

Schriftliche Abiturprüfung

Chemie

Hinweise und Beispiele zu den zentralen
schriftlichen Prüfungsaufgaben

(überarbeitet 03/2021)



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung
Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung
Felix-Dahn-Straße 3, 20357 Hamburg

Referatsleitung Unterrichtsentwicklung

mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht:

Werner Renz, Britta Kieke (2021)

Fachreferentin Chemie: Claudia Körper, Havva Temur (2021)

Diese Veröffentlichung beinhaltet Teile von Werken, die nach ihrer Beschaffenheit nur für den Unterrichtsgebrauch in Hamburger Schulen sowie für Aus- und Weiterbildung am Hamburger Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung bestimmt sind.

Eine öffentliche Zugänglichmachung dieses für den Unterricht an Hamburger Schulen bestimmten Werkes ist nur mit Einwilligung des Landesinstituts für Lehrerbildung und Schulentwicklung zulässig.

Veröffentlicht auf: www.li.hamburg.de/publikationen/abiturpruefung

Hamburg 2012/2021

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorwort.....	4
1 Regelungen für die schriftliche Abiturprüfung.....	5
2 Liste der Operatoren	6
3 Aufgabenbeispiele.....	8
3.1 grundlegendes Anforderungsniveau	8
Aufgabe 1	8
Aminosäuren und Proteine	8
„Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“	8
Anlage zur Aufgabe „Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“	9
Erwartungshorizont.....	11
Aufgabe II	14
Akkumulatoren als mobile Energiequellen	14
Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen	14
Anlage zur Aufgabe „Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen“	15
Erwartungshorizont.....	16
3.2 erhöhtes Anforderungsniveau.....	19
Aufgabe I	19
Aminosäuren und Proteine	19
„Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“	19
Anlage zur Aufgabe „Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“	20
Erwartungshorizont.....	23
Aufgabe II	27
Akkumulatoren als mobile Energiequellen	27
Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen	27
Anlage zur Aufgabe „Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen“	28
Erwartungshorizont.....	29

Vorwort

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

ab dem Schuljahr 2013/2014 wird die Zahl der Fächer mit zentral gestellten Aufgaben in der Abiturprüfung u.a. um die MINT-Fächer Biologie, Chemie, Informatik und Physik erweitert. Die schriftlichen Abituraufgaben für diese Fächer werden zentral von der Schulbehörde erstellt. Sie beziehen sich auf Themen, die etwa 50 % des Unterrichts in der Studienstufe ausmachen und in den Rahmenplänen bereits verbindlich geregelt sind. Damit bleibt in der Profileroberstufe eine vernünftige Balance zwischen schulisch geprägten Themen und zentralen Leistungsanforderungen erhalten. Die fachspezifischen Hinweise im so genannten A-Heft, den „Regelungen für die zentralen schriftlichen Prüfungen“ für das Abitur 2014 (siehe Internet <http://www.hamburg.de/abitur-2014/hamburg/3365184/start.html>) informieren über die Schwerpunkte und Anforderungen der Prüfungsaufgaben. Sie ermöglichen damit eine langfristige Unterrichtsplanung.

Neu ab dem Abitur 2014 ist zudem die Wahlmöglichkeit für die zu bearbeitenden Prüfungsaufgaben durch die Schülerinnen und Schüler in allen MINT-Fächern. In den naturwissenschaftlichen Fächern und Informatik werden jeweils drei Aufgaben vorgelegt, von denen die Schülerinnen und Schüler zwei zur Bearbeitung auswählen.

Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie zu Ihrer Orientierung Beispiele für zentrale Prüfungsaufgaben im Fach Chemie, in denen neben der Aufgabenstellung auch der Erwartungshorizont und die zugeordneten Bewertungseinheiten beschrieben sind.

In der Hoffnung, dass die vorliegende Handreichung hilfreich für Sie und Ihre Unterrichtsarbeit ist, wünsche ich Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern eine erfolgreiche Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung.

Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe, die diese Handreichung erstellte, danke ich herzlich für die geleistete Arbeit.

Werner Renz (2012)

1 Regelungen für die schriftliche Abiturprüfung

Der Fachlehrerin, dem Fachlehrer

- werden **drei** Aufgaben (I, II und III) zu unterschiedlichen Schwerpunkten vorgelegt. Die jeweiligen Schwerpunktthemen entnehmen Sie bitte den *Regelungen für die zentralen schriftlichen Prüfungsaufgaben* des entsprechenden Jahrgangs.

Die Abiturientin, der Abiturient

- erhält alle **drei** Aufgaben,
- wählt davon **zwei** Aufgabe aus und bearbeitet diese,
- vermerkt auf der Reinschrift, welche Aufgabe sie / er bearbeitet hat,
- ist verpflichtet, die Vollständigkeit der vorgelegten Aufgaben vor Bearbeitungsbeginn zu überprüfen (Anzahl der Blätter, Anlagen usw.).

Aufgabenarten:	<p>Für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Chemie sind Aufgabenstellungen geeignet, die</p> <ul style="list-style-type: none"> • vorgeführte oder selbst durchgeführte Experimente beschreiben und auswerten lassen, • fachspezifisches Material (z. B. Diagramme, Tabellen, dokumentierte Experimente) auswerten, kommentieren, interpretieren und bewerten lassen, • fachspezifische Fragen beantworten lassen, • Formeln kommentiert herleiten lassen und kommentierte Berechnungen fordern, • fachliche Sachverhalte in historische Bezüge oder aktuelle Kontexte einordnen lassen, • begründete Stellungnahmen zu Aussagen oder vorgelegtem Material einfordern, • strukturiertes Fachwissen in einem größeren Zusammenhang darstellen lassen, • mehrere Lösungswege ermöglichen.
Arbeitszeit:	<p>Grundlegendes Niveau: 240 Minuten Erhöhtes Niveau: 300 Minuten</p>
	<p>Eine Lese- und Auswahlzeit von 30 Minuten ist der Arbeitszeit vorgeschaltet. In dieser Zeit darf noch nicht mit der Bearbeitung begonnen werden.</p>
Hilfsmittel:	<p>Taschenrechner, Formelsammlung, gegebenenfalls Periodensystem, Rechtschreibwörterbuch</p>

Die in den zentralen schriftlichen Abituraufgaben verwendeten **Operatoren** werden in Kapitel 3 genannt und erläutert.

Grundlage der schriftlichen Abiturprüfung ist der Rahmenplan in der Fassung von 2010 mit den folgenden curricularen Vorgaben, Konkretisierungen und Schwerpunktsetzungen. Für die Schwerpunktthemen ist jeweils eine Unterrichtszeit von der Hälfte, höchstens aber von zwei Dritteln eines Semesters vorgesehen.

Es besteht grundsätzlich Themengleichheit zwischen Kursen auf grundlegendem und erhöhtem Niveau. Für das erhöhte Niveau wird ein – auch qualitatives – Additum angegeben.

Es werden drei Schwerpunktthemen benannt, die verschiedene Bereiche der Chemie abdecken und in etwa die Hälfte des Unterrichts bestimmen. Eine Prüfungsaufgabe muss sich auf alle vier im Rahmenplan Chemie beschriebenen Kompetenzbereiche erstrecken. Daher sollten Kontexte als Ausgangspunkt genommen werden, wobei die Aufgabenstellung nicht unnötig komplex werden sollte. Aus den Kontexten leiten sich chemisch relevante Themen und Fragestellungen ab.

2 Liste der Operatoren

Die in den zentralen schriftlichen Abituraufgaben verwendeten Operatoren werden in der folgenden Tabelle definiert und inhaltlich gefüllt. Entsprechende Formulierungen in den Klausuren der Studienstufe sind ein wichtiger Teil der Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf das Abitur.

Neben Definitionen und Beispielen enthält die Tabelle auch Zuordnungen zu den Anforderungsbereichen I, II und III, wobei die konkrete Zuordnung auch vom Kontext der Aufgabenstellung abhängen kann und eine scharfe Trennung der Anforderungsbereiche nicht immer möglich ist.

Operatoren	AB	Definitionen
analysieren, untersuchen	II-III	unter gezielten Fragestellungen Elemente und Strukturmerkmale her-ausarbeiten und als Ergebnis darstellen
angeben, nennen	I	ohne nähere Erläuterungen wiedergeben oder aufzählen
anwenden, übertragen	II	einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
aufstellen	II	einen Vorgang als eine Folge von Symbolen oder Wörtern formulieren
auswerten	II	Daten oder Einzelergebnisse zu einer abschließenden Gesamtaussage zusammenführen
begründen	II-III	einen angegebenen Sachverhalt auf Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
benennen	I	Elemente, Sachverhalte, Begriffe oder Daten (er)kennen und angeben
berechnen	I-II	Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen
beschreiben	I-II	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache in eigenen Worten veranschaulichen
bestimmen	II	einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren
beurteilen	III	Hypothesen bzw. Aussagen sowie Sachverhalte bzw. Methoden auf Richtigkeit, Wahrscheinlichkeit, Angemessenheit, Verträglichkeit, Eignung oder Anwendbarkeit überprüfen

bewerten	III	eine eigene Position nach ausgewiesenen Normen oder Werten vertreten
darstellen	I-II	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden, Ergebnisse etc. strukturiert wiedergeben
diskutieren, erörtern	III	im Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
einordnen, zuordnen	II	mit erläuternden Hinweisen in einen Zusammenhang einfügen
entwickeln	II-III	eine Skizze, eine Hypothese, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären, erläutern	II-III	Ergebnisse, Sachverhalte oder Modelle nachvollziehbar und verständlich veranschaulichen
herausarbeiten	II-III	die wesentlichen Merkmale darstellen und auf den Punkt bringen
interpretieren	II-III	Phänomene, Strukturen, Sachverhalte oder Versuchsergebnisse auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und diese gegeneinander abwägend darstellen
protokollieren	I-II	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau und zeichnerisch einwandfrei bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben
prüfen, überprüfen	II-III	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
skizzieren	I-II	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse kurz und übersichtlich darstellen mithilfe von z. B. Übersichten, Schemata, Diagrammen, Abbildungen, Tabellen
vergleichen, gegenüberstellen	II-III	nach vorgegebenen oder selbst gewählten Gesichtspunkten Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln und darstellen
zeichnen	I-II	eine hinreichend exakte bildhafte Darstellung anfertigen

3 Aufgabenbeispiele

3.1 grundlegendes Anforderungsniveau

Aufgabe 1

Kontext *Ernährung und Gesundheit*

Aminosäuren und Proteine

„Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“



Quelle:

<https://www.peta.de/seide/>
letzter Zugriff: 19.10.2019

Seide ist eine seit vielen Jahrtausenden genutzte Naturfaser. Sie wird hauptsächlich durch Seidenraupen der Nachtfalterart *Bombyx mori* (Maulbeerspinner) gebildet. Die Raupen des Maulbeerspinners verpuppen sich im Laufe ihrer Entwicklung in einem Kokon aus selbst produzierten Seidenfasern, aus dem schließlich die fertig entwickelten Nachtfalter schlüpfen.



Quelle:

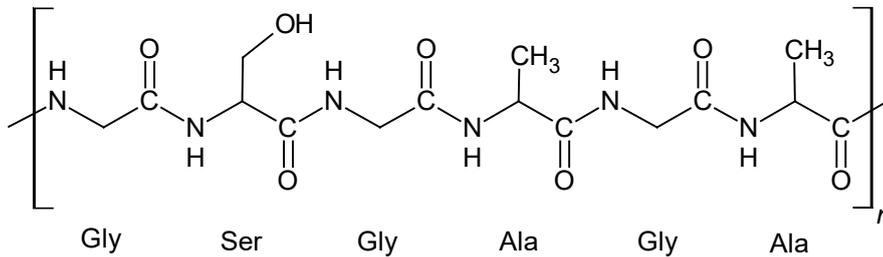
<https://www.stern.de/fotografie/>
letzter Zugriff: 19.10.2019

Auch viele Spinnen produzieren chemisch sehr ähnlich gebaute Fasern in ihren Spinnrüsen im Hinterleib. Sie bilden daraus beeindruckende Netze, in denen sie Beute fangen. Spinnenseideanaloge lassen sich ebenfalls für die Herstellung von Seidenstoffen nutzen.

- a) **Beschreiben** Sie anhand einer Strukturformel den grundsätzlichen Aufbau einer biogenen/proteinogenen Aminosäure. Gehen Sie dabei auch auf den Begriff Zwitterion ein. (10 BE)
- b) **Erklären** Sie die Bedeutung und mögliche Gründe für das Zustandekommen der in Material 1 genannten Sekundär- und Tertiärstrukturen, die in den Seidenfäden der Seidenraupen beobachtet werden. (12 BE)
- c) **Stellen** Sie die Reaktionsgleichung (mit Strukturformeln) für die hydrolytische Spaltung des Seidenraupenproteins (Material 1) **dar**. **Vergleichen** Sie die Zusammensetzung des Seidenraupenproteins einerseits mit der Zusammensetzung des zugfesten Seidenproteins der Spinne und andererseits mit der Zusammensetzung des elastischen Seidenproteins der Spinne (Material 2 und 3). (10 BE)
- d) **Beschreiben** Sie einen positiven Nachweis der Biuret-Reaktion. **Begründen** Sie, welches Ergebnis die Biuret-Reaktion mit dem Fibroin der Seidenraupen sowie den einzelnen darin enthaltenen Aminosäuren liefern müsste. (8 BE)
- e) **Diskutieren** Sie den Einsatz von Seidenmaterialien im Vergleich zu Werkstoffen aus Polymilchsäure. Nutzen Sie für Ihre Ausführungen auch die Informationen aus Material 4. (10 BE)

Anlage zur Aufgabe „Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“

Material 1: Aufbau des Seidenproteins Fibroin



Erklärung der
Abkürzungen:

Alanin (Ala)
Glycin (Gly)
Serin (Ser)

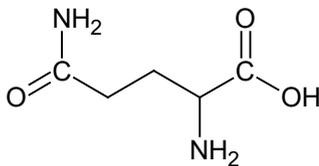
Die Seide des Kokons von Insekten wie *Bombyx mori* besteht hauptsächlich aus dem langkettigen Eiweißmolekül Fibroin. Die Gesamtfadenlänge des Kokons beträgt bei Wildformen bis 200 m, bei domestizierten Formen bis 3,5 km.

Der Molekülausschnitt zeigt die sich wiederholenden Aminosäuresequenzen in der Primärstruktur des Seidenproteins, wobei n bei rund 40 bis 900 liegt. Die im Seidenfaden vorherrschende Sekundärstruktur ist das β -Faltblatt. Die hohe Stabilität des Fadens kommt zusätzlich durch die Tertiärstruktur zustande, in der sich die Polymerkette in ihren Sekundärstrukturen weitergehend anordnet.

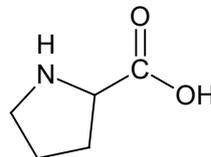
Quelle:

verändert nach <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/seide/60735>, <https://de.wikipedia.org/wiki/Fibroin> sowie <https://de.wikipedia.org/wiki/Seide>; letzter Zugriff: 30.11.2019

Material 2: Strukturformeln ausgewählter Aminosäuren



Glutamin (Gln)



Prolin (Pro)

Material 3: Informationen zu Spinnenseide

Spinnenseide ist eines der reißfestesten bisher bekannten Biomaterialien. Sie hat bessere Eigenschaften als moderne Hochleistungs-Kunststoffe. Im Laufe der Evolution ist ein Material entstanden, das zugfester ist als Stahl, welches aber bis zu einem bestimmten Grad auch elastisch und dehnbar sein kann. Hierfür besitzen weibliche Spinnen bis zu sechs verschiedene Spinndrüsen, die unterschiedliche Arten von Seidenproteinen produzieren.

Die aus mehreren Polymerketten bestehenden Fasern, die der Seide Zugfestigkeit verleihen, haben einen hohen Anteil an kristallinen Bereichen. Sie bestehen v.a. aus Poly-Alanin- und Poly-Glycin-Blöcken. Elastische Fasern weisen vermehrt Blöcke aus Glycin, Prolin und Glutamin auf. Solche elastischen Fasern findet man u.a. in Spinnennetzen.

Quelle:

verändert nach <https://www.git-labor.de/forschung/life-sciences-biotechnologie/struktur-und-funktion-von-spinnenseiden-proteinen-mit-nmr-spe>; letzter Zugriff: 18.10.2019

Material 4: Einsatz und Eigenschaften von Seide und Polymilchsäure

Die Eigenschaften der natürlichen Seide werden bereits in zahlreichen Bereichen unseres Lebens ausgenutzt. So wird die Seide der Raupe des Maulbeerspinners u.a. für die Herstellung von Seidengewebe für Kleidungsstücke eingesetzt sowie als biokompatibles und resorbierbares Nahtmaterial in der Medizin.

Die Einsatzmöglichkeiten der Seide von ausgewählten Spinnenarten sind ähnliche. Neben medizinischen Produkten wie Nahtmaterial und Gerüsten für biologische Gewebe hat mit „adidas“ ein weltbekannter Sportartikelhersteller bekannt gegeben, dass der Prototyp eines Sportschuhs aus einer der ersten künstlich erzeugten Spinnenseide entwickelt wurde. Der Schuh sei rund 15 % leichter als ein vergleichbarer Schuh mit Kunststoffen als Obermaterial.

Bei Polymilchsäure (PLA) handelt es sich ebenfalls um ein Material, das in der Medizin als resorbierbares Nahtmaterial eingesetzt wird. Darüber hinaus ist der Biokunststoff in verschiedenen Alltagsbereichen – z.B. Verpackungen und Getränkebecher – zu finden. Polymilchsäure ist ein Polyester der Milchsäure (2-Hydroxypropansäure), welche aus nachwachsenden Rohstoffen wie Mais hergestellt werden kann.

Gewebe aus Seide ist u.a. durch eine geringe Dichte und gute Isolation gekennzeichnet. Mechanische Eigenschaften von seidenbasierten Materialien im Vergleich zu Polymilchsäure zeigt die folgende Tabelle. Die Angaben in der Tabelle sind dabei als relative Größen zu verstehen.

Materialherkunft	„Zugfestigkeit“	„Elastizität“
Seide des Maulbeerspinners <i>Bombyx mori</i>	360-530	5-12
Seide der Spinne <i>Nephila clavipes</i>	875-972	11-13
Polymilchsäure (PLA)	28-50	1-3

Tab. 1: Vergleich der Mechanischen Eigenschaften von seidenbasierten Materialien im Vergleich zum künstlich hergestellten Polymer, der Polymilchsäure (PLA)

Erläuterungen zu den verwendeten Messgrößen:

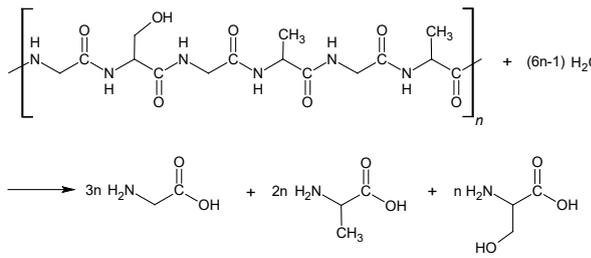
- ⇒ Die „Zugfestigkeit“ sagt aus, wie stark ein Werkstoff maximal belastbar ist. Dabei betrachtet man, bei welcher Kraft ein Werkstück mit einem bestimmten Querschnitt und bestehend aus einem bestimmten Werkstoff versagt, wenn es auf Zug belastet wird.
- ⇒ Die „Elastizität“ beschreibt die Fähigkeit eines Werkstoffs, seine Form bei einer Krafteinwirkung reversibel zu verändern.

Quelle:

verändert nach: <http://www.seide.info/seideneigenschaften/eigenschaften-der-seide.html>, https://www.adidas-group.com/media/filer_public/30/f9/30f998af-52af-412e-8439-ee04b5133f30/nov17_adidas_x_amsilk-de.pdf sowie https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/15950/file/Baumann_Katrin_Strukturierungsmethoden_fuer_Seidenfibroin.pdf sowie <http://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/werkstofftechnik/metall/21-zugfestigkeit> letzter Zugriff: 28.05.2020

Erwartunshorizont

	Lösungsskizze.	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Eine α-Aminosäure besteht aus einem zentralen Kohlenstoffatom, das zum einen eine Carboxygruppe bzw. Carboxylatgruppe und zum anderen eine Aminogruppe bzw. Ammoniumgruppe trägt. Der dritte Bindungspartner ist ein Wasserstoffatom.</p> <p>Die vierte Bindung geht das Kohlenstoffatom zu einem spezifischen Rest ein. Dabei handelt es sich – je nach Aminosäure – um ein Wasserstoffatom (bei Glycin) oder einen organischen Rest.</p> <p>Biogene/Proteinogene Aminosäuren sind L-Aminosäuren.</p> <p>Ein Zwitterion ist ein Molekül mit mindestens zwei funktionellen Gruppen, von denen mindestens eine positiv und mindestens eine negativ geladen ist. Bei einer Aminosäure liegt die Carboxygruppe deprotoniert vor (die Gruppe hat als Brönsted-Säure reagiert), während die Aminogruppe protoniert wurde (die Gruppe hat als Brönsted-Base reagiert).</p>	8	2	
b)	<p><u>Sekundärstruktur:</u> Als Sekundärstruktur wird in Material 1 das β-Faltblatt genannt. Es kommt durch Wasserstoffbrücken zwischen den Peptidbindungen gegenüberliegender Polymerabschnitte zustande. Dabei wechselwirken das partiell positiv geladene Wasserstoffatom der einen Peptidbindung und das partiell negativ geladene Sauerstoffatom der anderen Peptidbindung. Die Faltung beruht auf der besonderen Struktur der Peptidbindung. Die Bereiche der Peptidbindungen bilden flächige Blattabschnitte, die Faltkanten liegen bei den α-C-Atomen.</p> <p><u>Tertiärstruktur:</u> Die Tertiärstruktur bezeichnet die räumliche Anordnung von Sekundärstrukturelementen durch die Wechselwirkungen spezifischer Reste der Aminosäuren. Im Fall des Fibroins der Seide kommen in der Regel Glycin, Alanin und Serin vor. Bei Glycin und Alanin handelt es sich um Aminosäuren mit unpolaren Resten, zwischen denen sich Van-der-Waals-Kräfte ausbilden können. Serin weist eine Hydroxygruppe im spezifischen Rest auf, so dass hier zusätzlich Wasserstoffbrücken zwischen zwei Serinresten möglich sind. Beide Arten der Wechselwirkungen sind schwächer als kovalente Bindungen. Da jedoch die Polymere aus linearen Ketten sehr vieler Aminosäuren bestehen, addieren sich die Kräfte, so dass ein starker Zusammenhalt resultiert.</p>	4	8	
c)	Reaktionsgleichung:			

	 <p><i>Ein anderer Molekülausschnitt aus dem Fibroin ist denkbar. Es sollten aber alle drei im Material 1 dargestellten Aminosäuren (Gly, Ala, Ser) vorkommen.</i></p> <p>Während die Seide der Seidenraupe hauptsächlich aus dem Protein Fibroin aufgebaut wird, das sich aus Glycin, Serin und Alanin zusammensetzt, gibt es bei der Seide der Spinne bis zu sechs unterschiedliche Sorten. Sie unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung von dem Protein der Seidenraupe.</p> <p>Ein Protein, das der Seide Zugfestigkeit verleiht, besteht v.a. aus Alanin und Glycin. Es wird in seinem Aufbau also dem Fibroin der Seidenraupe ähneln. Ein weiteres Protein, das der Seide Elastizität verleiht, besteht hingegen neben Glycin aus Prolin und Glutamin. Hierbei handelt es sich um Aminosäuren, die einen etwas größeren/voluminöseren spezifischen Rest besitzen als die Aminosäuren im Fibroin.</p>	2	3	5
d)	<p>Die Biuret-Reaktion weist Peptidbindungen nach. Ein positiver Nachweis ist an einer dunklen Violettfärbung zu erkennen.</p> <p>Es ist davon auszugehen, dass die Reaktion mit Fibroin positiv verläuft, da das Molekül als Protein zahlreiche Peptidbindungen aufweist. Mit den einzelnen Aminosäuren ist jeweils ein negatives Ergebnis zu erwarten, da keine Peptidbindungen vorliegen. In diesem Fall ist keine Violettfärbung zu beobachten.</p>	2	4	2
e)	<p>Seidenmaterialien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seidenmaterialien haben eine geringe Dichte / sind leicht, daher für Kleidung – z.B. auch Sportschuhe – geeignet - als natürlich vorkommende Faser vermutlich biologisch abbaubar und daher aus Umweltaspekten günstig - als Nahtmaterial geeignet, da biokompatibel und resorbierbar; verbleibt nicht im Körper, sodass kein weiterer Eingriff nötig ist - Herstellungsmenge bei Seide des Seidenspinners vermutlich begrenzt, da Tiere gezüchtet werden müssen – entsprechend hohe Preise - bei Spinnenseide durch erste künstlich nachgeahmte Seide ggf. in Zukunft kein limitierender Faktor mehr, der Preis sollte dann auch sinken - besonders Spinnenseide weist eine sehr hohe Zugfestigkeit auf, sie ist rund 2-3 mal so hoch wie die Zugfestigkeit der Seidenfaser der Seidenraupe; Auch die Elastizität der Spinnenseide ist tendenziell höher als die der Seide der Seidenraupe. Die Unterschiede beruhen auf der kristallinen Struktur des Fibroins (vgl. auch Aufgabe c)). Beide Materialien eignen sich aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften – trotz der bestehenden Unterschiede – hervorragend als Nahtmaterial oder Grundgerüst für biologisches Gewebe in der Medizin. <p>Material aus Polymilchsäure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Polymilchsäure kann künstlich synthetisiert werden und ist daher billiger. 		4	6

	<ul style="list-style-type: none"> - Für ihre Herstellung benötigt man entsprechende nachwachsende Rohstoffe (Mais etc.), so dass auch hier ein Abhängigkeit und ggf. Begrenzung besteht. - Polymilchsäure ist ebenfalls – unter bestimmten Bedingungen – biologisch abbaubar und daher umweltverträglich sowie als Nahtmaterial geeignet. - Die tabellierten mechanischen Eigenschaften zeigen, dass Polymilchsäure wesentlich (um den Faktor 10-20) weniger zugfest ist als die Seidenmaterialien. Zudem ist es deutlich weniger elastisch. Ursächlich für diese Unterschiede sind die verschiedenen zwischenmolekularen Kräfte zwischen den einzelnen Polymeren. Damit ist Polymilchsäure für einige medizinische Produkte, die mechanisch strapaziert werden – wie teilweise Nähte – weniger gut geeignet als vergleichbare Produkte aus Seide. <p>⇒ Die verschiedenen Materialien weisen aufgrund ihres allgemeinen chemischen Aufbaus als langkettige Polymere, die untereinander wechselwirken, in mehreren Eigenschaften Ähnlichkeiten auf, so dass auch ihr Einsatzgebiet sich teilweise überschneidet. Die Unterschiede in ihrem molekularen Aufbau sowie der Art ihrer zwischenmolekularen Wechselwirkungen variieren ihr jeweiliges Einsatzgebiet.</p> <p><i>Es müssen insgesamt mindestens 6 Aspekte angeführt werden, wobei in jedem Fall auch auf die Tabelle zu den mechanischen Eigenschaften einzugehen ist.</i></p>			
	Insgesamt 50 BWE	16	21	13

Aufgabe II

Kontext *Nachhaltigkeit und Umweltchemie*

Akkumulatoren als mobile Energiequellen

Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen

- a) Erläutern Sie die Funktionsweise und den Aufbau des klassischen Bleiakкумуляtors mithilfe von Reaktionsgleichungen und einer Schnittzeichnung.
(20 BE)
- b) Berechnen Sie mithilfe der Spannungsreihe die zu erwartende Spannung für eine Zelle des Akkumulators.
(5 BE)
- c) Vergleichen Sie die in der Tabelle in der Anlage aufgeführten Akkumulatoren und stellen Sie schematisch die ihnen zugrunde liegenden Reaktionen dar.
(15 BE)
- d) Erläutern Sie, welche Eigenschaften neben der aufgeführten Kapazität zur Beurteilung eines Akkumulators für seinen Einsatz in Automobilen noch herangezogen werden.
(10 BE)

Anlage zur Aufgabe „Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen“

Material 1: Tabelle Akkumulatoren

	Kapazität
Bleiakkumulator	30 Wh/kg
Nickel-Cadmium-Akkumulator	50 Wh/kg
Nickel-Metallhydrid-Akkumulator	70 Wh/kg
Lithium-Ionen-Akkumulator	150 Wh/kg

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<p>Ein Bleiakкумуляtor besteht aus mehreren in Reihe geschalteten Zellen, deren Halbzellen Elektroden aus metallischem Blei und aus Blei(IV)-Oxid in 37%-iger Schwefelsäure haben. Der Bleiakкумуляtor liefert den elektrischen Strom, der zum Starten des Motors benötigt wird.</p> <p>Ihm liegt die reversible Redoxreaktion von Blei(IV)-Ionen und metallischem Blei zu Blei(II)-Ionen zugrunde. Dabei handelt es sich um eine unter Energieab- gabe ablaufende Synproportionierung.</p> <p>Die bei der Reaktion vom metallischen Blei zu den Blei(IV)-Ionen übertragenen Elektronen liefern den elektrischen Strom für den Startvorgang.</p> <p>Beim Ladevorgang mittels einer äußeren Stromquelle werden aus den Blei(II)- Ionen wieder metallisches Blei und Blei(IV)-Ionen gebildet. Dabei handelt es sich um eine unter Energieaufnahme ablaufende Disproportionierung.</p> <p><u>Reaktionsgleichungen:</u></p> <p>Beim Entladevorgang des Akkumulators bildet das metallische Blei die Anode: <u>Oxidation:</u> $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \square \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^-$</p> <p>Das Blei(IV)oxid bildet die Kathode: <u>Reduktion:</u> $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^- \square \text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Somit ergibt sich eine Gesamtreaktionsgleichung: $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \square 2 \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Beim Ladevorgang sind die Verhältnisse umgekehrt. Die Bleielektrode bildet die Kathode: <u>Reduktion:</u> $\text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^- \square \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Das Bleioxid bildet die Anode: <u>Oxidation:</u> $\text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O} \square \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^-$</p> <p><i>Alternative korrekte Darstellungen sind als gleichwertig anzusehen.</i></p> <p><i>Die Zeichnung soll mit Bleistiften, Buntstiften und Lineal angefertigt werden. Sie soll gemäß der Definition des Operators hinreichend exakt sein.</i></p>	5	10	5
b)	<p>Der Spannungsreihe sind für die beiden Halbzellen folgende Werte zu entneh- men:</p> <p>$E^\circ(\text{Pb}/\text{PbSO}_4) = -0,36 \text{ V}$</p> <p>$E^\circ(\text{PbO}_2/\text{PbSO}_4) = +1,67 \text{ V}$</p> <p>Daraus resultiert durch Differenzbildung eine Spannung von 2,03 V für jede der Zellen.</p> <p><i>Je nach Formelsammlung sind abweichende Werte und leicht unterschiedliche Darstellungen zu finden. Diese sind gleichwertig zu behandeln.</i></p>	3	2	

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
c)	<p>Die vier Akkumulatortypen aus M1 unterscheiden sich vor allem in ihrer Kapazität, das heißt der Energiemenge ($W_s = J$), die sie pro Kilogramm Eigenmasse im geladenen Zustand enthalten.</p> <p>Gleichzeitig sind sie auch historisch geordnet. Der Bleiakкумуляtor ist der älteste Typ, beim Lithium-Ionen-Akku handelt es sich um den neuesten Typ. Er wird in vielen mobilen Geräten eingesetzt, so z.B. in Mobiltelefonen und mp3-Playern. Die Nickel-Cadmium-Akkumulatoren sind in der EU aufgrund der Giftigkeit des Cadmiums nur noch für wenige Anwendungen erlaubt.</p> <p>Reaktionen bei der Entladung:</p> <p><u>Bleiakkumulator:</u> Reduktion: $Pb(+IV) + 2 e^- \rightarrow Pb(+II)$ Oxidation: $Pb \rightarrow Pb(+II) + 2 e^-$</p> <p><u>Nickel-Cadmium:</u> Reduktion: $Ni(+III) + e^- \rightarrow Ni(+II)$ Oxidation: $Cd \rightarrow Cd(+II) + 2 e^-$</p> <p><u>Nickel-Metallhydrid:</u> Reduktion: $Ni(+III) + e^- \rightarrow Ni(+II)$ Oxidation: $M(+I)H(-I) \rightarrow M + H^+ + e^-$</p> <p><u>Lithium-Ionen:</u> Reduktion: $Li^+ + \text{Trägermaterial} + e^- \rightarrow Li$ (in Trägermaterial) Oxidation: $Li(\text{in Graphit}) \rightarrow Li^+ + \text{Graphit} + e^-$</p> <p>Beim Trägermaterial handelt es sich um Anionen aus Nebengruppenelementen und Sauerstoff. Die Lithiumionen wandern im Elektrolyten durch den Separator von der Anode zur Kathode.</p> <p><i>Alternative Darstellungen sind gleichwertig zu behandeln.</i></p>	7	5	3

	Lösungsskizze	Zuordnung, Bewertung		
		I	II	III
d)	<p>Ein Akkumulator soll ein Fahrzeug über möglichst lange Strecken mit Energie versorgen. Seine Ladezeit soll möglichst kurz sein, seine Lebensdauer möglichst hoch. Weder am Gesamtgewicht noch am Preis des Fahrzeugs soll sein Anteil hoch sein. Des Weiteren und nicht zuletzt soll er recyclingfähig und seine Bestandteile möglichst umweltverträglich sein.</p> <p>Neben der Kapazität (in die das Gewicht ja schon eingeht) ist also der Preis von Interesse, wobei dieser in Bezug gesetzt werden muss zur Langlebigkeit des Akkus. Diese wiederum hängt an der Anzahl der Ladezyklen, die der Akku ohne Kapazitätsverlust durchlaufen kann.</p> <p>Die Ladezeit im Vergleich zum Tanken eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor ist ein erhebliches Argument. Da diese immer größer sein wird als die Tankdauer müssen Ladezyklen über Nacht oder während des Parkens stattfinden, was wiederum eine erhebliche Investition in die Infrastruktur notwendig macht. Außerdem wird dafür eine intelligente Steuerung notwendig, um ein Altern des Akkus durch Laden bei nur teilweisem Entladezustand zu minimieren.</p> <p>Gegenüber dem Bleiakkumulator weist der Lithium-Ionen-Akkumulator eine fünffache Kapazität auf. Mit der gleichen Akku-Zuladung hat das Fahrzeug die fünffache Reichweite. Der Akku schlägt auch in Hinsicht auf die Umweltverträglichkeit sowohl den Bleiakku als auch den Nickel-Cadmium-Akku, da es sich bei Blei und Cadmium um giftige Schwermetalle handelt.</p> <p><i>Alternative Darstellungen sind gleichwertig zu bewerten.</i></p>		5	5
	Insgesamt 50 BWE	15	22	13

3.2 erhöhtes Anforderungsniveau

Aufgabe I

Kontext *Ernährung und Gesundheit*

Aminosäuren und Proteine

„Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“



Quelle:
<https://www.peta.de/seide/>
letzter Zugriff: 19.10.2019

Seide ist eine seit vielen Jahrtausenden genutzte Naturfaser. Sie wird hauptsächlich durch Seidenraupen der Nachtfalterart *Bombyx mori* (Maulbeerspinner) gebildet. Die Raupen des Maulbeerspinners verpuppen sich im Laufe ihrer Entwicklung in einem Kokon aus selbst produzierten Seidenfasern, aus dem schließlich die fertig entwickelten Nachtfalter schlüpfen.



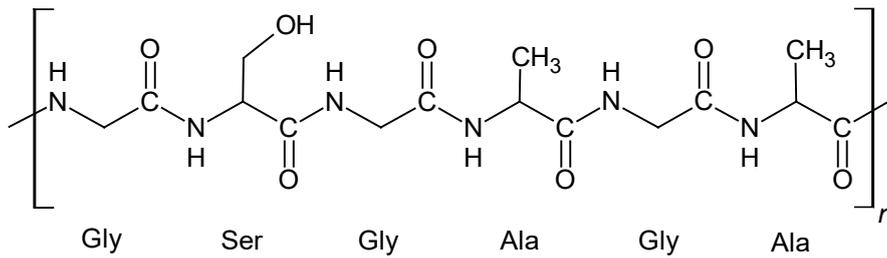
Quelle:
<https://www.stern.de/fotografie/>
letzter Zugriff: 19.10.2019

Auch viele Spinnen produzieren chemisch sehr ähnlich gebaute Fasern in ihren Spinnrüben im Hinterleib. Sie bilden daraus beeindruckende Netze, in denen sie Beute fangen. Spinnenseideanaloge lassen sich ebenfalls für die Herstellung von Seidenstoffen nutzen.

- a) **Beschreiben** Sie anhand einer Strukturformel den allgemeinen Aufbau einer biogenen/proteino-genen Aminosäure. Gehen Sie dabei auch auf den Begriff Zwitterion ein. (8 BE)
- b) **Erklären** Sie die Bedeutung und mögliche Gründe für das Zustandekommen der in Material 1 genannten Sekundär- und Tertiärstrukturen, die in den Seidenfäden der Seidenraupen beobachtet werden können. (10 BE)
- c) **Interpretieren** Sie mit Hilfe der Materialien 2 und 3, wie die elastischen Eigenschaften der Spinnenseide zustande kommen, während die Seide der Seidenraupe *Bombyx mori* (Material 1) nicht elastisch ist. Gehen Sie jeweils auf die Bedeutung der verschiedenen Eigenschaften für die Tiere ein. (8 BE)
- d) **Stellen** Sie die Reaktionsgleichung (mit Strukturformeln) für die hydrolytische Spaltung eines Ausschnitts des Seidenraupenproteins (Material 1) **dar**. (6 BE)
- e) **Werten** Sie das Ergebnis der Dünnschichtchromatographie der Aminosäuregemische A und B aus (Material 4) **aus**. **Erklären** Sie in diesem Zusammenhang die Rolle des verwendeten Ninhydrins. (10 BE)
- f) **Diskutieren** Sie den Einsatz von Seidenmaterialien im Vergleich zu Werkstoffen aus Polymilchsäure auf der Basis des Materials 5 sowie des Unterrichtsgangs. (8 BE)

Anlage zur Aufgabe „Seide – der Stoff, den Raupen und Spinnen spinnen!“

Material 1: Aufbau des Seidenproteins Fibroin



Erklärung der Abkürzungen:

Alanin (Ala)
Glycin (Gly)
Serin (Ser)

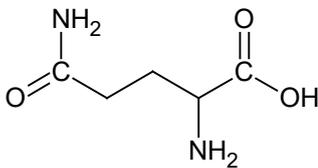
Die Seide des Kokons von Insekten wie *Bombyx mori* besteht hauptsächlich aus dem langkettigen Eiweißmolekül Fibroin. Die Gesamtfadenlänge des Kokons beträgt bei Wildformen bis 200 m, bei domestizierten Formen bis 3,5 km.

Der Molekülausschnitt zeigt die sich wiederholenden Aminosäuresequenzen in der Primärstruktur des Seidenproteins, wobei n bei rund 40 bis 900 liegt. Die im Seidenfaden vorherrschende Sekundärstruktur ist das β -Faltblatt. Die hohe Stabilität des Fadens kommt zusätzlich durch die Tertiärstruktur zustande, in der sich die Polymerkette in ihren Sekundärstrukturen weitergehend anordnet.

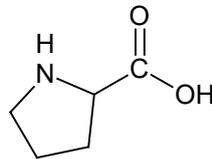
Quelle:

verändert nach <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/seide/60735>, <https://de.wikipedia.org/wiki/Fibroin> sowie <https://de.wikipedia.org/wiki/Seide>; letzter Zugriff: 30.11.2019

Material 2: Strukturformeln ausgewählter Aminosäuren



Glutamin (Gln)



Prolin (Pro)

Material 3: Informationen zu Spinnenseide

Spinnenseide ist eines der reißfestesten bisher bekannten Biomaterialien. Sie hat bessere Eigenschaften als moderne Hochleistungs-Kunststoffe. Im Laufe der Evolution ist ein Material entstanden, das zugfester ist als Stahl, welches aber bis zu einem bestimmten Grad auch elastisch und dehnbar sein kann. Hierfür besitzen weibliche Spinnen bis zu sechs verschiedene Spinndrüsen, die unterschiedliche Arten von Seidenproteinen produzieren.

Die aus mehreren Polymerketten bestehenden Fasern, die der Seide Zugfestigkeit verleihen, haben einen hohen Anteil an kristallinen Bereichen. Sie bestehen v.a. aus Poly-Alanin- und Poly-Glycin-Blöcken und sind dem Aufbau des Fibroins ähnlich. Elastische Fasern weisen vermehrt Blöcke aus Glycin, Prolin und Glutamin auf. Solche elastischen Fasern findet man u.a. in Spinnennetzen.

Quelle:

verändert nach <https://www.git-labor.de/forschung/life-sciences-biotechnologie/struktur-und-funktion-von-spinnenseiden-proteinen-mit-nmr-spe>; letzter Zugriff: 18.10.2019

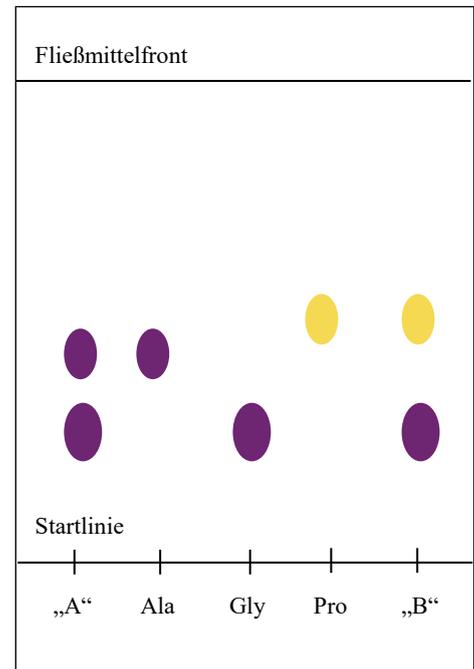
Material 4: Dünnschichtchromatographische Untersuchung eines Aminosäuregemisches

Die Zusammensetzung eines Gemisches aus verschiedenen Aminosäuren lässt sich mit Hilfe der Methode der Dünnschichtchromatographie (DC) ermitteln.

Für die Dünnschichtchromatographie wird eine z.B. mit Cellulose beschichtete Kunststoffplatte benötigt. In einigerem Abstand zum unteren Rand der Platte und mit Abstand zueinander werden die zu untersuchenden Gemische sowie die einzelnen Aminosäuren – jeweils gelöst in einem Lösungsmittel – aufgebracht.

Die auf diesem Wege vorbereitete Platte wird in ein Gefäß mit einem Lösungsmittel – auch Fließmittel genannt – gestellt, so dass die aufgetragenen Proben nicht eintauchen.

Das Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemisch kann polar oder unpolar sein und zieht auf der Platte nach oben. Dabei können sich die Aminosäuren im Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemisch entsprechend ihrer unterschiedlichen Polaritäten verschieden gut lösen. Ihre Löslichkeit sowie ihre durch die unterschiedliche Polarität bedingten Wechselwirkungen mit der Platte führen dazu, dass die Aminosäuren in der gleichen Zeit verschieden weit transportiert werden.



Die Abbildung zeigt schematisch das mit Ninhydrin behandelte Ergebnis einer Dünnschichtchromatographie.

Abb. 1: Ergebnis einer DC von Aminosäuren sowie Aminosäuregemischen

Quelle: *privat*

Material 5: Einsatz und Eigenschaften von Seide und Polymilchsäure

Die Eigenschaften der natürlichen Seide werden bereits in zahlreichen Bereichen unseres Lebens ausgenutzt. So wird die Seide der Raupe des Maulbeerspinners u.a. für die Herstellung von Seidengewebe für Kleidungsstücke eingesetzt sowie als biokompatibles und resorbierbares Nahtmaterial in der Medizin.

Die Einsatzmöglichkeiten der Seide von ausgewählten Spinnenarten sind ähnliche. Neben medizinischen Produkten wie Nahtmaterial und Gerüsten für biologische Gewebe hat mit „adidas“ ein weltbekannter Sportartikelhersteller bekannt gegeben, dass der Prototyp eines Sportschuhs aus einer der ersten künstlich erzeugten Spinnenseide entwickelt wurde. Der Schuh sei rund 15 % leichter als ein vergleichbarer Schuh mit Kunststoffen als Obermaterial.

Bei Polymilchsäure (PLA) handelt es sich ebenfalls um ein Material, das in der Medizin als resorbierbares Nahtmaterial eingesetzt wird. Darüber hinaus ist der Biokunststoff in verschiedenen Alltagsbereichen – z.B. Verpackungen und Getränkebecher – zu finden. Polymilchsäure ist ein Polyester der Milchsäure (2-Hydroxypropansäure), welche aus nachwachsenden Rohstoffen wie Mais hergestellt werden kann.

Gewebe aus Seide ist u.a. durch eine geringe Dichte und gute Isolation gekennzeichnet. Mechanische Eigenschaften von seidenbasierten Materialien im Vergleich zu Polymilchsäure zeigt die folgende Tabelle. Die Angaben in der Tabelle sind dabei als relative Größen zu verstehen.

Materialherkunft	„Zugfestigkeit“	„Elastizität“
Seide des Maulbeerspinners <i>Bombyx mori</i>	360-530	5-12
Seide der Spinne <i>Nephila clavipes</i>	875-972	11-13
Polymilchsäure (PLA)	28-50	1-3

Tab. 1: Vergleich der Mechanischen Eigenschaften von seidenbasierten Materialien im Vergleich zum künstlich hergestellten Polymer, der

Erläuterungen zu den verwendeten Messgrößen:

- ⇒ Die „Zugfestigkeit“ sagt aus, wie stark ein Werkstoff maximal belastbar ist. Dabei betrachtet man, bei welcher Kraft ein Werkstück mit einem bestimmten Querschnitt und bestehend aus einem bestimmten Werkstoff versagt, wenn es auf Zug belastet wird.
- ⇒ Die „Elastizität“ beschreibt die Fähigkeit eines Werkstoffs, seine Form bei einer Krafteinwirkung reversibel zu verändern.

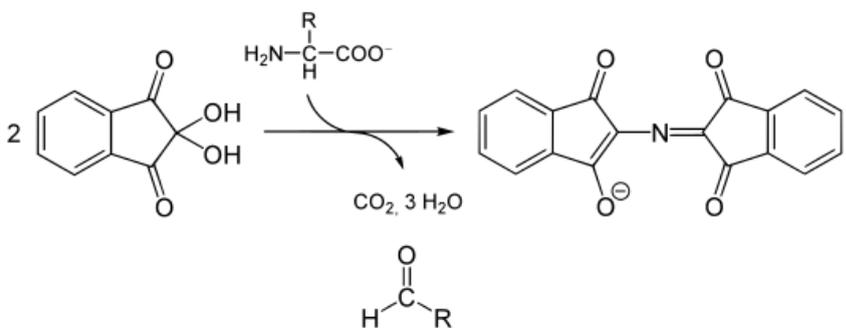
Quelle:

verändert nach: <http://www.seide.info/seideneigenschaften/eigenschaften-der-seide.html>, https://www.adidas-group.com/media/filer_public/30/f9/30f998af-52af-412e-8439-ee04b5133f30/nov17_adidas_x_amsilk-de.pdf sowie https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/15950/file/Baumann_Katrin_Strukturierungsmethoden_fuer_Seidenfibroin.pdf sowie <http://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/werkstofftechnik/metall/21-zugfestigkeit> letzter Zugriff: 28.05.2020

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Eine α-Aminosäure besteht aus einem zentralen Kohlenstoffatom, das zum einen eine Carboxygruppe bzw. Carboxylatgruppe und zum anderen eine Aminogruppe bzw. Ammoniumgruppe trägt. Der dritte Bindungspartner ist ein Wasserstoffatom.</p> <p>Die vierte Bindung geht das Kohlenstoffatom zu einem spezifischen Rest ein. Dabei handelt es sich – je nach Aminosäure – um ein Wasserstoffatom (bei Glycin) oder einen organischen Rest.</p> <p>Biogene/Proteinogene Aminosäuren sind L-Aminosäuren.</p> <p>Ein Zwitterion ist ein Molekül mit mindestens zwei funktionellen Gruppen, von denen mindestens eine positiv und mindestens eine negativ geladen ist. Bei einer Aminosäure liegt die Carboxygruppe deprotoniert vor (die Gruppe hat als Brönsted-Säure reagiert), während die Aminogruppe protoniert wurde (die Gruppe hat als Brönsted-Base reagiert).</p>	8		
b)	<p><u>Sekundärstruktur:</u> Als Sekundärstruktur wird in Material 1 das α-Faltblatt genannt. Es kommt durch Wasserstoffbrücken zwischen den Peptidbindungen gegenüberliegender Polymerabschnitte zustande. Dabei wechselwirken das partiell positiv geladene Wasserstoffatom der einen Peptidbindung und das partiell negativ geladene Sauerstoffatom der anderen Peptidbindung.</p> <p>Die Faltung beruht auf der besonderen Struktur der Peptidbindung. Alle an der Peptidbindung beteiligten Atome (C=O-Gruppe und N-H-Gruppe sowie das jeweils benachbarte C-Atom) liegen in einer Ebene.</p> <p><i>Die nichtbindenden Elektronen des Stickstoffstoffatoms sowie die π-Elektronen der Carbonylgruppe bilden ein System delocalisierter Elektronen (die übliche Schreibweise zeigt also nur eine Grenzformel).</i> Die Bereiche der Peptidbindungen bilden somit die flächigen Blattabschnitte, die Falzkanten liegen bei den α-C-Atomen, deren vier Bindungen annähernd tetraederförmig angeordnet sind.</p> <p><i>Entsprechend gezeichnete Veranschaulichung können gleichwertig bewertet werden.</i></p> <p><u>Tertiärstruktur:</u> Die Tertiärstruktur bezeichnet die räumliche Anordnung von Sekundärstrukturelementen durch die Wechselwirkungen spezifischer Reste der Aminosäuren. Im Fall des Fibroins der Seide kommen in der Regel Glycin, Alanin und Serin vor.</p> <p>Bei Glycin und Alanin handelt es sich um Aminosäuren mit unpolaren Resten, zwischen denen sich Van-der-Waals-Kräfte ausbilden können. Serin weist eine Hydroxygruppe im spezifischen Rest auf, so dass hier zusätzlich Wasserstoffbrücken zwischen zwei Serinresten möglich sind. Beide Arten der Wechselwirkungen sind schwächer als kovalente Bindungen. Da jedoch die Polymere aus linearen Ketten sehr vieler</p>	4	6	

	<p>Aminosäuren bestehen, addieren sich die Kräfte, so dass ein starker Zusammenhalt resultiert.</p>			
<p>c)</p>	<p>Die Seide der Seidenraupe <i>Bombyx mori</i> ist mit dem Zugfestigkeit gebenden Anteil der Fasern in der Spinnenseide vergleichbar. Durch die Van-der-Waals-Kräfte zwischen den benachbarten Ketten wird eine hohe Ordnung und kristalline Struktur erreicht. Diese ist nicht elastisch. Für die Seidenraupe bietet der Kokon Schutz während der Entwicklung zum Falter. Eine feste/stabile Struktur ist hier günstig.</p> <p>Der elastische Anteil der Seidenfasern bei der Spinne besteht neben Glycin aus den Aminosäuren Prolin und Glutamin. Beide Aminosäuren besitzen größere spezifische Reste. Zwischen den Glutaminresten können Wasserstoffbrücken wirken. Der Abstand zwischen den Ketten ist durch die voluminöseren Reste größer, und es wird weniger kristalline Bereiche geben. Durch die voluminöseren Reste wird die Sekundärstruktur eine gewundene/verknäuelte Struktur aufweisen, so dass die Kette unter Zug gedehnt werden kann. Entsprechend können die Strukturen stärker verformt werden, bevor der Zusammenhalt zerstört wird. Spinnen fangen Beutetiere in ihren Netzen. Dabei werden die Seidenfäden durch die auftreffenden oder sich bewegenden Tiere gedehnt. Eine gewisse Elastizität ist günstig, damit die Seidenfäden nicht reißen.</p>		<p>4</p>	<p>4</p>
<p>d)</p>	<p>Reaktionsgleichung:</p> $ \left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H} \end{array} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} \text{---} \text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \text{---} \text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} \text{---} \text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \text{---} \text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} \text{---} \text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \right]_n + (6n-1) \text{H}_2\text{O} $ $ \longrightarrow 3n \text{H}_2\text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array} + 2n \text{H}_2\text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + n \text{H}_2\text{N} \text{---} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{OH} \\ \\ \text{HO} \end{array} $ <p>Ein anderer Molekülausschnitt aus dem Fibroin ist denkbar. Es sollten aber alle drei im Material 1 dargestellten Aminosäuren (Gly, Ala, Ser) vorkommen.</p>	<p>4</p>	<p>2</p>	

<p>e)</p>	<p>Sowohl bei den Proben A und B als auch bei den einzelnen Aminosäuren sind angefärbte Bereiche auf der Platte zu erkennen. Diese lassen sich nun miteinander vergleichen und so auf die in den Proben enthaltenen Aminosäuren schließen.</p> <p>Bei beiden untersuchten Proben handelt es sich um Gemische aus zwei Aminosäuren. Gemisch A enthält die Aminosäuren Glycin und Alanin, während Gemisch B die Aminosäuren Glycin und Prolin enthält.</p> <p>Das Ergebnis der Dünnschichtchromatographie musste zur Auswertung mit Ninhydrin behandelt werden, um die Aminosäuren sichtbar zu machen. Bei Ninhydrin handelt es sich um ein Reagenz, das durch Violett-färbung primäre Aminogruppen nachweisen kann, wie sie bei den untersuchten Aminosäuren vorkommen.</p> <p>Mit einer sekundären Aminogruppe – wie sie in Prolin vorkommt – tritt keine Violett-färbung ein.</p> <p><i>Zugehörige Reaktionsgleichungen sind nicht gefordert. Ggf. wurde dazu im Unterricht eine Gleichung für den Nachweis von primären Aminogruppen verwendet, die dann entsprechend bewertet werden kann:</i></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Ninhydrin; letzter Zugriff: 30.11.2019</p> <p><i>Eventuell erwähnen die Schüler, dass die Flecken verschieden groß sind und schließen auf eine unterschiedliche quantitative Zusammensetzung des Gemisches.</i></p>			
<p>f)</p>	<p>Seidenmaterialien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seidenmaterialien haben eine geringe Dichte / sind leicht, daher für Kleidung – z.B. auch Sportschuhe – geeignet. - Als natürlich vorkommende Faser vermutlich biologisch abbaubar und daher aus Umweltaspekten günstig. - Als Nahtmaterial geeignet, da biokompatibel und resorbierbar. Verbleibt nicht im Körper, sodass kein weiterer Eingriff nötig ist. - Herstellungsmenge bei Seide des Seidenspinners vermutlich begrenzt, da Tiere gezüchtet werden müssen – entsprechend hohe Preise. - Bei Spinnenseide durch erste künstlich nachgeahmte Seide ggf. in Zukunft kein limitierender Faktor mehr. Preis sollte dann auch sinken. - Besonders Spinnenseide weist eine sehr hohe Zugfestigkeit auf, sie ist rund 2-3mal so hoch wie die Zugfestigkeit der Seidenfaser der Seidenraupe. Auch die Elastizität der Spinnenseide ist tendenziell höher als die der Seide der Seidenraupe. Die Unterschiede beruhen auf der kristallinen Struktur des Fibroins (vgl. auch Aufgabe c)). Beide Materialien eignen sich aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften – trotz der bestehenden Unterschiede – hervorragend als Nahtmaterial oder Grundgerüst für biologisches Gewebe in der Medizin. 			

	<p>Material aus Polymilchsäure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Polymilchsäure kann künstlich synthetisiert werden und ist daher billiger. - Für ihre Herstellung benötigt man entsprechende nachwachsende Rohstoffe (Mais etc.), so dass auch hier ein Abhängigkeit und ggf. Begrenzung besteht. - Polymilchsäure ist ebenfalls – unter bestimmten Bedingungen – biologisch abbaubar und daher umweltverträglich sowie als Nahtmaterial geeignet. - Die tabellierten mechanischen Eigenschaften zeigen, dass Polymilchsäure wesentlich (um den Faktor 10-20) weniger zugfest ist als die Seidenmaterialien. Zudem ist es deutlich weniger elastisch. Ursächlich für diese Unterschiede sind die verschiedenen zwischenmolekularen Kräfte zwischen den einzelnen Polymeren. Damit ist Polymilchsäure für einige medizinische Produkte, die mechanisch strapaziert werden – wie teilweise Nähte – weniger gut geeignet als vergleichbare Produkte aus Seide. <p>⇒ Die verschiedenen Materialien weisen aufgrund ihres allgemeinen chemischen Aufbaus als langkettige Polymere, die untereinander wechselwirken, in mehreren Eigenschaften Ähnlichkeiten auf, so dass auch ihr Einsatzgebiet sich teilweise überschneidet. Die Unterschiede in ihrem molekularen Aufbau sowie der Art ihrer zwischenmolekularen Wechselwirkungen variieren ihr jeweiliges Einsatzgebiet.</p> <p><i>Es müssen insgesamt mindestens 6 Aspekte angeführt werden, wobei in jedem Fall auch auf die Tabelle zu den mechanischen Eigenschaften einzugehen ist.</i></p>			
	Insgesamt 50 BWE	16	21	13

Aufgabe II

Kontext *Nachhaltigkeit und Umweltchemie*

Akkumulatoren als mobile Energiequellen

Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen

- a) Erläutern Sie die Funktionsweise und den Aufbau des klassischen Bleiakкумуляtors mit Hilfe von Reaktionsgleichungen und einer Schnittzeichnung.
(10 BE)
- b) Berechnen Sie mithilfe der Spannungsreihe die zu erwartende Spannung für eine Zelle des Akkumulators und zeigen Sie, wie die Gesamtspannung erreicht wird.
(5 BE)
- c) Zeigen Sie mithilfe der NERNST-Gleichung, wie die Spannung des Bleiakкумуляtors von der Konzentration der Säure abhängig ist.
(15 BE)
- d) Vergleichen Sie die in der Tabelle in der Anlage aufgeführten Akkumulatoren und stellen Sie schematisch die ihnen zugrunde liegenden Reaktionen dar.
(10 BE)
- e) Erläutern Sie, welche Eigenschaften neben der aufgeführten Kapazität zur Beurteilung eines Akkumulators für seinen Einsatz in Automobilen noch herangezogen werden.
(10 BE)

Anlage zur Aufgabe „Die Batterie im Auto, gestern – heute – morgen“

Material 1: Tabelle Akkumulatoren

	Kapazität
Bleiakkumulator	30 Wh/kg
Nickel-Cadmium-Akkumulator	50 Wh/kg
Nickel-Metallhydrid-Akkumulator	70 Wh/kg
Lithium-Ionen-Akkumulator	150 Wh/kg

Erwartungshorizont

	Lösungsskizze	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<p>Ein Bleiakкумулятор besteht aus mehreren in Reihe geschalteten Zellen, deren Halbzellen Elektroden aus metallischem Blei und aus Blei(IV)-Oxid in 37%-iger Schwefelsäure haben. Der Bleiakкумулятор liefert den elektrischen Strom, der zum Starten des Motors benötigt wird.</p> <p>Ihm liegt die reversible Redoxreaktion von Blei(IV)-Ionen und metallischem Blei zu Blei(II)-Ionen zugrunde. Dabei handelt es sich um eine unter Energieab- gabe ablaufende Synproportionierung.</p> <p>Die bei der Reaktion vom metallischen Blei zu den Blei(IV)-Ionen übertragenen Elektronen liefern den elektrischen Strom für den Startvorgang.</p> <p>Beim Ladevorgang mittels einer äußeren Stromquelle werden aus den Blei(II)- Ionen wieder metallisches Blei und Blei(IV)-Ionen gebildet. Dabei handelt es sich um eine unter Energieaufnahme ablaufende Disproportionierung.</p> <p><u>Reaktionsgleichungen:</u></p> <p>Beim Entladevorgang des Akkumulators bildet das metallische Blei die Anode: <u>Oxidation:</u> $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \square \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^-$</p> <p>Das Blei(IV)oxid bildet die Kathode:</p> <p><u>Reduktion:</u> $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^- \square \text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Somit ergibt sich eine Gesamtreaktionsgleichung:</p> $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \square 2 \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ <p>Beim Ladevorgang sind die Verhältnisse umgekehrt. Die Bleielektrode bildet die Kathode:</p> <p><u>Reduktion:</u> $\text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^- \square \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Das Bleioxid bildet die Anode:</p> <p><u>Oxidation:</u> $\text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O} \square \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^-$</p> <p><i>Alternative korrekte Darstellungen sind als gleichwertig anzusehen.</i></p> <p><i>Die Zeichnung soll mit Bleistiften, Buntstiften und Lineal angefertigt werden. Sie soll gemäß der Definition des Operators hinreichend exakt sein.</i></p>	7	3	
b)	<p>Der Spannungsreihe sind für die beiden Halbzellen folgende Werte zu entnehmen:</p> $E^\circ(\text{Pb}/\text{PbSO}_4) = -0,36 \text{ V}$ $E^\circ(\text{PbO}_2/\text{PbSO}_4) = +1,67 \text{ V}$ <p>Daraus resultiert eine Spannung von 2,03 V (also etwa 2V) für jede der Zellen.</p> <p>Eine PKW-Batterie hat eine Gesamtspannung von 12 V, eine LKW-Batterie sogar von 24 V. Dies erreicht man durch eine Reihenschaltung von sechs, bzw. zwölf Zellen in der Batterie, die damit ihren Namen (Batterie = Verbund mehre- rer gleicher Elemente) verdient.</p>			

	<p>Bei einer Reihenschaltung (Pluspol an Minuspol) addieren sich die Spannungen der einzelnen Zellen zu einer Gesamtspannung.</p> $U_{\text{gesamt}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$ <p><i>Je nach Formelsammlung sind abweichende Werte und leicht unterschiedliche Darstellungen zu finden. Diese sind gleichwertig zu behandeln.</i></p>	5		
c)	<p>Vereinfacht lautet die NERNST-Gleichung zur Beschreibung der Spannung einer Halbzelle:</p> $E = E^\circ + \frac{0,059 \text{ V}}{n} * \log \frac{[\text{oxidierte Form}]}{[\text{reduzierte Form}]}$ <p>Dies lässt sich auf die beiden Teilreaktionen anwenden:</p> <p><u>Zuerst auf das System Bleisulfat/Bleioxid</u></p> $E(\text{Pb(II)/Pb(IV)}) = E^\circ_{\text{II/IV}} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log \frac{[\text{PbO}_2][\text{H}_2\text{SO}_4][\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{PbSO}_4][\text{H}_2\text{O}]^4}$ <p>Feststoffe und Wasser sind konzentrationsunabhängige Faktoren und werden gleich 1 gesetzt.</p> $E(\text{Pb(II)/Pb(IV)}) = E^\circ_{\text{II/IV}} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log [\text{H}_2\text{SO}_4][\text{H}_3\text{O}^+]^2$ <p><u>Jetzt auf das System Blei/Bleisulfat</u></p> $E(\text{Pb(0)/Pb(II)}) = E^\circ_{\text{0/II}} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log \frac{[\text{PbSO}_4][\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{Pb}][\text{H}_2\text{SO}_4][\text{H}_2\text{O}]^2}$ <p>Wieder gilt: Feststoffe und Wasser sind konzentrationsunabhängige Faktoren und werden gleich 1 gesetzt.</p> $E(\text{Pb(0)/Pb(II)}) = E^\circ_{\text{0/II}} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_2\text{SO}_4]}$ <p>Nun wird die Differenz gebildet:</p> $\Delta E = \left(E^\circ_{\text{II/IV}} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log [\text{H}_2\text{SO}_4][\text{H}_3\text{O}^+]^2 \right) - \left(E^\circ_{\text{0/II}} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_2\text{SO}_4]} \right)$ <p>Es wird ausgeklammert und umgestellt:</p> $\Delta E = E^\circ_{\text{II/IV}} - E^\circ_{\text{0/II}} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log [\text{H}_2\text{SO}_4][\text{H}_3\text{O}^+]^2 - \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_2\text{SO}_4]}$ <p>Jetzt wird ausmultipliziert:</p> $\Delta E = \Delta E^\circ + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \left(\log [\text{H}_2\text{SO}_4][\text{H}_3\text{O}^+]^2 - \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_2\text{SO}_4]} \right)$			

	<p>Die Logarithmen von Produkt und Quotient werden aufgetrennt:</p> $\Delta E = \Delta E^\circ + \frac{0,059 V}{2} * (\log [H_2SO_4] + \log [H_3O^+]^2 - \log [H_3O^+] + \log [H_2SO_4])$ <p>Jetzt kann addiert und subtrahiert werden:</p> $\Delta E = \Delta E^\circ + \frac{0,059 V}{2} 2 * \log [H_2SO_4]$ <p>Zum Schluss wird noch einmal gekürzt:</p> $\Delta E = \Delta E^\circ + 0,059 V * \log [H_2SO_4]$ <p>Somit sieht man zum Schluss: Die Spannung des Bleiakkumulators ist nur von der Konzentration der Schwefelsäure abhängig, auch wenn diese Abhängigkeit nicht sehr groß ist.</p> <p><i>Alternative Darstellungen sind gleichwertig zu behandeln. Die Temperatur- abhängigkeit wird ignoriert.</i></p>		15	
d)	<p>Die vier Akkumulatortypen aus M1 unterscheiden sich vor allem in ihrer Kapazität, das heißt der Energiemenge ($W_s = J$), die sie pro Kilogramm Eigenmasse im geladenen Zustand enthalten.</p> <p>Gleichzeitig sind sie auch historisch geordnet. Der Bleiakkumulator ist der älteste Typ, beim Lithium-Ionen-Akku handelt es sich um den neuesten Typ. Er wird in vielen mobilen Geräten eingesetzt, so z.B. in Mobiltelefonen und mp3-Playern. Die Nickel-Cadmium-Akkumulatoren sind in der EU aufgrund der Giftigkeit des Cadmiums nur noch für wenige Anwendungen erlaubt.</p> <p>Reaktionen bei der Entladung:</p> <p><u>Bleiakkumulator:</u> Reduktion: $Pb(+IV) + 2 e^-$ $\square Pb(+II)$ Oxidation: $Pb \square Pb(+II) + 2 e^-$</p> <p><u>Nickel-Cadmium:</u> Reduktion: $Ni(+III) + e^- \square Ni(+II)$ Oxidation: $Cd \square Cd(+II) + 2 e^-$</p> <p><u>Nickel-Metallhydrid:</u> Reduktion: $Ni(+III) + e^- \square Ni(+II)$ Oxidation: $M(+I)H(-I) \square M + H^+ + e^-$</p> <p><u>Lithium-Ionen:</u> Reduktion: $Li^+ + \text{Trägermaterial} + e^- \square Li(\text{in Trägermaterial})$ Oxidation: $Li(\text{in Graphit}) \square Li^+ + \text{Graphit} + e^-$</p> <p>Beim Trägermaterial handelt es sich um Anionen aus Nebengruppenelementen und Sauerstoff. Die Lithiumionen wandern im Elektrolyten durch den Separator von der Anode zur Kathode.</p> <p><i>Alternative Darstellungen sind gleichwertig zu behandeln.</i></p>	3	7	

e)	<p>Ein Akkumulator soll ein Fahrzeug über möglichst lange Strecken mit Energie versorgen. Seine Ladezeit soll möglichst kurz sein, seine Lebensdauer möglichst hoch. Weder am Gesamtgewicht noch am Preis des Fahrzeugs soll sein Anteil hoch sein. Des Weiteren und nicht zuletzt soll er recyclingfähig und seine Bestandteile möglichst umweltverträglich sein.</p> <p>Neben der Kapazität (in die das Gewicht ja schon eingeht) ist also der Preis von Interesse, wobei dieser in Bezug gesetzt werden muss zur Langlebigkeit des Akkus. Diese wiederum hängt an der Anzahl der Ladezyklen, die der Akku ohne Kapazitätsverlust durchlaufen kann.</p> <p>Die Ladezeit im Vergleich zum Tanken eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor ist ein erhebliches Argument. Da diese immer größer sein wird als die Tankdauer müssen Ladezyklen über Nacht oder während des Parkens stattfinden, was wiederum eine erhebliche Investition in die Infrastruktur notwendig macht. Außerdem wird dafür eine intelligente Steuerung notwendig, um ein Altern des Akkus durch Laden bei nur teilweisem Entladezustand zu minimieren.</p> <p>Gegenüber dem Bleiakkumulator weist der Lithium-Ionen-Akkumulator eine fünffache Kapazität auf. Mit der gleichen Akku-Zuladung hat das Fahrzeug die fünffache Reichweite. Der Akku schlägt auch in Hinsicht auf die Umweltverträglichkeit sowohl den Bleiakku als auch den Nickel-Cadmium-Akku, da es sich bei Blei und Cadmium um giftige Schwermetalle handelt.</p> <p><i>Alternative Darstellungen sind gleichwertig zu behandeln.</i></p>			10
	Insgesamt 50 BWE	15	25	10