

Aufgabe 1

Von der Langspielplatte zur CD – die Evolution der Tonträger

Schwerpunktthema: Kunststoffchemie

Ende des 19. Jahrhunderts arbeiteten mehrere Techniker an der Entwicklung von Tonträgern. Emil Berliner gelang 1887 der Durchbruch mit der Entwicklung der ersten Langspielplatte. Er fing Schallwellen mit Membranen ein und übertrug deren Schwingungen im Ritzverfahren auf Wachsplatten. Daraus wurden Metallpositive gefertigt, die es ermöglichten unzählige Negative zu pressen. Die ersten Langspielplatten wurden aus Hartgummi hergestellt, das durch die Reaktion von weichem Rohkautschuk mit Schwefel entsteht. Gummi wurde relativ schnell durch das Naturprodukt Schellack und 1948 schließlich durch Polyvinylchlorid (PVC) ersetzt. Rohkautschuk sowie PVC entstehen durch den gleichen Reaktionsmechanismus. Isopren (2-Methylbuta-1,3-dien) ist das Monomer der Rohkautschuksynthese, Chlorethen das der PVC-Synthese.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb.1: klassische Langspielplatte

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Material 1: Isopren (2-Methylbuta-1,3-dien)

Der Schritt von der analogen zur digitalen Wiedergabe fand schließlich in den 1980er Jahren durch die Einführung der Compact Disc (CD) statt. Auf einer CD befindet sich eine spiralförmig verlaufende Datenspur. Die Dateninformation ist im Wechsel von kleinen Vertiefungen und dazwischenliegenden Stegen codiert, deren Abfolge von einem Laserstrahl durch das transparente Polycarbonat hindurch ausgelesen wird. Zur Herstellung von Musik-CDs wird eine Hohlform der Datenspur produziert und plastisches Polycarbonat eingefüllt, das beim Erstarren einen hochgenauen Abdruck liefert.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2: Aufbau einer CD

Die „Lebensdauer“ von CDs wird mit 10 bis 50 Jahren angegeben. Der Grund für die begrenzte Nutzungsdauer beruht vor allem auf Veränderungen der Metallbeschichtung. Aber auch Polycarbonat kann sich zersetzen. Im Jahr 2001 wurde erstmals Bisphenol A in Hausstaub nachgewiesen. Die Belastung mit dieser Chemikalie muss begrenzt bleiben, da Bisphenol im menschlichen Körper wie ein Sexualhormon wirkt. Bisphenol A kann durch die chemische Zersetzung aus Polycarbonat freigesetzt werden. Die Zersetzungsrate ist minimal, ist aber steigerbar durch die Anwesenheit von Wasser bei hohen Temperaturen. Phosgen (CCl_2O), ein Edukt der Polycarbonatsynthese und hochtoxische Chemikalie, tritt bei der Zersetzung von Polycarbonat nicht auf.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Material 2: Formelausschnitt von Polycarbonat, Strukturformel von Bisphenol A

Nach Schätzungen des Umweltbundesamtes werden in Deutschland jährlich ca. 625 Millionen CDs in Umlauf gebracht, entsprechend groß dürfte auch die Menge an ausrangierten CDs sein. Der größte Teil davon wird mit dem Restmüll der Haushalte entsorgt. Somit gelangt der Kunststoff in Müllverbrennungsanlagen bzw. wird in Mülldeponien eingelagert. Einige Kunststoff verarbeitende Firmen bieten ein Recycling an. Da sich die Beschichtung einer CD relativ leicht entfernen lässt, kann das Polycarbonat zurückgewonnen werden. Dieses wird gemahlen, zu Kunststoffsträngen geschmolzen und zu Granulat verarbeitet. Aus diesem können neue CDs oder andere Produkte hergestellt werden.

Material 3: Entsorgung und Verwertung ausrangierter CDs

Aufgaben

- 1.1 Beschreiben Sie in allgemeiner Form und unter Angabe von Strukturformeln die Teilschritte der Synthese von Rohkautschuk bzw. Polyvinylchlorid aus den Monomeren. Geben Sie für beide Kunststoffe einen typischen Ausschnitt der Polymere an (Material 1). **(9 BE)**
- 1.2 Begründen Sie auf molekularer Ebene, warum Rohkautschuk zu weich, reines Polyvinylchlorid dagegen zu hart für die Herstellung einer Langspielplatte ist. Erläutern Sie die Maßnahmen, um die Materialien als Tonträger nutzen zu können. **(8 BE)**
- 1.3 Erläutern Sie die chemische Reaktion, die bei der Zersetzung von Polycarbonat abläuft. Begründen Sie, warum CDs nicht unter tropischen Bedingungen archiviert werden sollten (Material 2). **(8 BE)**
- 1.4 Diskutieren Sie unter Berücksichtigung von Material 3 die Entsorgungs- und Verwertungsmethoden für ausrangierte CDs. **(5 BE)**

Aufgabe 2

Nylon und Elasthan – Kunstfasern in der Modewelt

Schwerpunktthema: Kunststoffchemie

Kein Kunststoff hat die Modewelt so nachhaltig verändert wie Nylon. Am ersten Verkaufstag im Mai 1940 wurden in den USA vier Millionen Paar Nylonstrümpfe verkauft. Nylon war das erste synthetisch hergestellte Polyamid, das der US-amerikanische Chemiker N. Carothers 1935 entwickelt hatte. Er verwendete Adipinsäure (Hexandisäure) und Hexan-1,6-diamin zur patentierten Nylon 6,6-Synthese. (Die Zahlen geben die Anzahl der Kohlenstoffatome der Monomere an.)

Als Konkurrenzprodukt entwickelte der deutsche Chemiker P. Schlack 1939 Perlon, das Nylon in Aufbau und Eigenschaften sehr ähnelt. Beide Polyamide sind leichter und elastischer als Seide und besitzen eine relativ hohe Reiß- und Scheuerfestigkeit.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Frauen beim Einkauf von Nylon-Strümpfen in einem Kaufhaus in den USA (1947)

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>Herstellung eines Nylonfadens im Schulversuch:</p> <p>Die wässrige Phase enthält Hexan-1,6-diamin. In der organischen Phase wurde Decandisäuredichlorid gelöst.</p> <p>Es wird ein leicht alkalischer pH-Wert in der wässrigen Phase eingestellt, was an der Pinkfärbung durch den Indikator Phenolphthalein erkennbar ist. An der Grenzfläche der Flüssigkeiten entsteht eine Nylonhaut, die fadenartig herausgezogen werden kann. Im Laufe der Reaktion wird die Pinkfärbung der wässrigen Phase schwächer.</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Dekandisäuredichlorid</p>
<p>Material 1: Nylonseiltrick: Herstellung eines Fadens aus Nylon 6,10</p>	

<p>Wird Perlongranulat in einem Reagenzglas über einem Brenner geschmolzen, können mit einem Glasstab Fäden gezogen werden. Versucht man diese zu zerreißen, verlängern sich die Fäden ohne sich anschließend wieder zusammenziehen. Die Reißfestigkeit der Perlonfäden wird durch das Ziehen erhöht. Wird der gestreckte Perlonfaden auf über 100 °C erwärmt, schrumpft er allerdings wieder zusammen.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
---	--

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Ausschnitt aus einem Perlonmolekül</p>	
Material 2: Herstellung von reißfesten Perlonfäden aus einer Schmelze	

<p>Um die Faltenbildung bei Strümpfen zu verhindern, wird Nylon oder Perlon mit einem ca. 20-prozentigen Anteil an Elasthan (Lycra®, Spandex) verwendet. Polyamidgewebe zeigt zwar eine gewisse Elastizität, allerdings ist Elasthan hier weit überlegen. Elasthanfasern sind um das Fünf- bis Achtfache dehnbar und kehren anschließend wieder in die ursprüngliche Form zurück. Elasthan ist ein lineares Copolymer aus Polyurethan und Polyalkoholen, deren Segmente blockartig angeordnet sind.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Anordnung der Elasthan-Polymere (Ausschnitt)</p>
<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>_____ Polyolsegment _____ Polyurethansegment</p>	
Material 3: Informationen zu Elasthan	

Aufgaben

- 2.1 Beschreiben Sie unter Angabe einer Strukturformelgleichung die Synthese von Nylon 6,10 (Molekulargewicht \bar{M}_n : 40 oder mehr verknüpfte Monomere) durch die Diels-Alder-Reaktion. (10 BE)
- 2.2 Ordnen Sie Perlon aufgrund seines Schmelzverhaltens einer Kunststoffklasse zu. Erklären Sie die in Material 2 beschriebenen Beobachtungen u.a. anhand eines Ausschnitts der Strukturformeln von zwei Perlonmolekülen. (10 BE)
- 2.3 Kennzeichnen Sie eine Urethanbindung in Material 3 und geben Sie die Art der Polyreaktion sowie die funktionellen Gruppen an, aus denen die Urethanbindung entsteht. (5 BE)
- 2.4 Entwickeln Sie eine Hypothese zur starken Dehnbarkeit und Formstabilität von Elasthan (Material 3). (8 BE)

Aufgabe 3

Kohlenstoffdioxid in den Ozeanen – Kalkbildung und die Gefahr der Versauerung

Schwerpunktthema: Grundlagen des chemischen Gleichgewichts

Der Kreislauf des Elements Kohlenstoff spielt eine bedeutende Rolle für das Klimageschehen auf der Erde. Vor allem das Gas Kohlenstoffdioxid hat Anteil am natürlichen und durch den Menschen verursachten Treibhauseffekt. Ein Großteil des atmosphärischen Kohlenstoffdioxids löst sich im Oberflächenwasser der Ozeane. Organismen produzieren mit Hilfe des Kohlenstoffdioxids Biomasse und Kalkskelette. Vor allem die in allen Ozeanen vorkommenden Coccolithophoriden, winzig kleine Fotosynthese betreibende Kalkalgen, spielen eine große Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. Nach ihrem Absterben sinken die winzigen Kalkskelette mit der Biomasse der Organismen als „Meerschnee“ Richtung Meeresgrund. Sie sind für die riesigen Kalklagerstätten in den Ozeanen verantwortlich und haben beispielsweise die Kreidefelsen von Rügen oder die Kliffs von Dover aufgebaut. In den Tropen fungieren vorwiegend Korallen, die zu den Nesseltieren gehören, als Kalkbildner.

Die prognostizierte Zunahme des Kohlenstoffdioxidgehalts der Atmosphäre wird zu einer Versauerung der Meere führen, was gravierende Auswirkungen auf die Meereslebewesen haben wird.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Außenskelett einer Kalkalge aus Calciumcarbonat (Durchmesser ca. 5 µm)

Um Kalkskelette aufzubauen, haben Korallen im Laufe der Evolution interessante Strategien entwickelt. Viele tropische Riffkorallen beherbergen beispielsweise in ihren Zellen grüne einzellige Algen, deren Fotosyntheseaktivität die Kalkbildung fördert.



Material 1: Informationen zur Kalkbildung durch Korallen

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Material 2: Abhängigkeit der Konzentrationen anorganischer Kohlenstoffverbindungen vom pH-Wert des Meerwassers

In den Ozeanen lagert sich Kalk ab, da Calciumcarbonat schwer löslich ist. Es stellt sich ein Gleichgewicht zwischen ungelöstem und gelöstem Calciumcarbonat ein, bei dem die Konzentrationen von Wasser und Calciumcarbonat als konstant betrachtet werden. Der Wert für dieses Gleichgewicht ($K_L(\text{CaCO}_3)$) – das Löslichkeitsprodukt – beträgt $4,8 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2$.

Interessanterweise existiert in unterseeischen Gebirgen eine „Schneegrenze“, unterhalb derer die Kalkskelette der Meeresorganismen aufgelöst werden. Man findet weiße kalkbedeckte „Gipfel“, aber kalkfreie „Täler“. Ursache sind die besonderen Bedingungen in der Tiefsee: eine starke Freisetzung von Kohlenstoffdioxid durch die bakterielle Zersetzung abgesunkener organischer Materie, eine niedrige Wassertemperatur von ca. 4 °C und ein Druck von etwa 1000 bar.

Material 3: Informationen zur Löslichkeit von Calciumcarbonat

Aufgaben

- 3.1 Geben Sie die Reaktionsgleichungen für die Gleichgewichte an, die durch das Lösen von Kohlenstoffdioxid im Meerwasser entstehen. **(5 BE)**
- 3.2 Erklären Sie die Bedeutung der fotosynthetisch aktiven Algen in den Rifff Korallen für deren Kalkbildung (Material 1). **(7 BE)**
- 3.3 Erläutern Sie die Effekte eines Kohlenstoffdioxidanstiegs in der Atmosphäre auf die Gleichgewichte der Kohlenstoffverbindungen im Meer, Kalk bildende Organismen sowie den globalen Kohlenstoffkreislauf (Material 1 und 2). **(10 BE)**
- 3.4 Berechnen Sie die Stoffmenge an Calciumcarbonat, die sich in einem Liter Wasser löst (Material 3). Begründen Sie die Löslichkeit von Kalk unter den Bedingungen der Tiefsee (Material 2 und 3). **(8 BE)**

Aufgabe 4

Roheisengewinnung – ein großtechnischer Prozess

Schwerpunktthema: Chemisches Gleichgewicht, Energetik

Eisen ist heute wegen seiner vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten der wichtigste metallische Werkstoff. Es kommt in der Natur nicht elementar, sondern in Form von Eisenerzen wie Hämatit (Fe₂O₃) vor. Die Produktion von 1 kg Eisen erfordert ca. 2 kg Erz, 1 kg Koks, 0,3 kg Kalkstein sowie 1,5 kg Luft.

Eine Anlage zur Gewinnung von Eisen wird immer noch „Eisenhütte“ genannt, obwohl sich die mittelalterlichen Holzhütten inzwischen zu eindrucksvollen Anlagen gewandelt haben. Das Eisen wird heute in bis zu 90 Meter hohen Hochöfen gewonnen, die kontinuierlich bis zu 20 Jahre betrieben werden.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

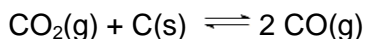
Abb. 1: Stahlwerke Bremen

Ein Hochofen wird von oben mit Koks und Möller, einem Eisenerz-Zuschlags-Gemisch, in abwechselnder Reihenfolge schichtweise befüllt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Im Hochofen stehen Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoff und Kohlenstoffmonooxid miteinander in einem Gleichgewicht, dem BOUDOUARD-Gleichgewicht:



$$\Delta_{\text{R}}H = + 172 \text{ kJ}$$

Material 1: Schematische Darstellung eines Hochofens

Material 2: BOUDOUARD-Gleichgewicht

<p>Reaktionsschema für die Reaktion von Hämatit mit Kohlenstoff:</p> $2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{C}(\text{s}) \longrightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{Fe}(\text{s})$ <p style="text-align: center;"> $\Delta_f H_m^0(\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ $\Delta_f H_m^0(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -849 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ </p>	<p>Die Reaktionsenthalpie ist für die nebenstehende Reaktion nicht direkt experimentell zu ermitteln. Stattdessen kann aber jeweils die Standardbildungsenthalpie für Kohlenstoffdioxid sowie für Hämatit bestimmt werden. Die Reaktionsenthalpie der Reaktion von Hämatit und Kohlenstoff lässt sich mit Hilfe dieser Daten berechnen.</p>
<p>Material 3: Ermittlung einer Reaktionsenthalpie</p>	

<p>Die Bremer Stahlwerke hatten 1995 den weltweit ersten Hochofen, in dem granulierter Kunststoffmüll zur Eisenproduktion eingesetzt wurde. Der Kunststoff stammte aus Verpackungsmaterialien, die durch das Duale System gesammelt wurden. Die aus den Gelben Säcken gewonnene verschmutzte Fraktion unterschiedlicher Kunststoffe wurde zerkleinert und als Beimengung zur Eisenherstellung verwendet. Bis 2005 wurden auf diese Weise jährlich knapp 80 000 Tonnen Kunststoff pro Jahr verwertet.</p> <p>Die Beurteilung dieses Verfahrens fiel unterschiedlich aus. Die Reaktionen reichten von „Betrug am Verbraucher, der mühsam Joghurtbecher auswasche“ bis zu positiven Einschätzungen, in denen das Verfahren als rohstoffliche Nutzung bezeichnet wurde.</p>
<p>Material 4: Verwertung von Kunststoffabfällen im Hochofen</p>

Aufgaben

- 4.1 Beschreiben Sie die in den verschiedenen Zonen eines Hochofens ablaufenden Prozesse. Begründen Sie den Begriff Reduktionszone u.a. durch Angabe der Gesamtgleichung für die hier hauptsächlich ablaufende Reaktion (Material 1). **(11 BE)**
- 4.2 Erläutern Sie das BOUDOUARD-Gleichgewicht und dessen Bedeutung für die Eisengewinnung (Material 1 und 2). **(6 BE)**
- 4.3 Beschreiben Sie das experimentelle Verfahren zur Ermittlung einer Verbrennungsenthalpie. Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie für die in Material 3 angegebene Reaktion und erläutern Sie den Hintergrund dieser Berechnung. **(7 BE)**
- 4.4 Erläutern Sie die Funktion der Kunststoffabfälle bei der Eisenproduktion und diskutieren Sie das Verfahren (Material 4). **(6 BE)**

Schriftliche Abiturprüfung 2012 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Chemie

Donnerstag, 19. April, 9.00 Uhr

Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

Diese Unterlagen enthalten ...

- Allgemeines,
 - Erwartungshorizonte, Bewertungen und Korrekturhinweise zu den Aufgaben,
 - keine Aufgabenstellungen – Ihre Exemplare entnehmen Sie bitte den Schüleraufgaben – ,
 - einen Protokollbogen zur Auswahl der Aufgaben für die Prüfungsakten Ihrer Schule,
 - einen Rückmeldebogen für die Zentralabiturkommission zur Auswahl der Aufgaben.
-

Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Bildung und Wissenschaft) von 7.00 bis 9.30. Die von der Senatorin für Bildung und Wissenschaft vorgenommene Korrektur gibt die Schule sofort an die für die schriftliche Prüfung zuständige Lehrkraft weiter.
- Wählen Sie gemeinsam mit Ihrer Korreferentin / Ihrem Korreferenten aus den vier vorgelegten Aufgaben drei aus. Kommt es zu keiner Einigung, bestimmt die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die Auswahl der Aufgaben (§ 10 Abs. 2 Nr. 1 AP-V). Protokollieren Sie auf dem beigelegten Protokollformular, welche Aufgaben Sie gewählt haben (Prüferin/Prüfer und Korreferentin/Korreferent und ggf. auch die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses unterschreiben das Protokoll).
- Füllen Sie bitte für die Zentralabiturkommission Chemie den beigelegten Rückmeldebogen zur Auswahl der Aufgaben aus und schicken ihn an die dort genannte Adresse.
- Fragen Sie vor Verteilung der Aufgaben nach der Arbeitsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und weisen Sie diese auf die Regelungen des § 5 AP-V (Täuschung und Behinderung) hin.
- Machen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die Arbeitshinweise aufmerksam, die am Anfang ihrer Unterlagen für die Prüfung stehen. Geben Sie ihnen ggf. die nötigen Angaben zur Schulnummer sowie zur genauen Kursbezeichnung.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 180 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Material zur Elektrochemischen Spannungsreihe und Periodensystem der Elemente (als Bestandteil des Aufgabenvorschlages), Taschenrechner.

Aufgabe 1 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
1.1	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Molekülausschnitt von Rohkautschuk und PVC</p>	7	2	
1.2	<p>Die Polymerketten des Rohkautschuks können bei Druck aneinander vorbei gleiten. Durch die unpolaren Bindungen im Molekül und die räumliche Hinderung durch Seitenketten bilden sich nur schwache Anziehungskräfte zwischen den Polymeren aus. PVC dagegen ist ein harter Kunststoff, da sich zwischen den Molekülen der Polymerketten starke Anziehungskräfte ausbilden, so dass sich die Moleküle nicht gegeneinander verschieben. Es liegen teilkristalline Bereiche vor.</p> <p>Rohkautschuk kann durch die Reaktion mit Schwefel Quervernetzungen ausbilden, so dass die Moleküle stärker fixiert sind. Hartgummi weist deshalb eine stark verringerte Elastizität gegenüber Rohkautschuk auf. Beim PVC wird die Flexibilität durch Weichmacher erreicht. Diese lagern sich zwischen die Polymerketten und reduzieren die intermolekularen Anziehungskräfte.</p>	2	6	
1.3	<p>Bisphenol A kann durch Hydrolyse aus dem Polycarbonat freigesetzt werden. Durch die Reaktion mit Wassermolekülen werden Esterbindungen gespalten. Bisphenol A entsteht durch die Wiederherstellung von Hydroxygruppen. Statt Phosgen bildet sich als weiteres Produkt Kohlensäure (C(OH)₂O).</p> <p>Der Vorgang der Hydrolyse läuft bei Wärme und hoher Luftfeuchtigkeit beschleunigt ab, da die hohe Temperatur eine erhöhte Teilchenbewegung und somit eine Steigerung der Reaktionsgeschwindigkeit hervorruft. Bei hoher Luftfeuchtigkeit steht Wasser als Reaktionspartner in erhöhter Konzentration zur Verfügung.</p>		4	4
1.4	<p>Gelangt Polycarbonat in den Hausmüll, kann es in Verbrennungsanlagen thermisch genutzt werden und somit fossile Brennstoffe ersetzen. Bei einer Deponierung entfällt das, der Kunststoffabfall wird nicht verwertet. Aus energetischer Sicht ist der werkstoffliche Verwertungsweg i.d.R. sinnvoller. Dieser setzt allerdings eine sortenreine Sammlung voraus. Das thermoplastische Polycarbonat kann nach Reinigung durch Umschmelzen ohne Downcycling verarbeitet werden.</p>	3	2	
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		12	14	4

Quellen

Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, T.: Chemie heute, SII Gesamtband, Braunschweig, Bildungshaus Schulbuchverlage, 2009

Foto:

http://2.bp.blogspot.com/_6DAck34VChs/TMIce3ux1kI/AAAAAAAAAFo/18whjOtE9Kc/s1600/schallplatte.jpg (letzter Zugriff Januar 2012)

<http://www.pcwissen.eu/cd-dvd-entsorgen-recyceln.html> (letzter Zugriff Januar 2012)

<http://www.sammt.net/pr-informatik/optisch/CD.htm> (letzter Zugriff Januar 2012)

Umweltamt Charlottenburg-Wilmersdorf: CD – zum Wegwerfen zu schade:

http://www.berlin.de/imperia/md/content/bacharottenburg-wilmersdorf/verwaltung/umwelt/verkehr/faltblatt_cd.pdf?download.html (letzter Zugriff Januar 2012)

Umweltbundesamt, Bisphenol A, Massenschmikalie mit unerwünschten Nebenwirkungen:

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3782.html> (letzter Zugriff Januar 2012)

Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
2.1	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Hexan-1,6-diamin und Dekandisäuredichlorid reagieren miteinander unter Abspaltung von Chlorwasserstoff. Es liegt eine Kondensationsreaktion vor. Die Monomere werden abwechselnd in die wachsende Polymerkette integriert. Die Abschwächung der Indikatorfarbe beruht auf der Protolyse der gebildeten Chlorwasserstoffmoleküle.</p>	2	5	
2.2	<p>Perlon gehört zu den Thermoplasten. Durch das Ziehen sind die Perlonmoleküle verstreckt worden. Sie sind jetzt parallel angeordnet und können Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Es entstehen aus dem amorphen Perlonpolymeren teilkristalline Bereiche, die für die hohe Reißfestigkeit verantwortlich sind. Beim Erhitzen über 100 °C wird die Teilchenbewegung so erhöht, dass sich die Wasserstoffbrückenbindungen lösen und aus den kristallinen Bereichen wieder amorphe entstehen.</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	4	6	
2.3	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Kennzeichnung der Urethanbindung</p> <p>Die Urethanbindung entsteht durch eine Additionsreaktion. Die dazu erforderlichen funktionellen Gruppen sind eine Hydroxygruppe sowie eine Isocyanatgruppe.</p>	5		
2.4	<p>Die Elasthanmoleküle bilden im Bereich der Polyurethanabschnitte kristalline Bereiche aus, hier liegen an mehreren Stellen Partialladungen vor, durch die starke intermolekulare Kräfte wirken. Im Bereich der Polyole ist das nicht der Fall. Hier liegen überwiegend unpolare Molekülabschnitte vor. In Polyolabschnitten entsteht deshalb eine ungeordnete lockere Anordnung. Treten Zugkräfte auf, werden die Polyolbereiche gedehnt. Die Elasthanfasern behalten ihre Formbeständigkeit, da durch die kristallinen Bereiche kein Verrutschen der Polymermoleküle möglich ist. Nach Entlastung kehren die Moleküle in ihre Ausgangsform zurück.</p>		5	3
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		11	16	3

Quellen

Arnold, K. et al.: Chemie Oberstufe, Handreichungen für den Unterricht, Cornelsen-Verlag, Berlin 2011
<http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/nylon/nylon.htm> (letzter Zugriff: Januar 2012)
<http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/amid.htm> (letzter Zugriff: Januar 2012)

<http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/elastan.htm> (letzter Zugriff: Januar 2012)
<http://www.deutsches-strumpfmuseum.de/technik/garne/nylon/nylon.htm> (letzter Zugriff: Januar 2012)
<http://pslc.ws/macrog/urethane.htm> (letzter Zugriff: Januar 2012)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Polyamide> (letzter Zugriff: Januar 2012)

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$ $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$	5		
3.2	<p>Durch die Fotosyntheseaktivität der grünen Algen in den Rifff Korallen wird dem Gleichgewicht Kohlenstoffdioxid als Reaktionsprodukt entzogen. Das System reagiert daraufhin mit einer verstärkten Hinreaktion. Es fällt umso mehr Kalk aus, je mehr Kohlenstoffdioxid dem Gleichgewicht entzogen wird. Es liegt eine Reaktion nach dem Prinzip von LE CHATELIER vor. Dieses besagt, dass die Störung eines Gleichgewichts durch Änderung der Reaktionsbedingungen zu einer Verschiebung des Gleichgewichts in die Richtung führt, die der Störung entgegenwirkt.</p>	3	4	
3.3	<p>Der Anstieg des Kohlenstoffdioxidgehalts der Atmosphäre bewirkt einen Anstieg des Kohlenstoffdioxidgehalts im Meerwasser, da hier ein Gleichgewicht zwischen atmosphärischem und im Meerwasser gelöstem Kohlenstoffdioxid besteht. Durch die Erhöhung der Kohlenstoffdioxidkonzentration sinkt der pH-Wert, die Konzentration der Hydroniumionen (Oxoniumionen) nimmt zu. Dadurch verschiebt sich das Gleichgewicht von den Carbonationen zu Hydrogencarbonationen, d.h. die Konzentration der Carbonationen sinkt.</p> <p>Meeresorganismen wie Kalkalgen oder Korallen können bei einer Ozeanversauerung nur noch dünne bzw. bei einer starken Versauerung evtl. gar keine Kalkskelette mehr aufbauen.</p> <p>Kalk ist ein wichtiger Kohlenstoffspeicher. Durch die verringerte Neubildung von Kalk kann weniger Kohlenstoff in diesen anorganischen Speicher gelangen. Die Kohlenstoffdioxidkonzentration der Atmosphäre könnte weiter ansteigen und den Treibhauseffekt verstärken.</p>		7	3
3.4	$\text{Ca}^{2+}\text{CO}_3^{2-}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ $K_L(\text{Ca}^{2+}\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ $\sqrt{4,8 \times 10^{-9} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}} = 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ <p>Es sind $6,9 \cdot 10^{-5}$ mol Calciumcarbonat in einem Liter Wasser löslich.</p> <p>Die gute Löslichkeit des Kalks in der Tiefsee hängt von der sehr hohen Konzentration an Kohlenstoffdioxid ab. Gase lösen sich in kaltem Wasser besser als in warmem. Der sehr hohe Druck trägt ebenfalls zu einer Erhöhung der Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid bei. Ab einer bestimmten Konzentration an Kohlenstoffdioxid sind kaum noch gelöste Carbonationen vorhanden. Dadurch verschiebt sich das Gleichgewicht vom festen Calciumcarbonat zu den gelösten Ionen.</p>	3	5	
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		11	16	3

Quellen

- Schuhmacher, H.: Wenn Korallen „sauer“ werden – Wie sich ein erhöhter CO₂-Wert auf Korallen auswirkt, Naturwissenschaftliche Rundschau, Stuttgart, 64. Jahrgang, Heft 5 2011 S.240ff
- Melzner, F., Riebesell, U., Bleich, M.: Ozeanversauerung: <http://www.ozean-der-zukunft.de/ozean/> (letzter Zugriff Januar 2012)
- http://www.geo.uni-bremen.de/cocco/index.php?option=com_content&task=view&id=31&Itemid=47 (letzter Zugriff Januar 2012)
- Beaufort, L. et al.: „Sensitivity of coccolithophores to carbonate chemistry and ocean acidification“ (Nature 476, 7358: 80-83; DOI: 10.1038/nature10295)
- [http://www.awi.de/de/aktuelles_und_presse/pressemitteilungen/detail/item/new_study_in_journal_nature_calcifying_microalgae_are_witnesses_of_increasing_ocean_acidification/?tx_list_pi1\[mode\]=6&cHash=7370449ae150c4e0ca5da71f09941168](http://www.awi.de/de/aktuelles_und_presse/pressemitteilungen/detail/item/new_study_in_journal_nature_calcifying_microalgae_are_witnesses_of_increasing_ocean_acidification/?tx_list_pi1[mode]=6&cHash=7370449ae150c4e0ca5da71f09941168) (letzter Zugriff Januar 2012)
- chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/624.pdf (letzter Zugriff Januar 2012)
- http://www.wasser-wiki.de/doku.php?id=wasser_eigenschaften:loesungsmittel:kalk_kohlensaure_gleichgewicht (letzter Zugriff Januar 2012)
- <http://www.chemieunterricht.de/dc2/mwg/g-co2h2o.htm> (letzter Zugriff Januar 2012)
- http://www.scinexx.de/index.php?cmd=focus_detail2&f_id=205&rang=6 (letzter Zugriff Januar 2012)
- http://userpage.fu-berlin.de/~voelker/Vorlesung_Chemische/karbochemie.html (letzter Zugriff Januar 2012)
- <http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/loeslichkeitsprodukt/loeslichkeitsprodukt.htm> (letzter Zugriff Januar 2012)

Aufgabe 4 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
4.1	<p>In der Schmelzzone wird Luft eingeblasen. Koks reagiert hier mit dem Luftsauerstoff unter Energiefreisetzung zu Kohlenstoffdioxid und bringt das Eisen-Kohlenstoffgemisch zum Schmelzen, so dass flüssiges Eisen bzw. Schlacke abgestochen werden kann. Restliche Erze werden reduziert. Die erhitzten Gase steigen im Hochofen nach oben.</p> <p>In der Reduktionszone wird Eisenoxid durch Kohlenstoffmonoxid reduziert. Das Kohlenstoffmonoxid stammt aus der Reaktion des Kohlenstoffdioxids mit den Kohlenstoffatomen aus dem Koks.</p> <p>In der Vorwärmphase werden Erz und Koks getrocknet und auf 200 °C erhitzt.</p> <p>+III -II +II-II 0 +IV-II $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{CO} \rightarrow 2 \text{Fe} + 3 \text{CO}_2$</p> <p>Der Name Reduktionszone bezieht sich auf die Reduktion der Eisenionen des Erzes zu elementarem Eisen. Die Kohlenstoffatome werden oxidiert. Es findet eine Redoxreaktion statt. (Statt Angabe der Oxidationszahlen kann auch die Elektronenübertragung beschrieben werden.)</p>	8	3	
4.2	<p>Das BOUDOUARD-Gleichgewicht beschreibt das temperaturabhängige Gleichgewicht zwischen Kohlenstoff und seinen Oxiden. Die Reaktion von Kohlenstoff und Kohlenstoffdioxid ist endotherm. Bei zunehmender Temperatur verschiebt sich deshalb das Gleichgewicht der Reaktion zugunsten der Bildung von Kohlenstoffmonoxid. Das System „flieht“ vor dem Zwang der Temperaturerhöhung.</p> <p>In den unteren Bereichen der Reduktionszone herrschen Temperaturen von 900-1200 °C, der Anteil an Kohlenstoffmonoxid liegt hier bei ca. 95%.</p>	4	2	
4.3	<p>Die zu verbrennende Substanz wird in einer Sauerstoffatmosphäre in einem Kalorimeter verbrannt. Die dabei freiwerdende Energie erwärmt das den Reaktionsraum umgebende Wasser. Aus der Temperaturänderung und der bekannten Wärmekapazität des Wassers kann die bei der Reaktion frei gewordene Wärmemenge berechnet und auf einen molaren Umsatz umgerechnet werden.</p> <p>Gemäß dem Satz von HESS sind Reaktionswärmen unabhängig vom Reaktionsweg. Die Reaktionsenthalpie lässt sich aus den Standardbildungsenthalpien berechnen.</p> <p>$\Delta_R H_m^0 = \sum \Delta_f H_m^0 (\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H_m^0 (\text{Edukte})$</p> <p>$\Delta_R H_m^0 = [3 \text{ mol} \cdot (-393 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] - [2 \text{ mol} \cdot (-849 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})]$ $\Delta_R H_m^0 = +516 \text{ kJ}$ Die Enthalpieänderung dieser endothermen Reaktion beträgt 516 kJ.</p>		5	2

4.4	<p>Kunststoffe sind Polymere auf der Basis von Erdölverbindungen. Sie besitzen energiereiche Bindungen in ihren Molekülen. Kunststoffe können deshalb als Ersatz für Koks eingesetzt werden. Aus den Polymeren kann auch Kohlenstoffmonooxid gebildet werden.</p> <p>Pro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es kann Koks und damit ein weiterer fossiler Brennstoff eingespart werden. • Die Verwertung ist nicht nur energetisch, sondern auch rohstofflich, da das aus Kunststoffen gebildete Kohlenstoffmonooxid als Reduktionsmittel fungiert. Es ist sinnvoll, ohnehin nicht anderweitig verwertbare Kunststoffe nicht nur energetisch zu nutzen. <p>Contra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Appell zur Müllvermeidung wird unterlaufen. • Die rohstoffliche Nutzung im Hochofen ist schwer zu vermitteln, evtl. wird die Bereitschaft der Verbraucher zur Mülltrennung reduziert. 		6		
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche			12	16	2

Quellen

Brown, T., LeMay E., Bursten, B.: Chemie - Die zentrale Wissenschaft, Pearson Verlag, München 2007

Glöckner, W., Weißendorn, R.: Handbuch der experimentellen Chemie SII, Band 7: Chemische Energetik, Aulis Verlag, Köln 2007

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Hochofenprozess.PNG> (letzter Zugriff: Januar 2012)

Fischer, A.: Plastikmüll im Hochofen: Verbrennung oder Recycling? 29.09.1995

http://www.welt.de/printwelt/article662532/Plastikmuell_im_Hochofen_Verbrennung_oder_Recycling.html (letzter Zugriff: Januar 2012)

Foto: <http://wir-buerger-in-bremen-nord.jimdo.com/wir-b%C3%BCrger-in-farge-rekum/die-gr%C3%B6%C3%9Ften-n02-emittenten-in-bremen/> (letzter Zugriff: Januar 2012)