

G8 Abituraufgaben Chemie Kunststoffe 2011/ C1

Ibuprofen ist ein weit verbreitetes Arzneimittel, das schmerzlindernd und entzündungshemmend wirkt.

- 1 Ibuprofentabletten sind in Blisterpackungen („Durchdrückpackungen“) erhältlich

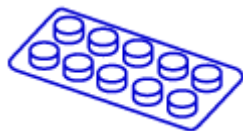


Abb. 1: Blisterpackung eines Medikaments (Aufsicht, Seitenansicht)

Die Tabletten werden in einzelne Vertiefungen eingelegt und die Packung in der Regel durch Aluminiumfolie versiegelt. Ein für Blisterpackungen häufig verwendeter Kunststoff ist das glasklare, chemisch beständige Polyvinylidenchlorid (PVdC).

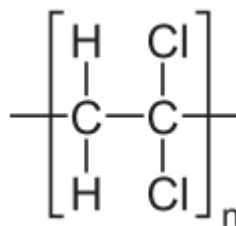


Abb. 2: Strukturformelausschnitt von Polyvinylidenchlorid

- 1.1 Die Verarbeitung von reinem Polyvinylidenchlorid ist problematisch, da der Kunststoff erst bei ca. 200 °C schmilzt und sich bereits bei wenig höheren Temperaturen zu zersetzen beginnt.
Beschreiben Sie die beiden Vorgänge auf molekularer Ebene und stellen Sie eine Hypothese auf, die den hohen Schmelzbereich des Kunststoffes erklärt! [6BE]

2011/C2

Jährlich werden in Deutschland etwa 20.000 Tonnen Kaugummi verkauft, dies entspricht einem Umsatz von ca. 650 Millionen Euro.

- 1 Während die Kaumasse früher überwiegend aus Kautschuk bestand, verwendet man derzeit in der Regel Polyisobuten (PIB), das durch radikalische Polymerisation von Methylpropen synthetisiert wird.
 - 1.1 Geben Sie die Strukturformel von Methylpropen an, zeichnen Sie die Reptiereinheit von Polyisobuten und formulieren Sie, ausgehend von einem organischen Peroxid (R-O-O-R) als Starter, den Mechanismus der radikalischen Polymerisation von Methylpropen! [9 BE]
 - 1.2 Der Polymerisationsgrad eines Kunststoffes gibt die mittlere Anzahl der Monomereinheiten in seinen Makromolekülen an.
 - 1.2.1 Durch Veränderung des Polymerisationsgrads können Polyisobutene mit verschiedenen Schmelzbereichen hergestellt werden. Darunter gibt es beispielsweise zähflüssige Öle und auch feste Kunststoffe.
Erläutern Sie diesen Sachverhalt! [4 BE]

- 1.2.2 Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, welchen Einfluss die Konzentration des zugesetzten Starters auf den Polymerisationsgrad des entstehenden Kunststoffs hat! [4 BE]

Musterabitur 2011 - Chemie

B 1 Wasserspeichernde Polymere

- 3 Polyacrylsäure wird meist durch radikalische Polymerisation von Acrylsäure hergestellt.
Damit sie in Einmalwindeln verwendet werden können, müssen die wasserlöslichen Polymermoleküle anschließend mit Hilfe so genannter Cross-Linker weitmaschig vernetzt und dadurch wasserunlöslich gemacht werden.
- 3.1 Formulieren Sie den Mechanismus der Polyreaktion für die Bildung von Polyacrylsäure und geben Sie eine Repeatingeinheit für das Polymermolekül an! [8 BE]
- 3.2 Schlagen Sie einen Cross-Linker für Polyacrylsäure vor, benennen Sie den der Vernetzung zugrunde liegenden Reaktionstyp und zeichnen Sie einen Formelausschnitt des vernetzten Makromoleküls! [6 BE]
- 3.3 Erläutern Sie, weshalb sowohl Cellulose als auch vernetzte Polyacrylsäure in der Lage sind, Wasser zu speichern! Beurteilen Sie die Alkalibeständigkeit der Cellulose und des synthetischen Polymers! [8 BE]

2012 A1

- 3 Neben Pigmenten enthalten Lacke als weitere Hauptkomponente Bindemittel, deren Aufgabe darin besteht, nach dem Trocknen des Lacks einen zusammenhängenden, gut haftenden Film auf dem Untergrund zu erzeugen. Als Bindemittel kommen häufig Alkydharze zum Einsatz, da sie u. a. hervorragende Filmbildner darstellen. Iso-Phthalsäure (Benzol-1,3-dicarbonsäure), Glycerin (Propan-1,2,3-triol) und Linolsäure ((Z,Z)-Octadeca-9,12-diensäure) finden sich im gleichen Mengenverhältnis als Grundbausteine in einem zunächst linearen Alkydharz.
- 3.1 Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt dieses linearen Alkydharzes, der die drei genannten Grundbausteine enthält, und ordnen Sie es aufgrund der Verknüpfungen einer Kunststoffklasse zu! [8 BE]
- 3.2 Unter dem Einfluss von Radikalen reagieren beim Aushärten des zähflüssigen Alkydharzes Molekülbereiche verschiedener Alkydharzmoleküle miteinander.
Erläutern Sie diesen Vorgang auf der Teilchenebene und vergleichen Sie das thermische Verhalten des Alkydharzes vor und nach dem Aushärten! [7 BE]

2012 A2

Im Jahre 1955 wurde Haarspray erfunden und erstmals vermarktet. Einer der Inhaltsstoffe, der als Filmbildner für die Haarform dient, ist Polyvinylacetat, das aus Vinylacetat hergestellt wird.

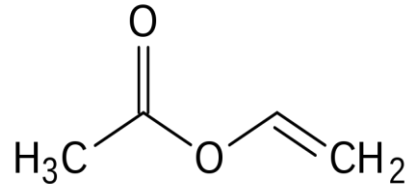


Abb. 3: Strukturformel von Vinylacetat

- 3.1 Zeichnen Sie eine Repetiereinheit von Polyvinylacetat und formulieren Sie, ausgehend von einem Starter (R-R), den Mechanismus der Synthese dieses Kunststoffs! [7 BE]
- 3.2 Vinylacetat ist in basischer Lösung nicht stabil. Erklären Sie diese Beobachtung unter Mitverwendung einer Strukturformelgleichung! [3 BE]

2013 C1

- 2 Aus aromatischen Monomerbausteinen können synthetische Polymere, die Aramide, hergestellt werden, die zum Beispiel zur Herstellung von schusssicheren Westen oder als Verstärkungsmaterial für Glasfaserkabel eingesetzt werden. Die folgende Abbildung zeigt einen Strukturformelausschnitt aus einem Aramid-Molekül:

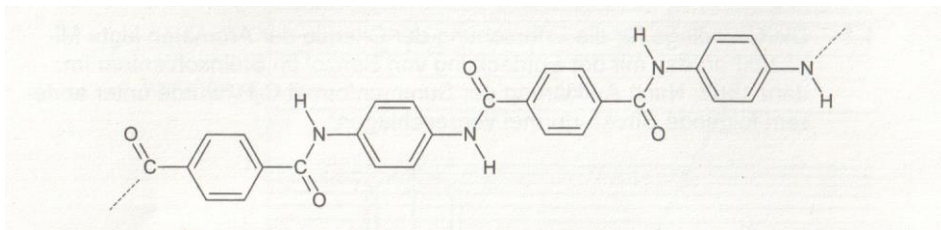


Abb. 2: Strukturformelausschnitt aus einem Aramid-Molekül

- 2.1 Formulieren Sie eine Strukturformelgleichung der Polyreaktion, die der Synthese dieses Aramids zugrunde liegt, und benennen Sie den Polyreaktionstyp! [5 BE]
- 2.2 Bei der Herstellung von Funktionskleidung werden Aramidgewebe mit anderen Kunststoffen wie zum Beispiel Polypropen beschichtet.
 - 2.2.1 Die Kettenlänge der Polypropenmoleküle wird durch die Reaktionsbedingungen bei der Synthese beeinflusst. Abbildung 3 zeigt eine mögliche Verteilung der Anzahl der Polymermoleküle in Abhängigkeit von ihrer Kettenlänge:

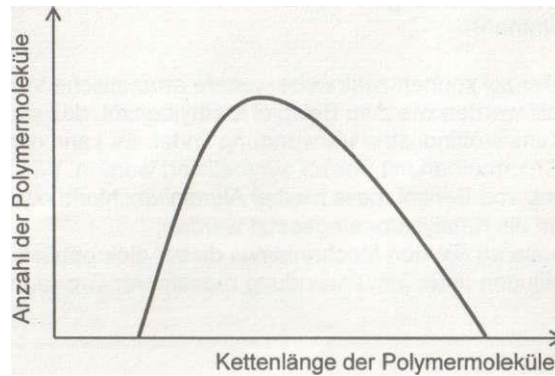


Abb. 3: Verteilung der Anzahl der Polymermoleküle in Bezug auf ihre Kettenlänge

Skizzieren Sie in dem Diagramm aus Abbildung 3 eine weitere Kurve, die sich ergibt, wenn unter sonst gleichen Bedingungen eine höhere Konzentration an Startermolekülen eingesetzt wird, und begründen Sie Ihre Aussage! [6 BE]

- 2.2.2 Bei den beschichteten Aramid-Geweben ist eine der beiden Komponenten für die Reißfestigkeit und die andere für die Säurebeständigkeit des Materials verantwortlich.

Erläutern Sie diesen Sachverhalt auf Basis der unterschiedlichen Struktur der Kunststoffe-Moleküle! [6 BE]

2013/C2 Polyurethane und andere Kunststoffe

Polyurethane sind vielseitig verwendbare Kunststoffe, die als Fasern oder Schäume eingesetzt werden können.

- 1 Ein Grundstoff für die Synthese von Polyurethanen ist Toluol-2,4-diisocyanat. Zur Herstellung von Toluol-2,4-diisocyanat wird Toluol (Methylbenzol) zweifach nitriert und das entstehende Produkt anschließend katalytisch zu 2,4-Diaminotoluol hydriert. Diese Verbindung wird mit Phosgen (s. Abb. 1) zum Produkt Toluol-2,4-diisocyanat umgesetzt.

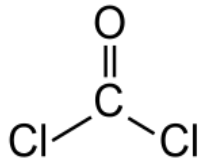


Abb. 1: Strukturformel von Phosgen

- 1.1 Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus der Nitrierung von Toluol zum 2-Nitrotoluol unter Mitverwendung mesomerer Grenzstrukturformeln! Als Elektrophil fungiert das Nitronium-Ion (NO_2^+). [6 BE]
- 1.2 Formulieren Sie Strukturformelgleichungen für die katalytische Hydrierung von 2,4-Dinitrotoluol zu 2,4-Diaminotoluol und für die Umsetzung von 2,4-Diaminotoluol zu Toluol-2,4-diisocyanat! [6 BE]
- 1.3 Toluol-2,4-diisocyanat wird mit Ethan-1,2-diol zu einem Polyurethan umgesetzt. Die Temperaturabhängigkeit des Elastizitätskoeffizienten dieses Polyurethans wird mit derjenigen eines Elastomers, wie z. B. Gummi, verglichen. Der Elastizitätskoeffizient kennzeichnet die Kraft pro Fläche, die aufzuwenden ist, um eine Materialprobe um einen bestimmten Prozentsatz der Ausgangslänge zu dehnen.

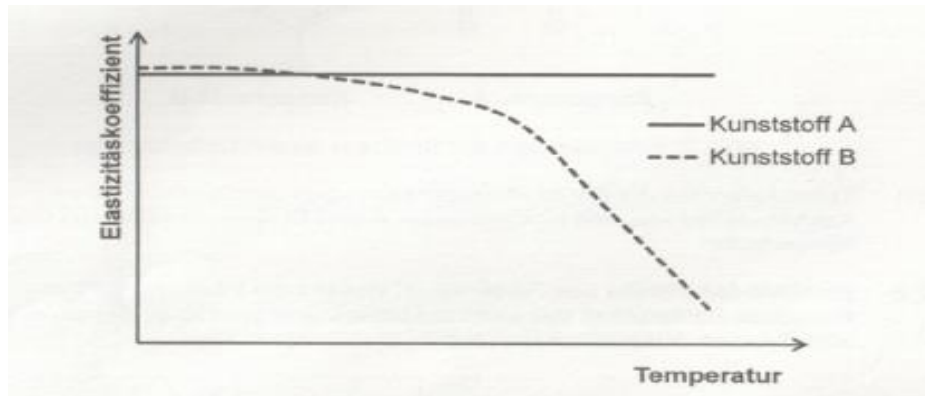


Abb. 2: Elastizitätskoeffizient der Kunststoffe A und B in Abhängigkeit von der Temperatur, stark vereinfacht

- 1.3.1 Zeichnen Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt des Polyurethans! [4 BE]
- 1.3.2 Geben Sie an, bei welchem der Kunststoffe A und B es sich um das Polyurethan und bei welchem es sich um den Gummi handelt, und erläutern Sie die beiden Kurvenverläufe! [10BE]
- 1.3.3 Ein Gummiband gibt beim Dehnen Wärme an die Umgebung ab. Erklären Sie, warum sich das gedehnte Gummiband bei Entlastung freiwillig wieder zusammenzieht! [3BE]

2014 C2

- 2 Ambroxolsaft wird in braunen Plastikflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) vertrieben. PET-Einwegflaschen werden in Deutschland größtenteils werkstofflich recycelt. Hierbei wird in einem Verfahren A durch Zerkleinern, Reinigen und Abtrennen anderer Bestandteile ein Teil des PET als so genannte „Flakes“ zurückgewonnen, aus denen nach Zusatz von frischem PET erneut Flaschen hergestellt werden können. In einem Verfahren B können die PET-Abfälle alternativ in einem rohstofflichen Recycling-Verfahren nach Reinigen und Abtrennen anderer Kunststoffabfälle in einer basischen Lösung unter 20 bar Druck und bei einer Temperatur von 200 °C nahezu vollständig in die Kunststoff- Monomere zerlegt werden.

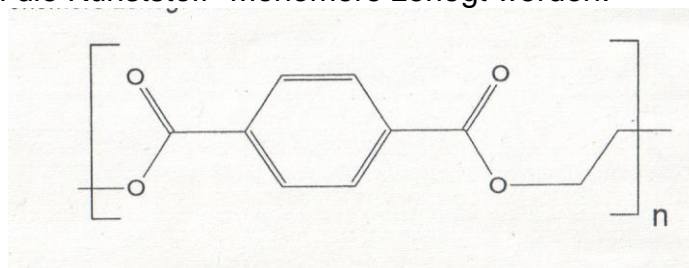


Abb. 2: Strukturformelausschnitt von PET

- 4.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Reaktion bei Verfahren B und benennen Sie den Reaktionstyp! [4 BE]
- 4.2 Diskutieren Sie Vor- und Nachteile beider Recycling-Verfahren und gehen Sie dabei auf die prinzipielle Notwendigkeit des Kunststoff- Recyclings ein! [6BE]

2015 A1

- 2 Im Jahr 1935 wurden Versuche durchgeführt, um aus Casein technisch

verwertbare Kunststoffe herzustellen. Hierzu wurde das Casein mit Methanal behandelt. Dadurch entstanden Methylenbrücken zwischen den Caseinmolekülen.

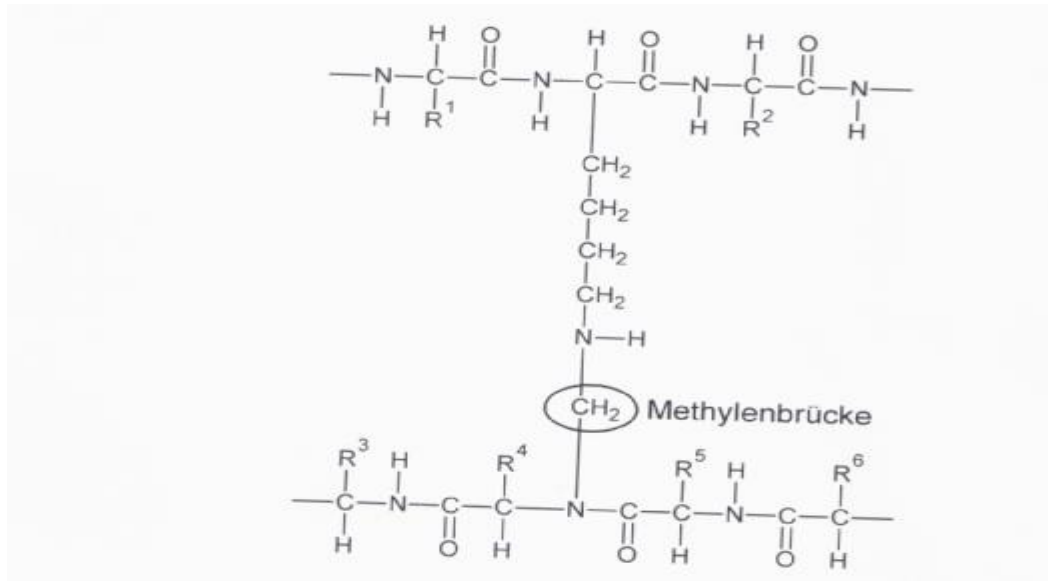


Abb. 3: Strukturformelausschnitt aus dem mit Methanal behandelten Casein

- 2.1 Im Caseinmolekül findet man verschiedene Sekundärstrukturen. Nennen Sie zwei Sekundärstrukturen und vergleichen Sie diese! [5 BE]
- 2.2 Beschreiben Sie, zwischen welchen Bestandteilen der Caseinmoleküle die Methylenbrücke ausgebildet wird, und erläutern Sie, welche Auswirkung die Behandlung mit Methanal auf die Zugfestigkeit des Materials hat! [6 BE]
- 2.3 Während Kunststoffe auf Basis von Casein bereits seit langem bekannt sind, stellen Polyesterhydrazide (PEH) neuartige Kunststoffe dar, die aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften und ihrer biologischen Abbaubarkeit von Interesse sind.

Die Abbildung zeigt die Repetiereinheit eines solchen Polymers:

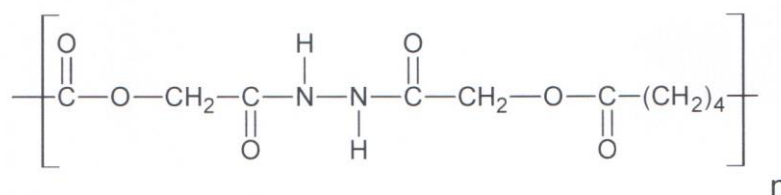


Abb. 4: Repetiereinheit eines PEH-Polymers

Die Polymerketten zeigen strukturelle Ähnlichkeiten zu anderen Polykondensaten.

Beim biologischen Abbau werden die Esterbindungen im Polymer enzymatisch gespalten.

Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für diese Hydrolyse! [5 BE]

- 1 Das Zeitalter der synthetischen Polyamide begann in den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts. Mit Produkten wie Nylon oder Perlon revolutionierte die neue Kunststoffgruppe damals die Textilbranche. Polyamide werden auch heute noch in großen Mengen zu Fasern verarbeitet, jedoch haben sie dank ihrer guten mechanischen Eigenschaften und der großen chemischen Beständigkeit längst in vielen anderen Branchen Einzug gehalten. Folgende Monomere können zur Herstellung von Polyamiden verwendet werden.

Tab. 1: Monomere zur Synthese von Polyamiden

A	Hexandisäure
B	1,6-Diaminohexan
C	1,10-Diaminodecan
D	Decandisäure

Aus diesen Monomeren lassen sich folgende Kunststoffe herstellen:

Tab. 2: Polyamide, die aus den Monomeren in Tabelle 1 hergestellt werden können:

Monomer 1	Monomer 2	Polymer
A	B	PA 6,6
A	C	PA 10,6
D	B	PA 6,10
D	C	PA 10,10

- 1.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung der Polyreaktion, die der Synthese von PA 6,6 zugrunde liegt! [4 BE]
- 1.2 Im Vergleich zu anderen Kunststoffen können Polyamide relativ viel Wasser binden. Das Wasseraufnahmevermögen variiert dabei je nach Polyamidsorte:

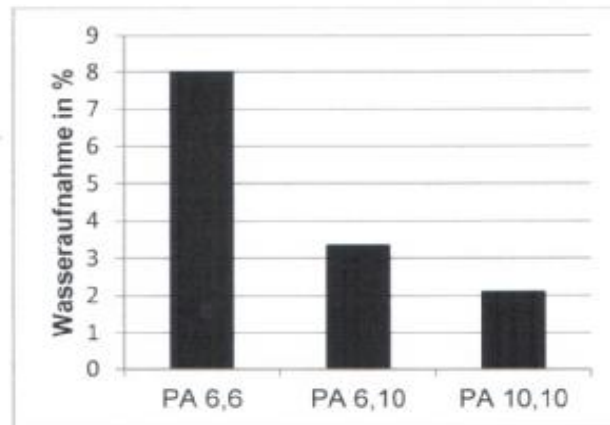


Abb. 1: Wasseraufnahme verschiedener Polyamidsorten bei 100 % Luftfeuchtigkeit (Wasseraufnahme in Prozent der Kunststoffmasse)¹

Erklären Sie mithilfe des Diagramms den Zusammenhang zwischen der Molekülstruktur und dem Wasseraufnahmevermögen der drei Polyamide! [5 BE]

- 2 Polyamide sind wie andere erdölbasierte Kunststoffe meist schwer biologisch abbaubar. In den Meeren sammeln sich diese Materialien und werden mit der Zeit zu winzigen Partikeln, sogenanntem Mikroplastik, zerrieben.

Die Bedeutung des Mikroplastiks für die Umwelt wird in folgendem Schema dargestellt:



Abb. 2: Bedeutung von Mikroplastik für die Umwelt²

- 2.1 Begründen Sie mithilfe von Abbildung 2, weshalb kleine Kunststoffpartikel eine größere Umweltgefahr darstellen als große! [3 BE]
- 2.2 Ein niederländisches Forschungsteam um einen 20-jährigen Forscher arbeitet derzeit an Lösungen, die Kunststoffpartikel aus dem Meer zu fischen und einer Verwertung zuzuführen. Begründen Sie, weshalb dieser Kunststoffabfall nicht durch Umschmelzen (werkstoffliches Recycling) wiederverwertet werden kann, und schlagen Sie eine alternative Form der Verwertung vor! [3 BE]

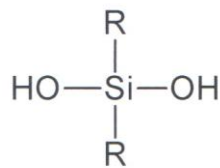
Abbildungen und Tabellen:

¹ verändert nach: *Neue langkettige Polyamide für Automotive*.

http://plasticker.de/news/images/_news/15561_f.03.jpg, zuletzt aufgerufen am 16.4.14

2015/B2

- 2 Für das Füttern von Kleinkindern gibt es mittlerweile Löffel, die in Abhängigkeit von der Temperatur ihre Farbe ändern. Eine solche reversible Farbänderung bezeichnet man als Thermochromie.
- 2.1 Die thermochromen Farbstoffe sind in eine Polymermasse eingebettet. Die folgende Abbildung zeigt ein Monomer, das zur Herstellung des hierfür verwendeten Materials in einer Polykondensationsreaktion eingesetzt wird:



R = Seitengruppe

Abb. 2: Strukturformel eines möglichen Monomers
Geben Sie an, zu welcher Substanzklasse das Polymer gehört, und formulieren Sie eine entsprechende Synthesegleichung! [4 BE]

2016/C1

- 2 Synthetische Klebstoffe basieren meist auf polymeren Werkstoffen.
- 2.1 Viele Sekundenkleber enthalten Cyanacrylate. Diese Monomere reagieren bei Anwesenheit von Wasser (z. B. Luftfeuchtigkeit) in einer sogenannten anionischen Polymerisation schlagartig zu einem Polymer, das die Klebewirkung des Sekundenklebers bedingt.

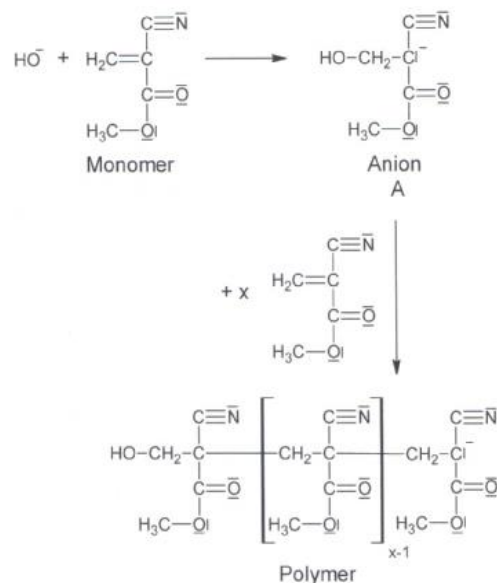


Abb. 2: Anionische Polymerisation eines Cyanacrylats

- 2.1.1 Geben Sie die Funktion der Hydroxid-Ionen an und erklären Sie deren Herkunft! [4 BE]
- 2.1.2 Begründen Sie, warum sich auf der Packung von Sekundenklebern der Warnhinweis „Klebt innerhalb von Sekunden Haut und Augenlider zusammen“ befindet! [3 BE]
- 2.1.3 Erklären Sie mithilfe mesomerer Grenzstrukturen die Stabilität des Anions A! [5 BE]
- 2.2 Beim Verkleben von Lebensmittelverpackungen kann ein Klebstoff, der Polyvinylidenchlorid enthält, verwendet werden. Die folgende Abbildung zeigt die Repetiereinheit des Polyvinylidenchlorids:

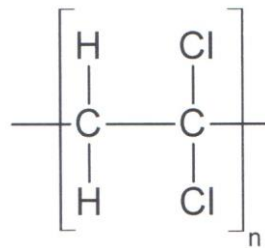


Abb. 3: Repetiereinheit von Polyvinylidenchlorid
Formulieren Sie ausgehend von einem Startermolekül R-R den Mechanismus für die Synthese dieses Polymers! [7 BE]

2017 A1

Polyhydroxybuttersäure

Polyhydroxybuttersäure (PHB) ist ein Biopolymer, das als Speicherstoff in bestimmten Bakterien vorkommt. In den letzten Jahren wurde mittels gentechnisch veränderter Bakterien auch eine industrielle Nutzung von PHB möglich gemacht

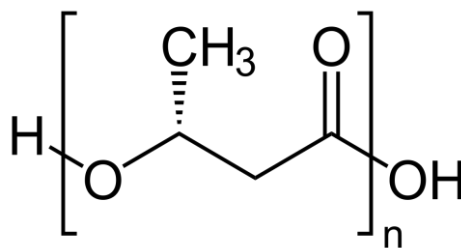


Abb. 1: Repetiereinheit von PHB

- 1 PHB kann in kleinen Mengen auch im Reagenzglas hergestellt werden.
 - 1.1 Benennen Sie den Typ der Polyreaktion, der zur Bildung von PHB führt und formulieren Sie die Strukturformelgleichung für diese Synthese. [4 BE]
 - 1.2 Ordnen Sie PHB aufgrund des thermischen Verhaltens einer Kunststoffklasse zu und erläutern Sie Ihre Zuordnung. [6 BE]

- 2 Durch die Mischung verschiedener Kunststoffe können ihre Eigenschaften

den Einsatzgebieten angepasst werden. So wird z. B. PHB häufig mit Polypropylen (PP) gemischt. Zur Bestimmung der Kunststoffhärte kann eine Messung nach Shore durchgeführt werden. Dabei wird ein Metallstift in den Kunststoff gedrückt und die Eindringtiefe gemessen (0: vollständiges Eindringen; 100: kein Eindringen).

Abbildung 2 zeigt die Shore-Werte verschiedener PHB/PP-Gemische.

Abbildungen und Tabellen:

¹ verändert nach: W. M. Pachekoski; J. A. Marcondes Agnelli; L. P. Belem: *Thermal, mechanical and morphological properties of poly(hydroxybutyrate) and polypropylene blends after processing*. In: *Material Research* (2009) 2

² verändert nach: R. Handrick, S. Reinhardt, P. Kimmig, D. Jendrossek: *The "Intracellular" Poly(3-Hydroxybutyrate) (PHB) Depolymerase*

of Rhodospirillum rubrum is a Periplasm-Located Protein with Specificity for Native PHB and with Structural Similarity to Extracellular PHB Depolymerases <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC523223>, zuletzt aufgerufen am 25.5.2016

³ V. Gowda U. S., S. Shivakumar: *Poly(-β-hydroxybutyrate) (PHB) depolymerase PHAZ_{Pen} from Penicillium expansum: purification, characterization and kinetic studies* <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4624153>, zuletzt aufgerufen am 25.5.2016

2017/A 2 Tropische Pilze

Pilze bilden in allen Ökosystemen eine wichtige Gruppe der am Abbau organischer

Materie beteiligten Lebewesen (Destruenten), da sie über eine Vielzahl spezieller Enzyme verfügen. Der Ansatz, unter diesen Enzymen Vertreter zu identifizieren, die auch künstliche Polymere abbauen oder als Medikamente dienen können, gewinnt in der Forschung zunehmend an Bedeutung.

- 1 2011 veröffentlichten Wissenschaftler ihre Entdeckung, dass der Pilz *Pestalotiopsis microspora* Polyurethanverbindungen spalten kann. Polyurethane verfügen über ein sehr breites Einsatzspektrum, da sie je nach verwendeten Monomeren unterschiedlichste Eigenschaften aufweisen.

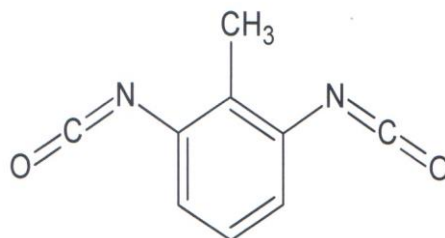


Abb. 1: Strukturformel des Monomers Toluol-2,6-diisocyanat

Aus dem in Abbildung 1 dargestellten Diisocyanat und jeweils einer weiteren Komponente sollen Kunststoffe mit folgenden Anwendungsprofilen hergestellt werden:

- Polyurethan I: Ein Werkstoff für die Versteifung der Rotorblätter einer Windkraftanlage. Diese müssen mechanisch extrem belastbar sein.
- Polyurethan II: Ein Kunststoffpulver für die Verwendung in manchen 3D-Druckern. Es muss bei Laserbestrahlung leicht schmelzen und nach Bestrahlungsende rasch erstarren.
Geben Sie jeweils die Strukturformel einer geeigneten Komponente an und erläutern Sie Ihre Auswahl. [8 BE]

2018/B2

- 2 Dimethylamin lässt sich durch Reaktion mit 3-Chlorprop-1-en zu Diallyldimethylammoniumchlorid (DADMAC) umsetzen. Dieser Stoff dient als Edukt für die Synthese des Kunststoffs PolyDADMAC.

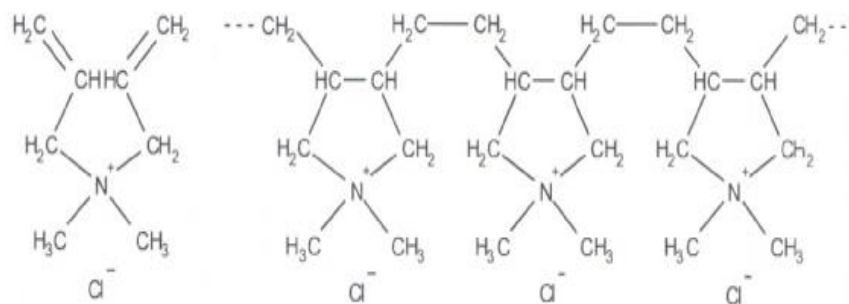


Abb. 4: Formel Monomer DADMAC (links) und Formel-Ausschnitt Polymer PolyDADMAC (rechts)

- 2.1 Formulieren Sie ausgehend von einem Startermolekül R-R den Mechanismus dieser Reaktion. [6 BE]
- 2.2 Der Kunststoff PolyDADMAC wird zur Wasseraufbereitung verwendet. Im Abwasser können pflanzliche Öle mit anionischen Tensiden aus Wasch- und Reinigungsmitteln stabile Emulsionen bilden.
- 2.2.1 Zeichnen Sie jeweils die Strukturformel eines Moleküls eines pflanzlichen Öls und eines Seifenanions. [5 BE]
- 2.2.2 Beschreiben Sie unter Verwendung einer Skizze, wie Seifenmoleküle die genannten Emulsionen stabilisieren. [5 BE]
- 2.2.3 In Kläranlagen wird PolyDADMAC zur Auftrennung von Emulsionen benutzt, um Öle aus dem Abwasser abscheiden zu können. Stellen Sie eine Hypothese auf, mit der die Wirkung von PolyDADMAC erklärt werden kann.

2018/B2

- 2 Rizinusöl kann auch als Ausgangsstoff für die Synthese von Kunststoffen verwendet werden.
- 2.1 Aus Ricinolsäure kann 11-Aminoundecansäure (C₁₁H₂₃NO₂) hergestellt werden. Dieser Stoff dient als Edukt für die Synthese von Polyamid-11. Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Synthese von Polyamid-11 aus 11-Aminoundecansäure und kennzeichnen Sie die Repetiereinheit des Polymers. [5 BE]
- 2.2 Aus dem Triglycerid der Ricinolsäure und einem weiteren Edukt soll ein Polyurethan hergestellt werden.

Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Synthese eines Polyurethans Ihrer Wahl. Erklären Sie, warum das Triglycerid der Ricinolsäure als eines der Edukte in Frage kommt. [6 BE]

2019 C1

- 2 Der Kunststoff Polyvinylchlorid (PVC) wird aus Chlorethen (Vinylchlorid) synthetisiert.
- 2.1 Chlorethen lässt sich aus Ethin und Hydrogenchlorid herstellen. Die Synthese von Chlorethen erfolgt unter Druck bei Temperaturen von 140 °C bis 200 °C und unter Verwendung eines Katalysators. Bis auf den Katalysator liegen alle Stoffe unter diesen Bedingungen als Gase vor. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für diese Synthese und begründen Sie anhand des Prinzips von Le Chatelier, warum das Verfahren unter erhöhtem Druck durchgeführt wird. [4 BE]
- 2.2 Das wichtigste Polymerisationsverfahren für die Herstellung von PVC ist die Emulsionspolymerisation. Dies ist ein Verfahren für die Polymerisation von Monomeren in einer wässrigen Phase. Durch Zugabe eines Tensids wird eine stabile Emulsion erzeugt.
- 2.2.1 Bei der Suche nach einem geeigneten Tensid werden die Verbindungen in Abbildung 1 vorgeschlagen.

Abb. 1: Als Tenside vorgeschlagene Verbindungen

Beurteilen Sie die Verbindungen A, B und C im Hinblick auf ihre Eignung als Tensid. [5 BE]

- 2.2.2 Zur Ermittlung der für die Emulsionsbildung mindestens benötigten Tensidkonzentration wird folgender Versuch durchgeführt: Zu Wasser wird schrittweise ein Tensid zugegeben und kontinuierlich die Oberflächenspannung gemessen. Dabei ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Graph:

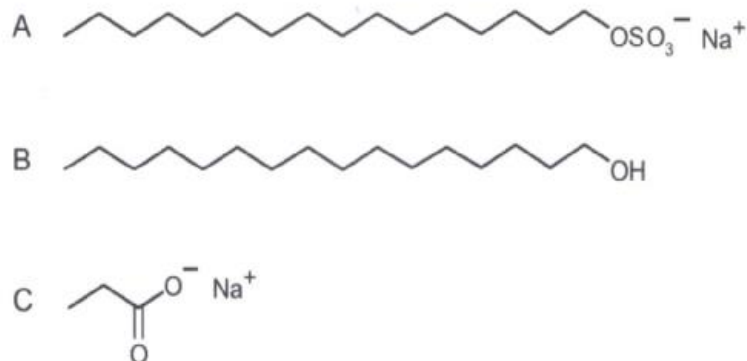
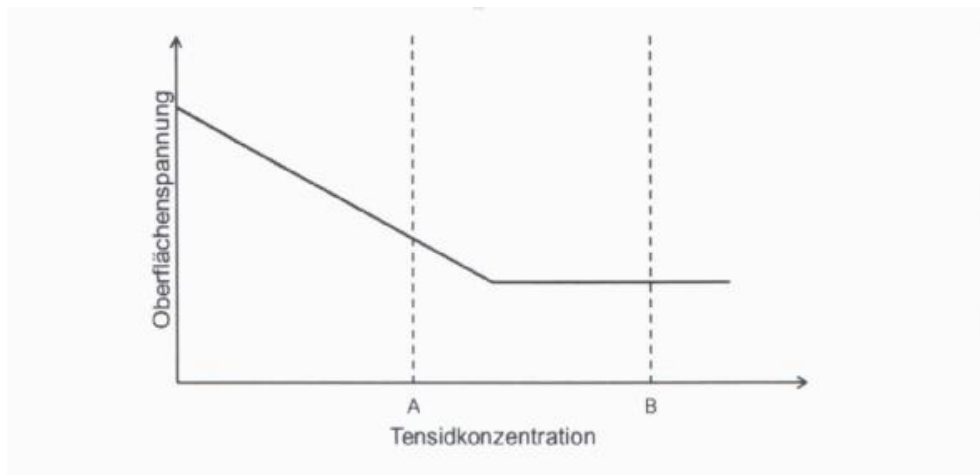


Abb. 2: Abhängigkeit der Oberflächenspannung von der Tensidkonzentration

Beurteilen Sie die Verbindungen A, B und C im Hinblick auf ihre Eignung als Tensid. [5 BE]

- 2.2.2 Zur Ermittlung der für die Emulsionsbildung mindestens benötigten Tensidkonzentration wird folgender Versuch durchgeführt: Zu Wasser wird

schrittweise ein Tensid zugegeben und kontinuierlich die Oberflächenspannung gemessen. Dabei ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Graph:



Beschreiben Sie den Kurvenverlauf. Fertigen Sie je eine Skizze an, die die Verhältnisse in der Lösung bei den Tensidkonzentrationen A und B modellhaft darstellt. [7 BE]

2.2.3 Formulieren Sie ausgehend von einem Startermolekül den Reaktionsmechanismus für die Synthese von PVC. [7 BE]

2.2.4 Aus PVC kann nachchloriertes PVC (CPVC) hergestellt werden, bei dem in den Molekülen ein Teil der Wasserstoff-Atome durch Chlor-Atome ersetzt ist. Aus beiden Kunststoffen werden Wasserrohre hergestellt. Die maximale zugelassene Wassertemperatur beträgt für Rohre aus PVC 60 °C und für Rohre aus CPVC 93 °C.

Ordnen Sie beide Kunststoffe begründet einer Kunststoffklasse zu. Erklären Sie die unterschiedlichen Zulassungstemperaturen auf Teilchenebene. [6 BE]

2020 C1

4 Seit einigen Jahren wird Tee in Kunststoffbeuteln angeboten. Das verwendete Material ist z. B. Polylactid (PLA). Der Grundstoff für dessen Synthese ist Lactid. Ein Lactid-Molekül reagiert mit zwei Wasser-Molekülen in einer Hydrolyse-Reaktion zu zwei identischen Molekülen. Viele dieser Moleküle reagieren wiederum in einer Polykondensation zu PLA.

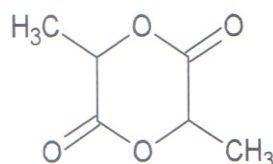


Abb:4: Strukturformel von Laktid

Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Hydrolysereaktion von Lactid und geben Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt von PLA an. [6 BE]

2020 C2 Polystyrol

Weltweit werden jährlich über 21 Millionen Tonnen Polystyrol (PS) produziert. Negative Schlagzeilen macht dieser Kunststoff u. a. durch enorme Müllmengen, die durch biologische Prozesse kaum abbaubar sind. Die Grundlage für die Produktion von Polystyrol ist die Synthese des Monomers Styrol, das aus fossilen Rohstoffen gewonnen wird.

- 1 Styrol wird aus Ethylbenzol mithilfe der folgenden Gleichgewichtsreaktion (Abb. 1) in der Gasphase an einem Eisenoxid-Aluminiumoxid-Katalysator in einem chemischen Reaktor gewonnen:

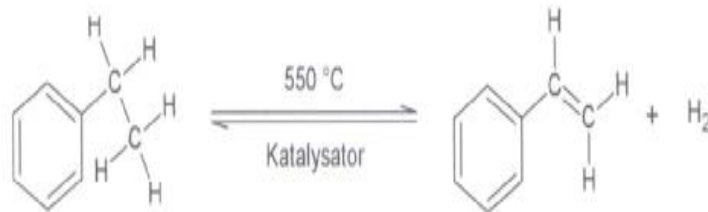


Abb. 1: Katalytische Dehydrierung von Ethylbenzol zu Styrol

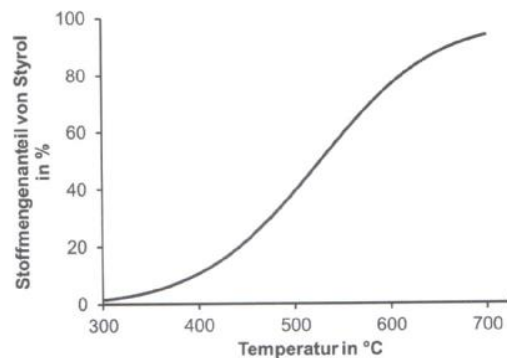


Abb. 2: Abhängigkeit des Stoffmengenanteils von Styrol von der Reaktionstemperatur¹

Abbildungen und Tabelle: 1 verändert nach: N. Mimura, S. Masahiro: Dehydrogenation of ethylbenzene to styrene over Fe₂O₃/Al₂O₃ catalysts in the presence of carbon dioxide. In: Catalysis Today, Nr. 55 (2000), S. 174

- 1.1 Leiten Sie aus Abbildung 2 ab, ob die Bildung von Styrol aus Ethylbenzol exotherm oder endotherm ist. [3 BE]
- 1.2 Um die Styrolausbeute zu erhöhen, wird eine zweite parallel ablaufende Gleichgewichtsreaktion genutzt (Abb. 3). Diese Reaktion läuft ab, wenn zusätzlich Kohlenstoffdioxid in den chemischen Reaktor eingeleitet wird (Abb. 4)

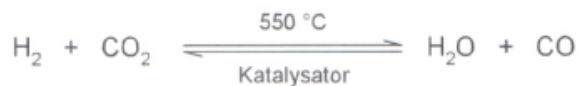


Abb.3: Parallel zur Styrolsynthese ablaufende Gleichgewichtsreaktion

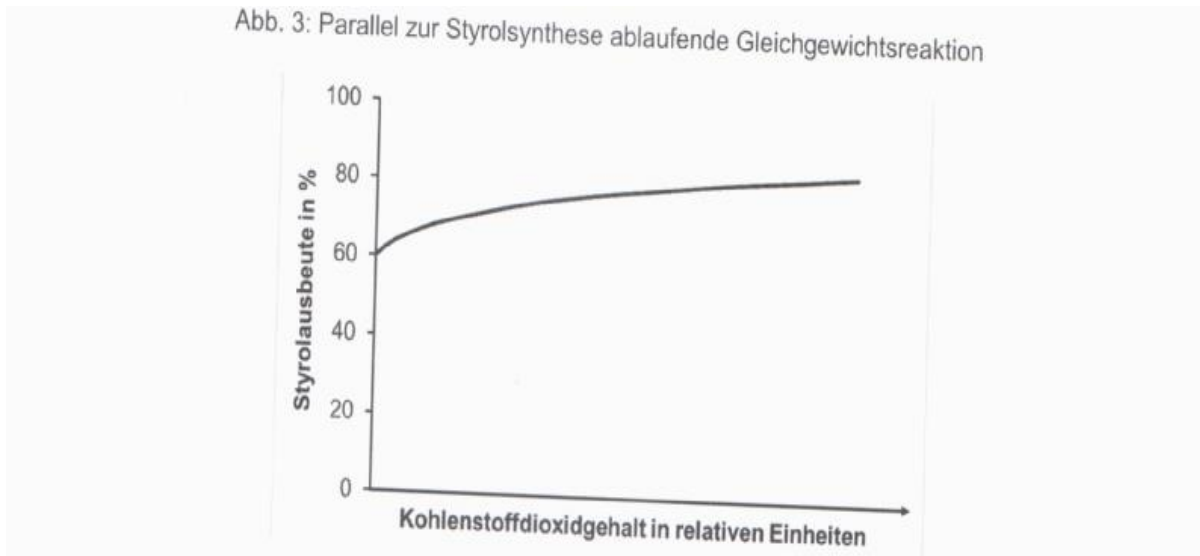


Abb. 4: Abhängigkeit der Styrolausbeute vom Kohlenstoffdioxidgehalt²

2 verändert nach: N. Mimura, S. Masahiro: Dehydrogenation of ethylbenzene to styrene over Fe₂O₃/Al₂O₃ catalysts in the presence of carbon dioxide. In: Catalysis Today, Nr. 55 (2000), S. 175

Erklären Sie unter Verwendung der Abbildungen den Zusammenhang zwischen dem Kohlenstoffdioxidgehalt und der Styrolausbeute. [6 BE]

- 2 Styrol kann zur Herstellung eines Polystyrol-Stärke-Kunststoffs (PSStärke-Kunststoff) eingesetzt werden. Dabei wird die Stärke mit Kaliumperoxodisulfat behandelt. Die entstehenden Radikale reagieren mit Styrol zu einem Polymer (Abb. 5):

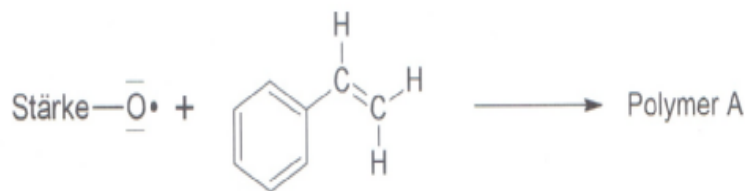


Abb.5: Reaktionsschema zur Bildung eines PS-Stärke-Kunststoff³

3 verändert nach: J. Meimoun et al.: Modification of starch by graft copolymerization. In: Starch, Nr. 70 (2018), S. 1-23

- 2.1 Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus zur Bildung des in Abbildung 5 angegebenen Polymers A. [7 BE]
- 2.2 Einige Hersteller behaupten, dass ein PS-Stärke-Kunststoff vollständig biologisch abbaubar sei. Nach deren Annahme würde eine Bakterienart die Stärke zersetzen, wodurch andere Bakterienarten angezogen würden, die den PS-Anteil abbauen. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden Proben von

PS-Stärke-Kunststoffen mit verschiedenen Stärkeanteilen 60 Tage lang in feuchtem Boden gelagert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6 dargestellt:

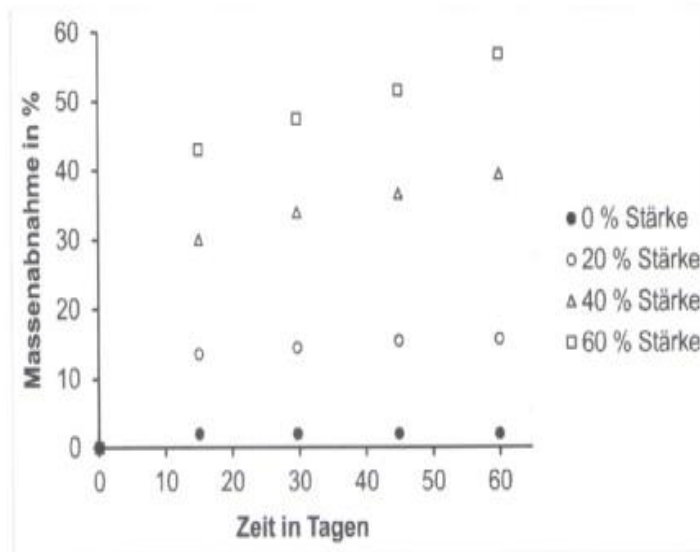


Abb.6: Massenabnahme beim bakteriellen Abbau von PS-Stärke –Kunststoffen ⁴

⁴ verändert nach: T. Ojeda et al.: Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable foamed polystyrene. In: Polymer Degradation and Stability, Nr. 94 (2009), S. 2128-2133 und C. I. R Oliveira et al: Evaluation of biodegradability of different blends of polystyrene and starch buried in soil. In: Macromolecular Symposia, Nr. 290 (2010), S. 115-120

- 4 Polystyrol wird u. a. in der Produktion von Wärmedämmplatten eingesetzt. Um deren Brennbarkeit zu erniedrigen, werden die aromatischen Reste in den Makromolekülen bromiert. Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für die Bromierung eines aromatischen Rests im Polystyrol-Molekül. Nicht relevante Molekülbereiche können abgekürzt werden. [6 BE]