

Aufgabe 1

200 Jahre Bleiakku – Eine Erfolgsgeschichte?

Schwerpunktthema: Elektrochemie

Im Jahr 1801 versuchte der Physiker Johann Wilhelm Ritter bereits einen Akkumulator zu entwickeln, der auf Blei basieren sollte. In Betrieb genommen wurde der erste Bleiakku im Jahr 1850 von dem deutschen Mediziner und Physiker Wilhelm Josef Sinsteden. Nach weiteren Verbesserungen wurde der Bleiakku gegen Ende des 19. Jahrhunderts technisch einsetzbar und damit auch für den industriellen Einsatz höchst interessant.

Bis heute ist der Bleiakku ständig weiterentwickelt worden, so dass seine Lebensdauer verlängert werden konnte und auch verschiedene Bauformen existieren. Aber alle Entwicklungen basieren auf den ersten Forschungen des neunzehnten Jahrhunderts.

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>Der erste von Wilhelm Josef Sinsteden entwickelte Blei-Akku bestand aus zwei Bleiplatten, die in verdünnte Schwefelsäure tauchten, ohne sich zu berühren. Beim Laden mithilfe einer Gleichstromquelle bildete sich am Pluspol eine bräunliche Schicht von Blei(IV)-oxid. Das Entladen führte an der Bleiplatte des Minuspols zu einer weißen Ablagerung von Blei(II)-sulfat. Am Pluspol verschwand die bräunliche Schicht und es bildete sich auch etwas von der weißen Bleisulfat-Ablagerung.</p> <p>Im Jahr 1859 verbesserte Gaston Planté den Akku von Sinsteden deutlich, indem er zwei durch einen Stofflappen getrennte Bleifolien zu einer Spirale aufrollte und dann in verdünnte Schwefelsäure stellte.</p>
<p>Abbildung 1: Verbesserter Bleiakku von Planté</p>	<p>Material 1: Historische Entwicklung von Blei-Akkus</p>

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
<p>Abbildung 2: Schnitt durch eine 12 V Autobatterie</p>

Ein Bleiakkumulator hat als Starterbatterie in Kraftfahrzeugen eine Lebensdauer von etwa 8 bis 10 Jahren. Dann ist die Kapazität stark vermindert, so dass der Akku ausgetauscht werden muss. Die Lebensdauer des Akkus hängt auch stark von der Pflege ab, die ihm zuteil wird.

Beim Überladen, also beim weiteren Laden eines geladenen Akkus, ist eine Gasentwicklung an den Polen zu beobachten. Der Füllstand der Schwefelsäure verringert sich dabei, so dass von Zeit zu Zeit destilliertes Wasser nachgefüllt werden muss.

Material 3: Lebensdauer von Bleiakkus

Das Recyceln der Bleiakkus gewinnt zunehmend an Bedeutung: Viele fabrikneue Bleiakkumulatoren enthalten bis zu 80% recyceltes, aufbereitetes Blei. Recyclingblei kann sehr leicht aus gebrauchten Bleiakkus gewonnen werden, weshalb besonders in Entwicklungsländern viele Menschen versuchen, auf diese Weise Geld zu verdienen.

In Ghana und anderen Entwicklungsländern ist das Öffnen ausgedienter Bleiakkus mit Äxten eine gängige Praxis, aber auch mit bloßen Händen werden die Plastikhüllen zertrümmert. Die Säure wird einfach ins Erdreich abgelassen, um an die wertvollen Metallplatten zu gelangen. Das Blei wird entnommen, eingeschmolzen und nach Europa und Asien verschifft, wo neue Batterien für den Weltmarkt produziert werden.

Die Weltgesundheitsorganisation schätzt, dass jährlich 674.000 Menschen an Bleivergiftungen sterben. Optimales, sicheres Recycling kann nur durch eine gut angeleitete manuelle Demontage sowie eine anschließende Aufbereitung der Wertstoffe erfolgen.

Material 4: Recycling von Bleiakkus

Aufgaben

- 1.1 Erläutern Sie, weshalb Plantés Akku eine Verbesserung von Sinstedens erstem Bleiakkus darstellte. Vergleichen Sie die Bestandteile und den Aufbau der historischen Entwürfe mit modernen Bleiakkus. (Material 1 und 2) **(7 BE)**
- 1.2 Zeichnen Sie den vereinfachten Aufbau eines Bleiakkus (zwei Elektroden) und geben Sie die dem Prozess zugrundeliegenden Elektrodengleichungen sowie die Gesamtgleichung für den Entladevorgang an. Berechnen Sie die Spannung eines Bleiakkus unter Standardbedingungen. (Material 2) **(11 BE)**
- 1.3 Erläutern Sie den Vorgang des „Gasens“ von Bleiakkus beim Laden und geben Sie an, warum es im Normalbetrieb des Akkus nicht stattfindet. Begründen Sie, warum der umgangssprachlich häufig verwendete Begriff „Autobatterie“ wissenschaftlich nicht korrekt ist. (Material 3) **(6 BE)**
- 1.4 Diskutieren Sie den Einsatz von Bleiverbindungen in Akkumulatoren. (Material 4) **(6 BE)**

Aufgabe 2

Aluminium – das Gold des 21. Jahrhunderts?

Schwerpunktthema: Elektrochemie

Ob Getränkedosen, Silvesterraketen, Autoteile, Maschinenteile, Flugzeuge oder sogar Lebensmittelverpackungen – überall ist Aluminium enthalten. Benötigte die aluminiumverarbeitende Industrie in Asien im Jahr 2003 noch 13,4 Millionen Tonnen Aluminium, waren es vier Jahre später bereits 21,7 Millionen Tonnen, das ist ein Zuwachs von rund 60 Prozent. In Europa stieg der Verbrauch im gleichen Zeitraum um immerhin 15 Prozent. Bei diesen Wachstumsraten ist verständlich, dass viele Länder hoffen, mit Aluminium viel Geld zu verdienen. Wird Aluminium das Gold des 21. Jahrhunderts? Aber es gibt auch Nachteile.

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>Gegenstände aus Aluminium sind u.a. wegen ihrer Beständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen gefragt. So findet das Metall auch als Lebensmittelverpackung Anwendung. Vor allem in der Getränkedosenfabrikation hat Aluminium festen Fuß gefasst und setzte sich gegen die Weißblechdose durch. In den USA bestehen sogar 100 Prozent aller Getränkedosen aus dem Leichtmetall. Obwohl Aluminium ein sehr geringes Standardelektrodenpotential hat, zeigt die Getränkedose weder mit Wasser noch mit schwachen Säuren, wie sie in manchen Getränken vorkommen, eine Reaktion.</p>
<p>Material 1: Schmelzflusselektrolyse zur Erzeugung von Aluminium</p>	<p>Material 2: Verwendung von Aluminium als Getränkedose</p>

<p>Zur Ökobilanz der Aluminiumerzeugung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zur Herstellung von einer Tonne (1t) Aluminiumfolie wird eine Gesamtenergie von 193190 MJ benötigt. Zusätzlich werden folgende Chemikalien benötigt: <ul style="list-style-type: none"> - 4 Tonnen Bauxit (enthält $\text{Al}(\text{OH})_3$) - 2 Tonnen Aluminiumoxid - 0,5 Tonnen Anodenkohle - 50 kg Kryolith ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$) - Natronlauge • Die Gesamtenergie beim Recycling von Aluminiumschrott zur Herstellung von 1t Aluminium beträgt 8240 MJ. • Nach Angaben der <i>European Aluminium Association</i> (EAA) wurden im Jahr 2010 in Europa zwei Drittel aller gebrauchten Aluminium-Getränkedosen recycelt. 	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
<p>Material 3 (Teil 1): Fakten zur Aluminiumerzeugung</p>	

<p>Rotschlamm ist ein Abfallprodukt der Aluminiumherstellung, das vor allem Eisen- und Schwermetall-Ionen enthält. Er entsteht bei der Lösung des Aluminiums aus Bauxit mittels Natronlauge. Je produzierter Tonne Aluminium fallen je etwa 1,5 t Rotschlamm an. Der stark alkalische Schlamm wurde früher ohne weitere Vorkehrungen deponiert bzw. in Flüsse geleitet, was zu erheblichen Umweltbelastungen führte. Heute versucht man den Schlamm gefahrungsfrei zu deponieren und sucht Wege ihn wieder zu verwerten.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
<p>Material 3 (Teil 2): Fakten zur Aluminiumerzeugung</p>	

<p>Das israelische Startup-Autounternehmen Phinergy arbeitet mit Aluminium-Luft-Batterien. Sie erreichen dabei Reichweiten für PKWs von bis zu 1.750 Kilometer. Allerdings kann die Aluminium-Luft-Batterie die Lithium-Ionen-Akkumulatoren nicht ersetzen. Sie funktioniert als Reichweitenverlängerer.</p> <p>In der Aluminium-Luft-Batterie wird elektrische Energie durch die Reaktion des Aluminiums mit Sauerstoff erzeugt. Die Batterie besteht aus Aluminiumplatten, die als Anode funktionieren. Sauerstoff und ein wasserbasierter Elektrolyt sind außerdem an der Reaktion beteiligt. Dabei wird das Aluminium mit den im Wasser enthaltenen Hydroxidionen zu Aluminiumhydroxid umgesetzt und es wird elektrischer Strom erzeugt. Das Aluminiumhydroxid, das im Elektrolyt gelöst wird, kann später wieder recycelt werden.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
<p>Material 4: Informationen zur Aluminium-Luft Batterie</p>	<p>Material 5: Aluminium-Luft Batterie im Modellexperiment</p>

Aufgaben

- 2.1 Beschreiben und erklären Sie anhand der Abbildung die Schmelzflusselektrolyse zur Erzeugung von Aluminium. Geben Sie die Reaktionsgleichungen für die Kathoden- und Anodenreaktion sowie die Gesamtgleichung an. (Material 1) **(8 BE)**
- 2.2 Erklären Sie die Beständigkeit von Aluminiumgegenständen wie Getränkedosen gegenüber Wasser. Erläutern Sie das Eloxalverfahren und zeichnen Sie dazu eine Skizze. (Material 2) **(8 BE)**
- 2.3 Bewerten Sie im Hinblick auf Material 3 die Verwendung von Aluminium als Verpackungsmaterial. (Material 3) **(8 BE)**
- 2.4 In einem Modellexperiment wurde die Aluminium-Luft-Batterie nachgebaut. Beschreiben Sie den Aufbau und geben Sie die ablaufenden Teilreaktionen an Anode und Kathode an. (Material 4 und 5) **(6 BE)**

Aufgabe 3

Sekundenkleber – Reaktionsklebstoffe mit vielfältiger Anwendung

Schwerpunktthema: Kunststoffe

Seit mehr als 4000 Jahren nutzt der Mensch natürliche Klebstoffe wie pflanzliche Stärke, Casein aus Milch oder Kollagen aus Knochen. Heute steht ein großes Angebot an Allesklebern und Spezialklebern zur Verfügung.

Moderne Klebstoffe zählen häufig zu den chemisch härtenden Klebstoffen. Diese als Reaktionskleber bezeichneten Klebstoffe sind im Anwendungszustand flüssig und erreichen den festen Endzustand durch eine chemische Reaktion, an der mindestens zwei Reaktionspartner beteiligt sind. Die typischen Anwendungsbereiche der Reaktionskleber sind hochbeanspruchte Klebestellen zwischen fast allen Werkstoffen. Reaktionskleber finden beispielsweise als Sekundenkleber sowohl im Haushalt als auch im gewerblichen Bereich eine weite Anwendung.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Reaktionsklebstoff Pattex Stabilit®

Pattex Stabilit® ist ein Zweikomponenten-Kleber. Die eine Komponente beinhaltet Methacrylsäuremethylester, die andere Komponente ist ein sogenanntes Härter-Pulver, das Dibenzoylperoxid enthält.

Zum Kleben werden die beiden Komponenten in der mitgelieferten Mischmulde miteinander verrührt und auf die zuvor gereinigten Oberflächen der zu verklebenden Gegenstände verstrichen. Die beiden Gegenstände werden fest aneinander gedrückt und für mindestens 30 Minuten fixiert. Laut Herstellerangaben erhöht Aufrauen der Oberfläche vor dem Auftragen des Klebegemisches die Klebefestigkeit.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Dibenzoylperoxid

Methacrylsäuremethylester

Material 1: Informationen zu Pattex Stabilit® und Strukturformeln von Dibenzoylperoxid und Methacrylsäuremethylester

Sekundenklebstoffe als Einkomponenten-Reaktionsklebstoffe enthalten meist Cyanacrylate. Sie wirken extrem schnell, sind aber recht spröde und relativ wenig hitzebeständig.

Die Aushärtereaktion beginnt sofort ab einer Luftfeuchtigkeit von 50-70%, wenn der Wasserdampf kondensiert und der Klebstoff mit den im Wasser enthaltenen Hydroxid-Ionen in Kontakt kommt. Die Polymerbildung erfolgt nach dem Mechanismus der sogenannten anionischen Polymerisation.

Material 2 (Fortsetzung nächste Seite): Informationen zu Sekundenklebern und Reaktionsmechanismus für die Polymerisation von Sekundenklebern

Kettenstart:

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Kettenwachstum:

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Kettenabbruch: Durch die Anlagerung von Protonen kann die Reaktion gestoppt werden.

Material 2 (Fortsetzung): Informationen zu Sekundenklebern und Reaktionsmechanismus für die Polymerisation von Sekundenklebern

Aufgaben

- 3.1 Benennen und beschreiben Sie unter Angabe von Strukturformeln die Teilschritte der radikalischen Polymerisation von Ethen (für das Startmolekül kann das Symbol R-R verwendet werden). Geben Sie für den Klebstoff Pattex Stabilit® einen typischen Ausschnitt des Polymeren an (Material 1). **(8 BE)**
- 3.2 Erklären Sie die Klebewirkung des Zweikomponentenklebers Pattex Stabilit® und begründen Sie, weshalb die zu verklebenden Gegenstände fixiert und für eine optimale Klebewirkung angeraut werden müssen (Material 1). **(9 BE)**
- 3.3 Vergleichen Sie die anionische Polymerisation mit der radikalischen Polymerisation (Material 2). **(5 BE)**
- 3.4 Begründen Sie die geringe Hitzestabilität des Sekundenklebers aus Material 2. Stellen Sie eine Hypothese zur Herstellung eines Sekundenklebstoffs mit erhöhter Hitzestabilität auf. **(8 BE)**

Aufgabe 4

Moderne Kunststoffe – GFK

Schwerpunktthema: Kunststoffe

Glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) bestehen aus einem Kunststoff und Glasfasern. Im Verbund gesehen, bietet der Kunststoff dank der Glasfasern hohen Belastungen Widerstand. Das macht ihn überall dort einsatzbereit, wo traditionelle Werkstoffe wie Stahl, Edelstahl oder Holz an ihre Grenzen stoßen, bspw. im modernen Bootsbau. Die Glasfasern dienen als mechanische Verstärkung, während die Kunststoffharze je nach Anwendung gewählt werden. Mögliche Kunststoffe sind ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze), die sich außer zur Herstellung faserverstärkter Kunststoffe auch als Klebstoffe oder Lacke eignen.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Segelboote mit GFK Rumpf

<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	Ungesättigte Polyester lassen sich vernetzen, dafür wird bspw. Styrol benutzt.	
	<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>
Material 1: Repetiereinheit für einen ungesättigten Polyester	Material 2: Strukturformel von Styrol und schematische Darstellung eines UP-Harzes nach der Vernetzung	

GFK haben den Bau von leichteren und kostengünstigeren Booten ermöglicht. Beim Bau des Bootsrumpfes verwendet man meist GFK mit UP-Polyesterharz. Bei der Ausbesserung von Schäden haben sich aber zunehmend andere Kunststoffe durchgesetzt: Epoxidharze. Sie zeigen eine längere Haltbarkeit, während UP-basierte Lacke mit der Zeit undicht werden.	Epoxid	<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>
	Härter	<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>
	Ausgehärtetes Epoxidharz (Formelausschnitt)	<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>
Material 3: Epoxidharz und UP-Harz im Bootsbau	Material 4: Strukturformel eines Epoxids, eines Härters und Ausschnitt eines ausgehärteten Epoxidharzes	

Auf der Homepage eines Zementherstellers wird ein Verfahren zum Recycling von GFK beschrieben:

Zementwerke benötigen neben viel Energie große Mengen Sand. Beides liefern die GFK. Der Hauptbestandteil von Glas und damit auch Glasfaser ist nämlich Sand. Außer Sand enthält GFK den Kunststoff Polyester, der mit seinem hohen Heizwert viel fossile Primärenergie einspart.

Das Verfahren: Durch Wiederverwertung von 1000 Tonnen GFK können auf diese Weise bis zu rund 450 Tonnen Kohle und 200 Tonnen Sand eingespart werden. Gleichzeitig enthält GFK andere für die Zementherstellung erforderliche Mineralien. Am Ende entsteht hochwertiger Zement ohne Restabfälle. Es werden also 100 Prozent der ausgedienten GFK wiederverwertet.

Material 5: Verwertungsbeispiel von GFK bei der Zementherstellung

Aufgaben

- 4.1 Geben Sie die Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln für die Herstellung des im Material 1 dargestellten Polyesters an. Benennen und beschreiben Sie die vorliegende Polyreaktionsart. (Material 1) **(8 BE)**
- 4.2 Erläutern Sie die thermischen und mechanischen Eigenschaften des im Material 2 schematisch dargestellten Kunststoffes und leiten Sie begründet den Kunststofftypus ab. Erläutern Sie anhand des Beispiels den Begriff „Copolymer“. (Material 2) **(7 BE)**
- 4.3 Formulieren Sie eine Hypothese für die Erklärung der in Material 3 erwähnten Anfälligkeit von ungesättigten Polyestern (UP). Beschreiben Sie den Prozess des Aushärtens bei einem Epoxidharz. Benennen Sie begründet die Polyreaktionsart. (Material 3 und 4) **(7 BE)**
- 4.4 Erläutern Sie drei Recyclingverfahren für Kunststoffe. Bewerten Sie vor dem Hintergrund von Material 4 die Verwertung von GFK bei der Zementherstellung. (Material 5) **(8 BE)**

Schriftliche Abiturprüfung 2017 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Chemie

Mittwoch, 26. April 2017, 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 Kinder und Bildung über die Hotline von 7.00 bis 9.30 Uhr. Die von der Senatorin für Kinder und Bildung 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 beigefügten 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 beigefügten 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, 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>Anstelle von Bleiplatten verwendete Planté zu Spiralen aufgerollte Bleifolien. Damit vergrößerte er deutlich die Oberfläche der Elektroden. Dies ermöglichte, dass in derselben Zeitspanne erheblich mehr Oxidations- und Reduktionsvorgänge stattfanden als bei Sinstedens Modell. Es flossen mehr Elektronen und der Akku lieferte eine größere Stromstärke.</p> <p>Die Verwendung des Stofflappens als Trennmateriale erlaubte einen kleineren Abstand der Bleielektroden, so dass eine kompaktere Bauform erhalten werden konnte, da sich die Elektroden nicht berühren können.</p> <p>In modernen Bleiakkus sind die Reaktionen an den Polen die gleichen, die bereits Sinsteden und Planté ausnutzten. In heutigen Autobatterien werden sechs Reaktionsblöcke in Reihe geschaltet, um die Spannung zu erhöhen. Dem Beispiel Plantés folgend versucht man möglichst große Elektrodenflächen zu erhalten. Dies erreicht man, indem viele dünne Elektrodenplatten eingebaut werden, bzw. die Platten als Gitter ausgeführt sind.</p>	3	3	1
1.2	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Minuspol/Anode: Oxidation $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$</p> <p>Pluspol/Kathode Reduktion $\text{PbO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-}$</p> <p>Gesamtreaktion $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Hinweis: Bei Weglassen der Sulfationen ist trotzdem die volle Punktzahl zu geben.</p> <p>Die Reaktionsgleichungen für die Reduktion des Blei(IV)oxids und die Oxidation des Bleis lassen sich zusammen mit den zugehörigen Standardpotentialen der elektrochemischen Spannungsreihe entnehmen:</p> <p>Reduktion: $\text{PbO}_2 + 2 \text{e}^- + 4 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O}$ Oxidation: $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^-$ $E(\text{Pb}^{4+}/\text{Pb}^{2+}) = 1,46 \text{ V}$ $E(\text{Pb}^0/\text{Pb}^{2+}) = -0,13 \text{ V}$ $\Delta E = 1,59 \text{ V}$</p>	5	6	
1.3	<p>Beim Überladen des Akkus beginnt das so genannte Gasen. Es handelt es sich um die Bildung von Wasserstoff und Sauerstoff durch die Elektrolyse des Wassers. Dies erfolgt allerdings nicht durchgängig beim Laden des Akkus, da die hohen Überspannungen die Abscheidung von Wasserstoff am Blei und von Sauerstoff am Blei(IV)-oxid verhindern.</p> <p>Man unterscheidet generell zwischen Batterien und Akkumulatoren (kurz: Akkus). Beides sind Formen von galvanischen Zellen, in denen chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird. Bei Batterien handelt es sich um Primärzellen, die nicht wieder aufladbar sind. Akkumulatoren sind hingegen Sekundärzellen, die durch die Zufuhr elektrischer Energie wieder</p>		4	2

	aufgeladen werden können. Da es sich bei der „Autobatterie“ im Allgemeinen um den Bleiakкумулятор handelt, ist der Ausdruck „Batterie“ hier nicht korrekt.			
1.4	<p>Der Einsatz von Blei in Akkumulatoren hat Vorteile: Blei ist einfach zu gewinnen, Blei ist ein preiswertes Metall. Ein Bleiakku ist robust und langlebig. Bleiakkus können recycelt werden.</p> <p>Ein Aspekt, der gegen den Einsatz von Bleiakkus spricht, ist die Entsorgungsproblematik: Zahlreiche Menschen in Entwicklungsländern laufen Gefahr, sich beim Versuch des Recyclings dieser Akkus eine Bleivergiftung zuzuziehen.</p> <p>Andererseits birgt sachgerechtes Recycling keine Gefahren.</p> <p>Fazit: Im Bleiakku stellt das Blei keine Gefahr dar, solange es nicht unsachgemäß entsorgt wird. Der Bleiakku selbst ist u.a. als Starterbatterie in PKWs noch immer unverzichtbar.</p> <p><i>Alternative Argumente sind möglich.</i></p>		3	3
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		8	16	6

Quellen:

https://www.bse-usv-technik.de/epages/63415186.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/63415186/Products/8EX12040GF-Y/SubProducts/8EX12040GF-Y (Abbildung 3) (letzter Zugriff: Januar 2017)

<http://www.okinternational.org/lead-batteries/Recycling> (Material 4) (letzter Zugriff: Januar 2017)

http://www.worstpolluted.org/projects_reports/display/90 (letzter Zugriff: Januar 2017)

<http://www.zeit.de/2016/39/ghana-blei-autobatterie-recycling> (letzter Zugriff: Januar 2017)

Öko Institut e.V. – Institut für angewandte Ökologie: „Auf dem Weg zu nachhaltigem Recycling von Elektroschrott und Altfahrzeugen in Entwicklungsländern - “Lessons learned” der Implementierung des Best-of-two Worlds Konzeptes in Ghana und Ägypten“

Salters Chemie – Chemical Ideas, Deutsche Ausgabe; Bildungshaus Schulbuchverlage, 2012; S.278 (Abbildung im Erwartungshorizont).

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c0/Plante_lead_acid_cell.jpg (letzter Zugriff: Januar 2017)

<http://www.alpentourer.de/shop/starterbatterie/starterbatterie.html> (letzter Zugriff: Januar 2017)

Aufgabe 2

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
2.1	<p>Die Schmelzflusselektrolyse findet in einer eisernen Wanne statt, deren Wände mit Kohle ausgekleidet sind, die als Kathode dient. Die Wanne ist gefüllt mit einer Schmelze aus Aluminiumoxid und Kryolith. Letzteres dient dazu die Schmelztemperatur herabzusetzen. Von oben ragen Graphitelektroden in die Schmelze, sie dienen als Anode. Die elektrische Spannung beträgt 5 V und die Stromstärke 300 000 Ampere. Das flüssige Aluminium sammelt sich am Boden und kann von Zeit zu Zeit abgesaugt werden. Bei der Elektrolyse werden Al^{3+}-Ionen an der Kathode entladen. Gleichzeitig entsteht an der Anode Kohlenstoffdioxid.</p> <p>Kathode: $4 \text{Al}^{3+} + 12 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{Al}$ Anode: $3 \text{C} + 6 \text{O}^{2-} \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 12 \text{e}^-$ Redoxreaktion: $2 \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} \rightarrow 4 \text{Al} + 3 \text{CO}_2$</p>	4	4	
2.2	<p>Durch Passivierung bildet sich bei Aluminium eine Oxidschicht an der Luft aus, daher erscheint das Metall beständig gegenüber Wasser. Großtechnisch kann man diese Oxidschicht noch verstärken, dazu dient das Eloxalverfahren. Dabei wird die Passivierung von Aluminium durch elektrochemische Reaktionen künstlich verstärkt, indem das Werkstück im Gleichstrom als Anode geschaltet wird. Verdünnte Schwefelsäure bildet den Elektrolyten, die Kathode besteht aus Graphit oder Blei, an ihr bildet sich bei der Elektrolyse Wasserstoff. Durch das Eloxalverfahren wird die Schicht dicker und härter, so dass sie das Metall auch gegen schwache Säuren schützt.</p> <p>Mögliche Skizze des Eloxalverfahrens:</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>		8	
2.3	<ul style="list-style-type: none"> Für die Schmelzflusselektrolyse wird viel elektrische Energie umgesetzt. Die Stromerzeugung geschieht in Deutschland überwiegend mit Hilfe von fossilen Energieträgern. Das hat durch die CO_2-Emissionen einen negativen Effekt auf das Klima und ist nicht ressourcenschonend. Aluminium ist das zweithäufigste Metall in der Erdkruste, es steht daher in großem Maße als Rohstoff zur Verfügung, was den Einsatz als Verpackungsmaterial unterstützt. Der anfallende Rotschlamm bei der Gewinnung stellt eine ernste Umweltgefahr dar, umweltschonend wäre eine Lösung dieses Problems bevor die Aluminiumproduktion weiter erhöht wird. Die Herstellung von recyceltem Aluminium benötigt viel weniger Energie und weniger Chemikalien als die Produktion von neuem Aluminium. Angesichts des energetischen Vergleichs ist es nur dann sinnvoll es als Verpackungsmaterial einzusetzen, wenn es in einem geschlossenen Kreislauf recycelt wird. <p><i>Oder andere schlüssige Argumente. Eine eigene Wertung ist erforderlich.</i></p>	2	2	4
2.4	<p>Die Aluminiumdose funktioniert als Anode, die Natriumchloridlösung ist der Elektrolyt und der im Wasser gelöste Luftsauerstoff wird an der Kohlekatode reduziert.</p>	3	3	

Anode: $4 \text{ Al} + 12 \text{ OH}^- \rightarrow 4 \text{ Al(OH)}_3 + 12 \text{ e}^-$ Kathode: $3 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + 12 \text{ e}^- \rightarrow 12 \text{ OH}^-$ Redoxgleichung: $4 \text{ Al} + 3 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{ Al(OH)}_3$			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	9	17	4

Quellen:

Blickpunkt Chemie, Ausgabe 2015 für Oberschulen und Realschulen in Niedersachsen, Lehrermaterialien, Schroedel, (Arbeitsblatt 92)

Chemie heute SII, Schroedel 2009, S. 213.

<https://www.alunorf.de/alunorf/alunorf.nsf/id/A66EF2B321CBBE65C12578F4002D0D45> (letzter Zugriff Januar 2017)

<https://www.tagesschau.de/wirtschaft/aluminium102.html> (letzter Zugriff Januar 2017)

<https://www.planet-schule.de/wissenspool/klimawandel/inhalt/hintergrund/aluminium-ist-allgegenwaertig.html> (letzter Zugriff Januar 2017)

www.fh-flensburg.de/ct/Lehre/INU/Ökobilanz-Aluminium (letzter Zugriff Januar 2017)

http://www.chids.de/dachs/expvotr/782Aluminium_Eggersgluess.pdf (letzter Zugriff Januar 2017)

Aufgabe 3

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	<p>Es handelt sich um eine radikalische Polymerisation, es werden folgende Teilschritte unterschieden:</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Strukturformelausschnitt:</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	6	2	
3.2	<p>Der polymerisierte Klebstoff haftet einerseits durch Adhäsion an den zu verklebenden Gegenständen, andererseits wirken Kohäsionskräfte zwischen den Klebstoffmolekülen. In beiden Fällen handelt es sich um zwischenmolekulare Kräfte.</p> <p>Die zu verklebenden Gegenstände müssen während des Aushärtens des Klebstoffs fixiert werden, weil die nicht-polymerisierten Monomere des Klebstoffs unmittelbar nach dem Anrühren noch keine Klebeeigenschaften besitzen. Sowohl Adhäsions- als auch Kohäsionskräfte werden erst im polymerisierten Zustand des Klebstoffs stark genug, um die Gegenstände zusammenzuhalten.</p> <p>Durch das Aufrauen wird die Oberfläche der zu verklebenden Gegenstände vergrößert. Dadurch wird die Wirkung der Adhäsionskräfte gesteigert. Die Gegenstände sind somit fester mit der Klebstoffschicht verbunden.</p>	3	4	2
3.3	<p>Gemeinsamkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktionsmechanismus mit Kettenstart, Kettenwachstum und Kettenabbruch. • Monomere besitzen als funktionelle Gruppe eine Doppelbindung. <p>Unterschiede:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei der anionischen Polymerisation fungiert ein Anion, bei der radikalischen Polymerisation ein Radikal als Initiator-molekül. • Bei der radikalischen Polymerisation wird die Doppelbindung des Monomers gespalten, bei der ionischen Polymerisation lagert sie sich um. • der Kettenabbruch erfolgt bei der anionischen Polymerisation durch Anlagerung eines Protons und nicht wie bei der radikalischen Polymerisation durch Rekombination zweier Radikale. 		4	1
3.4	<p>Der Sekundenkleber zählt im ausgehärteten Zustand zu den Thermoplasten. Dies sind Kunststoffe, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich verformen lassen. Die zwischen den einzelnen linearen Polymerketten wirkenden Wechselwirkungen sind schwach und können durch Wärmezufuhr überwunden werden; die Polymerketten gleiten aneinander vorbei, der Kunststoff wird verformbar und löst sich von den zu verklebenden Gegenständen.</p> <p>Zur Erhöhung der Hitzestabilität muss der Kunststoff die Eigenschaften</p>		5	3

eines Duroplasten besitzen. Die Polymerketten eines Duroplasten weisen eine verzweigte Molekülstruktur auf, die durch den Einsatz von Monomeren mit mindestens zwei funktionellen Gruppen bei der Synthese hergestellt werden können. Die durch Elektronenpaarbindungen miteinander verbundenen Polymerketten sind hitzestabiler als die durch zwischenmolekulare Kräfte verbundenen Polymerketten eines Thermoplasten.			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	9	15	6

Quellen

Arnold, Dr. Karin et al.: Chemie Oberstufe, Handreichungen für den Unterricht, Cornelsen, 2011

Wambach, H. und Hilgers, Dr. U.: Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 5, Aulis Verlag, 2005

Wambach, H. und Hilgers, Dr. U.: Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 9, Aulis Verlag, 1997

<https://de.wikipedia.org/wiki/Klebstoff#/media/File:AdhesivesForHouseUse004.jpg> (letzter Zugriff: Januar 2017)

<http://de.rs-online.com/largeimages/R7081955-20.jpg> (letzter Zugriff: Januar 2017)

Aufgabe 4

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
4.1	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Es handelt sich um eine Polykondensation. Monomere mit zwei oder mehr funktionellen Gruppen können miteinander durch Polykondensation reagieren. Als funktionelle Gruppen eignen sich Hydroxy-Gruppen, Amino-Gruppen und Carboxygruppen. Bei jedem Reaktionsschritt spaltet sich dabei aus zwei miteinander reagierenden funktionellen Gruppen ein kleineres Molekül ab, oft Wasser.</p>	3	5	
4.2	<p>Die Kunststoffketten sind miteinander über Elektronenpaarbindungen engmaschig vernetzt und bilden ein einziges Molekül, es handelt sich um einen Duroplasten. Die Netzstruktur bleibt beim Erhitzen erhalten, erst bei höheren Temperaturen werden die Elektronenpaarbindungen des Netzwerkes gespalten; der Kunststoff zersetzt sich und verkohlt. Duroplastische Werkstücke sind daher nicht plastisch verformbar und spröde.</p> <p>Ein Copolymer besteht aus zwei oder mehreren verschiedenen Monomeren. Bei diesem Beispiel ist das eine Monomer der ungesättigte Polyester, das andere Styrol.</p>	2	5	
4.3	<p>Bei Kontakt mit Wasser kann es bei den UP zu einer Hydrolyse kommen. Die Esterbindungen in den Polyesterketten können durch Wasser aufgespalten werden, dabei entstehen wieder die ursprünglichen funktionellen Gruppen der Monomere.</p> <p>Die Epoxidgruppen reagieren mit den Aminogruppen des Härters. Dabei werden die Ringe geöffnet und es entstehen sekundäre Alkohole. Die Wasserstoffatome der Aminogruppen gruppieren sich um und die Epoxidmonomere werden über die Stickstoffatome netzartig miteinander verknüpft. Es handelt sich um eine Polyaddition, es liegen zwei unterschiedliche bifunktionelle Monomere vor, der Mechanismus verläuft über Stufen, aber es werden keine Nebenprodukte abgespalten.</p>	3	3	1
4.4	<p>Werkstoffliches Recycling: Thermoplastische Kunststoffe werden zu Granulat verarbeitet, aus dem wieder Kunststoffprodukte hergestellt werden; handelt es sich um Thermoplaste minderer Qualität erfolgt allerdings ein Downcycling.</p> <p>Rohstoffliches Recycling: Kunststoffe werden mittels Hydrolyse oder Pyrolyse abgebaut und man erhält die Monomere zurück, aus denen wieder Kunststoffe oder andere Stoffe synthetisiert werden können.</p> <p>Thermisches Recycling: Kunststoffe werden verbrannt und die entstehende Wärme wird z.B. für die Stromerzeugung oder als Fernwärme genutzt.</p> <p>Beim dem Vorgang in Material 5 handelt es sich zwar um eine 100 prozentige Verwertung des GFK, allerdings wird der Kunststoffanteil nur thermisch umgesetzt und damit als Ressource nicht in einem Kreislaufprozess zurückgewonnen. Vor diesem Hintergrund ist es kritisch zu sehen. Der anorganische Anteil wird allerdings rohstofflich verwertet.</p>	2	3	3
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		10	16	4

Quellen

<https://www.kunststoffe.de/themen/basics/reaktionsharze/ungesaettigtepolyesterharze-up/artikel/ungesaettigte-polyesterharze-up-645345> (letzter Zugriff Januar 2017)

<https://www.chemie.uni-hamburg.de/bibliothek/2008/DissertationSchellenberg.pdf> (letzter Zugriff Januar 2017)

http://www.wz.de/polopoly_fs/1.884947.1327432666!/httpImage/onlineImage.jpg_gen/derivatives/landscape_550/onlineImage.jpg (letzter Zugriff Januar 2017)

<https://fiberline.de/news/miljoe/durchbruch-im-gfk-recycling> (letzter Zugriff Januar 2017)

<https://www.fiberglas-discount.de/lexikon/unterschied-epoxidharz-polyesterharz> (letzter Zugriff Januar 2017)

<https://pixabay.com/de/strand-hintergrund-sand-wasser-72900/> (letzter Zugriff Januar 2017)