ausschnitt der Polyacrylsäure **an** und **benennen Sie** die Polyreaktion.  
**TB 29.09.2011 Polymerisation siehe Fragestellung!**
- 3.2 Leiten Sie** aus der Struktur der Polyacrylsäure ihr Verhalten gegenüber polaren und unpolaren Lösemitteln begründet **ab**.  
**TB 29.09.2011 siehe Fragestellung wasserlöslich = polar!**
- 3.3 Formulieren Sie** eine **begründete** Hypothese was bei dem Kontakt der Polyacrylsäure mit Urin eines kranken Menschen im basischen Milieu passiert.  
**SB Reaktion  $\rightarrow$  Salz = wasserlöslich = polar  $\rightarrow$  Kunststoff löst sich in Wasser!**
- 3.4 Die Bestimmung** der molaren Masse einer handelsüblichen Polyacrylsäure hat  $M = 50.000 \text{ g/mol}$  ergeben. **Berechnen Sie** die Anzahl der Acrylsäuremonomere die miteinander verknüpft worden sind.  
**TB 29.09.2011  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2 M = 72 \rightarrow 50000/72 = 694$**

#### Aufgabe 4: Polymerisation

## ZIEGLER-NATTA-Katalysatoren

## EXKURS



Giulio NATTA

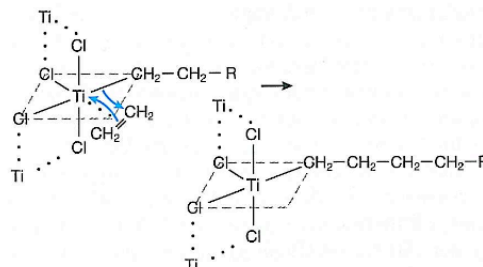
1963 wurde der Nobelpreis für Chemie dem italienischen Chemiker Giulio NATTA und dem deutschen Chemiker Karl ZIEGLER verliehen. NATTA war es gelungen, mit Hilfe der von ZIEGLER entwickelten metallorganischen Katalysatoren Propen stereospezifisch zu polymerisieren.

Metallorganische Katalysatoren haben große Bedeutung bei der Herstellung von Massenkunststoffen wie Polyethen und Polypropen. Aus Propen entsteht durch eine stereospezifische Reaktion isotaktisches Polypropen. Moderne ZIEGLER-NATTA-Katalysatoren werden aus Titan-tetrachlorid, Magnesiumchlorid und Aluminiumtriethyl hergestellt.



Karl ZIEGLER

Die Polymerisation verläuft nach einem *Insertionsmechanismus*: In einem ersten Schritt lagert sich ein Alken-Molekül an eine freie Bindungsstelle eines Titan-Komplexes an. Im zweiten Schritt schiebt sich das Alken-Molekül zwischen das Titan-Atom und den wachsenden Alkyl-Rest. Der Vorgang wiederholt sich und je nach Reaktionsbedingungen erhält man Polymere mit einem Polymerisationsgrad von 5000 bis 20 000.



1. „Ein Chemiker, der sich vornimmt ein Riesenmolekül zu synthetisieren, befindet sich in der gleichen Lage wie ein Architekt, der den Bauplan für sein Gebäude entwirft. Ihm sind eine Reihe von Bausteinen bestimmter Form und Größen vorgegeben, und seine Aufgabe ist es nun, sie so zusammenzusetzen, dass die Struktur einen bestimmten Zweck erfüllt.“ Interpretieren und bewerten Sie diese Aussage von Giulio NATTA aus dem Jahr 1957, indem Sie einen Zusammenhang zur Synthese von Polyethen und Polypropen herstellen.

## Aufgaben

- 4.1 **Sehen Sie** sich den Metallkomplex im Exkurs an und **erklären Sie** aufgrund der Elektronenkonfiguration und dem Hybridisierungszustand des  $Ti^{4+}$ -Ions, warum der Titankomplex oktaedrisch aufgebaut ist.
- 4.2 **Erklären Sie**, warum sich ein Alkenmolekül an den Titan-Komplex anlagern kann.
- 4.3 Machen Sie sich klar, was der Unterschied bei der Herstellung von Polyethen und Polypropen ist und **begründen Sie** unter Verwendung der Skizze, warum unter dem Einfluss des Titankomplex-Katalysators isotaktisches Polypropen entstehen muss.
- 4.4 **Formulieren Sie** eine **begründete** Hypothese für den entstehenden Kunststoff. Hat er z.B. im Vergleich zur radikalischen Polymerisation einen höhere oder geringere Dichte bzw. Zugfestigkeit.

### Aufgabe 5: Kunststoffe kurz und bündig

Beantworten Sie die folgenden Fragen zu den Abbildungen 1 und 2 im Anhang.

<p>Welche Substanzklasse ist in Abbildung 1, welche in Abbildung 2 genannt?</p> <p>Welche Buchstaben gehören nicht zu dieser Substanzklasse?</p>	<p>Abbildung 1: <b>Kunststoffe</b></p>	<p>Abbildung 2: <b>Monomere</b></p> <p>nicht: <b>D</b></p>
<p><b>Verbinden</b> Sie <b>alle</b> die Substanzen aus Abbildung 1 die mit denen aus Abbildung 2 jeweils zusammengehören.</p> <p>(Es sind pro Buchstaben mehrere Verbindungslinien möglich!)</p>	<p>Abbildung 1:</p> <p><b>A</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>B</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>C</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>D</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>E</b> <input type="checkbox"/></p>	<p>Abbildung 2:</p> <p><input type="checkbox"/> <b>A</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>B</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>C</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>D</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>E</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>F</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>G</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>H</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>I</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>J</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>K</b></p>
<p>Wie sind diese Verbindungen aus Abbildung 1 entstanden? <b>Vorsicht!</b></p> <p>Durch ...</p> <p>(Polyreaktionstyp = Herstellungsverfahren)</p>	<p><b>A</b> :</p> <p><b>B</b> :</p> <p><b>C</b> :</p> <p><b>D</b> :</p> <p><b>E</b> :</p>	
<p>Wenn bei den Reaktionen Nebenprodukte entstanden sind, <b>nennen</b> Sie sie jeweils.</p> <p><b>TIPP:</b> Betrachten Sie die Abbildung 1 und vergleichen Sie jeweils mit Abbildung 2.</p>	<p><b>A</b> :</p> <p><b>B</b> :</p> <p><b>C</b> :</p> <p><b>D</b> :</p> <p><b>E</b> :</p>	

**Anhang:** Zählen Sie **vor der Beantwortung der Fragen** die Anzahl der Kohlenstoffatome (1 je Ecke oder Ende) und zeichnen Sie sie gegebenenfalls ein, wenn es für Sie verständlicher ist.

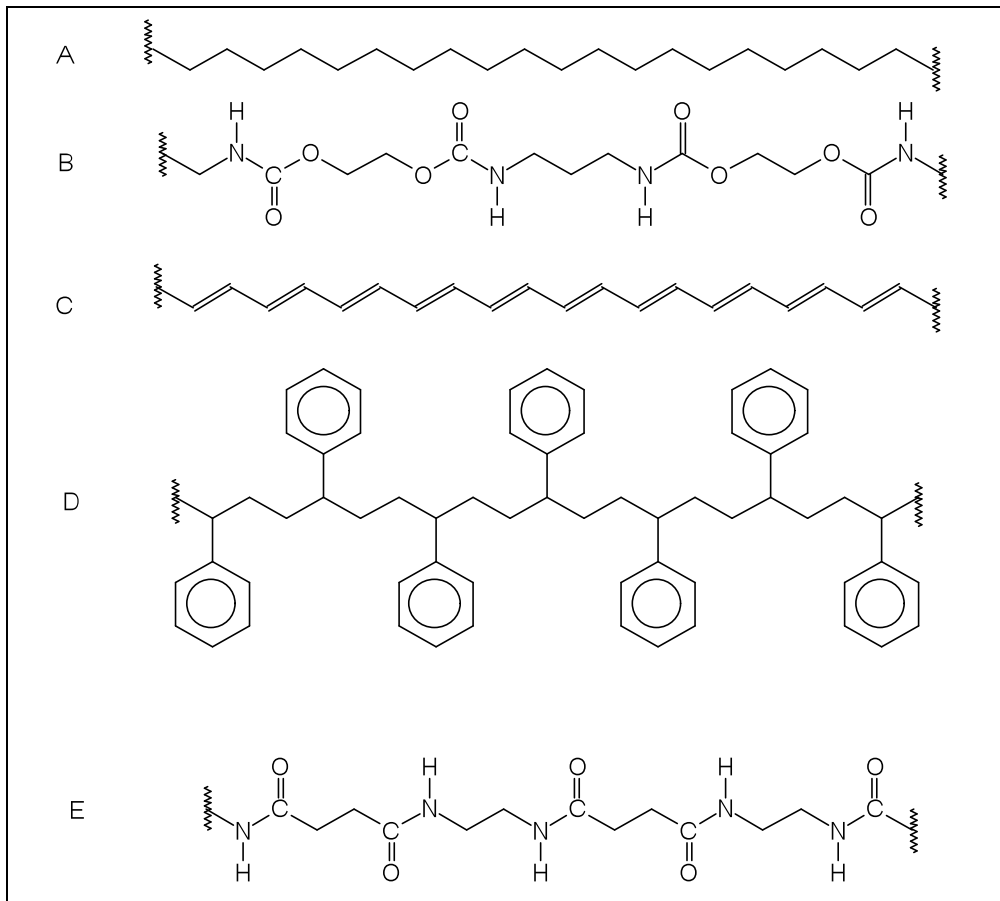


Abb.1: **Achtung:** Es sind nur Bindungslinien zwischen den Kohlenstoffatomen eingezeichnet. Diese Abbildungen sind nur **Ausschnitte**.

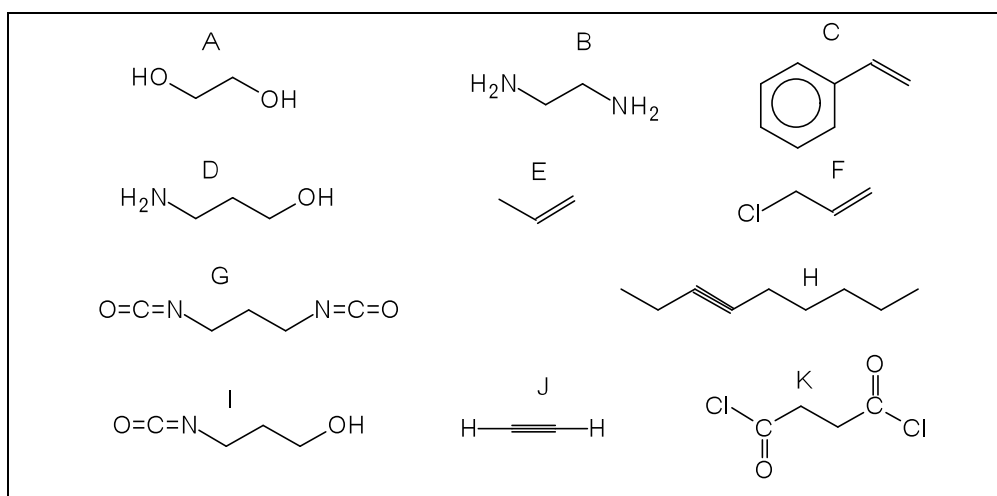


Abb.2: **Achtung:** Es sind nur Bindungslinien zwischen den Kohlenstoffatomen eingezeichnet.

© **Good luck! ! Viel Erfolg! @ Semoga sukses! ?**