

Aufgabe 1

Die Farbstoffe der Krustentiere – ein Algenpigment als Basis

Schwerpunktthema: Farbstoffe

Krustentiere, wie beispielsweise der Europäische Hummer (*Homarus gammarus*) haben eine schwärzliche bis olivgrüne Färbung, die im Meer Schutz vor Fressfeinden bietet. Selten werden auch leuchtend blaue oder orange-farbene Hummer gefunden. Aber unabhängig von ihrer natürlichen Farbe leuchten die Hummerpanzer orange („krebsrot“), sobald sie gekocht werden.

Die Färbung der Hummer geht auf Astaxanthin zurück, ein orangefarbener Farbstoff, den Hummer über die Nahrungskette aufnehmen und in ihrem Panzer einlagern. Ein großer Teil des Astaxanthins liegt dort allerdings nicht frei vor, sondern gebunden an Proteinmoleküle, die vom Hummer produziert werden. Es bildet sich das so genannte α -Crustacyanin, eine Einheit aus mehreren Protein- und Astaxanthinmolekülen. Durch die Anlagerung der Proteine ändert sich die Raumstruktur der Astaxanthinmoleküle. α -Crustacyanin hat im Vergleich zum Astaxanthin eine veränderte Absorption elektromagnetischer Strahlung (vgl. Material 3).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb.1: Krustentiere (vorne gekocht)

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>Material 1: Astaxanthin Die seitlichen Ringstrukturen sind um 43° aus der Ebene herausgedreht und nur in geringem Maße an der Lichtabsorption beteiligt.</p>
<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>Material 2: α-Crustacyanin Durch die Anlagerung von Proteinen entsteht ein planar gebautes Astaxanthinmolekül. (Die Abkürzungen bezeichnen Aminosäuren, die Bausteine der Proteine.)</p>

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Eine Vorstufe des α-Crustacyanins, die auch in nennenswerten Mengen im Hummer vorzufinden ist, hat ein Absorptionsmaximum von 580 nm.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
<p>Material 3: Absorption elektromagnetischer Strahlung von Astaxanthin (gestrichelte Linie) und α-Crustacyanin (durchgezogene Linie)</p>	<p>Material 4: Wellenlängen und absorbierte Farben</p>

<p>Surimi ist eine feste Masse aus zerkleinertem Fisch, das u.a. als kostengünstiges Imitat von Krebsfleisch angeboten wird. Die Fischmasse wird dazu mit Hühnereiweiß gestreckt und mit Stärke, Geschmacksverstärkern, Süß- und Aromastoffen versetzt. Um auch optisch das Aussehen von Krebsfleisch hervorzurufen, wird die Masse in eine typische Krebsform gepresst und äußerlich orangerot gefärbt. Dazu werden Farbstoffe aus Paprikaextrakten oder Gelborange S verwendet. Lebensmittel, die der Farbstoffklasse von Gelborange zuzurechnen sind, müssen mit dem Warnhinweis „Kann Aktivität und Aufmerksamkeit bei Kindern beeinträchtigen“ gekennzeichnet werden. Gelborange S wird als potenzieller Auslöser von Neurodermitis und Allergien betrachtet.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
	<p>Gelborange S (E110)</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
<p>Material 5: Informationen zu Surimi</p>	

Aufgaben

- 1.1 Benennen Sie die Farbstoffklasse, der Astaxanthin zuzuordnen ist und begründen Sie die Farbigkeit des Astaxanthins (Material 1, 3, 4). **(6 BE)**
- 1.2 Erläutern Sie die Veränderung der Absorption von α -Crustacyanin gegenüber Astaxanthin (Material 1 - 4). **(7 BE)**
- 1.3 Erläutern Sie die Ursache für den natürlichen dunklen Farbton sowie die seltenen Blau- und Orangefärbungen lebender Hummer. Begründen Sie die Orangefärbung nach dem Kochen. **(10 BE)**
- 1.4 Geben Sie die Farbstoffklasse an, der Gelborange S zuzuordnen ist und beschreiben Sie diese. Beurteilen Sie die Verwendung von Gelborange S zur Färbung von Lebensmitteln (Material 5). **(7 BE)**

Aufgabe 2

Indigo – die Farbe der Blue Jeans

Schwerpunktthema: Farbstoffe

Das Jahr 1870 gilt als die Geburtsstunde der Jeans, denn der kalifornische Tuchhändler Levi Strauss und sein Schneider ließen sich in diesem Jahr die erste mit Nieten verstärkte Hose aus indigoblauem Baumwollstoff patentieren. Jeans wurden ausschließlich als Arbeitshosen getragen, da sie schnell alt und getragen aussahen. Eben dieser „Makel“ machte die Jeans fast 100 Jahre später bei der Jugend auf der ganzen Welt populär. Ursprünglich wurde Indigo aus der Pflanze Färberwaid oder der aus Indien stammenden Indigopflanze gewonnen. Heute wird es vorwiegend synthetisch produziert und zur Färbung von Denim – dem derben Jeansstoff aus Baumwolle – verwendet.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb.1: Jeanswerbung im 19.Jahrhundert

<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	Material 1: Reaktion zur Gewinnung pflanzlichen und synthetischen Indigos aus der farblosen Vorstufe Indoxyl
---	---

<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	Material 2: Absorption elektromagnetischer Strahlung durch Indigo
---	--

<i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i>	Zur Produktion von Blue Jeans wird Baumwollstoff in eine alkalische Lösung von Dithionit ($S_2O_4^{2-}$), der Indigopulver zugefügt wurde, gelegt. Es findet eine chemische Reaktion statt, bei der Sulfitionen (SO_3^{2-}) und Leukoindigo entstehen. Beim Trocknen an der Luft bildet sich die blaue Farbe.
Material 3: Leukoindigo (Strukturformel und schematisch), Informationen zur Färbung von Baumwolle mit Indigo	

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p style="text-align: center;">Indigokarmin</p>	<p>Indigo lässt sich zu blauem Indigokarmin sulfonieren. Dieser Farbstoff ermöglicht ein einfacheres Färbeverfahren, wird aber zur Färbung von Jeans nicht verwendet.</p>
<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>Keratin (tierisches Polymer mit typischen funktionellen Gruppen in angesäuerter Lösung), Hauptbestandteil von Wolle</p>
<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>Cellulose (pflanzliches Polymer mit typischer funktioneller Gruppe), Hauptbestandteil von Baumwolle, viele Makromoleküle bilden Faserbündel</p>
<p>Material 4: Strukturformel von Indigokarmin, stark vereinfachte schematische Darstellung von Keratin und Cellulose</p>	

<p>Indigo kann zum qualitativen Nachweis einer Bodenverschmutzung mit Mineralölprodukten verwendet werden. Dazu wird die zu prüfende Bodenprobe in ein Glas gegeben, das eine wässrige Suspension von Indigo enthält. Ist die Bodenprobe beispielsweise mit Benzin (Heptan) kontaminiert, bildet sich eine blau gefärbte Flüssigkeitsschicht an der Oberfläche der Probe, die einen guten Kontrast zur roten oder braunen Bodenfarbe darstellt.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p style="text-align: center;">← blaue Flüssigkeit</p>
<p>Material 5: Indigo als Nachweisreagenz</p>	

Aufgaben

- 2.1. Geben Sie an, welcher Farbstoffklasse Indigo zuzurechnen ist. Erläutern Sie das Zustandekommen des Farbeindrucks bei blauem Indigo im Vergleich zum farblosen Indoxyl (Material 1 und 2). **(8 BE)**
- 2.2. Benennen Sie die Art des in Material 3 beschriebenen Färbeverfahrens und erläutern Sie dieses. Geben Sie die Reaktionsgleichung zur Bildung von Leukoindigo an. **(9 BE)**
- 2.3. Begründen Sie die Aufhellung stark beanspruchter Stellen einer Jeans. Beurteilen Sie die Eignung von Indigokarmin zur Färbung von Wolle und Baumwolle (Material 4). **(7 BE)**
- 2.4. Erläutern Sie den chemischen Hintergrund des Nachweises von Benzin in einer Bodenprobe mit Hilfe von Indigo (Material 5). **(6 BE)**

Aufgabe 3

Biokraftstoffe – Kraftstoffe der Zukunft?

Schwerpunktthema: Chemisches Gleichgewicht, Energetik

Bioethanol wird in vielen Ländern als Kraftstoffzusatz dem Benzin beigemischt, um die Nutzung fossiler Brennstoffe zu reduzieren. Die Akzeptanz des Kraftstoffs E 10 war in Deutschland geringer als erwartet, da Korrosionsschäden an Tanks und Leitungen befürchtet wurden bzw. werden. Zudem werden ethische, ökologische und ökonomische Aspekte der Bioethanol-Produktion kontrovers diskutiert.

Als Biokraftstoff der so genannten 1. Generation wird Ethanol durch die Vergärung von Energiepflanzen, wie Getreide und Zuckerrüben hergestellt. Bioethanol der 2. Generation wird aus zellulosehaltigen Ernteabfällen wie Stroh oder Holz gewonnen bzw. aus Pflanzen, die nur geringe Mengen an Düngemitteln benötigen. Die aktuelle Forschung konzentriert sich auf Butanol als Biokraftstoff der 3. Generation. Es ist gelungen, Mikroorganismen zu züchten, die zellulosehaltige Abfälle zu Biobutanol umsetzen können. Biobutanol wirkt nicht korrosiv und kann deshalb ohne Probleme in Pipelines transportiert werden. Es kann in höherem Anteil als Ethanol (16% statt 10%) im Benzin enthalten sein und bis zu einem Anteil von 40% mit Diesel-Kraftstoff gemischt werden, was mit Ethanol unmöglich ist. Der entscheidende Vorteil gegenüber Ethanol ist aber die Energiedichte des Butanols.

<table border="1"> <thead> <tr> <th>Molare Bindungsenthalpien ΔB_m°</th> <th>[kJ·mol⁻¹]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C-H</td> <td>413</td> </tr> <tr> <td>C-C</td> <td>348</td> </tr> <tr> <td>O=O</td> <td>498</td> </tr> <tr> <td>C=O</td> <td>799</td> </tr> <tr> <td>C-O</td> <td>358</td> </tr> <tr> <td>H-O</td> <td>463</td> </tr> </tbody> </table>	Molare Bindungsenthalpien ΔB_m°	[kJ·mol ⁻¹]	C-H	413	C-C	348	O=O	498	C=O	799	C-O	358	H-O	463	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>
Molare Bindungsenthalpien ΔB_m°	[kJ·mol ⁻¹]														
C-H	413														
C-C	348														
O=O	498														
C=O	799														
C-O	358														
H-O	463														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Molare Standardbildungsenthalpien $\Delta_f H_m^\circ$</th> <th>[kJ·mol⁻¹]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Butan-1-ol</td> <td>-327</td> </tr> <tr> <td>Kohlendioxid (g)</td> <td>-393</td> </tr> <tr> <td>Wasser (l)</td> <td>-242</td> </tr> </tbody> </table>	Molare Standardbildungsenthalpien $\Delta_f H_m^\circ$	[kJ·mol ⁻¹]	Butan-1-ol	-327	Kohlendioxid (g)	-393	Wasser (l)	-242							
Molare Standardbildungsenthalpien $\Delta_f H_m^\circ$	[kJ·mol ⁻¹]														
Butan-1-ol	-327														
Kohlendioxid (g)	-393														
Wasser (l)	-242														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Dichte von Butan-1-ol</td> <td>810 g·L⁻¹</td> </tr> <tr> <td>Energiedichte Octan</td> <td>32000 kJ·L⁻¹</td> </tr> <tr> <td>Energiedichte Ethanol</td> <td>19600 kJ·L⁻¹</td> </tr> </tbody> </table>	Dichte von Butan-1-ol	810 g·L ⁻¹	Energiedichte Octan	32000 kJ·L ⁻¹	Energiedichte Ethanol	19600 kJ·L ⁻¹									
Dichte von Butan-1-ol	810 g·L ⁻¹														
Energiedichte Octan	32000 kJ·L ⁻¹														
Energiedichte Ethanol	19600 kJ·L ⁻¹														
Material 1: Thermodynamische Daten, Stoffdaten	Material 2: Kalorimeter														

<p>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p>	<p>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> <p>Agrarrohstoffe sind Rohstoffe, die aus landwirtschaftlicher Produktion stammen und als Nahrungs- oder Futtermittel bzw. nachwachsende Rohstoffe verwendet werden. Bezugsgröße: Preise des Jahres 1990 = 100</p>
<p>Die Produktion von Biosprit wird mit intensiver Düngung erreicht. Bisher waren in dem Zusammenhang vor allem die durch die Düngung freigesetzten Lachgas-(N₂O)-Mengen als wirksame Treibhausgase diskutiert worden. Denn Lachgas ist als Treibhausgas rund 300x wirksamer als Kohlendioxid. Eine Studie aus Neuseeland weist jetzt darauf hin, dass das Lachgas in der Atmosphäre unter UV-Bestrahlung zusätzlich chemische Umwandlungsprozesse durchmacht, die auch die Ozonschicht schädigen. Pressemitteilung 2012</p>	
<p>Material 3: Aspekte der Biokraftstoffe</p>	

Aufgaben

- 3.1 Erklären Sie unter Berücksichtigung der Bindungsenthalpien, warum Verbindungen wie Octan, Butanol und Ethanol als *Kraftstoffe* bezeichnet werden (Material 1). **(8 BE)**
- 3.2 Beschreiben Sie unter Benennung der mit Zahlen gekennzeichneten Bestandteile die Bestimmung der Wärmemenge bei einer Verbrennung im Kalorimeter (Material 2). **(7 BE)**
- 3.3 Geben Sie die Gleichung für die Verbrennung von Butanol an und berechnen Sie die molare Verbrennungsenthalpie aus den molaren Standardbildungsenthalpien. Berechnen Sie die Energiedichte (in kJ·L⁻¹) des Kraftstoffs Butanol und beurteilen Sie das Ergebnis im Vergleich zu den Kraftstoffen Octan und Ethanol (Material 1). **(9 BE)**
- 3.4 Erörtern Sie unter Berücksichtigung von Material 3 den Ersatz von Kraftstoffen aus fossilen Quellen durch Bioethanol und Biobutanol. **(6 BE)**

Aufgabe 4

Schwefelsäure und Sulfate – großtechnische Synthese und natürliche Vorkommen

Schwerpunktthema: Chemisches Gleichgewicht, Energetik

Schwefelsäure wird in der chemischen Industrie zur Produktion zahlreicher Stoffe, wie beispielsweise von Ammoniumsulfat in Düngemitteln, zur Gewinnung des Weißpigments Titandioxid oder zur Synthese von Waschmitteln benötigt. Pro Jahr werden etwa 140 Millionen Tonnen Schwefelsäure hergestellt, davon rund vier Millionen Tonnen in Deutschland. Das entspricht einer jährlichen Pro-Kopf-Produktion in Deutschland von 50 Kilogramm. Damit gehört Schwefelsäure zu den wichtigsten anorganischen Grundchemikalien.

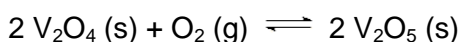
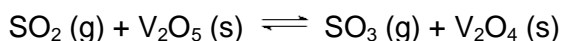
In großtechnischen Produktionsanlagen wird Schwefelsäure heute im so genannten Doppelkontaktverfahren gewonnen. Als Ausgangsstoff dient Schwefel, der in Schwefellagerstätten abgebaut wird oder bei der Entschwefelung von Erdöl und Erdgas anfällt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Im Zwischenabsorber bildet sich aus Schwefeltrioxid und zugeführter Schwefelsäure das so genannte Oleum. Durch Zugabe von Wasser kann daraus 99 %ige Schwefelsäure produziert werden.

Material 1: Schematische Darstellung der Schwefelsäuresynthese nach dem Doppelkontaktverfahren

Reaktionen im Kontaktofen:



In einem Experiment zur Schwefeltrioxid-Synthese liegen nach Gleichgewichtseinstellung bei ca. 600 °C die folgenden Stoffkonzentrationen (c) vor:

$$\begin{aligned} c(\text{Schwefeltrioxid}) &= 0,01071 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \\ c(\text{Schwefeldioxid}) &= 0,00214 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \\ c(\text{Sauerstoff}) &= 0,00143 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \end{aligned}$$

Für 800 °C wird die Gleichgewichtskonstante K mit $0,13 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ angegeben.

<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p>	<p>In vielen Reaktoren wird heute bei einer Temperatur von 450-600 °C und mit einem Überschuss an Sauerstoff gearbeitet.</p>
<p>Material 2: Informationen zur Schwefeltrioxid-Synthese</p>	

<p>Schwefelsäure ist nur sehr selten unter natürlichen Bedingungen anzutreffen, häufig dagegen sind Sulfatsalze. In der Erdkruste befinden sich an vielen Stellen große Gips- und Anhydritlagerstätten. Diese bildeten sich in abgetrennten Buchten urzeitlicher Meere. Dort verdunstete das Wasser und die im Meerwasser enthaltenen Ionen bildeten Schichten unterschiedlicher Salze.</p>	<p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 40%;"></th> <th style="width: 40%;">Löslichkeitsprodukt in mol² · L⁻²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gips</td> <td>(CaSO₄ × 2 H₂O)</td> <td>3,14 × 10⁻⁵</td> </tr> <tr> <td>Anhydrit</td> <td>(CaSO₄)</td> <td>4,93 × 10⁻⁵</td> </tr> <tr> <td>Kalk</td> <td>(CaCO₃)</td> <td>3,36 × 10⁻⁹</td> </tr> </tbody> </table>			Löslichkeitsprodukt in mol ² · L ⁻²	Gips	(CaSO ₄ × 2 H ₂ O)	3,14 × 10 ⁻⁵	Anhydrit	(CaSO ₄)	4,93 × 10 ⁻⁵	Kalk	(CaCO ₃)	3,36 × 10 ⁻⁹
		Löslichkeitsprodukt in mol ² · L ⁻²											
Gips	(CaSO ₄ × 2 H ₂ O)	3,14 × 10 ⁻⁵											
Anhydrit	(CaSO ₄)	4,93 × 10 ⁻⁵											
Kalk	(CaCO ₃)	3,36 × 10 ⁻⁹											
<p>Material 3: natürlich vorkommende Schwefelsäure und Sulfate</p>													

Aufgaben

- 4.1 Beschreiben Sie die Schwefelsäuresynthese nach dem Doppelkontaktverfahren und erläutern Sie die Bedeutung der Katalysatoren für die Reaktionsgeschwindigkeit und die Gleichgewichtslage (Material 1). **(7 BE)**
- 4.2 Geben Sie die Reaktionsgleichung für die im Kontaktofen ablaufende Reaktion an. Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante bei 600 °C mit den Angaben aus Material 2 und interpretieren Sie das Ergebnis auch im Vergleich mit der Gleichgewichtskonstanten bei 800 °C (Material 2). **(7 BE)**
- 4.3 Erläutern Sie drei Maßnahmen, die geeignet sind, die Gleichgewichtslage zugunsten der Schwefeltrioxid-Konzentration zu verschieben (Material 2). **(8 BE)**
- 4.4 Stellen Sie eine Hypothese auf zu den Ursachen der schichtartigen Ablagerung von Salzen aus Meerwasser (Material 3). **(8 BE)**

Schriftliche Abiturprüfung 2013 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Chemie

Donnerstag, 18. April, 9.00 Uhr

Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

Diese Unterlagen enthalten ...

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

Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Bildung, Wissenschaft und Gesundheit von 7.00 bis 9.30. Die von der Senatorin für Bildung, Wissenschaft und Gesundheit 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	Astaxanthin gehört zu den Carotinoiden (Polyenen). Es weist konjugierte Doppelbindungen auf, die ein delokalisiertes Elektronensystem bilden, den Chromophor. Astaxanthin absorbiert im sichtbaren Bereich elektromagnetische Wellen von 400 nm bis 570 nm und damit violettes, blaues und grünes Licht mit einem Maximum im Blaubereich. Das restliche, nicht absorbierte Licht ergibt die Komplementärfarbe Orange.	6		
1.2	Durch die Anlagerung der Proteine wird der Chromophor um die Doppelbindungen in den endständigen Ringen vergrößert. Energieärmeres, langwelligeres Licht reicht zur Anregung des Elektronensystems aus. α -Crustacyanin hat ein Absorptionsmaximum bei 630 nm, d.h. es absorbiert vorwiegend im Orangebereich. Die resultierende Komplementärfarbe ist Blau. Im Vergleich zu freiem Astaxanthin ist eine Verschiebung des Absorptionsmaximums von 170 nm in den langwelligeren Bereich aufgetreten. Es liegt ein bathochromer Effekt vor.		5	2
1.3	Hummer haben in ihrem Panzer eine Mischung der Farbstoffe Astaxanthin, α -Crustacyanin sowie einer Vorstufe des α -Crustacyanins. Gemeinsam absorbieren sie nahezu alle Wellenlängen des sichtbaren Lichts. Die Hummer haben dadurch eine dunkle Färbung. Lebende Hummer mit Orangefärbung können nicht die Proteine produzieren, die sich normalerweise an das Astaxanthin anlagern. Diese Hummer haben ausschließlich Astaxanthin als Farbstoff im Panzer. Blaue Hummer dagegen produzieren einen Überschuss des Proteins, so dass kein freies Astaxanthin vorliegt. Der Hummer erscheint somit blau. Durch das Kochen werden die Proteine denaturiert, die Wasserstoffbrückenbindungen zu den Astaxanthinmolekülen werden gelöst. Deren räumliche Struktur ändert sich erneut, so dass ausschließlich das orangefarbene Astaxanthin vorliegt.		8	2
1.4	Gelborange S gehört zu den Azofarbstoffen. Der Chromophor der Azofarbstoffe ist durch die zentrale Azogruppe gekennzeichnet sowie durch die aromatischen Ringsysteme mit unterschiedlichen Gruppen. Azofarbstoffe sind synthetische Farbstoffe, die aus Erdölderivaten gewonnen werden. Sie sind zur Färbung von Lebensmitteln und Textilien geeignet. Als Lebensmittelfarbe sind Azofarbstoffe umstritten, da sie gesundheitliche Risiken bergen, die durch die Verwendung pflanzlicher Farbstoffe vermieden werden könnten.	4	3	
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		10	16	4

Quellen

Schmitz, W.: Astaxanthin und die Farben von Crustaceen, Praxis der Naturwissenschaften, Chemie in der Schule, Aulis-Verlag Heft 8/59. Jahrgang, Dez. 2010
 Warum gekochte Hummer rot werden: <http://sciencev1.orf.at/news/56106.html> (letzter Zugriff Januar 2013)
 Zagalsky, P. et al.: The lobster carapace carotenoprotein, α -crustacyanin, biochem journal 274 (1991) S. 79-83: www.biochemj.org/bj/274/0079/2740079.pdf - (letzter Zugriff Januar 2013)
 Durbeej, B., Eriksson, L.: On the bathochromic shift of the absorption by astaxanthin in crustacyanin, chemical Physics Letters 375 (2003) 30–38 www.144.206.159.178/ft/162/184202/4706321.pdf (letzter Zugriff Januar 2013)
 Foto: <http://freshscience.org.au/2009/1389> (letzter Zugriff Januar 2013)
 Foto: <http://www.code-knacker.de/garnelen.htm> (letzter Zugriff Januar 2013)

Aufgabe 2

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
2.1	<p>Indigo gehört zu den Carbonylfarbstoffen. Indigo hat sein Absorptionsmaximum bei etwa 620 nm, es absorbiert im Bereich von gelb bis rot. Das restliche, nicht absorbierte Licht ergibt die Komplementärfarbe Blau. Voraussetzung für die Absorption von Licht ist die Existenz eines Chromophors, der durch Licht angeregt werden kann.</p> <p>Indoxyl ist farblos, da es keine Wellenlängen des sichtbaren Lichts absorbiert. Das mesomere System des Indoxyls ist zu klein, um durch elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Bereich angeregt zu werden.</p>	4	4	
2.2	<p>Bei dem Färbeverfahren handelt es sich um eine Küpenfärbung bzw. Entwicklungsfärbung. Da Indigo in Wasser unlöslich ist, muss es zu Leukoindigo reduziert werden.</p> <p><i>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</i></p> <p>Die wasserlöslichen Leukoindigomoleküle dringen in die Hohlräume der Gewebefasern. Bei der Trocknung wird Leukoindigo durch den Luftsauerstoff wieder zum unlöslichen Farbstoff Indigo oxidiert.</p> <p>Aufgrund ihrer geringen Wasserlöslichkeit werden die im Gewebe eingeschlossenen Indigomoleküle kaum ausgewaschen.</p>	4	5	
2.3	<p>Mit Indigo gefärbte Jeans sind wenig abriebfest, da die Baumwollfasern bei mechanischer Beanspruchung beschädigt und die darin eingelagerten Farbstoffmoleküle freigesetzt werden. Die Moleküle sind nur über schwache intermolekulare Kräfte mit den Baumwollfasern verbunden. Indigokarmin ist ein anionischer Farbstoff, der an die positiv geladenen Gruppen der Wollfasern angelagert werden kann. Zur Baumwolle können keine ionischen Bindungen ausgebildet werden, sondern schwächere intermolekulare Bindungen. Indigokarmin ist somit zur Färbung von Wolle geeignet, bei Baumwolle besteht aufgrund der Wasserlöslichkeit die Gefahr der Auswaschung.</p>	3	4	
2.4	<p>In dem Probenglas befinden sich bei einer kontaminierten Probe Wasser und Benzin, die nicht miteinander mischbar sind. In Wasser ist Indigo nicht löslich, da das Indigomolekül überwiegend unpolar ist. In Benzin dagegen ist Indigo durch die VAN-DER-WAALS-Kräfte löslich. Das durch Indigo blau gefärbte Benzin sammelt sich aufgrund der Dichte, die geringer als die von Wasser ist, an der Oberfläche.</p>		3	3
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		11	16	3

Quellen

Beerenwinkel, Dr. A. et al: Elemente Chemie 2, Lehrerband mit CD, Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2012

Demuth, R. et al: Chemie im Kontext, Cornelsen Verlag. Berlin 2006 (CD)

Wambach et al: Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie: Farbstoffe – Waschmittel, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln, 1999

Uni Heidelberg: Grundvorlesung zu Farbstoffen und Photochemie

http://www.uni-heidelberg.de/institute/fak12/OC/bunz/Scripte/Grundvorlesung/18_Farbstoffe.pdf
(letzter Zugriff Januar 2013)

Cheiron resources Ltd: Product Catalogue - OilScreenSoil (Indigo Blue)®

<http://www.cheiron-resources.com/oss-indigobluepptester.php> (letzter Zugriff Januar 2013)

Foto: <http://rooschristoph.blogspot.de/2012/11/blue-jeans.html> (letzter Zugriff Januar 2013)

Chemistry of Fibres, Textiles and Garments:

http://wwwchem.uwimona.edu.jm/courses/CHEM2402/Textiles/Dyeing_Fibres.html (letzter Zugriff Januar 2013)

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	<p>Kraftstoffe sind brennbar, d.h. sie reagieren mit Sauerstoff zu Wasser und Kohlenstoffdioxid. Bei der Verbrennung muss Energie zur Lösung der bestehenden Bindungen aufgebracht werden. Die Kraftstoffe haben überwiegend unpolare Bindungen im Gegensatz zu den Produkten Wasser und Kohlendioxid. Zur Lösung der unpolaren Bindungen ist insgesamt weniger Energie erforderlich als bei der Bildung der polaren Bindungen in den Produkten freigesetzt wird. Insgesamt wird mehr Energie freigesetzt als zum Lösen der Bindungen erforderlich ist. Die freiwerdende Energie wird zum Antrieb der Fahrzeuge genutzt. alternativ: Erklärung anhand von Berechnungen</p>	4	4	
3.2	<p>Die zu verbrennende Substanz wird in ein Schälchen (1) gegeben und in einer Sauerstoffatmosphäre (in der Bombe) (2) verbrannt. Die dabei frei werdende Energie erwärmt das umgebende Wasser (3) und das Kalorimeter. Mit einem Thermometer (4) wird die Temperaturdifferenz bei der Verbrennung ermittelt. Die Zündung (5) erfolgt elektrisch. Ein Rührstab (6) sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Wärme. Aus der Temperaturänderung und den bekannten Wärmekapazitäten des Wassers und des Kalorimeters kann die bei der Reaktion frei gewordene Wärmemenge berechnet und auf einen molaren Umsatz umgerechnet werden.</p>	7		
3.3	<p>$C_4H_9OH + 6 O_2 \rightarrow 4 CO_2 + 5 H_2O$</p> $\Delta_r H_m^0 = \sum \Delta_f H_m^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H_m^0(\text{Edukte})$ $D_r H_m^0 = [4 \text{ mol} \cdot (-393 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 5 \text{ mol} \cdot (-242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] - [1 \text{ mol} \cdot (-327 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] = -2455 \text{ kJ}$ <p>Die Dichte von Butanol beträgt $810 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, die Molmasse 74 g. 810 g entsprechen somit $10,945 \text{ Mol}$. Ein Liter Butanol hat eine Energiedichte von 26870 kJ. Die Energiedichte ist somit deutlich höher als die von Ethanol und näher an der des Oktans. Es vermindert sich die Reichweite eines Fahrzeugs mit einer Tankfüllung durch Beimischung von Butanol nicht so stark wie bei einem entsprechendem Zusatz von Ethanol.</p>		6	3
3.4	<p>Als Vorteile eines Einsatzes von Bioethanol und Biobutanol können angeführt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unabhängigkeit und Ersatz von Erdöl, Schonung von endlichen Ressourcen. • Verringerung der Kohlenstoffdioxid-Emissionen besonders bei Biokraftstoffen der 2. und 3. Generation • Nutzungsmöglichkeit bisher nicht genutzter landwirtschaftlicher Abfälle aus Cellulose und Holz. <p>Als Nachteile sind besonders bei Bioethanol der 1. Generation zu sehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ackerflächen stehen nicht zur Produktion von Futter- oder Nahrungsmitteln zur Verfügung. • Nahrungsmittel verteuern sich. • Gedüngte Ackerflächen setzen Lachgas frei, das als Treibhausgas wirkt und die Ozonschicht schädigt. <p>Oder alternative Argumente.</p>		6	
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		11	16	3

Quellen

Asselborn, W. et al. Chemie heute, Lehrermaterialien Band 4, Bildungshaus Schulbuchverlage, Braunschweig 2011

Uken, M., Biosprit - Ernüchternde Klimabilanz: <http://www.zeit.de/online/2007/39/Biosprit> (letzter Zugriff Januar 2013)

American geophysical Union, Massive biofuel production could affect ozone layer: <http://blogs.agu.org/geospace/2012/05/29/biofuel-production-ozone-layer/> (letzter Zugriff Januar 2013)

Next Generation Biofuel: [http://www.biobutanol.com/Bio-Butanol--A Better Liquid Bio-Fuel](http://www.biobutanol.com/Bio-Butanol--A_Better_Liquid_Bio-Fuel): <http://alfin2100.blogspot.de/2008/03/bio-butanol-better-liquid-bio-fuel.html> (letzter Zugriff Januar 2013)

Pieprzyk, B., Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung: http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/AEE_Globale_Bioenergienutzung_Kurzstudie_jun09_01.pdf (letzter Zugriff Januar 2013)

Renews Spezial Juli 2011, Anbau von Energiepflanzen, Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale: http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/34_Renews_Spezial_Energiepflanzen_jul11_online.pdf (letzter Zugriff Januar 2013)

Aufgabe 4

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
4.1	<p>Im Verbrennungsofen wird Schwefel mit Sauerstoff zu Schwefeldioxid verbrannt. Nach anschließender Kühlung reagieren Sauerstoff und zuvor gebildetes Schwefeldioxid im Kontaktofen unter Beteiligung des Katalysators zu Schwefeltrioxid. Schwefeltrioxid wird in einem Zwischenabsorber durch Schwefelsäure gebunden. Verbleibende Reste an Sauerstoff und Schwefeldioxid werden erneut in einem Kontaktofen zur Reaktion gebracht und das gebildete Schwefeltrioxid zu Schwefelsäure umgesetzt. Katalysatoren erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit, indem sie die Aktivierungsenergie reduzieren. Sie beeinflussen nicht die Gleichgewichtslage.</p>	7		
4.2	<p>$2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$</p> $K_c = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2) \cdot c(\text{O}_2)}$ $K_c = \frac{(0,01071 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1})^2}{(0,00214 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1})^2 \cdot 0,00143 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}} = 17515 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ <p>Das Gleichgewicht der Reaktion liegt auf Seiten des Produkts, da der errechnete Wert größer als Eins ist. Die Gleichgewichtskonstante bei 600 °C ist erheblich größer als bei 800 °C. Das Gleichgewicht der exothermen Reaktion hat sich durch die Temperaturerniedrigung auf die Seite der Produkte verschoben.</p>	4	3	
4.3	<p>Nach dem LE CHATELIER-Prinzip kann durch die Wahl der Außenbedingungen die Gleichgewichtslage verschoben werden. Das System „flieht“ vor dem äußeren Zwang. Die Erniedrigung der Temperatur durch Wärmeaustauscher führt bei dieser exothermen Reaktion zu einer Verschiebung der Gleichgewichtslage zum Schwefeltrioxid. Durch Absorption wird das Schwefeltrioxid aus dem Gleichgewicht entfernt und steht somit für die Rückreaktion nicht mehr zur Verfügung. Durch eine hohe Konzentration des Edukts Sauerstoff wird ebenfalls die Schwefeltrioxidbildung begünstigt.</p>		8	
4.4	<p>Die Salze lagern sich ab, da das Wasser verdunstet, d.h. die Ionenkonzentrationen im Meerwasser steigen. Es entstehen gesättigte Lösungen, d.h. es bildet sich ein Gleichgewicht zwischen gelösten Ionen und dem Bodenkörper, das als Löslichkeitsprodukt beschrieben wird. Die Werte für die Löslichkeitsprodukte sind bei den verschiedenen Salzen unterschiedlich. Das Salz mit dem geringsten Löslichkeitsprodukt fällt als erstes Salz aus. Kalk ist nur im geringen Maße löslich. So kommt es zunächst zur Fällung von Kalk, anschließend von Gips, dann folgen die Ablagerungen von leichter löslichen Salzen wie Natrium- und Kaliumsalze.</p>		5	3
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		11	16	3

Quellen

Asselborn, W. et al: Chemie heute – Sekundarbereich II, Lehrerband Teil 1, Schroedel Verlag, Braunschweig, 2009

Asselborn, W. et al: Chemie heute – Sekundarbereich II, Lehrermaterialien Teil 2, Schroedel Verlag, Braunschweig, 2011

Blume, Schwefelsäure: http://www.chemieunterricht.de/dc2/wsu-teok/kap_052.htm (letzter Zugriff Januar 2013)

Grotzinger J. et al., Allgemeine Geologie, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 2008

Dengel, C., Klinger, N., Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt:

<http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/loeslichkeitsprodukt/loeslichkeitsprodukt.htm> (letzter Zugriff Januar 2013)

Abbildung: http://www.bgr.de/rohstoffportal_sgd/industrieminerale_salz.shtml (letzter Zugriff Januar 2013)