

Aufgabe 1

Knopfzellen – gestern, heute, morgen

Schwerpunktthema: Elektrochemie

Laut einer statistischen Umfrage gab es im Jahr 2013 in Deutschland in der Bevölkerung ab 14 Jahre rund 1,83 Millionen Personen, die ein Hörgerät trugen. Da das Durchschnittsalter der Deutschen immer höher wird, steigt auch der Bedarf an Hörgeräten. Mittlerweile gibt es zahlreiche verschiedene Formen und Tragemöglichkeiten (Material 1).

Alle diese Hörgeräte benötigen eine Stromquelle. Die entsprechenden Zink-Luft-Knopfzellen liefern eine Spannung von etwa 1,4V, sind mit einem Abkleber versiegelt und häufig weist der Hersteller darauf hin, dass ein Entfernen des Abklebers vor dem gewünschten Einsatzzeitpunkt die Laufzeit der Batterie verkürzt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1:
Versiegelte Knopfzellen

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Eine mikroporöse hydrophobe Teflonschicht verhindert den Austritt von Kaliumhydroxidlösung. Die daran angrenzende Schicht des Graphit-Teflon-Gemisches ist elektrisch leitend.

Des Weiteren finden sich eine Katalysatorschicht und ein Separator in der Batterie.

Material 1: Schnitt durch eine Zink-Luft-Knopfzelle

Früher kamen als Knopfzellen für Hörhilfen sowohl Zink-Quecksilber als auch Zink-Brom-Batterien zum Einsatz. Bei letzterer ist Zink im entladenen Zustand in Form von Zink-Ionen gelöst und im geladenen Zustand als Metall auf den Elektroden abgeschieden. Brom ist im geladenen wie auch im entladenen Zustand gelöst: Als Br_2 bzw. als Bromidionen in Wasser.

Um die Spannung einer Zink-Brom-Batterie zu ermitteln, wurde folgender Versuchsaufbau eingesetzt:

Zinkbromidlösung befindet sich in einem U-Rohr und wird elektrolysiert. Anschließend werden die beiden Graphitelektroden über Kabel mit einem Messgerät verbunden.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Material 2: Versuchsaufbau zur Zink-Brom-Batterie

Auch in ganz anderen Bereichen kommt die Zink-Luft-Batterie zum Einsatz: So hat die Firma *Epsilor* eine eigene Reihe an Zink-Luft-Batterien zur speziellen Verwendung für die Fußsoldaten der US-Armee entwickelt. Sie begründen die Auswahl dieser speziellen Batterie unter anderem mit dem Vorteil der sicheren Lagerung, des ungefährlichen Transports, der einfachen Verwendung und der unproblematischen Entsorgung dieser Art von Batterie.

Die überwiegende Zahl der Forscher ist sich einig, dass die Zukunft der Batterien und Akkumulatoren in Metall-Luft-Systemen zu finden ist. Am attraktivsten erscheint dabei die Lithium-Luft-Batterie, wenngleich die Reaktionsfreudigkeit des Lithiums Wasser und Luft gegenüber die Forschung noch vor Probleme stellt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 2:
Infanterist am transportablen Funkgerät

Material 3: Einsatz der Zink-Luft-Batterie

Die Energiedichte bezeichnet die Energie, die eine Batterie pro Masseneinheit oder Volumeneinheit abgeben kann. Gemessen wird sie in Wattstunde pro Kilogramm (Wh/kg). Je höher die Energiedichte, umso höher das Speichervermögen bei identischem Gewicht bzw. Volumen.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Material 4: Energiedichten verschiedener Batterien in Wh/kg

Aktivmaterial	Masse in g/mol	Ionenwertigkeit	Standard-Elektrodenpotential in V
Al	26,98	3	-1,66
Br	79,9	1	1,09
Hg	200,59	2	0,85
Li	6,94	1	-3,05
Zn	65,38	2	-0,76

Material 5: Vergleich von Aktivmaterialien

Aufgaben

- 1.1 Erklären Sie die Begriffe galvanische Zelle und Primärelement. Geben Sie die Fachbegriffe und die Pole zur Vervollständigung von Material 1 an. **(6 BE)**
- 1.2 Geben Sie die Reaktionsgleichungen an den beiden Polen einer Zink-Luft-Batterie an, und begründen Sie, warum Hörgerätebatterien einen Abkleber besitzen (s. Abbildung 1). **(6 BE)**
- 1.3 Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Spannung einer Zink-Brom-Batterie. Berechnen Sie die zu erwartende Spannung unter Standardbedingungen und geben Sie die entsprechenden Teilgleichungen an (Material 2). **(8 BE)**
- 1.4 Diskutieren Sie unter Berücksichtigung von Material 3, 4 und 5 die Vor- und Nachteile der Zink-Luft-Batterie im Vergleich zu den anderen angeführten Zink-Batterien. Bewerten Sie die Auswahl der Firma *Epsilor*. **(10 BE)**

Aufgabe 2

Herstellung von Kupferradierungen und Leiterplatten – zwei ähnliche elektrochemische Verfahren

Schwerpunktthema: Elektrochemie

Von Dürer über Rembrandt bis hin zu Goya - **die Geschichte der Radierung weist in der Kunst viele große Meister aus.**

Die um 1500 erfundene Kupferradierung ist ein Druckverfahren, bei dem die Farbe in die eingravierten Vertiefungen einer Kupferplatte aufgebracht und unter hohem gleichmäßigem Druck seitenverkehrt auf das Papier gepresst wird. Die Vertiefungen werden hierbei jedoch nicht in die Druckplatte eingeritzt, sondern mithilfe eines elektrochemischen Verfahrens erzeugt.

Bei der Herstellung von Leiterplatten, die als wesentliche Bestandteile nahezu in allen elektronischen Geräten enthalten sind, werden vergleichbare Techniken eingesetzt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1: Radierung vom Bremer Dom

Eine Kupferplatte wird zunächst mit einer dünnen Schicht Wachs überzogen. In diese Schicht ritzt der Künstler seine Zeichnung seitenverkehrt derart ein, dass unter der aufgetragenen Wachsschicht das Kupfer erscheint. Es folgt der Vorgang des „Ätzens“, der Oxidation des Kupfers: die Platte wird für einige Minuten in eine Eisen(III)-chlorid-Lösung gelegt, so dass die gewünschten Motive als Vertiefungen von der Kupferplatte abgetragen werden. Anschließend wird die restliche Wachsschicht durch Eintauchen in heißes Wasser entfernt. Die Platte dient dann als Druckvorlage.

Material 1: Informationen zur Herstellung einer Druckplatte

Leiterplatten bestehen aus einem elektrisch isolierenden Basismaterial (Kunststoff), auf dem sich leitende Bereiche aus Kupfer, sogenannte Leiterbahnen, befinden. Auf die Platinen können mithilfe von Bohrlöchern Bauteile montiert werden, die durch die Leiterbahnen elektrisch leitend miteinander verbunden sind (Abb. 2).

Herstellung von Leiterplatten:

1. Das gewünschte Platinenlayout (spätere Leiterbahnen) wird auf eine Spezialfolie gedruckt.
2. Die Folie mit dem Layout wird auf das mit einem Fotopositivlack beschichtete Platinenmaterial aufgelegt (Abb. 1), von dem zuvor die Lichtschutzfolie entfernt wird.
3. Durch Belichtung mit UV-Strahlung wird das Layout auf die Platine übertragen.
4. Der Fotopositivlack wird an den belichteten Stellen in einem Entwicklerbad entfernt, so dass an diesen Stellen die Kupferbeschichtung sichtbar wird (Abb. 2).
5. Anschließend wird diese Kupferschicht in einer Eisen(III)-chlorid-Lösung entfernt.
6. In einem letzten Schritt wird der restliche Fotopositivlack, der die Leiterbahnen vor der Wirkung der Eisen(III)-chlorid-Lösung schützt, durch ein Lösungsmittel entfernt.

Material 2 (Fortsetzung nächste Seite): Herstellung von Leiterplatten

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Material 2 (Fortsetzung): Herstellung von Leiterplatten

Aufgaben

- 2.1 Erklären Sie die einzelnen Arbeitsschritte bei der Herstellung einer Druckplatte (Material 1).
(6 BE)
- 2.2 Zeichnen Sie den beschrifteten Versuchsaufbau eines galvanischen Elements, das die Vorgänge beim „Ätzen“ einer Druckplatte aus Kupfer veranschaulicht (Anode: Graphit). Geben Sie die Reaktionsgleichungen der stattfindenden Redoxreaktion (Teil- und Gesamtgleichung) unter Standardbedingungen an (Material 1 und Anhang).
(12 BE)
- 2.3 Stellen Sie dar, wie Standardpotentiale experimentell ermittelt werden. Beurteilen Sie unter Zuhilfenahme der Standardpotentiale, ob sich zum „Ätzen“ der Kupferplatte Eisen(II)-chlorid-Lösung statt Eisen(III)-chlorid-Lösung eignet (Material 1 und Anhang).
(7 BE)
- 2.4 Vergleichen Sie die Herstellung einer Druckplatte mit der Herstellung einer Leiterplatte (Material 1 und Material 2).
(5 BE)

Aufgabe 3

Stärkefolien – eine Alternative zu Folien aus herkömmlichen Kunststoffen?

Schwerpunktthema: Naturstoffe

Plastikfolien sind im Haushalt oder beim Einkaufen weit verbreitet. Häufig werden Kunststoffverpackungen aus Erdölprodukten hergestellt. Problematisch ist, dass Erdöl knapper wird und deshalb immer aufwändiger gefördert werden muss. Außerdem wird beim Verbrennen von Erdöl und Erdölprodukten Kohlenstoffdioxid frei, das den Treibhauseffekt erhöht. Eine Alternative sind Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen wie z.B. Kartoffel- oder Maisstärke, die zur Herstellung von biologisch abbaubaren Kunststoffen verwendet wird. Kunststoffe aus Stärke können zu Plastiktüten, Verpackungsformteilen und Hygieneartikeln verarbeitet werden.

<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	Stärke besitzt eine dichte, kristalline Struktur. Sie besteht zu ca. 20 - 30% aus wasserlöslicher Amylose, die eine helicale Struktur aufweist und zu ca. 70 - 80% aus wasserunlöslichem Amylopektin.
Material 1: Ausschnitt der Strukturformeln von Amylose und Amylopektin	

<p>Versuch 1: Es wird ein Reaktionsgemisch aus Stärke und Wasser bis zum Sieden erhitzt und die auf diese Weise gelöste Stärke auf einer Polyethylen-Platte ausgegossen. Man lässt über Nacht trocknen und kann am nächsten Tag die Stärkefolie von der Platte abziehen.</p> <p>Versuch 2: Durchführung wie Versuch 1, es wird aber vor dem Erhitzen Glycerin zu dem Versuchsansatz gegeben. Die Stärkefolie lässt sich von der Platte abziehen, die Folie ist aber flexibler und weniger brüchig als bei Versuch 1.</p>	<i>Die Abbildung Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>
Material 2: Versuche zur Herstellung von Stärkefolie und Strukturformel von Glycerin.	

Der biologische Abbau der Stärke erfolgt in der Umwelt häufig durch Mikroorganismen unter Beteiligung des Enzyms Amylase, welches Amylose zum Disaccharid Maltose hydrolysiert. Der Abbau der Stärke kann im Experiment zur Veranschaulichung der allgemeinen Wirkungsweise von Enzymen demonstriert werden. Hierzu wurden Amyloselösungen gleicher Konzentrationen hergestellt und unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Nach 10 min Reaktionszeit wurde die Fehling-Probe mit den Versuchsansätzen durchgeführt.

Versuch Nr.	Amylase	Inhalt der Reagenzgläser	Temperatur	Färbung der Fehling-Probe nach 3 min Reaktionszeit
Versuch 1	-	Amylozelösung	20°C	blau
Versuch 2	+	Amylozelösung	20°C	rot
Versuch 3	+	Amylozelösung	100°C	blau

+ : wurde hinzugegeben; - : wurde nicht hinzugegeben

Material 3: Versuchsreihe zu den Eigenschaften und der Wirkungsweise der Amylase

Aufgaben

- 3.1 Beschreiben Sie den Aufbau und die Entstehung von Amylose aus ihren Monomeren und vergleichen Sie die Struktur von Amylose mit Amylopektin (Material 1). **(7 BE)**
- 3.2 Erläutern Sie mithilfe von Versuch 1 die Filmbildung bei der Herstellung von Stärkefolien. Erklären Sie anhand von Versuch 2 die Funktion des Glycerins (Material 1 und Material 2). **(5 BE)**
- 3.3 Zeichnen Sie die Haworth-Projektionsformel von Maltose und begründen Sie die Beobachtungen der Versuchsreihe in Material 3. Entwerfen Sie ein Experiment, um den vollständigen Abbau der Amylose durch das Enzym Amylase nachzuweisen. **(12 BE)**
- 3.4 Diskutieren Sie den Einsatz von Stärkefolien im Vergleich zu herkömmlichen Kunststofffolien aus Erdölprodukten. **(6 BE)**

Aufgabe 4

L-Carnosin – Ein leistungssteigerndes Dipeptid?

Schwerpunktthema: Aminosäuren, Peptide, Proteine

L-Carnosin wird im Internet als Nahrungsergänzungsmittel zur Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit im Ausdauerbereich angepriesen, obwohl dies durch die *European Food Authority* aufgrund der bisher vorliegenden Datenlage nicht bestätigt werden konnte. L-Carnosin soll die Ermüdung der Muskeln verzögern und nach dem Training sollen weniger Muskelschmerzen und Muskelkater auftreten. Ebenso wird ein Zuwachs an fettfreier Muskelmasse versprochen. Es gibt einige Studien, die darauf hindeuten, dass L-Carnosin tatsächlich die Leistungen bei hohen Belastungen wie z. B. beim Schwimmen oder in der Leichtathletik verbessern könnte.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb.1 L-Carnosin als Nahrungsergänzungsmittel

L-Carnosin ist ein Dipeptid aus β -Alanin (N-terminal) und α -Histidin (C-terminal). Es kommt beim Menschen in höheren Konzentrationen vor allem in der Skelettmuskulatur vor. Der Körper kann es selbst aus den oben genannten Aminosäuren synthetisieren. Während α -Histidin im Körper häufig vorkommt, muss β -Alanin dem Körper von außen mit der Nahrung zugeführt werden. L-Carnosin wird beispielsweise beim Verzehr von Fleischgerichten aufgenommen. Das L-Carnosin wird im Magen-Darmtrakt zunächst wieder in die einzelnen Aminosäuren β -Alanin und α -Histidin aufgespalten und diese werden in den Muskelzellen mit Hilfe des Enzyms Carnosinsynthase wieder zum Dipeptid zusammengesetzt. Dabei entsteht stets das L-Carnosin als einziges Produkt. Bei der Synthese im Reagenzglas erhält man jedoch vier verschiedene Dipeptide.

Material 1: Vorkommen und Synthese von L-Carnosin

<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>
2-Aminopropansäure	3-Aminopropansäure	2-Amino-3-(1H-imidazol-4-yl)-propansäure
α-Alanin (α-Ala)	β-Alanin (β-Ala)	α-Histidin

Material 2: Strukturformeln und Informationen zu α/β -Alanin und α -Histidin

<p>Synthetisiert man im Reagenzglas L-Carnosin aus β-Alanin und α-Histidin, so erhält man auch noch drei weitere Dipeptide als Nebenprodukte. Zur genaueren Analyse werden die Dipeptide getrennt voneinander durch Hydrolyse mit Säure in die einzelnen Aminosäuren zerlegt. Die Hydrolysate (Aminosäuremischungen) 1-4 werden dünnschichtchromatografisch aufgetrennt.</p> <p>R_f-Werte:</p> <p>β-Alanin 0,42 α-Histidin 0,19</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
<p>Material 3: Dünnschichtchromatogramm von den Hydrolyseprodukten der Dipeptide aus β-Alanin und α-Histidin</p>	

<p>L-Carnosin: Preis: 19,28 € für 60 Kapseln à 500 mg</p>	<p>β-Alanin: Preis: 13,29 € für 250 g</p>	<p>Im Internet wirbt ein Carnosinanbieter mit sinngemäß folgender Aussage: <i>Echtes L-Carnosin ist besser als die billige und nebenwirkungsreiche β-Alanin-Version.</i></p> <p>Außerdem wirft er die Frage auf, <i>warum man das Vorprodukt β-Alanin verwenden sollte, wenn die richtige Substanz, das L-Carnosin jetzt zur Verfügung steht und heute auch bezahlbar ist.</i></p>
<p>Wirkungen und Nebenwirkungen von L-Carnosin und β-Alanin:</p> <p>Wirkung: Mögliche leistungssteigernde Wirkung im Ausdauerbereich und bei hohen Belastungen.</p> <p>Nebenwirkungen: Sensibilitätsstörungen, Kribbeln und Hitzewallungen bei zu hoher Dosierung. Diese Nebenwirkungen treten bei beiden Produkten bei gleicher molarer Dosierung auf.</p>		
<p>Material 4: Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen L-Carnosin und β-Alanin sowie Internetwerbung für L-Carnosin</p>		

Aufgaben:

- 4.1 Vergleichen Sie α - und β -Alanin hinsichtlich ihrer Struktur. Kennzeichnen Sie chirale Zentren aller Moleküle in Material 2 und begründen Sie die unterschiedliche optische Aktivität von α - und β -Alanin sowie α -Histidin. **(6 BE)**
- 4.2 Erläutern Sie das Verfahren der Dünnschichtchromatografie und berechnen Sie den R_f-Wert für die Probe 1. (Material 3). **(8 BE)**
- 4.3 Erklären Sie, warum bei der L-Carnosinsynthese im Körper nur ein Produkt und bei der Herstellung im Reagenzglas vier verschiedene Produkte entstehen. Dazu können Sie die Abkürzungen in Material 2 nutzen. Zeichnen Sie die Strukturformel von L-Carnosin und begründen Sie Ihre Zuordnung von L-Carnosin sowie den drei weiteren Dipeptiden zu den Proben 1-4 im Chromatogramm. (Material 3) **(12 BE)**
- 4.4 Beurteilen Sie die Aussagen des Carnosinanbieters. (Material 1 und 4). **(4 BE)**

Schriftliche Abiturprüfung 2016 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Chemie

Dienstag, 12. April 2016, 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 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>Eine galvanische Zelle erzeugt elektrische Energie durch eine Redoxreaktion. Sie ist eine Kombination aus zwei getrennten Halbzellen, die über eine Salzbrücke oder Membran miteinander elektrolytisch leitend verbunden sind.</p> <p>Als Primärelemente werden galvanische Elemente bezeichnet, die nicht wieder aufladbar sind. Sie werden so von den wieder aufladbaren Sekundärelementen (Akkus) abgegrenzt.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kaliumhydroxid-Lösung/Zink-Pulver 2. Katalysatorschicht 3. Pluspol 4. Lufteintritt 5. Separator 6. Minuspol 	6		
1.2	<p>Es erfolgt eine Oxidation des Zinks bei gleichzeitiger Reduktion des Sauerstoffs:</p> <p><i>Minuspole:</i> $2 \text{Zn (s)} \rightarrow 2 \text{Zn}^{2+} \text{(aq)} + 4 \text{e}^-$</p> <p><i>Pluspole:</i> $\text{O}_2 \text{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O (l)} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^- \text{(aq)}$</p> <p>Der Abkleber verhindert das vorzeitige Eindringen von Sauerstoff in die Batterie, so dass noch keine Redoxreaktion stattfinden kann und sich die Batterie erst dann entlädt, wenn sie eingesetzt werden soll.</p>	3	3	
1.3	<p>Die Zinkbromidlösung wird zunächst durch Anschließen einer Stromquelle an die Graphitelektroden elektrolysiert. Sobald sich sichtbar Brom und Zink an den Elektroden abscheiden, kann die Stromquelle durch ein Voltmeter ersetzt werden und die Spannung gemessen werden.</p> <p>Das zu erwartende Ergebnis beruht auf den Elektrodenreaktionen und den zugehörigen Standardpotentialen:</p> <p><i>Minuspole:</i> $\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^- \quad E^0 = -0,76\text{V}$</p> <p><i>Pluspole:</i> $\text{Br}_{2(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-_{(aq)} \quad E^0 = 1,09\text{V}$</p> <p>Aus $\Delta E^0 = E^0 \text{(Akzeptor)} - E^0 \text{(Donator)}$ folgt: $\Delta E^0 = 1,09\text{V} - (-0,76\text{V})$ $= 1,85\text{V}$</p> <p>Die Brom-Zink-Batterie liefert also eine Spannung von etwa 1,85V.</p>		4	4
1.4	<p>Ein Vorteil des Einsatzes von Luftsauerstoff als Aktivmaterial ist die kostenfreie, unbegrenzte Verfügbarkeit. Zusätzlich wird der Sauerstoff bei der Ermittlung der Masse der Zelle nicht einberechnet, wodurch sich die hohen Energiedichten der Luftsauerstoffelemente erklären. So weist beispielsweise die Zink-Luft-Batterie eine Energiedichte von deutlich mehr als 300 Wh/kg auf, während sowohl das Zink-Brom- als auch das Zink-Quecksilber-Element bei deutlich unter 200 Wh/kg liegen.</p> <p>Große Nachteile von Quecksilber wie auch Brom sind, dass beide toxisch sind. Falls die Stoffe bei Beschädigung der Batterie austreten, stellen sie eine Gefahr für die Umwelt dar. Zusätzlich ist die fachgerechte Entsorgung ein Problem.</p>	4	4	2

	<p>Die Firma <i>Epsilon</i> nennt die vergleichsweise unproblematische Entsorgung als Vorteil ihres Produktes. Hier ist die Zink-Luft-Batterie den anderen Zink-Batterien in der Tat deutlich vorzuziehen. Die ebenfalls von <i>Epsilon</i> angeführte sichere Lagerung und der ungefährliche Transport sind weitere positive Aspekte, die insbesondere im Vergleich mit Kombinationen mit gegen Luft und Wasser sehr reaktiven Stoffen, wie Lithium, ausschlaggebend sein könnten und vielleicht die höheren Energiedichten von anderen Metall-Luft-Kombinationen wie z.B. Lithium-Luft überwiegen. Andererseits muss in Erwägung gezogen werden, dass das Standard-Elektrodenpotential von Lithium rund viermal so niedrig ist wie das von Zink, wodurch sich eine entsprechend höhere Potentialdifferenz zur Reduktion des Sauerstoffs ergibt.</p> <p>Unter Berücksichtigung der zur Verfügung gestellten Materialien erscheint die Wahl der Firma insgesamt nachvollziehbar.</p> <p><i>Alternative Argumente sind möglich.</i></p>			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	13	15	2	

Quellen:

Hamann, Carl H./Vielstich, Wolf: *Elektrochemie*, 4. Vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage, WILEY-VCH Verlag, Weinheim 2005.

Kiehne, Heinz-Albert et al: *Batterien – Grundlagen und Theorie, aktueller technischer Stand und Entwicklungstendenzen*, 4., völlig neubearbeitete Auflage, expert Verlag, Renningen 2000.

Kiehne, Heinz-Albert et al: *Gerätebatterien – Grundlagen und Theorie, aktueller technischer Stand und Entwicklungstendenzen*, 3., völlig neubearbeitete Auflage, expert Verlag, Renningen 2001.

Infanterist am transportablen Funkgerät: <http://www.epsilon.com/sections/military/Zinc-Air-Batteries/> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Schnitt durch eine Zink-Luft-Knopfzelle: Asselborn, W./Jäckel, M./Risch, Dr. K.T. (Hrsg.): *Chemie heute SII Gesamtband*, Bildungshaus Schulbuchverlage, Braunschweig 2009, S.221.

Statistik Hörgeräte: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/252153/umfrage/anzahl-der-hoergeraetetraeger-in-deutschland/> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Versiegelte Knopfzellen: Gerland Hörgeräte: <http://www.gerland.de/batterien-273.html> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Versuchsaufbau zur Zink-Brom-Batterie: Blume, R.: Versuch: Der reversible Zink-Iod-Akku als Modellversuch zum Zink-Brom-Akkumulator <http://www.chemieunterricht.de/dc2/echemie/znjakkuv.htm> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
2.1	<p>Das Aufbringen einer Wachsschicht schützt die Kupferoberfläche vor der Reaktion mit der Eisen(III)-chlorid-Lösung. Durch das Einritzen des Bildes in die Wachsschicht wird an diesen Stellen das Wachs entfernt und die Eisen(III)-chlorid-Lösung kann an diesen Stellen ungehindert mit dem Kupfer reagieren. Beim Einlegen der Platte in die Eisen(III)-chlorid-Lösung reagiert das Kupfer an den freigelegten Stellen mit den Eisen(III)-Ionen zu Kupfer(II)-Ionen. Diese sind wasserlöslich, so dass an den betreffenden Stellen Vertiefungen in der Platte entstehen. Durch das Waschen mit heißem Wasser wird die restliche Wachsschicht entfernt und die Kupferplatte mit den gewünschten Vertiefungen kann als Druckplatte verwendet werden.</p>	3	3	
2.2	<p>Zeichnung des galvanischen Elements</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p><i>Alternative Lösungen sind möglich.</i></p> <p>Reaktionen:</p> <p>Anode/Kupferelektrode: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ Oxidation Kathode/Graphitelektrode: $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Fe}^{2+}$ Reduktion</p> <p>Gesamtreaktion: $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$</p>		12	
2.3	<p>Zur Ermittlung der Standardpotentiale wird die Spannung zwischen der Standardwasserstoffelektrode, der Bezugshalbzelle, und der jeweiligen Halbzelle unter Standardbedingungen gemessen. Die Standardwasserstoffelektrode besteht aus einer Platinelektrode, die in eine wässrige Lösung von Oxoniumionen mit einer Konzentration von 1 mol/l taucht und von Wasserstoff mit einem Druck von 1013 hPa umspült wird.</p> <p>Das Redoxpaar Fe^{2+}/Fe besitzt eine Standardpotential von 0,41 V, das Redoxpaar Cu^{2+}/Cu besitzt ein solches von 0,34V. Eisen(II)-chlorid-Lösung kann unter Standardbedingungen nicht zur Kupferätzung genutzt werden, da aufgrund des geringeren Redoxpotentials des Redoxpaares Fe^{2+}/Fe die Eisen(II)-Ionen Kupfer nicht oxidieren können.</p>	4		3
2.4	<p>Bei der Herstellung einer Leiterplatine entspricht das Platinenlayout dem Bild, das bei einer Kupferradierung erzeugt werden soll. In beiden Fällen wird der Teil der Kupferplatte, der nicht reagieren soll, geschützt: bei der Kupferradierung durch Wachs, bei der Leiterplatine durch nicht belichteten Fotopositivlack.</p> <p>Der Teil der Kupferplatte, der reagieren soll, wird bei der Kupferradierung durch Einritzen in die Wachsschichtung, bei der Platine durch Zerstörung des Fotopositivlacks durch Belichtung frei gelegt.</p> <p>In beiden Fällen wird dann das Kupfer durch die Eisen(III)-chlorid-Lösung weg geätzt, es finden die gleichen Redoxreaktionen statt.</p>	5		
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		12	15	3

Quellen:

Wambach, H. und Hilgers, Dr. U.: Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 10/1, Aulis Verlag, 2005

Wambach, H. und Hilgers, Dr. U.: Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 8, Aulis Verlag, 2003

Ätzen von Leiterplatten:

http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/fachbriefe_berlin/chemie/fachbrief_chemie_08_beispielaufgaben_gk.pdf (letzter Zugriff: Januar 2016)

Radierung vom Bremer Dom: <https://www.radierungen-online.de/images/kvcf-4216.jpg> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	<p>Amylose ist ein Polysaccharid aus α-D-Glucosemolekülen. Die Monomere sind über α-1,4-glycosidische Bindungen miteinander verknüpft. Die Bindung entsteht durch Wasserabspaltung aus der Hydroxylgruppe des C-Atoms 1 eines α-D-Glucosemoleküls und des C-Atoms 4 eines weiteren α-D-Glucosemoleküls.</p> <p>Amylopektin ist wie Amylose ein Polysaccharid aus α-D-Glucosemolekülen. Auch hier liegen α-1,4-glycosidische Bindungen vor. Im Unterschied zu Amylose sind die Monomere zusätzlich durch eine α-1,6-glycosidische Bindung zwischen dem C-Atom 1 der Glucose und dem C-Atom 6 eines weiteren Glucosemoleküls miteinander verbunden. Dadurch besitzt Amylopektin eine verzweigte Molekülstruktur.</p>	7		
3.2	<p>Gelöste Stärkemoleküle besitzen eine Hydrathülle. Ursache für die Filmbildung nach dem Verdunsten des Wassers ist die Ausbildung intra- und intermolekularer Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Stärkemolekülen. Dadurch kommt es zu starken Vernetzungen zwischen den Molekülsträngen.</p> <p>Glycerin hat die Funktion eines Weichmachers und verhindert, dass die Stärkemoleküle kristalline Strukturen ausbilden und Folie brüchig wird. Glycerin lagert sich zwischen die Stärkemoleküle und hält sie durch Wasserstoffbrückenbindungen zusammen.</p>	1	4	
3.3	<p>Strukturformel von Maltose:</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Die Rotfärbung zeigt ein positives Ergebnis der Fehlingprobe an, bei dem durch Reduktion von Kupfer(II)-Ionen ein roter Niederschlag gebildet wurde. Die Blaufärbung zeigt ein negatives Ergebnis der Fehling-Probe an, bei dem es zu keiner Reduktion von Kupferionen gekommen ist Begründung für den Verlauf der Fehling-Probe:</p> <p>Versuch 1: Ohne Zusatz von Amylase erfolgt kein Abbau der Stärke zu Maltose. Die Fehling-Probe fällt negativ aus, weil die halbacetalischen Hydroxyl-Gruppen im Stärkemolekül blockiert sind und eine Ringöffnung nicht möglich ist.</p> <p>Versuch 2: Stärke wird unter Zusatz von Amylase zu Maltose abgebaut. Die Fehling-Probe fällt positiv aus, weil die halbacetalische Hydroxyl-Gruppe am C-Atom 1 durch Ringöffnung in eine reduzierende Aldehydgruppe umgewandelt wird, die mit dem Fehling-Reagenz reagiert.</p> <p>Versuch 3: Bei einer Temperatur von 100°C wurde die Raumstruktur der Amylase so verändert, dass das Substrat Amylose nicht mehr am aktiven Zentrum binden und zu Maltose umgesetzt werden kann.</p>	4	5	3

	Experiment zum Nachweis des vollständigen Amylose-Abbaus durch Amylase mithilfe der Iod-Stärke-Probe: Nach dem Einwirken von Amylase auf eine Amylose-Lösung werden einige Tropfen Iod/Kaliumiodid-Lösung hinzugefügt. Die Nachweisreaktion müsste bei vollständigem Abbau der Amylose negativ ausfallen, d.h. es tritt keine Blaufärbung auf. <i>Alternative Lösungen sind möglich.</i>			
3.4	<p>Mögliche Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Rohstoffe zur Herstellung von Stärkefolien stehen als nachwachsende Rohstoffe im Gegensatz zu denen aus Erdölprodukten in großen Mengen zur Verfügung. • Stärkefolien sind im Gegensatz zu herkömmlichen Kunststofffolien biologisch abbaubar, bei der unsachgemäßen Entsorgung in die Umwelt findet keine Vermüllung der Landschaft statt. • Stärkefolien sind klimaschonend, da die CO₂-Bilanz beim Abbau der Stärke bei der Zellatmung im Vergleich zur Bildung der Stärke bei der Fotosynthese ausgeglichen ist. • Stärkefolien genießen eine hohe Akzeptanz beim Verbraucher, da es sich um ein „natürliches“ Produkt handelt. <p>Mögliche Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aufgrund der biologischen Abbaubarkeit der Stärkefolien sind diese für eine nur kurzzeitige Nutzung verwendbar. • die Quellung der Stärkefolie bei Kontakt mit Wasser schränkt die Verwendungsmöglichkeit beispielsweise für Lebensmittel stark ein. • infolge des Anbaus von Mais und Kartoffeln in Form von Monokulturen kommt es zur Vernichtung von Ökosystemen <p><i>Alternative Argumente sind möglich. Die Schüler sollen mindestens vier Argumente gegenüberstellen und gegeneinander abwägen.</i></p>		6	
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		12	15	3

Quellen

Herstellung von Stärkefolien: Asselborn, W. et al: Chemie heute, Lehrermaterialien Band 4, Schroedel Verlag, 2012.

Herstellung von Stärkefolien: Wambach, H.: Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 5, Aulis Verlag, 1997.

Blume, R.: Von der Kartoffel zur Stärke: http://www.chemieunterricht.de/dc2/nachwroh/nrt_01.htm (letzter Zugriff: Januar 2016)

Abbau von Stärke durch Amylase: Stark Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG: Abitur 2011, Prüfungsaufgaben mit Lösungen, Chemie Gymnasium Baden Württemberg, 2004-2010.

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>* = asymmetrisches Zentrum</p> <p>α- und β-Alanin sind Isomere, da sie die gleiche Summenformel besitzen, sich jedoch die Aminogruppe an den unterschiedlichen Kohlenstoffatomen C2, dem α-C-Atom zur COOH-Gruppe bzw. C3, dem β-C-Atom zur COOH-Gruppe, befindet. α-Alanin und α-Histidin besitzen am α-C-Atom vier unterschiedliche Reste und haben somit ein chirales/asymmetrisches Zentrum. Sie sind somit chiral und optisch aktiv. β-Alanin besitzt an den Kohlenstoffatomen C2 und C3 jeweils 2 H-Atome und ist somit achiral und nicht optisch aktiv.</p>	3	3	
4.2	<p>Die Dünnschichtchromatografie ist ein Trennverfahren, das darauf beruht, dass sich in einem Lösungsmittel gelöste Stoffe aufgrund ihrer Polarität unterschiedlich zwischen einer stationären Phase, der Beschichtung der Folie, und einer mobilen Phase, dem Fließmittel, verteilen. Je stärker die Wechselwirkungen mit der mobilen Phase, umso weiter wandern die gelösten Stoffe mit und der R_f-Wert wird größer. Je stärker die Wechselwirkungen mit der stationären Phase, umso stärker werden sie dort adsorbiert und desto weniger weit wandern sie mit dem Fließmittel. Der R_f-Wert wird kleiner. Um den R_f-Wert zu bestimmen, teilt man die zurückgelegte Wegstrecke bis zum Spot durch die Wegstrecke der Lösungsmittelfront.</p> $R_f = \frac{0,9 \text{ cm}}{4,7 \text{ cm}} = 0,19 \text{ für } \alpha\text{-Histidin}$ <p><i>Andere korrekte Erklärungen sind auch möglich.</i></p>	7	1	
4.3	<p>Enzyme sind substratspezifisch, d. h. die Bindungsstelle des Enzyms, das aktive Zentrum, passt nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip für das umzusetzende Substrat. So wird nur ein α-Histidinmolekül mit einem β-Alaninmolekül in einer bestimmten Reihenfolge verknüpft.</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Im Reagenzglas können neben L-Carnosin auch noch folgende Dipeptide auftreten, da die Moleküle in beliebiger Reihenfolge miteinander reagieren können: His-β-Ala, His-His, β-Ala-β-Ala.</p> <p>Bei Probe 1 handelt es sich um das Dipeptid His-His, da nur ein Spot mit kleinem R_f-Wert zu sehen ist. In dem Dipeptid ist also nur die Aminosäure Histidin enthalten. Bei den Proben 2 und 3 handelt es sich um L-Carnosin und His-β-Ala, da jeweils zwei Spots für α-Histidin und β-Alanin vorhanden sind. Sie können mit dem hier angewandten Analyseverfahren nicht unter-</p>	2	9	1

	schieden werden. Bei der Probe 4 handelt es sich um das Dipeptid β -Ala- β -Ala, da wieder nur ein Spot für eine Aminosäure vorhanden ist und dieser weiter gewandert ist als Histidin.			
4.4	<p><i>Echtes L-Carnosin ist besser als die billige und nebenwirkungsreiche β-Alanin-Version.</i></p> <p>L-Carnosin (64 Cent pro Gramm) ist verglichen mit β-Alanin (5 Cent pro Gramm) tatsächlich teurer. Die Nebenwirkungen gleichen sich jedoch bei gleicher molarer Dosierung, so dass der zweite Teil der Aussage falsch ist. Man kann β-Alanin auch nicht als Version von L-Carnosin bezeichnen. Bei ersterem handelt es sich um eine Aminosäure, bei letzterem um ein Dipeptid.</p> <p><i>warum man das Vorprodukt β-Alanin verwenden sollte, wenn die richtige Substanz, das L-Carnosin, jetzt zur Verfügung steht und heute auch bezahlbar ist.</i></p> <p>Es macht wenig Sinn das teurere L-Carnosin einzunehmen, da dieses im Verdauungstrakt in die Aminosäuren α-Histidin und β-Alanin hydrolysiert wird und daraus in den Muskelzellen wieder L-Carnosin synthetisiert wird. Dies ist auch der Grund dafür, warum sich die Wirkungen und Nebenwirkungen von L-Carnosin und β-Alanin gleichen.</p> <p><i>Alternative Argumente sind möglich.</i></p>		2	2
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		12	15	3

Quellen

Carnosinwerbung des Internetanbieters: <http://www.gsfood.ch/carnosin-n-19-1.html> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Allgemeine Informationen zu L-Carnosin und seiner Wirkung:

<http://www.antidoping.ch/de/glossary/carnosin-und-beta-alanin-0> (letzter Zugriff: Januar 2016)

<http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/2038> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Harris R. C., Sale C.: Beta-alanine supplementation in high-intensity exercise. *Med. Sport. Sci.* 2013, 59, 1.

Sale, C., Saunders, B., Harris, R. C. Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. *Amino acids*, 2010, 39(2), 321.

Jozanović, M., Sakač, N., Jakobović, D., Sak-Bosnar, M. Analytical Characterization and Quantification of Histidine Dipeptides, Carnosine and Anserine by Modeling of Potentiometric Titration Data. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2015, 10(7), 5787-5799.

Preisvergleich α - und β -Alanin: <http://de.myprotein.com/sporternahrung/beta-alanin/10529809.html> (letzter Zugriff: Januar 2016) <http://de.myprotein.com/sporternahrung/beta-alanin/10529809.html> (letzter Zugriff: Januar 2016)

Titrationsskurve von α -Histidin (bearbeitet):

http://cbc.arizona.edu/classes/bioc462/462a/NOTES/Amino_Acids/amino_acids.htm (letzter Zugriff: Januar 2016)

Dünnschichtchromatographie: Kalyankar, G., Meister, A. Enzymatic synthesis of carnosine and related β -alanyl and γ -aminobutyryl peptides. *J. Biol. Chem.* 1959, 234, 3210.