

Profilfach Chemie
Thema: Kohlenhydrate

1 Aufgabe

Alternative Süßungsmittel – Stevia

Laut der *Deutschen Gesellschaft für Ernährung* liegt der Zuckerkonsum pro Kopf deutlich über der empfohlenen Maximalmenge. Daher sind Süßungsmittel, die keine negativen Nebenwirkungen wie Zucker haben, aber so schmecken wie Haushaltszucker, sehr gefragt. Ein möglicher Zuckerersatzstoff wird aus der Pflanze *Stevia rebaudiana Bertoni* gewonnen. Im Handel ist er unter dem Namen „Stevia“ bekannt.

	BE
<p>1 Geben Sie die Haworth-Formel von jeweils einem α-D- und einem β-D-Glucose-Molekül in der Pyranoseform (einer sechsgliedrigen Ringstruktur) an. Erläutern Sie den Unterschied der beiden Strukturen.</p>	7
<p>2 Stellen Sie die Strukturformel für ein Steviosid-Molekül auf (M 1). Kennzeichnen Sie die Bindungen, die sich durch die Reaktion eines Steviol-Moleküls mit β-D-Glucopyranose-Molekülen gebildet haben, in Ihrer Strukturformel des Steviosid-Moleküls, und benennen Sie diese. Stellen Sie eine Hypothese auf, welches Ergebnis bei einer Nachweisreaktion auf reduzierende Zucker mit Steviosid in basischer Lösung zu erwarten ist. Gehen Sie bei Ihrer Begründung auf jeden der drei gebundenen Monosaccharid-Bausteine ein.</p>	15
<p>3 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Oxidation von Rebaudiosid A zu Kohlenstoffdioxid und Wasser (M 2). Berechnen Sie mithilfe des Satzes von Hess die molare Standardreaktionsenthalpie von Rebaudiosid A (M 2). Vergleichen Sie die berechnete Standardreaktionsenthalpie von Rebaudiosid A mit dem in Material 4 angegebenen Brennwert. Leiten Sie mögliche Gründe für den Unterschied ab.</p>	10
<p>4 Beurteilen Sie anhand von sechs Aspekten die Aussagen und Angaben des Herstellers für das angebotene Stevia-Produkt (M 3, M 4).</p>	8

Quellen (ggf. verändert):

- [1] Vogl, M. (o. D.). *Stevia – süßes Gold aus grünen Blättern*. Veit Höser Gymnasium Bogen. https://www.vhg-bogen.de/fileadmin/user_upload/Fachbereiche/Naturwissenschaften/Chemie/Stevia_-_Suesses_Gold_aus_gruenen_Blaettern_Marion_Vogl_-komprimiert.pdf (Zugriff am: 23.11.2024)
- [2] *Stevia Rebaudiana* (2024, 27. April). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Stevia_rebaudiana (Zugriff am: 23.11.2024)
- [3] *Rebaudiosid A* (2024, 23. September). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Rebaudiosid_A (Zugriff am: 10.09.2024)
- [4] *Pure Via Stevia Süßstoff* (o. D.). Amazon. https://www.amazon.de/Pure-Via-Stevia-Sweet-Granulat/dp/B08KJHHL53?source=ps-sl-shoppingads-lpcontext&ref_=pplfs&smid=A1RR3R97USCVS1&th=1 (Zugriff am: 23.11.2024)
- [5] Reicher, M. (2015). *Ernährungsphysiologische Bedeutung von Süßungsmitteln unter besonderer Berücksichtigung von Stevia-Glykosiden*. Diplomarbeit Karl-Franzens-Universität Graz. <https://unipub.uni-graz.at/obvugrhs/download/pdf/369899> (Zugriff am: 20.11.2024)

2 Material

Material 1: Steviolglycoside [1] - [3]

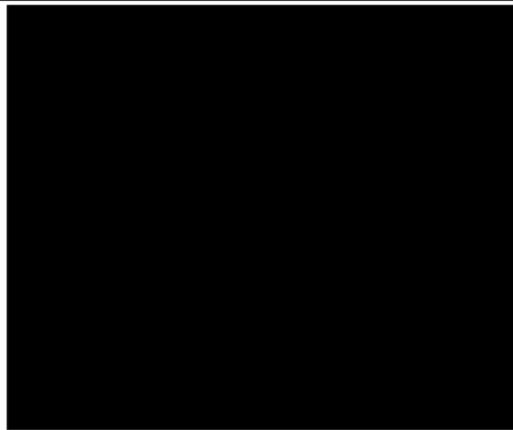
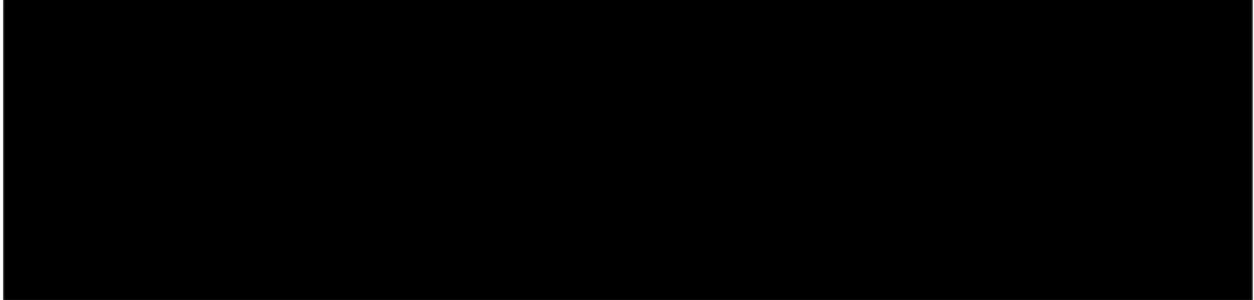


Abb. 1: Grundgerüst aller Steviolglycosid-Moleküle

Tab. 1: R_1 und R_2 für Steviol- und Steviosid-Moleküle

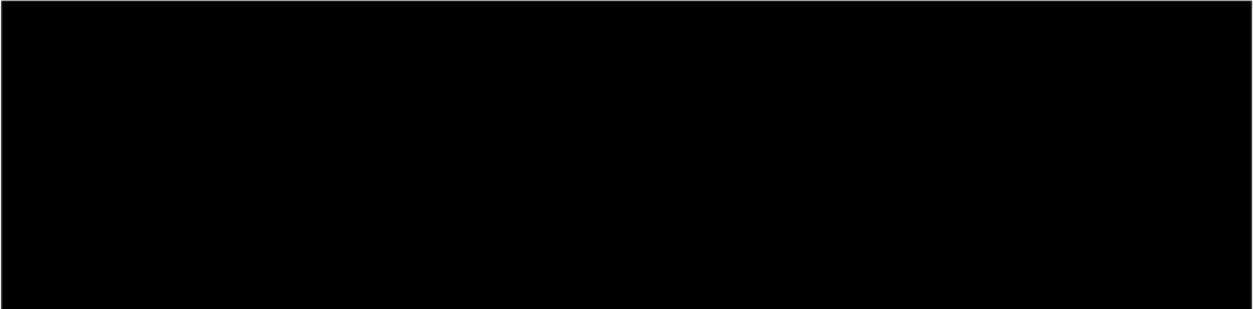
A large black rectangular redaction box covering the entire content of the table.

Material 2: Molare Standardbildungsenthalpien [2], [3]

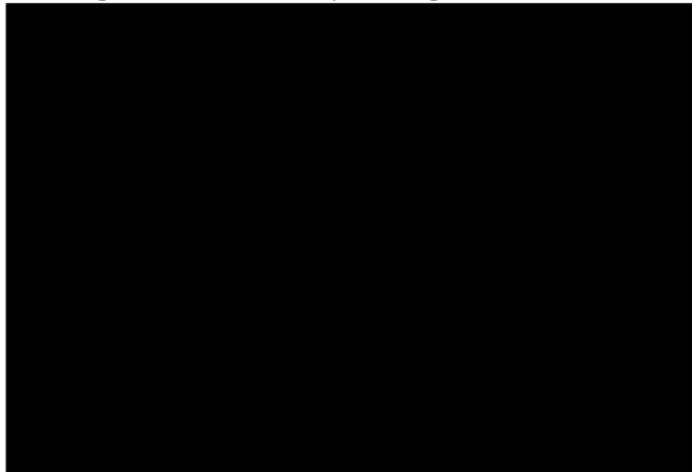
A large black rectangular redaction box covering the entire content of the table.

Profilfach Chemie
Thema: Kohlenhydrate

Material 3: Produktinformationen und Werbetext zu einem Süßstoff, der online vermarktet wird [4]

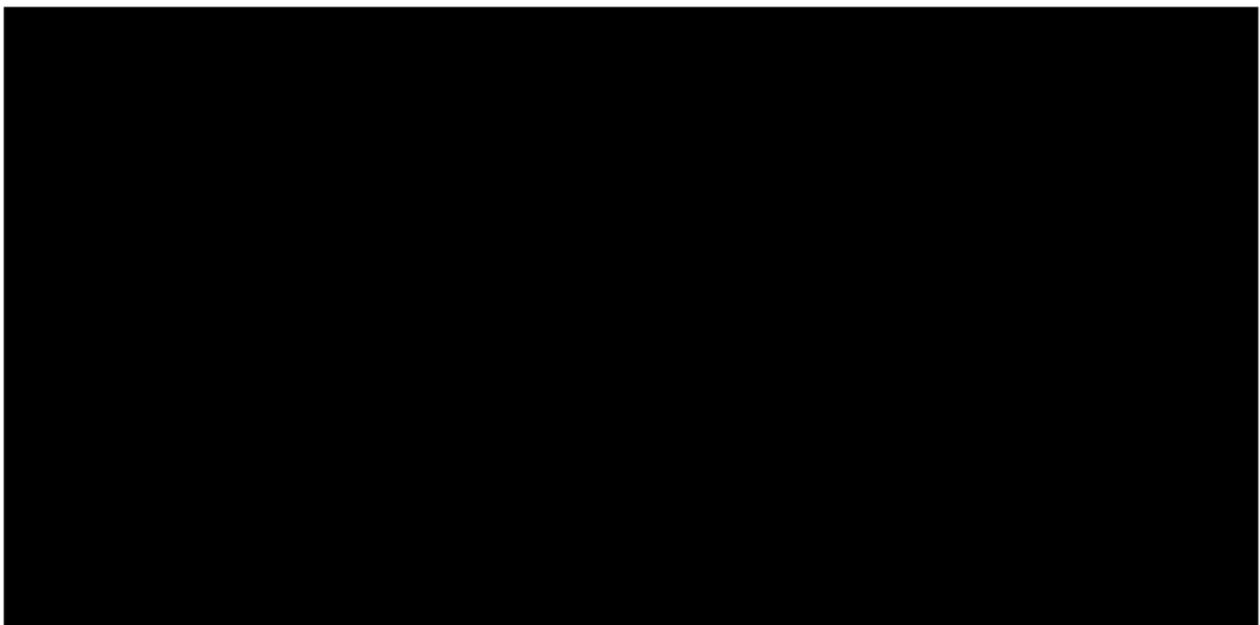


Tab. 2: Nährwertangaben auf der Verpackung von PURE Sweetness STEVIA



Material 4: Eigenschaften von Saccharose, Steviolglycosiden und Erythrit [5]

Tab. 3: Ausgewählte Eigenschaften von Saccharose, Steviolglycosiden und Erythrit



Aufgaben für das Fach Chemie

Vorlage für Aufgaben und Erwartungshorizonte

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Alternative Süßungsmittel – Stevia
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> ◆ Verbindungen mit funktionellen Gruppen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy-, Estergruppe ◆ Chemische Bindung <ul style="list-style-type: none"> ◆ Elektronenpaarbindung ◆ Natürliche und synthetische Stoffe <ul style="list-style-type: none"> ◆ Kohlenhydrate ◆ Chemische Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Elektronenübergänge <ul style="list-style-type: none"> ◆ Redoxreaktionen als Elektronenübergang ◆ Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Satz von Hess ◆ Enthalpie ◆ Arbeitsweisen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Qualitative Analyse <ul style="list-style-type: none"> ◆ Nachweis von funktionellen Gruppen ◆ Lebenswelt und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> ◆ Rohstoffgewinnung und -verarbeitung
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Steviolglycoside ◆ M 2 Molare Standardbildungsenthalpien ◆ M 3 Produktinformationen und Werbetext zu einem Süßstoff, der online vermarktet wird ◆ M 4 Eigenschaften von Saccharose, Steviolglycosiden und Erythrit
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Vogl, M. (o. D.). <i>Stevia – süßes Gold aus grünen Blättern</i>. Veit Höser Gymnasium Bogen. https://www.google.de/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.vhg-bogen.de/fileadmin/user_upload/Fachbereiche/Naturwissenschaften/Chemie/Stevia_-_Suesses_Gold_aus_gruenen_Blaettern__Marion_Vogl_-komprimiert.pdf&ved=2ahU-KEwiM9eCDk4mKAXcS_EDHf6VG1UQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw0pvoGdQSj01vRxQYQUkcCO (Zugriff am: 23.11.2024)

1 Aufgabe

Alternative Süßungsmittel – Stevia

Laut der *Deutschen Gesellschaft für Ernährung* liegt der Zuckerkonsum pro Kopf deutlich über der empfohlenen Maximalmenge. Daher sind Süßungsmittel, die keine negativen Nebenwirkungen wie Zucker haben, aber so schmecken wie Haushaltszucker, sehr gefragt. Ein möglicher Zuckerersatzstoff wird aus der Pflanze *Stevia rebaudiana Bertoni* gewonnen. Im Handel ist er unter dem Namen „Stevia“ bekannt.

	BE
<p>1 Geben Sie die Haworth-Formel von jeweils einem α-D- und einem β-D-Glucose-Molekül in der Pyranoseform (einer sechsgliedrigen Ringstruktur) an. Erläutern Sie den Unterschied der beiden Strukturen.</p>	7
<p>2 Stellen Sie die Strukturformel für ein Steviosid-Molekül auf (M 1). Kennzeichnen Sie die Bindungen, die sich durch die Reaktion eines Steviol-Moleküls mit β-D-Glucopyranose-Molekülen gebildet haben, in Ihrer Strukturformel des Steviosid-Moleküls, und benennen Sie diese. Stellen Sie eine Hypothese auf, welches Ergebnis bei einer Nachweisreaktion auf reduzierende Zucker mit Steviosid in basischer Lösung zu erwarten ist. Gehen Sie bei Ihrer Begründung auf jeden der drei gebundenen Monosaccharid-Bausteine ein.</p>	15
<p>3 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Oxidation von Rebaudiosid A zu Kohlenstoffdioxid und Wasser (M 2). Berechnen Sie mithilfe des Satzes von Hess die molare Standardreaktionsenthalpie von Rebaudiosid A (M 2). Vergleichen Sie die berechnete Standardreaktionsenthalpie von Rebaudiosid A mit dem in Material 4 angegebenen Brennwert. Leiten Sie mögliche Gründe für den Unterschied ab.</p>	10
<p>4 Beurteilen Sie anhand von sechs Aspekten die Aussagen und Angaben des Herstellers für das angebotene Stevia-Produkt (M 3, M 4).</p>	8

Quellen (ggf. verändert):

- [1] Vogl, M. (o. D.). *Stevia – süßes Gold aus grünen Blättern*. Veit Höser Gymnasium Bogen. https://www.vhg-bogen.de/fileadmin/user_upload/Fachbereiche/Naturwissenschaften/Chemie/Stevia_-_Suesses_Gold_aus_gruenen_Blaettern_Marion_Vogl_-komprimiert.pdf (Zugriff am: 23.11.2024)
- [2] *Stevia Rebaudiana* (2024, 27. April). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Stevia_rebaudiana (Zugriff am: 23.11.2024)
- [3] *Rebaudiosid A* (2024, 23. September). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Rebaudiosid_A (Zugriff am: 10.09.2024)
- [4] *Pure Via Stevia Süßstoff* (o. D.). Amazon. https://www.amazon.de/Pure-Via-Stevia-Sweet-Granulat/dp/B08KJHHL53?source=ps-sl-shoppingads-lpcontext&ref_=pplfs&smid=A1RR3R97USCVS1&th=1 (Zugriff am: 23.11.2024)
- [5] Reicher, M. (2015). *Ernährungsphysiologische Bedeutung von Süßungsmitteln unter besonderer Berücksichtigung von Stevia-Glykosiden*. Diplomarbeit Karl-Franzens-Universität Graz. <https://unipub.uni-graz.at/obvugrhs/download/pdf/369899> (Zugriff am: 20.11.2024)

2 Material

Material 1: Steviolglycoside [1] - [3]

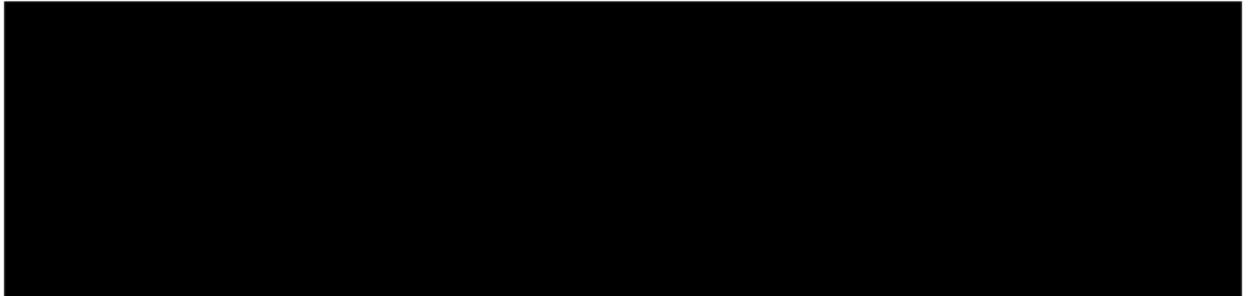


Abb. 1: Grundgerüst aller Steviolglycosid-Moleküle

Tab. 1: R_1 und R_2 für Steviol- und Steviosid-Moleküle

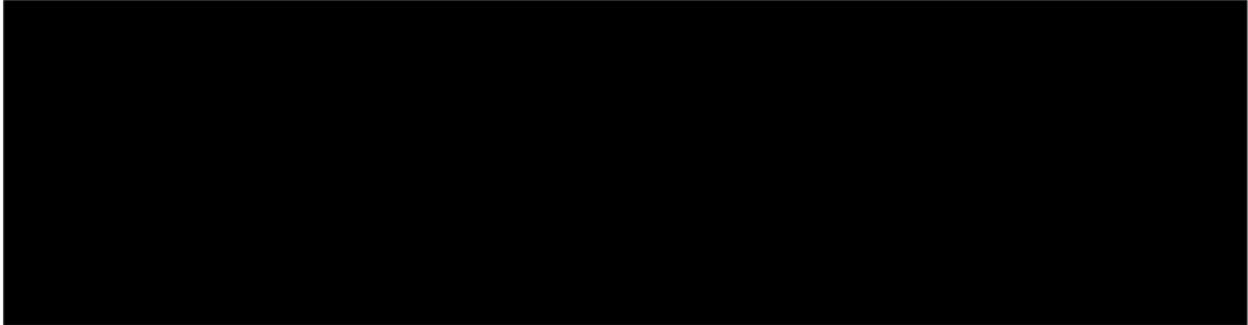
A large black rectangular redaction box covering the entire content of the table.

Material 2: Molare Standardbildungsenthalpien [2], [3]

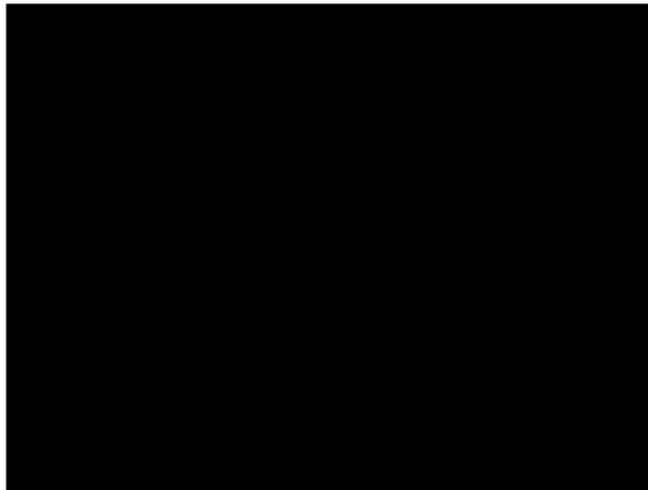
A large black rectangular redaction box covering the entire content of the table.

Profilfach Chemie
Thema: Kohlenhydrate

Material 3: Produktinformationen und Werbetext zu einem Süßstoff, der online vermarktet wird [4]

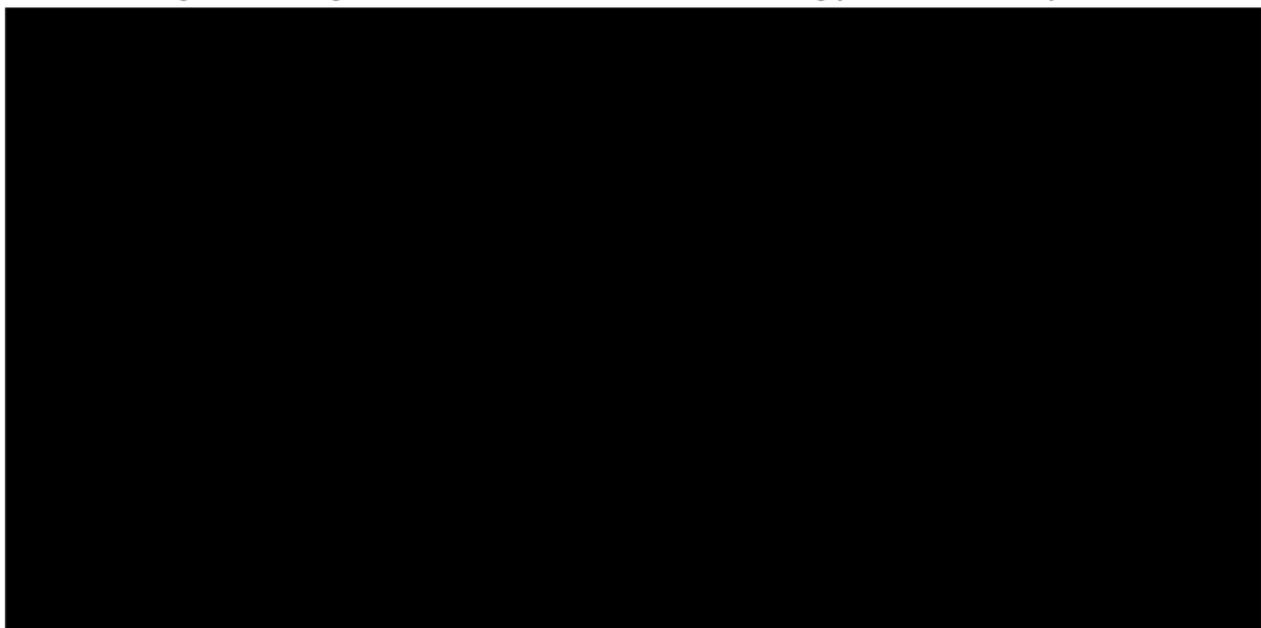


Tab. 2: Nährwertangaben auf der Verpackung von PURE Sweetness STEVIA



Material 4: Eigenschaften von Saccharose, Steviolglycosiden und Erythrit [5]

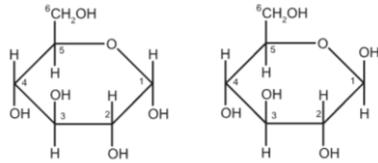
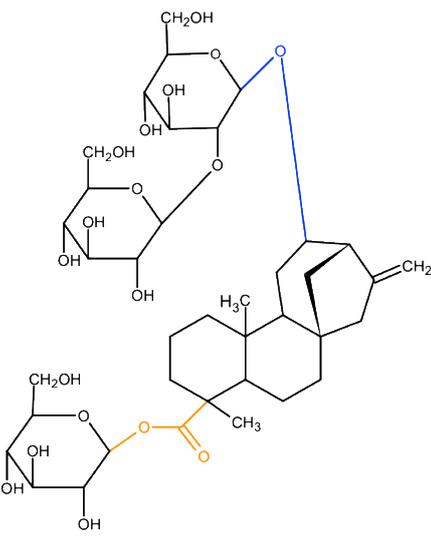
Tab. 3: Ausgewählte Eigenschaften von Saccharose, Steviolglycosiden und Erythrit



Profilfach Chemie
Thema: Kohlenhydrate

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><u>Angabe der Strukturformeln für ein α-D- und ein β-D-Glucopyranose-Molekül:</u></p>  <p style="text-align: center;">α-D- β-D-Glucopyranose-Molekül</p>	4		
	<p><u>Erläuterung des Unterschieds am Kohlenstoffatom C1:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Durch die Ringbildung (Halbacetalbildung) entsteht am Kohlenstoff-Atom C1 ein neues asymmetrisch substituiertes Kohlenstoff-Atom / Chiralitätszentrum. ◆ Durch die Lage der Hydroxygruppe entstehen zwei verschiedene Verbindungen. ◆ α- bedeutet, dass die Hydroxygruppe unterhalb der Ringebene positioniert ist und β- oberhalb. 	3		
2	<p><u>Aufstellen der Strukturformel für das Steviosid-Molekül:</u></p> 		6	
	<p><u>Benennen und Kennzeichnen der Bindungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ glycosidische Bindung (blau), Esterbindung (orange) <p><i>Hinweis:</i> Anstelle der glycosidischen Bindung kann auch die Vollacetalbindung benannt und gezeigt werden.</p>	2		

Profilfach Chemie
Thema: Kohlenhydrate

	<p><u>Hypothese zum Ergebnis der Nachweisreaktion auf reduzierende Zucker:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Beide anomeren Kohlenstoffatome der Glucopyranose-Monomere (R2) sind miteinander glycosidisch verknüpft. ◆ Eine Ringöffnung ist nicht möglich. ◆ Der Molekülteil weist keine reduzierenden Eigenschaften auf. Die Nachweisreaktion verläuft negativ. ◆ Die Esterbindung erfolgt über das anomere Kohlenstoff-Atom des Glucopyranose-Moleküls (R1). ◆ Eine Ringöffnung ist in wässriger Lösung nicht möglich. / Die Aldehyd-Form kann sich nicht bilden. ◆ Esterbindungen werden in basischer Lösung gespalten. → β-d-Glucopyranose-Moleküle liegen frei vor. ◆ Die Nachweisreaktion verläuft in basischer Lösung positiv. 		4	3
3	<p><u>Formulierung der Reaktionsgleichung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ $C_{44}H_{70}O_{23} + 50 O_2 \rightarrow 44 CO_2 + 35 H_2O$ <p><u>Berechnung der Standardreaktionsenthalpien mit dem Satz von Hess:</u></p> $\Delta_r H_m^0 = \left(44 \cdot \left(-393 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) + 35 \cdot \left(-243 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) \right) - \left(-13403 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$ $= -12394 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ <p><u>Vergleich Rebaudiosid A vs. Stevia:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Bei der Verbrennung von Rebaudiosid A wird sehr viel Energie frei. ◆ Bei der Verwertung im Körper wird keine Energie frei. <p><u>Gründe, die den Unterschied erklären:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Energie wird nur frei, wenn Nährstoffe verdaut werden. ◆ Rebaudiosid A ist für den Körper nicht verdaubar. ◆ Gründe hierfür können fehlende Enzyme sein, da diese sehr speziell an ihr jeweiliges Substrat angepasst sind. / Durch die Magensäure kann ebenfalls keine saure Hydrolyse stattfinden. 	1	1	3
4	<p><u>6 Aspekte, die sich aus dem Material ableiten lassen und eine differenzierte Beurteilung ermöglichen:</u></p> <p><i>Folgende mögliche Inhalte sind zutreffend:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Das Produkt ist zahnfreundlich. ◆ Auch wenn der Süßstoff Stevia nur in sehr geringen Mengen im Produkt enthalten ist, trägt er durch die sehr hohe Süßkraft zur Süße bei. ◆ Durch die pH- und Temperaturstabilität lässt sich das Produkt für viele Speisen und Getränke verwenden. <p><i>Folgende mögliche Inhalte stimmen nicht bzw. müssen kritisch beurteilt werden:</i></p>		3	3

Profilfach Chemie
Thema: Kohlenhydrate

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Der Werbetext lässt vermuten, dass das Produkt reines (pure) Stevia als Süßstoff enthält. Tatsächlich kommt es nur zu einem sehr geringen Anteil vor. Der hauptsächliche Zuckerersatzstoff ist Erythrit, das in der Nährwertabelle als Füllstoff ausgewiesen wird. ◆ Der Geschmack des Süßungsmittels weicht vermutlich vom Geschmack des Haushaltszuckers ab und weist eine leichte Lakritznote auf. ◆ Das Produkt ist u. a. durch das Erythrit und den geringen Fettanteil, bei dem es sich um die „natürlichen Aromen“ handeln muss, nicht ganz frei von Kalorien. <p><u>Sachurteil:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Da das Produkt fast Stevia-frei ist, lassen sich viele (angedeutete) Eigenschaften nicht auf diese Substanz, sondern auf Erythrit zurückführen. Wichtige Eigenschaften stimmen. 			2
Summe¹		11	21	8

4 Standardbezug²

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	12		7, 9, 10	
2	11		10	
3	12, 16, 17	3		
4			3, 4, 8	1, 6

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

² Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

Profilfach Chemie
Thema: Kohlenhydrate

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

1 Aufgabe

Leder – nicht nur ein tierisches Produkt

In einer Gesellschaft, in der immer mehr Menschen ein Leben frei von tierischen Produkten führen möchten, erhalten vegane Produkte eine immer größere Bedeutung. Infolgedessen stellt sich die Frage, ob nicht auch Leder durch vegane Alternativen ersetzt werden kann.

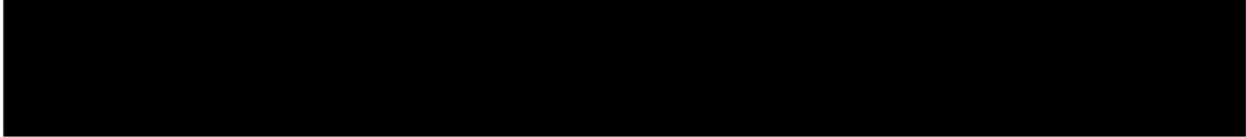
	BE
<p>1 Geben Sie die Strukturformel für das im Material 1 angegebene Tripeptid-Molekül an (M 1).</p> <p>Leiten Sie aus der Struktur des Tripeptid-Moleküls ab, welche intramolekularen Wechselwirkungen im Kollagenprotein-Molekül ausgebildet werden können.</p> <p>Ordnen Sie die Wechselwirkungen den entsprechenden Strukturebenen zu.</p>	8
<p>2 Werten Sie die Ergebnisse der Dünnschichtchromatographie aus, indem Sie auch die Bedeutung des R_f-Wertes erklären (M 3, M 4).</p> <p>Ordnen Sie die beiden untersuchten Proben jeweils einer der angegebenen Proteinquellen zu (M 3, M 4).</p>	8
<p>3 Markieren und benennen Sie vier signifikante Punkte im Graphen der Titrationskurve (M 2).</p> <p>Erläutern Sie den Verlauf der Titrationskurve, indem Sie die Gleichgewichtsreaktionen der Glutaminsäure und ihrer Ionen aufstellen und den von Ihnen markierten Punkten zuordnen (M 2).</p> <p>Ermitteln Sie rechnerisch die pH-Werte der von Ihnen markierten Punkte (M 2).</p>	16
<p>4 Bewerten Sie den Einsatz von veganem Leder als Ersatz für echtes Leder im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive anhand von insgesamt sechs Aspekten (M 5).</p>	8

Quellen (ggf. verändert):

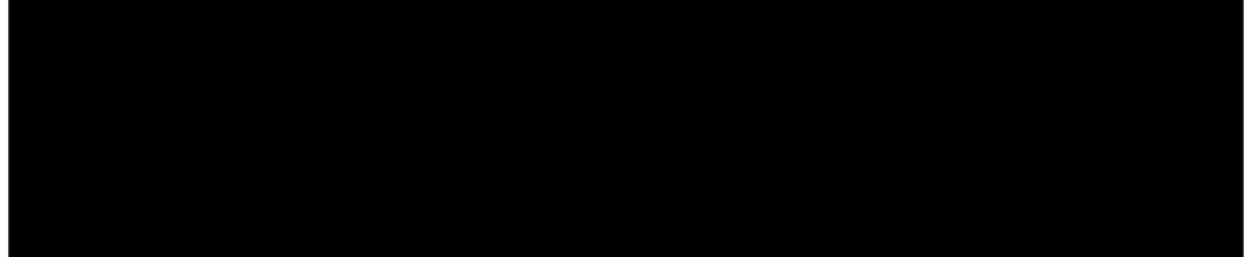
- [1] Lindgren, C., Andersson, I., Berg, L., Dobritzsch, D., Ge, C., Haag, S., Uciechowska, U., Holmdahl, R., Kihlberg, J., Linusson, A. (2015). Hydroxyethylene isosteres introduced in type II collagen fragments substantially alter the structure and dynamics of class II MHC Aq/glycopeptide complexes. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 13, S. 6203-6216. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/ob/c5ob00395d>
- [2] Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (95. Aufl.). Taylor & Francis.
- [3] Jakubowski, H. (2024). *Amino Acid Charges*. LibreTexts™ Biology. https://bio.libretexts.org/Courses/Ouachita_Baptist_University/Reyna_Cell_Biology/02%3A_2-%28T2-first_lecture%29_Protein_Structure/2.01%3A_Amino_Acids/2.1.03%3A_A3_Amino_Acid_Charges
- [4] Schwarz, T. (2020, 25. März). *Analyse von Aminosäuren anhand der Dünnschichtchromatographie - ein Beispiel für die Wirkstoffforschung*. Diplomarbeit Universität Innsbruck. <https://ulb-dok.uibk.ac.at/ulbtirolhs/content/pagetext/5809969> (Zugriff am: 20.11.2024)
- [5] Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden J. M. et al. (2018, 30. August). *Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates in Amino Acids*. National Library of Medicine. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6245118/> (Zugriff am: 20.11.2024)
- [6] *Veganes Leder – eine Lüge der Fashion Industrie?* (o. D.). Braun Büffel Onlineshop. <https://www.braun-bueffel.com/ledertipps/herkunft/veganes-leder.html> (Zugriff am: 23.11.2024)

2 Material

Material 1: Aminosäureabfolge einer Kollagenprobe [1]



Tab. 1: Strukturformeln von Glycin, Glutaminsäure und Threonin



Material 2: Titrationskurve, pK_s -Werte und IEP von Glutaminsäure [2], [3]

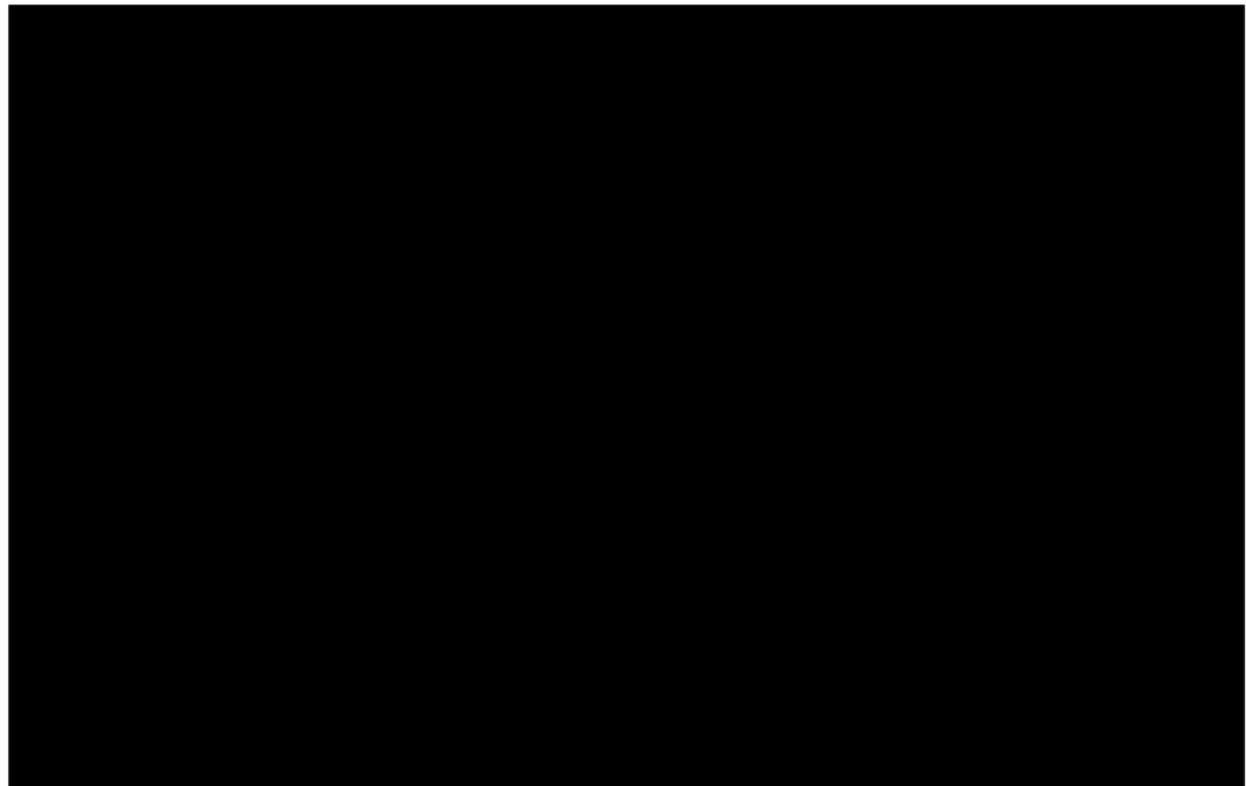


Abb. 1: Titrationskurve von Glutaminsäure

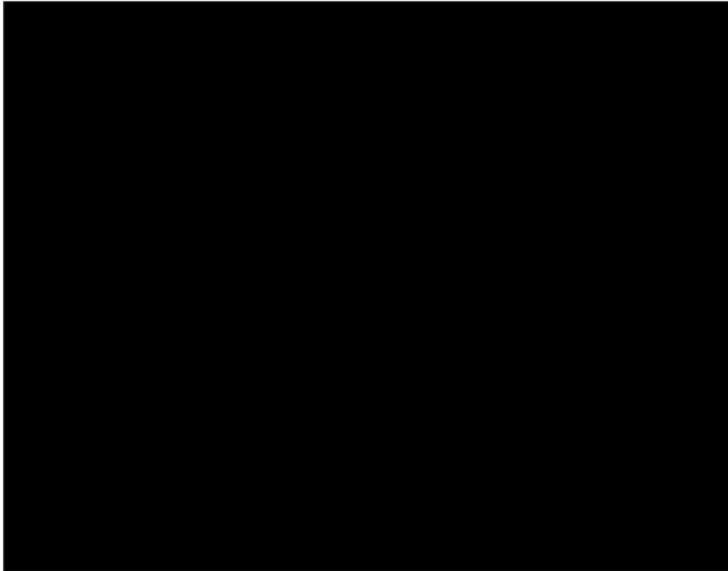
Material 3: Massenanteil ausgewählter Aminosäuren im tierischen Kollagenprotein und in zwei pflanzlichen Proteinen (in g pro 100 g Protein) [5]

Tab. 2: Massenanteil ausgewählter Aminosäuren in g pro 100 g Protein

A large black rectangular redaction box covering the content of Tab. 2.

Profilfach Chemie
Thema: Aminosäuren und Proteine

Material 4: Dünnschichtchromatographie und R_f -Werte ausgewählter Aminosäuren [4]

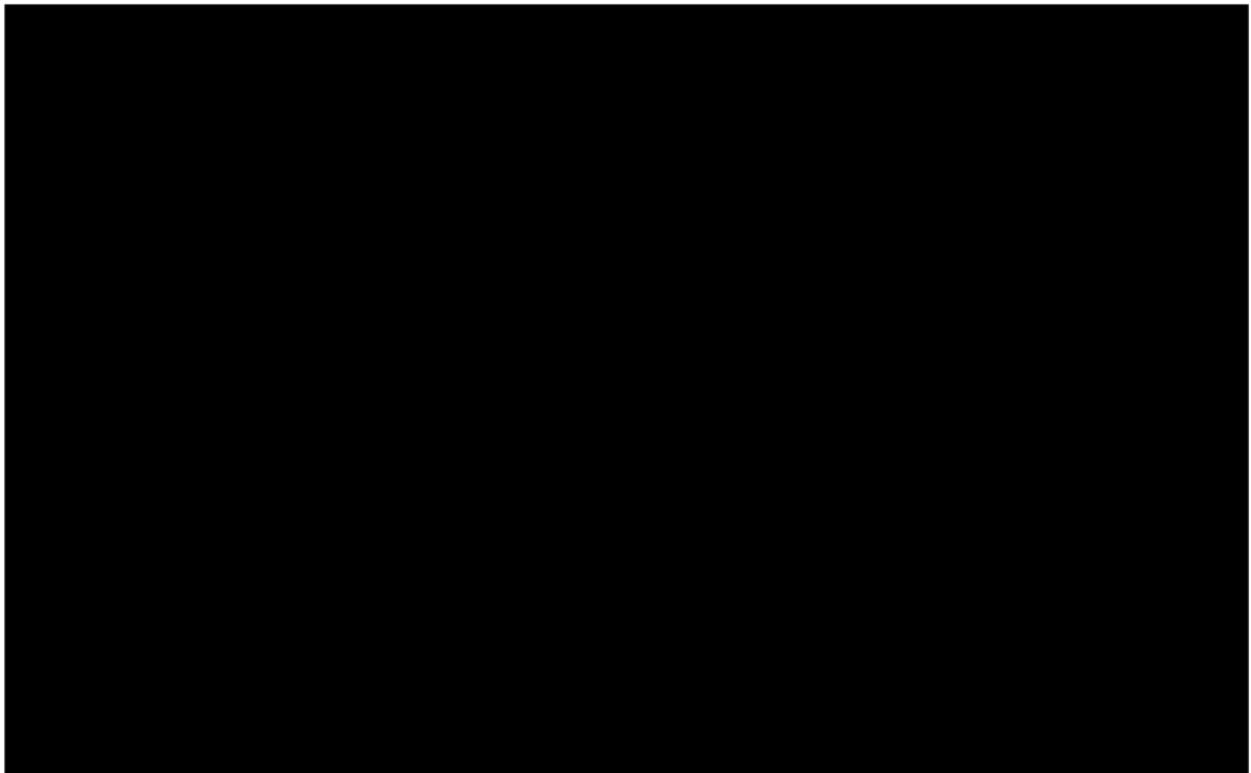


Tab. 3: R_f -Werte

A black rectangular redaction box covering the table content.

Abb. 2: Schematische Darstellung ausgewählter Chromatographieergebnisse

Material 5: Veganes oder nicht veganes Leder? [6]



Aufgaben für das Fach Chemie

Vorlage für Aufgaben und Erwartungshorizonte

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Leder – nicht nur ein tierisches Produkt
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> ◆ Verbindungen mit funktionellen Gruppen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Hydroxy-, Carboxygruppe ◆ Aminogruppe ◆ Chemische Bindung <ul style="list-style-type: none"> ◆ Elektronenpaarbindung ◆ Ionenbindung ◆ Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe <ul style="list-style-type: none"> ◆ inter- und intramolekulare Wechselwirkungen (einschließlich Ionen-Dipol-Wechselwirkungen) ◆ Natürliche und synthetische Stoffe <ul style="list-style-type: none"> ◆ Proteine ◆ Arbeitsweisen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Qualitative Analyse <ul style="list-style-type: none"> ◆ Chromatografie ◆ Quantitative und instrumentelle Analyse <ul style="list-style-type: none"> ◆ Säure-Base-Titration (mit Titrationskurve) ◆ Lebenswelt und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aktuelle Technologien und chemische Produkte ◆ moderne Werkstoffe
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Aminosäureabfolge einer Kollagenprobe ◆ M 2 Titrationskurve, pK_S-Werte und IEP von Glutaminsäure ◆ M 3 Massenanteil ausgewählter Aminosäuren im tierischen Kollagenprotein und in zwei pflanzlichen Proteinen (in g pro 100 g Protein) ◆ M 4 Dünnschichtchromatographie und R_f-Werte ausgewählter Aminosäuren ◆ M 5 Veganes oder nicht veganes Leder?
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Lindgren, C., Andersson, I., Berg, L., Dobritsch, D., Ge, C., Haag, S., Uciechowska, U., Holmdahl, R., Kihlberg, J., Linusson, A. (2015). Hydroxyethylene isosteres introduced in type II collagen fragments substantially alter the structure and dynamics of class II MHC A^q/glycopeptide complexes. <i>Organic & Biomolecular Chemistry</i>, 13, S. 6203-6216.

Profilfach Chemie
Thema: Aminosäuren und Proteine

	<p>https://pubs.rsc.org/en/content/article-landing/2015/ob/c5ob00395d</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ M 2 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). <i>CRC Handbook of Chemistry and Physics</i> (95. Aufl.). Taylor & Francis. ◆ Jakubowski, H. (2024). A3. <i>Amino Acid Charges</i>. LibreTexts™ Biology https://bio.libretexts.org/Courses/Ouachita_Baptist_University/Reyna_Cell_Biology/02%3A_2-%28T2-first_lecture%29_Protein_Structure/2.01%3A_Amino_Acids/2.1.03%3A_A3._Amino_Acid_Charges ◆ M 3 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Schwarz, T. (2020, 25. März). <i>Analyse von Aminosäuren anhand der Dünnschichtchromatographie - ein Beispiel für die Wirkstoffforschung</i>. Diplomarbeit Universität Innsbruck. https://ulb-dok.uibk.ac.at/ulbtirolhs/content/pagetext/5809969 (Zugriff am: 20.11.2024) ◆ M 4 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden J. M. et al. (2018, 30. August). <i>Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates in Amino Acids</i>. National Library of Medicine. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6245118/ (Zugriff am: 20.11.2024) ◆ M 5 <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Veganes Leder – eine Lüge der Fashion Industrie?</i> (o. D.). Braun Büffel Onlineshop. https://www.braun-bueffel.com/ledertipps/herkunft/veganes-leder.html (Zugriff am: 23.11.2024)
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ◆ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> Zeitzuschlag: —

1 Aufgabe

Leder – nicht nur ein tierisches Produkt

In einer Gesellschaft, in der immer mehr Menschen ein Leben frei von tierischen Produkten führen möchten, erhalten vegane Produkte eine immer größere Bedeutung. Infolgedessen stellt sich die Frage, ob nicht auch Leder durch vegane Alternativen ersetzt werden kann.

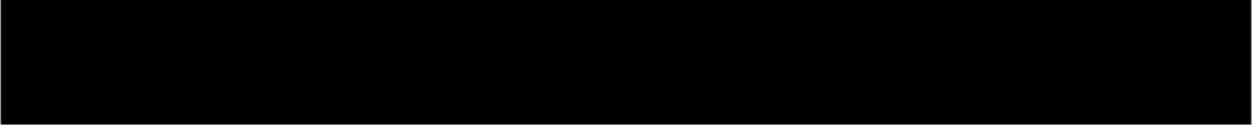
	BE
<p>1 Geben Sie die Strukturformel für das im Material 1 angegebene Tripeptid-Molekül an (M 1).</p> <p>Leiten Sie aus der Struktur des Tripeptid-Moleküls ab, welche intramolekularen Wechselwirkungen im Kollagenprotein-Molekül ausgebildet werden können.</p> <p>Ordnen Sie die Wechselwirkungen den entsprechenden Strukturebenen zu.</p>	8
<p>2 Werten Sie die Ergebnisse der Dünnschichtchromatographie aus, indem Sie auch die Bedeutung des R_f-Wertes erklären (M 3, M 4).</p> <p>Ordnen Sie die beiden untersuchten Proben jeweils einer der angegebenen Proteinquellen zu (M 3, M 4).</p>	8
<p>3 Markieren und benennen Sie vier signifikante Punkte im Graphen der Titrationskurve (M 2).</p> <p>Erläutern Sie den Verlauf der Titrationskurve, indem Sie die Gleichgewichtsreaktionen der Glutaminsäure und ihrer Ionen aufstellen und den von Ihnen markierten Punkten zuordnen (M 2).</p> <p>Ermitteln Sie rechnerisch die pH-Werte der von Ihnen markierten Punkte (M 2).</p>	16
<p>4 Bewerten Sie den Einsatz von veganem Leder als Ersatz für echtes Leder im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive anhand von insgesamt sechs Aspekten (M 5).</p>	8

Quellen (ggf. verändert):

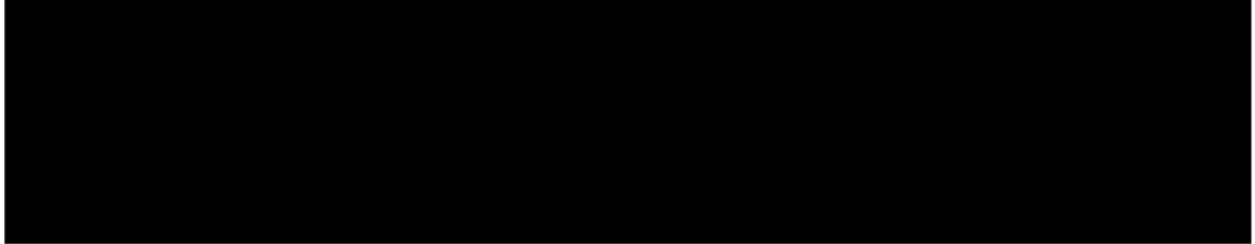
- [1] Lindgren, C., Andersson, I., Berg, L., Dobritzsch, D., Ge, C., Haag, S., Uciechowska, U., Holmdahl, R., Kihlberg, J., Linusson, A. (2015). Hydroxyethylene isosteres introduced in type II collagen fragments substantially alter the structure and dynamics of class II MHC Aq/glycopeptide complexes. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 13, S. 6203-6216. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/ob/c5ob00395d>
- [2] Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (95. Aufl.). Taylor & Francis.
- [3] Jakubowski, H. (2024). *Amino Acid Charges*. LibreTexts™ Biology. https://bio.libretexts.org/Courses/Ouachita_Baptist_University/Reyna_Cell_Biology/02%3A_2-%28T2-first_lecture%29_Protein_Structure/2.01%3A_Amino_Acids/2.1.03%3A_A3_Amino_Acid_Charges
- [4] Schwarz, T. (2020, 25. März). *Analyse von Aminosäuren anhand der Dünnschichtchromatographie - ein Beispiel für die Wirkstoffforschung*. Diplomarbeit Universität Innsbruck. <https://ulb-dok.uibk.ac.at/ulbtirohls/content/pagetext/5809969> (Zugriff am: 20.11.2024)
- [5] Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden J. M. et al. (2018, 30. August). *Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates in Amino Acids*. National Library of Medicine. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6245118/> (Zugriff am: 20.11.2024)
- [6] *Veganes Leder – eine Lüge der Fashion Industrie?* (o. D.). Braun Büffel Onlineshop. <https://www.braun-bueffel.com/ledertipps/herkunft/veganes-leder.html> (Zugriff am: 23.11.2024)

2 Material

Material 1: Aminosäureabfolge einer Kollagenprobe [1]



Tab. 1: Strukturformeln von Glycin-, Glutaminsäure- und Threonin-Molekülen



Material 2: Titrationskurve, pK_s -Werte und IEP von Glutaminsäure [2], [3]

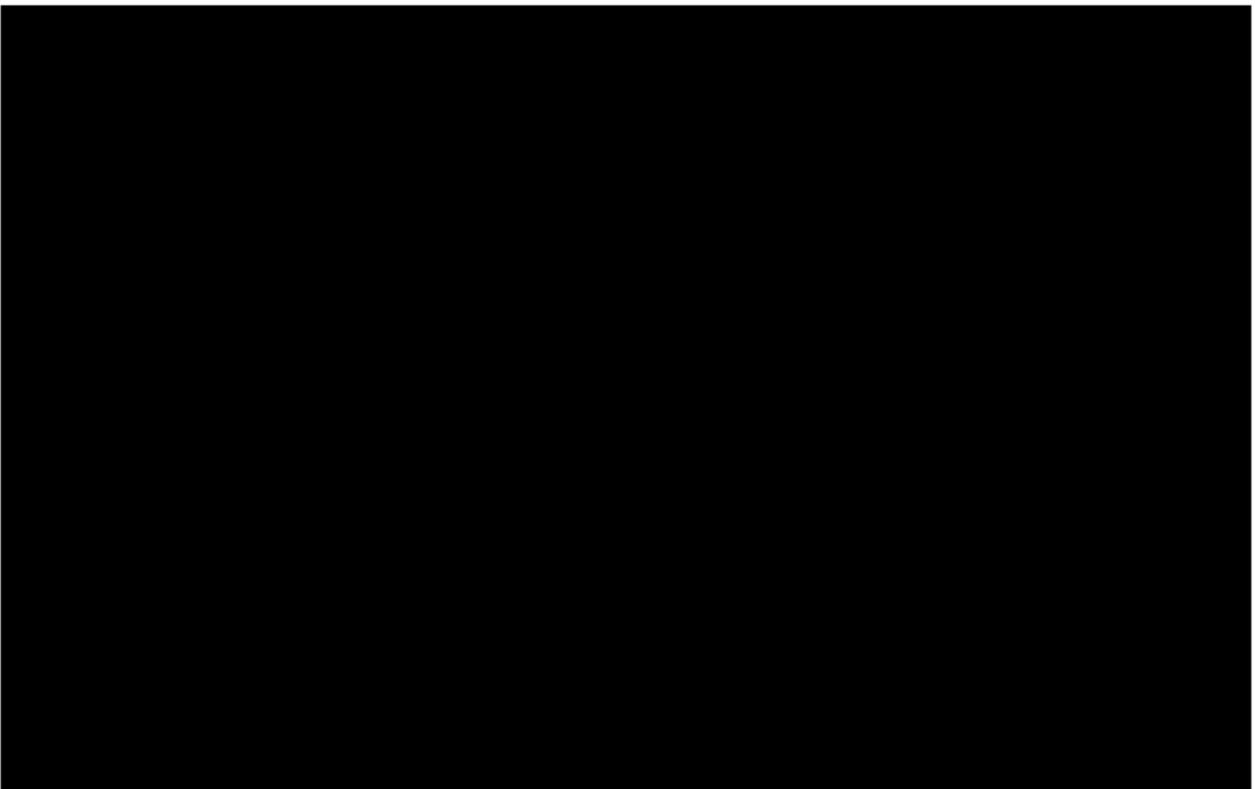
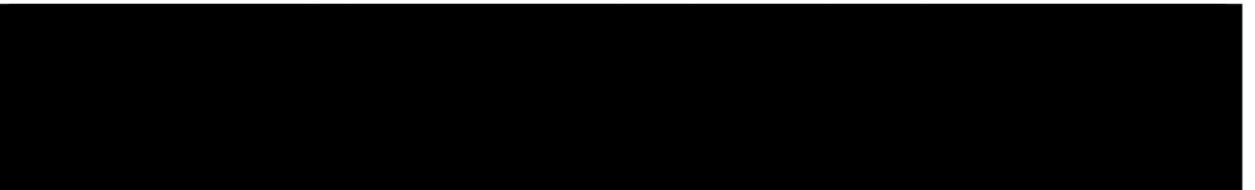


Abb. 1: Titrationskurve von Glutaminsäure

Material 3: Massenanteil ausgewählter Aminosäuren im tierischen Kollagenprotein und in zwei pflanzlichen Proteinen (in g pro 100 g Protein) [5]

Tab. 2: Massenanteil ausgewählter Aminosäuren in g pro 100 g Protein



Profilfach Chemie
Thema: Aminosäuren und Proteine

Material 4: Dünnschichtchromatographie und R_f -Werte ausgewählter Aminosäuren [4]

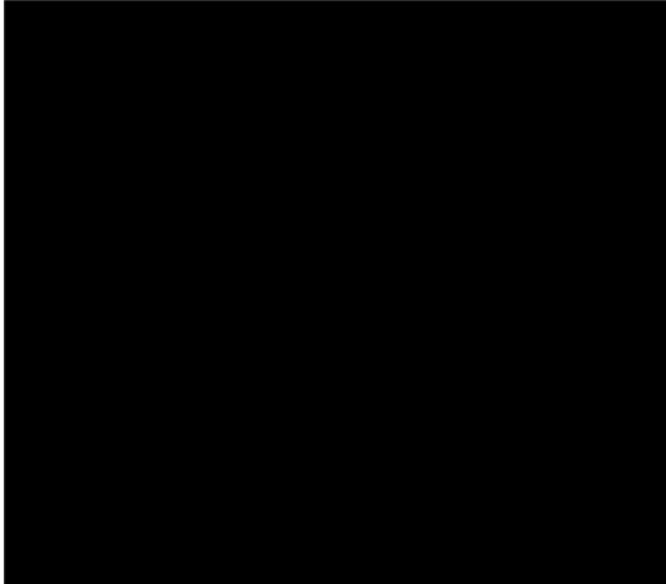
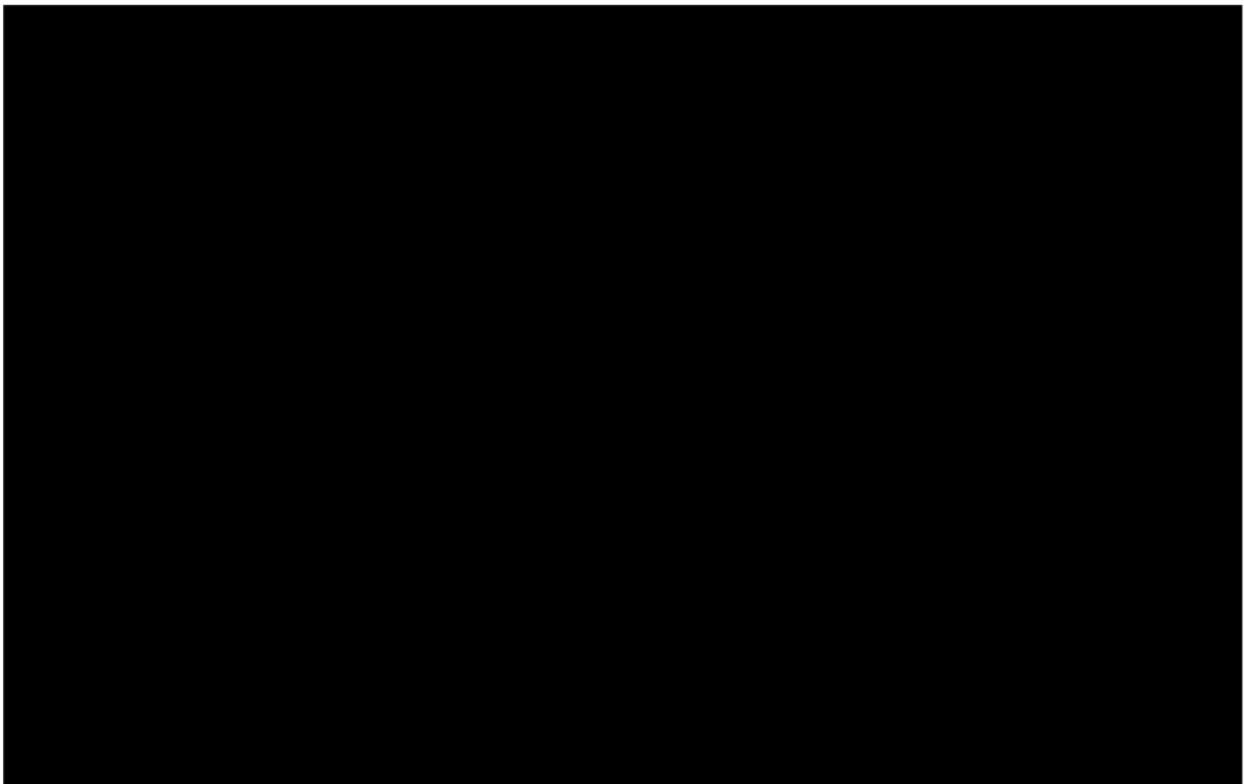


Abb. 2: Schematische Darstellung ausgewählter Chromatographieergebnisse

Tab. 3: R_f -Werte

A black rectangular redaction box covering the table of Rf values.

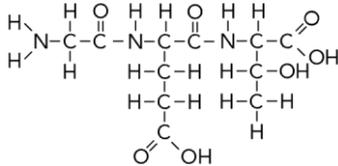
Material 5: Veganes oder nicht veganes Leder? [6]



Profilfach Chemie
Thema: Aminosäuren und Proteine

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

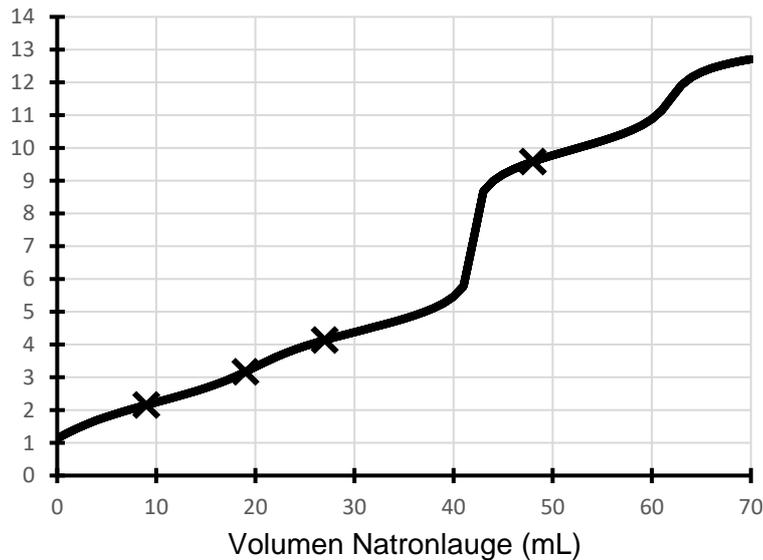
		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><u>Strukturformel des Tripeptid-Moleküls:</u></p>  <p><u>Ableitung der intermolekularen Wechselwirkungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Ionenbindungen: über die deprotonierten Carboxygruppen der Glutaminsäure-Moleküle im Rest ◆ Van-der-Waals-Wechselwirkungen: wirken bei allen Molekülen ◆ Wasserstoffbrücken: über die Hydroxygruppen der Threonin-Moleküle, der Carboxygruppen der Glutaminsäure-Moleküle im Rest und zwischen den Peptidgruppen <p><u>Zuordnung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Alle aufgeführten Wechselwirkungen, die durch die AS-Reste ausgebildet werden, werden der Tertiärstruktur zugeordnet. ◆ Wasserstoffbrücken, die über Peptidgruppen ausgebildet werden, werden der Sekundärstruktur zugeordnet. 	1	2	
			2	3
2	<p><u>Auswertung der Ergebnisse und Zuordnung der Proteinproben:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Unter dem R_f-Wert versteht man das Verhältnis von Laufstrecke der Substanz zur Laufstrecke des Laufmittels. Jede Substanz besitzt einen charakteristischen R_f-Wert. <p>Zuordnung der Banden anhand der R_f-Werte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Probe A: drei Banden ◆ Zuordnung (Glutaminsäure, Methionin, Leucin) ◆ Probe B: vier Banden ◆ Zuordnung (Glutaminsäure, Cystein, Methionin, Leucin) ◆ Cystein ist nur in den pflanzlichen Proben enthalten. Cystein ist nur in Probe B enthalten. Es handelt sich bei Probe A um die Kollagenprotein-Probe. <p>Betrachtung der Bandenbreite, um die pflanzliche Proteinquelle zu ermitteln:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Die Glutaminsäure-Konzentration ist im Weizenprotein deutlich höher als im Kollagenprotein. Der Massenanteil von Glutaminsäure im Kollagen- und Sojaprotein ist ähnlich groß. ◆ Die beiden untersuchten Proben (A und B) weisen ähnlich hohe Konzentrationen auf. Es handelt sich bei Probe B um das Sojaprotein. 	1		
				4
				2

Profilfach Chemie
Thema: Aminosäuren und Proteine

3 Markierung und Benennung der Punkte durch die korrekte Zuordnung der pKs-Werte:

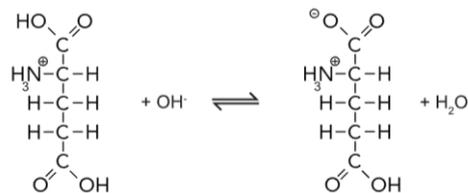
$pK_{S1} = 2,16$, erster Halbäquivalenzpunkt;
 $pK_{SR} = 4,15$, zweiter Halbäquivalenzpunkt;
 $pK_{S2} = 9,58$, dritter Halbäquivalenzpunkt;
 IEP = 3,22, Äquivalenzpunkt

pH-Wert

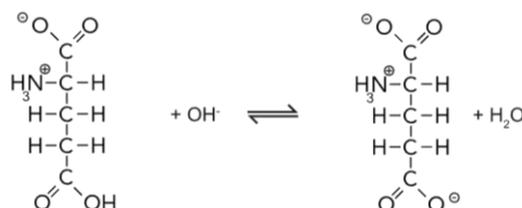


Erläuterungen zum Verlauf der Titrationskurve sowie Begründungen zur Lage der Punkte:

- ◆ Zunächst erfolgt die Deprotonierung der Carboxygruppe, die am C_{α} -Atom gebunden ist.
- ◆ Aufstellen der Reaktionsgleichung für das erste Protolysegleichgewicht:



- ◆ Am ersten Halbäquivalenzpunkt liegen gleiche Konzentrationen der kationischen und zwitterionischen Formen vor.
- ◆ Der Äquivalenzpunkt entspricht dem Isoelektrischen Punkt (IEP). Bei diesem pH-Wert liegt nur die zwitterionische Form vor.
- ◆ Anschließend folgt die Deprotonierung der Carboxygruppe im Rest.
- ◆ Aufstellen der Reaktionsgleichung für das zweite Protolysegleichgewicht:



2

4

6

Profilfach Chemie
Thema: Aminosäuren und Proteine

	<p>◆ Am zweiten Halbäquivalenzpunkt liegen gleiche Konzentrationen der zwitterionischen und einfach negativen Formen vor.</p> <p>◆ Abschließend erfolgt die Deprotonierung der Ammoniumgruppe, die am C_α-Atom gebunden ist.</p> <p>◆ Aufstellen der Reaktionsgleichung für das dritte Protolysegleichgewicht:</p> $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}^{\ominus}-\text{C} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^{\oplus}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O}^{\ominus}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \end{array} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}^{\ominus}-\text{C} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O}^{\ominus}-\text{C}-\text{O}^{\ominus} \end{array} + \text{H}_2\text{O} $ <p>◆ Am dritten Halbäquivalenzpunkt liegen gleiche Konzentrationen der einfach und zweifach negativen Formen vor.</p> <p><u>Rechnerische Ermittlung:</u> Bei schwachen Säuren oder Basen befindet sich der Halbäquivalenzpunkt im Pufferbereich. Daher wird hier die Henderson-Hasselbalch-Gleichung zur Berechnung verwendet.</p> $\text{pH} = \text{pK}_s + \lg \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = \text{pK}_s$ <p>Die Konzentration der Säure und konjugierten Base sind am Halbäquivalenzpunkt gleich groß. Durch die vereinfachte Formel können die pH-Werte der Halbäquivalenzpunkte rechnerisch ermittelt werden:</p> $\text{pH} = \text{pK}_s$ <p>◆ $\text{pH}_{\text{HÄP1}} = \text{pK}_{\text{S1}} = 2,16$; $\text{pH}_{\text{HÄP2}} = \text{pK}_{\text{SR}} = 4,15$; $\text{pH}_{\text{HÄP3}} = \text{pK}_{\text{S2}} = 9,58$</p> <p>Isoelektrischer Punkt Der pH-Wert (pH_{IEP}) von Aminosäuren mit drei funktionellen Gruppen lässt sich näherungsweise aus zwei pK_s-Werten berechnen. Für saure Aminosäuren gilt:</p> $\text{pH} = \frac{1}{2} \cdot (\text{pK}_{\text{S1}} + \text{pK}_{\text{SR}})$ <p>◆ Ermittlung des pH-Werts für den IEP bei Glutaminsäure:</p> $\text{pH} = \frac{(2,16+4,15)}{2}$	1	1	1
4	<p><u>Bewertung des Einsatzes von veganem Leder:</u></p> <p>◆ ökologische Aspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ positiv: nachhaltige Materialien durch die Verwendung von Abfällen, z. B. Piñatex aus Ananasblättern ◆ negativ: lederähnliche Eigenschaften, v. a. durch Zugabe von Weichmachern, Einsatz von erdölbasierten Beschichtungsmaterialien; Abbau nur unter kontrollierten Kompostierungsbedingungen <p>◆ ökonomische Aspekte:</p>		3	3

Profilfach Chemie
Thema: Aminosäuren und Proteine

<ul style="list-style-type: none"> ◆ positiv: kostengünstige Herstellung von Kunstleder aus erdölba- sierten Kunststoffen ◆ negativ: echte nachhaltige vegane Alternativen ebenso teuer wie Leder ◆ soziale Aspekte: <ul style="list-style-type: none"> ◆ positiv: tierfreundlich ◆ negativ: zusätzlicher Konsum (günstige Varianten) <p><u>Werturteil:</u></p>				2
Summe¹	12	20	8	

4 Standardbezug²

Teilauf- gabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	12		7, 9, 10	
2	11		10	
3	12, 16, 17	3		
4			3, 4, 8	1, 6

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

² Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

1 Aufgabe

Brennstoffzelle und Meerwasser als Wasserstoffquelle

Brennstoffzellen werden mittlerweile in vielen Technikbereichen eingesetzt. Eine kostengünstige und nachhaltige Herstellung des dafür in großen Mengen benötigten Wasserstoff-Gases stellt die Forschung jedoch vor Probleme. Einen Ansatz zur Lösung liefert möglicherweise die Herstellung von Wasserstoff aus Meerwasser.

	BE
<p>1 Beschreiben Sie den Aufbau der in Material 1 abgebildeten alkalischen Brennstoffzelle.</p> <p>Erläutern Sie an den gegebenen Reaktionsgleichungen das Donator-Akzeptor-Prinzip (M 1).</p>	7
<p>2 Berechnen Sie die zu erwartende Zellspannung der alkalischen Brennstoffzelle unter Standardbedingungen (M 1).</p> <p>Erklären Sie unter Verwendung der Nernst-Gleichung beider Halbzellen, dass der pH-Wert keinen Einfluss auf die Zellspannung dieser Brennstoffzelle hat (M 1, M 2).</p>	9
<p>3 Werten Sie die Beobachtungen des Modellexperiments unter Einbeziehung von Berechnungen aus (M 3, M 4).</p> <p>Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die an der Anode und Kathode ablaufenden Reaktionen (M 4).</p> <p>Erklären Sie die Bedeutung der Überspannung für das Modellexperiment (M 3, M 4).</p>	17
<p>4 Begründen Sie, dass das Modellexperiment nur eingeschränkt auf die Herstellung von Wasserstoff aus Meerwasser übertragbar ist (M 3).</p> <p>Beurteilen Sie anhand von drei Argumenten, ob der Betrieb einer großtechnischen Anlage zur Herstellung von Wasserstoff auf offener See im Hinblick auf die dafür benötigten und zur Verfügung stehenden Ressourcen sinnvoll ist (M 5).</p>	7

Quellen (ggf. verändert):

- [1] *Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung* (o. D.). <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-268.pdf> (Zugriff am: 16.09.2024)
- [2] *Elektrolysen* (o. D.). <http://www.bhbrand.de/downloads/elektrolysen.pdf> (Zugriff am: 03.01.2025)
- [3] *Überspannung (Elektrochemie)* (o. D.). https://www.chemie.de/lexikon/Überspannung_%28Elektrochemie%29.html (Zugriff am: 03.01.2025)
- [4] *Wasserstoff-FAQs* (o.D.). H2.B, Zentrum Wasserstoff, Bayern. <https://h2.bayern/info-thek/faqs/#:~:text=Für%20die%20Herstellung%20von%20einem,werden%209%20Liter%20Wasser%20benötigt.> (Zugriff am: 16.09.2024)

2 Material

Material 1: Schematische Darstellung einer alkalischen Brennstoffzelle

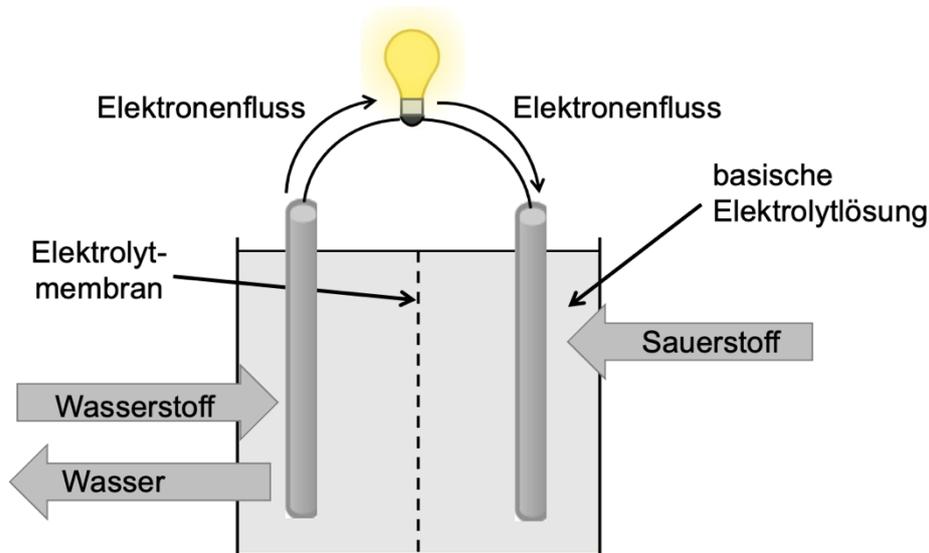


Abb. 1: Schematische Darstellung einer alkalischen Brennstoffzelle

Reaktionen in der alkalischen Brennstoffzelle:

- ◆ Anodenreaktion: $\text{H}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \quad | \cdot 2$
- ◆ Kathodenreaktion: $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$
- ◆ Gesamtreaktion: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Material 2: Nernst-Gleichung und Stoffmengenkonzentrationen in den Halbzellen einer alkalischen Brennstoffzelle

$$\text{Nernst-Gleichung: } E = E^0 + \frac{0,059}{z} \cdot \lg \frac{\{c(\text{Ox})\}}{\{c(\text{Red})\}}$$

Für die Anoden-Halbzelle gilt:

$$\{c(\text{Ox})\} = c^4(\text{H}_2\text{O}) = 1$$

$$\{c(\text{Red})\} = c^2(\text{H}_2) \cdot c^4(\text{OH}^-) = c^4(\text{OH}^-)$$

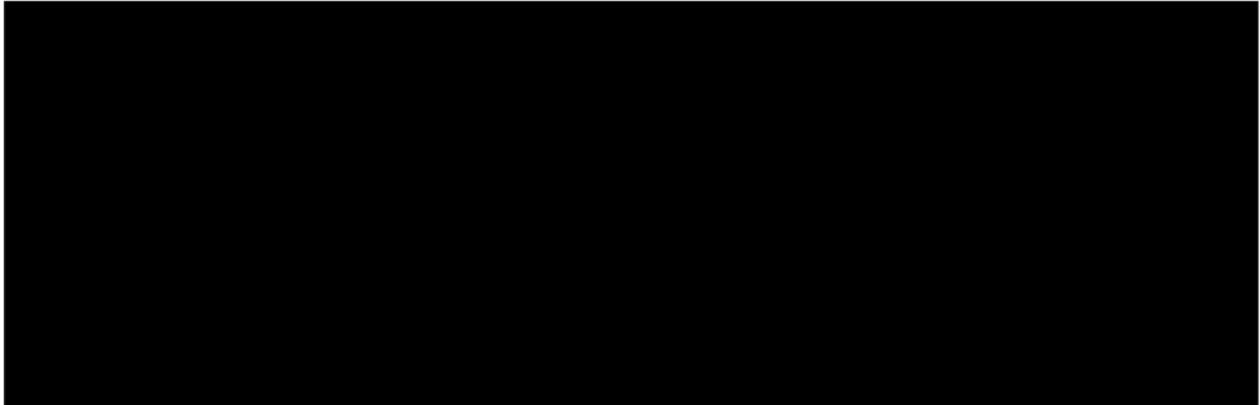
Für die Kathoden-Halbzelle gilt:

$$\{c(\text{Ox})\} = c(\text{O}_2) \cdot c^2(\text{H}_2\text{O}) = 1$$

$$\{c(\text{Red})\} = c^4(\text{OH}^-)$$

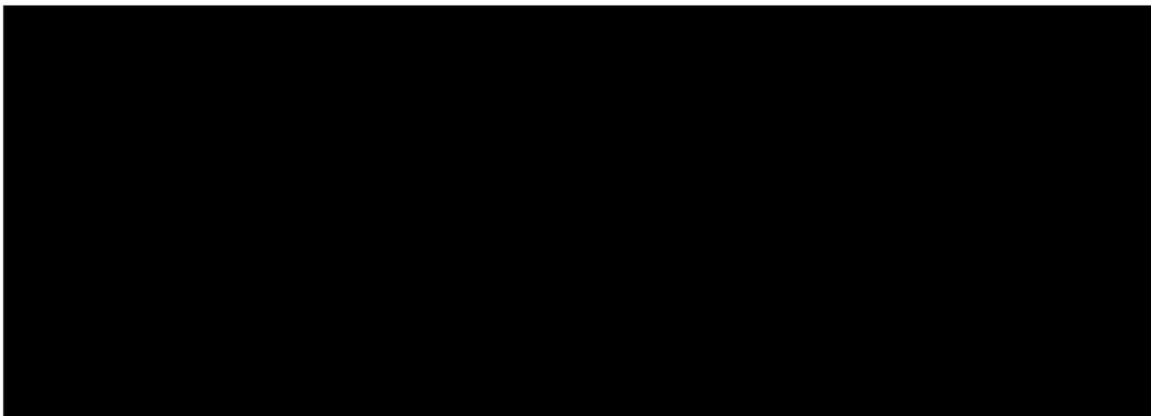
Profilfach Chemie
Thema: Elektrochemie

Material 3: Modellexperiment zur Herstellung von Wasserstoff [1]

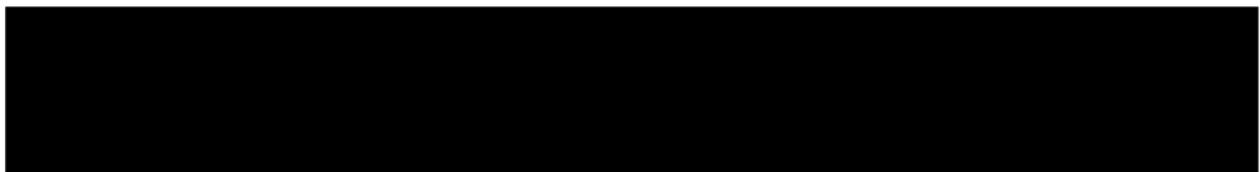


Material 4: Informationen zu den bei dem Modellexperiment relevanten Reaktionen [2], [3]

Tab. 1: Standardpotentiale relevanter Redoxpaare im Modellexperiment und Überspannungen der zugehörigen Elektrodenreaktionen an der Graphitelektrode



Material 5: Informationen zur Herstellung von Wasserstoff aus Wasser [4]



Aufgaben für das Fach Chemie

Aufgabe und Erwartungshorizont

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Brennstoffzelle und Meerwasser als Wasserstoffquelle
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Chemische Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Elektronenübergänge <ul style="list-style-type: none"> ◆ Redoxreaktionen als Elektronenübergang ◆ Elektrochemische Spannungsreihe ◆ Berechnung der Zellspannung ◆ Elektrolyse ◆ Nernst-Gleichung ◆ Überspannung ◆ Lebenswelt und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aktuelle Technologien und chemische Produkte <ul style="list-style-type: none"> ◆ Rohstoffgewinnung und -verarbeitung ◆ Ökonomische und ökologische Aspekte der Chemie <ul style="list-style-type: none"> ◆ Alternative Energieträger ◆ Energiespeicherung
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Schematische Darstellung einer alkalischen Brennstoffzelle ◆ M 2 Nernst-Gleichung und Stoffmengenkonzentrationen in den Halbzellen einer alkalischen Brennstoffzelle ◆ M 3 Modellexperiment zur Herstellung von Wasserstoff ◆ M 4 Informationen zu den bei dem Modellexperiment relevanten Reaktionen ◆ M 5 Informationen zur Herstellung von Wasserstoff aus Wasser
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 3, M 4 <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung</i> (o. D.). http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-268.pdf (Zugriff am: 16.09.2024) ◆ <i>Elektrolysen</i> (o. D.). http://www.bhbrand.de/downloads/elektrolysen.pdf (Zugriff am: 03.01.2025) ◆ <i>Überspannung (Elektrochemie)</i> (o. D.) https://www.chemie.de/lexikon/Überspannung_%28Elektrochemie%29.html (Zugriff am: 03.01.2025) ◆ M 5 <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Wasserstoff-FAQs</i> (o.D.). H2.B, Zentrum Wasserstoff, Bayern. https://h2.bayern/infothek/faqs/#:~:text=Für%20die%20Herstellung%20von%20einem,werden%209%20Liter%20Wasser%20benötigt. (Zugriff am: 16.09.2024)

Profilfach Chemie
Thema: Elektrochemie

Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ♦ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> Zeitzuschlag: —

1 Aufgabe

Brennstoffzelle und Meerwasser als Wasserstoffquelle

Brennstoffzellen werden mittlerweile in vielen Technikbereichen eingesetzt. Eine kostengünstige und nachhaltige Herstellung des dafür in großen Mengen benötigten Wasserstoff-Gases stellt die Forschung jedoch vor Probleme. Einen Ansatz zur Lösung liefert möglicherweise die Herstellung von Wasserstoff aus Meerwasser.

	BE
<p>1 Beschreiben Sie den Aufbau der in Material 1 abgebildeten alkalischen Brennstoffzelle.</p> <p>Erläutern Sie an den gegebenen Reaktionsgleichungen das Donator-Akzeptor-Prinzip (M 1).</p>	7
<p>2 Berechnen Sie die zu erwartende Zellspannung der alkalischen Brennstoffzelle unter Standardbedingungen (M 1).</p> <p>Erklären Sie unter Verwendung der Nernst-Gleichung beider Halbzellen, dass der pH-Wert keinen Einfluss auf die Zellspannung dieser Brennstoffzelle hat (M 1, M 2).</p>	9
<p>3 Werten Sie die Beobachtungen des Modellexperiments unter Einbeziehung von Berechnungen aus (M 3, M 4).</p> <p>Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die an der Anode und Kathode ablaufenden Reaktionen (M 4).</p> <p>Erklären Sie die Bedeutung der Überspannung für das Modellexperiment (M 3, M 4).</p>	17
<p>4 Begründen Sie, dass das Modellexperiment nur eingeschränkt auf die Herstellung von Wasserstoff aus Meerwasser übertragbar ist (M 3).</p> <p>Beurteilen Sie anhand von drei Argumenten, ob der Betrieb einer großtechnischen Anlage zur Herstellung von Wasserstoff auf offener See im Hinblick auf die dafür benötigten und zur Verfügung stehenden Ressourcen sinnvoll ist (M 5).</p>	7

Quellen (ggf. verändert):

- [1] *Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung* (o. D.). <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-268.pdf> (Zugriff am: 16.09.2024)
- [2] *Elektrolysen* (o. D.). <http://www.bhbrand.de/downloads/elektrolysen.pdf> (Zugriff am: 03.01.2025)
- [3] *Überspannung (Elektrochemie)* (o. D.). https://www.chemie.de/lexikon/Überspannung_%28Elektrochemie%29.html (Zugriff am: 03.01.2025)
- [4] *Wasserstoff-FAQs* (o.D.). H2.B, Zentrum Wasserstoff, Bayern. <https://h2.bayern/info-thek/faqs/#:~:text=Für%20die%20Herstellung%20von%20einem,werden%209%20Liter%20Wasser%20benötigt.> (Zugriff am: 16.09.2024)

2 Material

Material 1: Schematische Darstellung einer alkalischen Brennstoffzelle

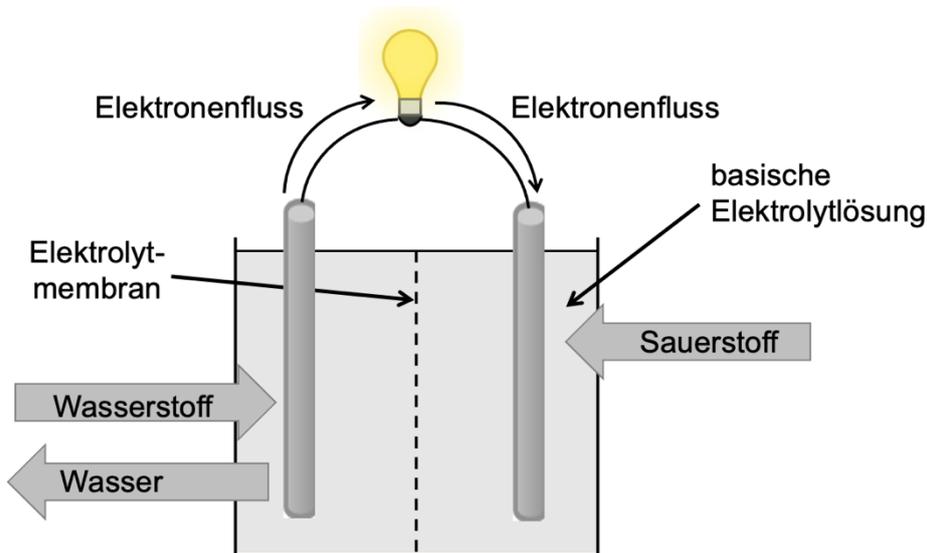


Abb. 1: Schematische Darstellung einer alkalischen Brennstoffzelle

Reaktionen in der alkalischen Brennstoffzelle:

- ◆ Anodenreaktion: $\text{H}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \quad | \cdot 2$
- ◆ Kathodenreaktion: $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$
- ◆ Gesamtreaktion: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Material 2: Nernst-Gleichung und Stoffmengenkonzentrationen in den Halbzellen einer alkalischen Brennstoffzelle

$$\text{Nernst-Gleichung: } E = E^0 + \frac{0,059}{z} \cdot \lg \frac{\{c(\text{Ox})\}}{\{c(\text{Red})\}}$$

Für die Anoden-Halbzelle gilt:

$$\{c(\text{Ox})\} = c^4(\text{H}_2\text{O}) = 1$$

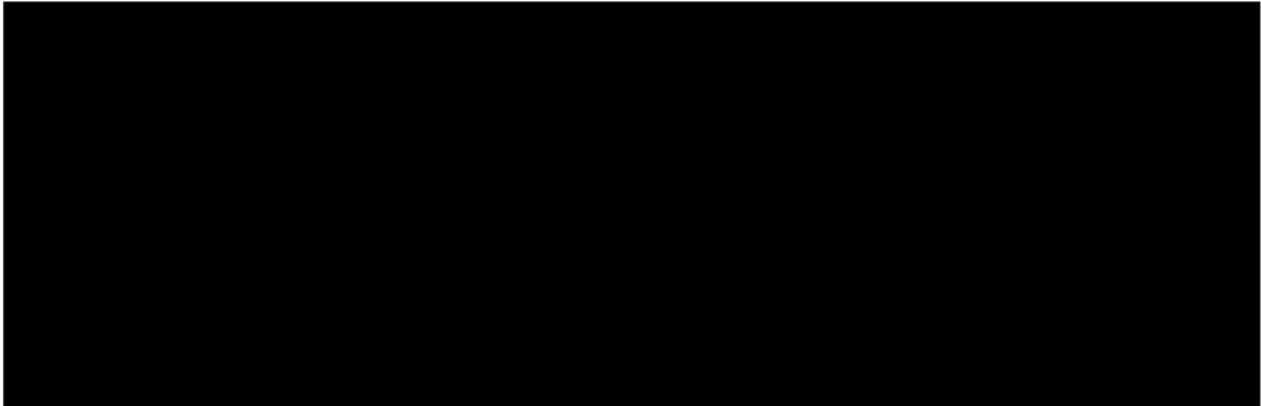
$$\{c(\text{Red})\} = c^2(\text{H}_2) \cdot c^4(\text{OH}^-) = c^4(\text{OH}^-)$$

Für die Kathoden-Halbzelle gilt:

$$\{c(\text{Ox})\} = c(\text{O}_2) \cdot c^2(\text{H}_2\text{O}) = 1$$

$$\{c(\text{Red})\} = c^4(\text{OH}^-)$$

Material 3: Modellexperiment zur Herstellung von Wasserstoff [1]

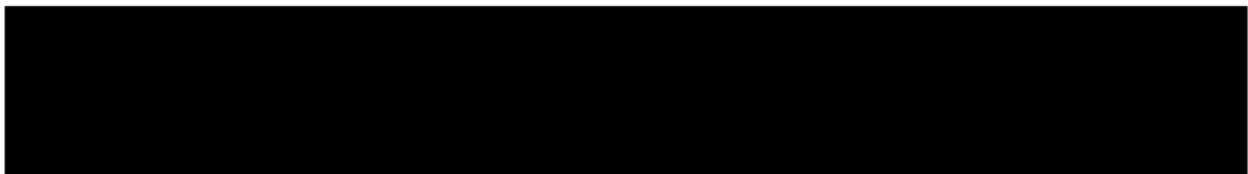


Material 4: Informationen zu den bei dem Modellexperiment relevanten Reaktionen [2], [3]

Tab. 1: Standardpotentiale relevanter Redoxpaare im Modellexperiment und Überspannungen der zugehörigen Elektrodenreaktionen an der Graphitelektrode



Material 5: Informationen zur Herstellung von Wasserstoff aus Wasser [4]



Profilfach Chemie
Thema: Elektrochemie

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><u>Beschreibung des Aufbaus einer alkalischen Brennstoffzelle:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Eine alkalische Brennstoffzelle ist mit einer basischen Elektrolytlösung gefüllt. ◆ Eine Elektrode wird mit Wasserstoff und die andere mit Sauerstoff umspült. ◆ Eine Elektrolytmembran trennt den Kathoden- von dem Anodenraum. ◆ Beide Elektroden sind über einen Verbraucher leitend verbunden. <p><u>Erläuterung des Donator-Akzeptor-Prinzips:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Je ein Wasserstoff-Atom im Wasserstoff-Molekül gibt ein Elektron ab (Elektronendonator). ◆ Je ein Sauerstoff-Atom im Sauerstoff-Molekül nimmt zwei Elektronen auf (Elektronenakzeptor). ◆ Elektronenübergang von Wasserstoff-Atomen zu Sauerstoff-Atomen aus den Molekülen 	4		
		1	2	
2	<p><u>Berechnung der Zellspannung unter Standardbedingungen:</u></p> $\Delta E = E^0(\text{Kathode}) - E^0(\text{Anode}) = E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) - E^0(\text{H}_2/\text{H}_2\text{O})$ $= +0,4\text{V} - (-0,83\text{V}) = 1,23\text{V}$ <p><u>Berechnung der pH-Unabhängigkeit:</u></p> $\Delta E = E(\text{Kathode}) - E(\text{Anode})$ $= E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) + \frac{0,059}{4} \cdot \lg \frac{1}{c^4(\text{OH}^-)} - E^0(\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}) - \frac{0,059}{4} \cdot \lg \frac{1}{c^4(\text{OH}^-)}$ $= E^0(\text{OH}^-/\text{O}_2) - E^0(\text{H}_2/\text{H}_2\text{O})$ <p><u>Erklärung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Die Zellspannung der alkalischen Brennstoffzelle ist unabhängig von der Konzentration der Hydroxid-Ionen. ◆ Somit ist sie auch unabhängig vom pH-Wert. 	4		3
				2
3	<p><u>Auswertung des Experiments:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Es handelt sich um eine Elektrolyse. ◆ An der Bläschenbildung erkennt man die Entstehung von Gasen. ◆ Aus den vorhandenen Edukten können Sauerstoff, Wasserstoff oder Chlor entstehen. ◆ Die Pinkfärbung der Phenolphthalein-Lösung zeigt die Entstehung einer basischen Lösung. ◆ An der mit dem Pluspol verbundenen Elektrode (Anode) findet die Oxidation statt. 	3	8	

Profilfach Chemie
Thema: Elektrochemie

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ An der mit dem Minuspol verbundenen Elektrode (Kathode) findet die Reduktion statt. ◆ Aus den gegebenen Werten ergeben sich: <ul style="list-style-type: none"> ◆ $E(\text{Cl}^-/\text{Cl}_2) = 1,36\text{V} + 0,25\text{V} = 1,61\text{V}$ ◆ $E(\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2) = 1,23\text{V} + 1,09\text{V} = 2,32\text{V}$ ◆ $E(\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}) = -0,41\text{V} - 0,97\text{V} = -1,38\text{V}$ ◆ Die minimale Zellspannung errechnet sich mit $\Delta E = 1,61\text{V} - (-1,38\text{V}) = 2,99\text{V}$. ◆ Damit entstehen bei dem Experiment die Gase Chlor und Wasserstoff. <p><u>Formulierung der Reaktionsgleichungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ ◆ $2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ <p><u>Erklärung der Bedeutung der Überspannung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Die elektrochemische Überspannung ist die reale Abweichung von berechneten Werten. ◆ Somit ist das die Spannung, die man bei einer Elektrolyse zusätzlich zur Zellspannung anlegen muss, damit diese Elektrolyse ablaufen kann. ◆ Die Gase weisen hohe Überspannungswerte an Graphitelektroden auf. ◆ Im Modellexperiment muss daher eine Spannung von mindestens 2,99 Volt angelegt werden. 		2	
4	<p><u>Begründung der eingeschränkten Übertragbarkeit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Das Meerwasser wird vereinfacht durch die Natriumchloridlösung dargestellt. ◆ Ein möglicher Einfluss von anderen im Meerwasser enthaltenen Ionen oder von Verunreinigungen des Meerwassers wird nicht berücksichtigt. <p><u>Beurteilung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Auf dem Meer ist der Zugang zu Energie aus Sonnenlicht und Wind vorhanden, die vor Ort nachhaltig zu elektrischer Energie umgewandelt werden kann. ◆ Wasser als Edukt ist in großer Menge vorhanden und müsste nicht zur Anlage transportiert werden. ◆ Die Transportwege für den hergestellten Wasserstoff zu den Verbrauchern sind ggf. länger und aufwendiger (Pipelines oder Schiffe sind notwendig). <p><u>Sachurteil:</u></p>	1	3	
	Summe¹	13	18	9

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

Profilfach Chemie
Thema: Elektrochemie

4 Standardbezug²

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	4, 5		7, 9	
2	17		2	
3	16, 17	8	8	
4		9		1

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

² Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

1 Aufgabe

Fischernetze

Ein Großteil der weltweiten Fischfänge im Meer erfolgt mithilfe von Schleppnetzen. An das Material werden dabei bestimmte Anforderungen gestellt. Die sich daraus ergebenden Materialeigenschaften bringen jedoch nicht nur Vorteile mit sich.

	BE
<p>1 Beschreiben Sie den zur Synthese von Nylon dargestellten Reaktionsmechanismus (M 2). Benennen Sie die Polyreaktion der Synthese von Nylon (M 2).</p>	6
<p>2 Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die alternative Herstellung von Nylon mit Hexan-1,6-disäuredichlorid unter Verwendung von Strukturformeln (M 3). Stellen Sie eine Hypothese auf, die für eine Durchführung dieser alternativen Herstellung im alkalischen Milieu spricht.</p>	8
<p>3 Beschreiben Sie die Einteilung von Kunststoffen nach thermisch-mechanischen Eigenschaften. Geben Sie dabei auch strukturelle Merkmale der Kunststoff-Moleküle an. Begründen Sie</p> <ul style="list-style-type: none">◆ die Zuordnung von Nylon zu einer dieser Kunststoffklassen,◆ unter Anwendung des Struktur-Eigenschaft-Konzepts die Eignung von Nylon als Material für Schleppnetze (M 1, M 2).	13
<p>4 Bewerten Sie anhand von vier Aspekten das Recycling von Fischernetzen aus ökologischer Sicht (M 4).</p>	6
<p>5 Beurteilen Sie die Eignung von Polycaprolacton als Rohstoff für sich selbst auflösende Fischernetze unter Verwendung einer Reaktionsgleichung (M 4, M 5).</p>	7

Quellen (ggf. verändert):

- [1] *Das 1x1 der Fischernetze* (2020, 16. Juni). <https://bracenet.net/blog/fischernetze/> (Zugriff am: 26.07.23)
- [2] Nolden, H. (2014, 8. Juli). *Skateboards aus alten Fischernetzen*. Globalblog. <https://globalmagazin.eu/blog/skateboards-aus-alten-fischernetzen/> (Zugriff am 26.07.23)
- [3] *Geisternetze – tödliche Gefahr* (2018, 17. August). <https://www.wwf.de/themen-projekte/plastik/geisternetze> (Zugriff am: 26.07.23)
- [4] *Einzelfragen zu Fischernetzen aus Kunststoff* (2019). Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag. <https://www.bundestag.de/resource/blob/651440/8691240faf14560c609f871dc461c33d/WD-8-038-19-pdf-data.pdf> (Zugriff am: 08.04.2024)
- [5] Labet, M. & Thielemans, W. (2009) Synthesis of polycaprolactone: a review. *Chemical Society Reviews*, 38. Jahrgang, Nr. 12, 2009, S. 3484–3504

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

2 Material

Material 1: Schleppnetze [1]



Abb. 1: Schleppnetz

Material 2: Reaktionsmechanismus der Synthese von Nylon

Nylon ist ein Polyamid und wird aus Hexan-1,6-disäure und Hexan-1,6-diamin hergestellt:

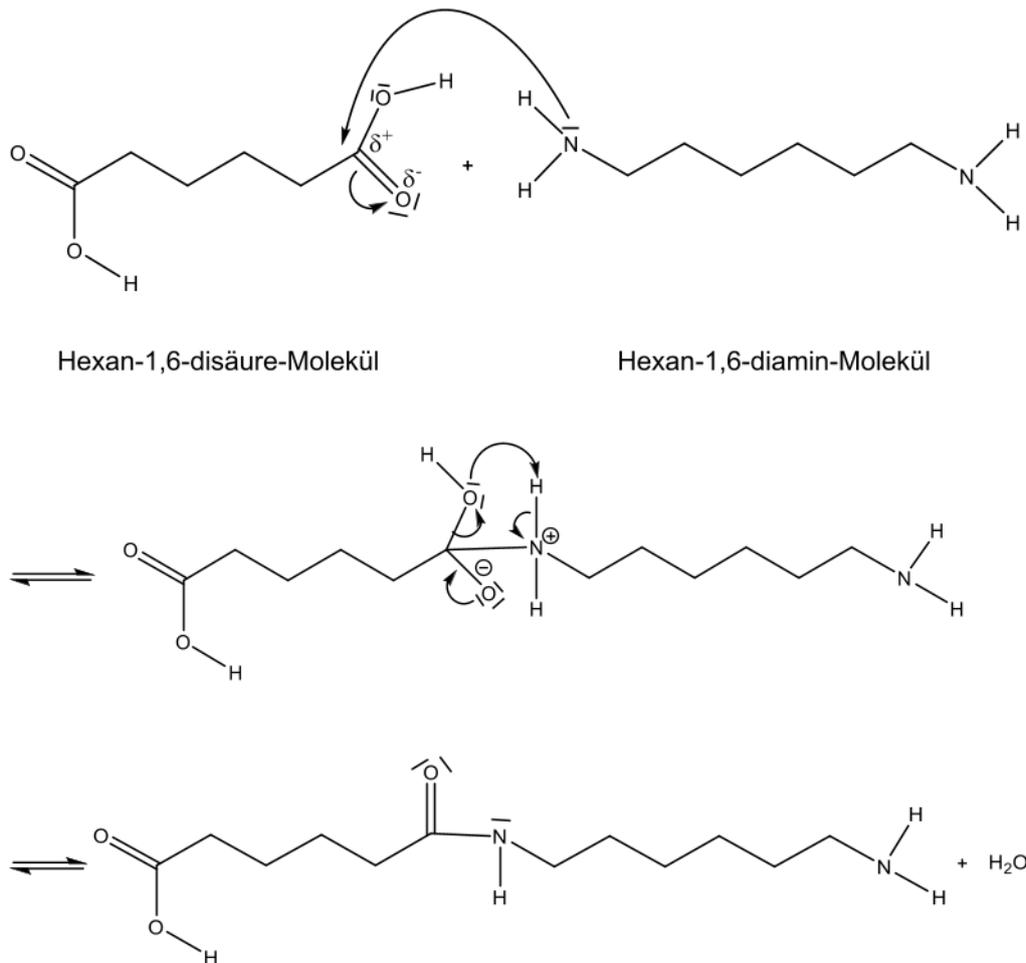


Abb. 2: Reaktionsmechanismus der Synthese von Nylon

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

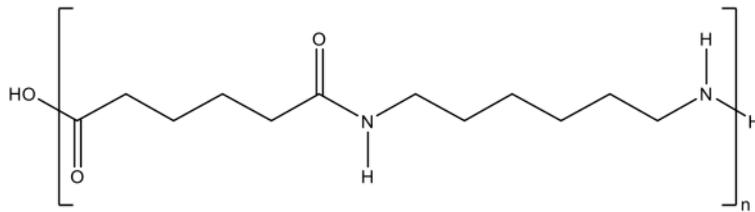


Abb. 3 Strukturformel eines Nylon-Moleküls

Material 3: Hexan-1,6-disäurechlorid

Als ein Edukt der Nylonsynthese kann auch Hexan-1,6-disäuredichlorid verwendet werden.

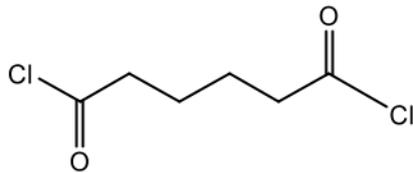
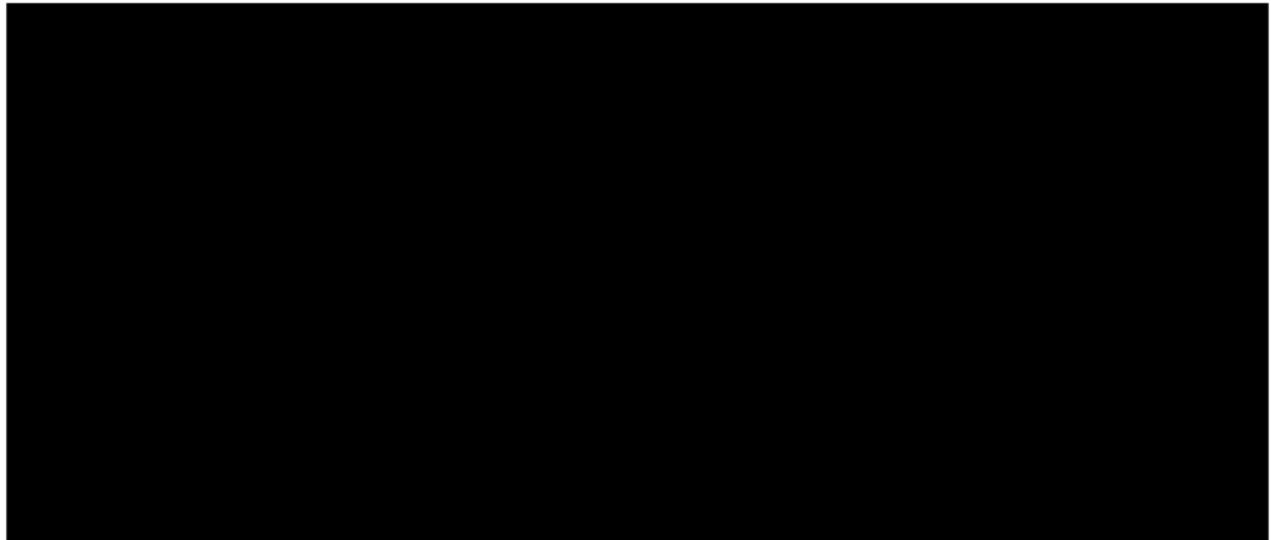


Abb. 4: Strukturformel eines Hexan-1,6-disäuredichlorid-Moleküls

Material 4: Geisternetze [2], [3]



Material 5: Alternative Materialien [4], [5]

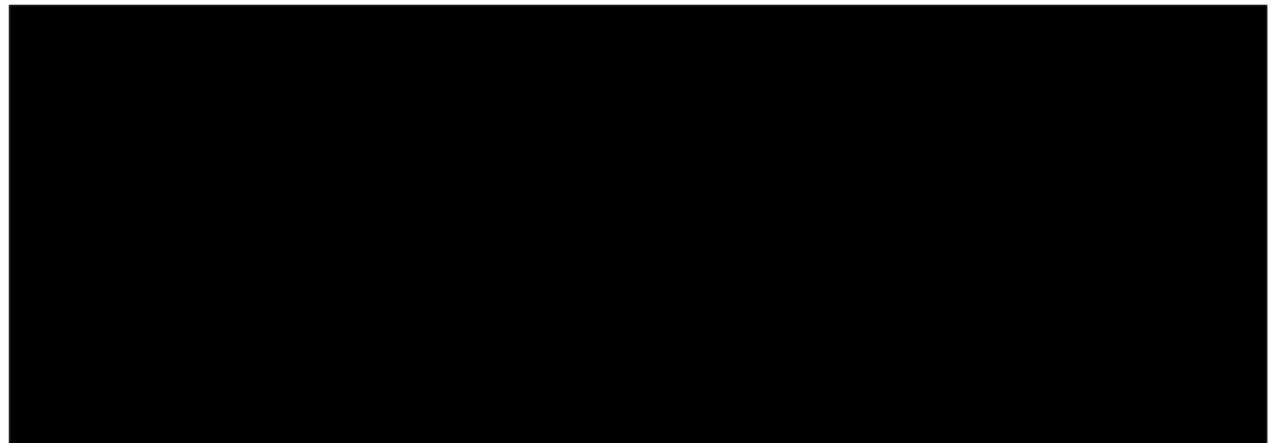


Abb. 5: Strukturformel eines Polycaprolacton-Moleküls

Aufgaben für das Fach Chemie

Aufgabe und Erwartungshorizont

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Fischernetze
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> ◆ Verbindungen mit funktionellen Gruppen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy-, Estergruppe ◆ Aminogruppe ◆ Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe <ul style="list-style-type: none"> ◆ inter- und intramolekulare Wechselwirkungen ◆ Natürliche und synthetische Stoffe <ul style="list-style-type: none"> ◆ Kunststoffe ◆ Chemische Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie <ul style="list-style-type: none"> ◆ nucleophile Substitution ◆ Arbeitsweisen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Synthesen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Estersynthese ◆ Kunststoffsynthese ◆ Mechanistische Betrachtung einer Kunststoffsynthese ◆ Lebenswelt und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aktuelle Technologien und chemische Produkte <ul style="list-style-type: none"> ◆ moderne Werkstoffe ◆ Recycling
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Schleppnetze ◆ M 2 Reaktionsmechanismus der Synthese von Nylon ◆ M 3 Hexan-1,6-disäuredichlorid ◆ M 4 Geisternetze ◆ M 5 Alternative Materialien
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Das 1x1 der Fischernetze</i> (2020, 16. Juni). https://bracenet.net/blog/fischernetze/ (Zugriff am: 26.07.23) ◆ M 4 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Nolden, H. (2014, 8. Juli). <i>Skateboards aus alten Fischernetzen</i>. Globalblog. https://globalmagazin.eu/blog/skateboards-aus-alten-fischernetzen/ (Zugriff am: 26.07.23)

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

1 Aufgabe

Fischernetze

Ein Großteil der weltweiten Fischfänge im Meer erfolgt mithilfe von Schleppnetzen. An das Material werden dabei bestimmte Anforderungen gestellt. Die sich daraus ergebenden Materialeigenschaften bringen jedoch nicht nur Vorteile mit sich.

	BE
<p>1 Beschreiben Sie den zur Synthese von Nylon dargestellten Reaktionsmechanismus (M 2). Benennen Sie die Polyreaktion der Synthese von Nylon (M 2).</p>	6
<p>2 Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die alternative Herstellung von Nylon mit Hexan-1,6-disäuredichlorid unter Verwendung von Strukturformeln (M 3). Stellen Sie eine Hypothese auf, die für eine Durchführung dieser alternativen Herstellung im alkalischen Milieu spricht.</p>	8
<p>3 Beschreiben Sie die Einteilung von Kunststoffen nach thermisch-mechanischen Eigenschaften. Geben Sie dabei auch strukturelle Merkmale der Kunststoff-Moleküle an. Begründen Sie</p> <ul style="list-style-type: none">♦ die Zuordnung von Nylon zu einer dieser Kunststoffklassen,♦ unter Anwendung des Struktur-Eigenschaft-Konzepts die Eignung von Nylon als Material für Schleppnetze (M 1, M 2).	13
<p>4 Bewerten Sie anhand von vier Aspekten das Recycling von Fischernetzen aus ökologischer Sicht (M 4).</p>	6
<p>5 Beurteilen Sie die Eignung von Polycaprolacton als Rohstoff für sich selbst auflösende Fischernetze unter Verwendung einer Reaktionsgleichung (M 4, M 5).</p>	7

Quellen (ggf. verändert):

- [1] *Das 1x1 der Fischernetze* (2020, 16. Juni). <https://bracenet.net/blog/fischernetze/> (Zugriff am: 26.07.23)
- [2] Nolden, H. (2014, 8. Juli). *Skateboards aus alten Fischernetzen*. Globalblog. <https://globalmagazin.eu/blog/skateboards-aus-alten-fischernetzen/> (Zugriff am 26.07.23)
- [3] *Geisternetze – tödliche Gefahr* (2018, 17. August). <https://www.wwf.de/themen-projekte/plastik/geisternetze> (Zugriff am: 26.07.23)
- [4] *Einzelfragen zu Fischernetzen aus Kunststoff* (2019). Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag. <https://www.bundestag.de/resource/blob/651440/8691240faf14560c609f871dc461c33d/WD-8-038-19-pdf-data.pdf> (Zugriff am: 08.04.2024)
- [5] Labet, M. & Thielemans, W. (2009) Synthesis of polycaprolactone: a review. *Chemical Society Reviews*, 38. Jahrgang, Nr. 12, 2009, S. 3484–3504

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

2 Material

Material 1: Schleppnetze [1]

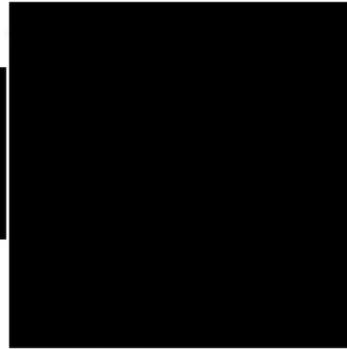


Abb. 1: Schleppnetz

Material 2: Reaktionsmechanismus der Synthese von Nylon

Nylon ist ein Polyamid und wird aus Hexan-1,6-disäure und Hexan-1,6-diamin hergestellt:

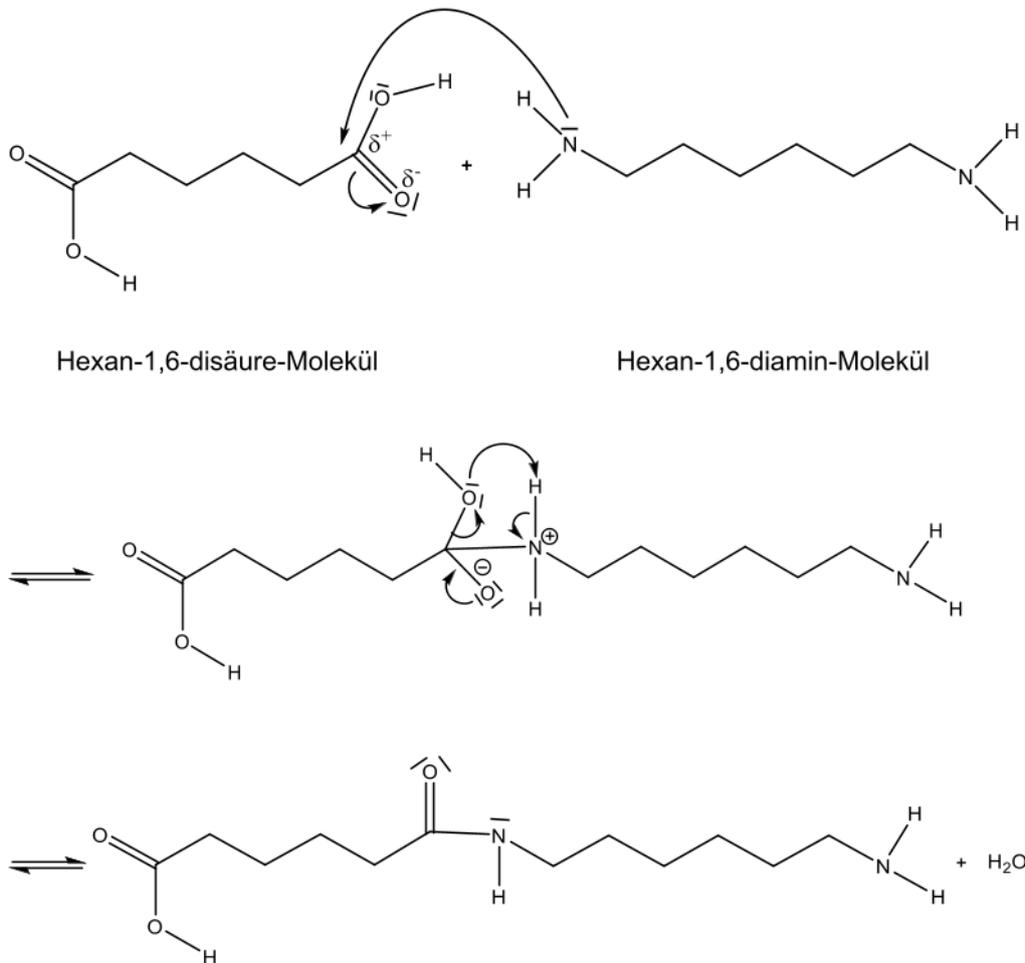


Abb. 2: Reaktionsmechanismus der Synthese von Nylon

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

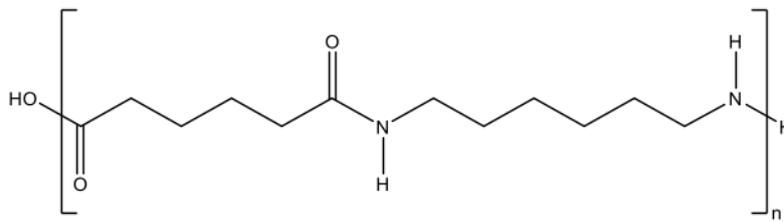


Abb. 3 Strukturformel eines Nylon-Moleküls

Material 3: Hexan-1,6-disäurechlorid

Als ein Edukt der Nylonsynthese kann auch Hexan-1,6-disäuredichlorid verwendet werden.

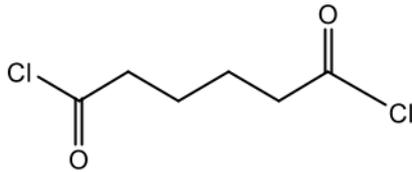
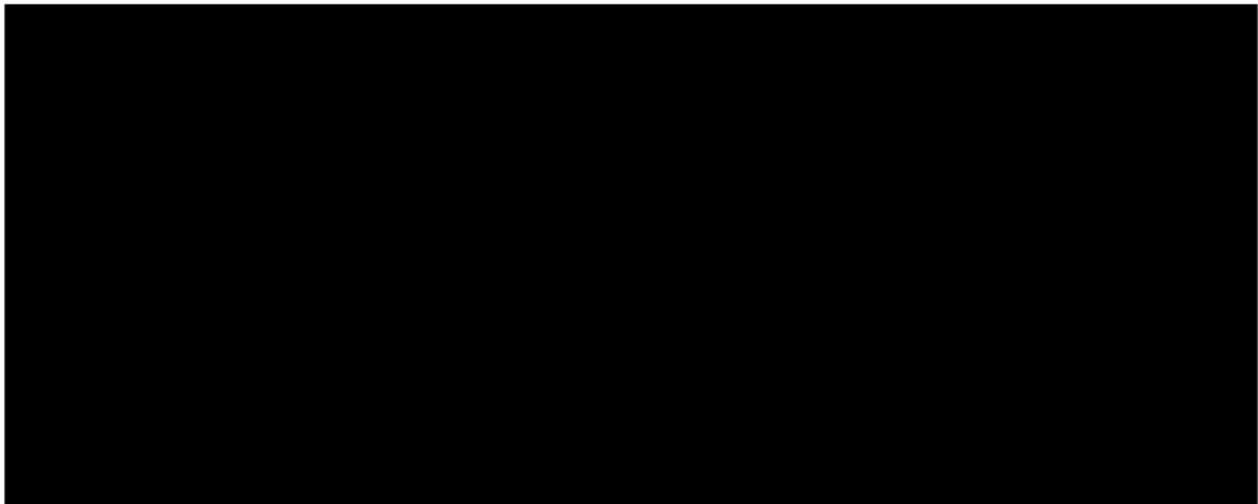


Abb. 4: Strukturformel eines Hexan-1,6-disäuredichlorid-Moleküls

Material 4: Geisternetze [2], [3]



Material 5: Alternative Materialien [4], [5]

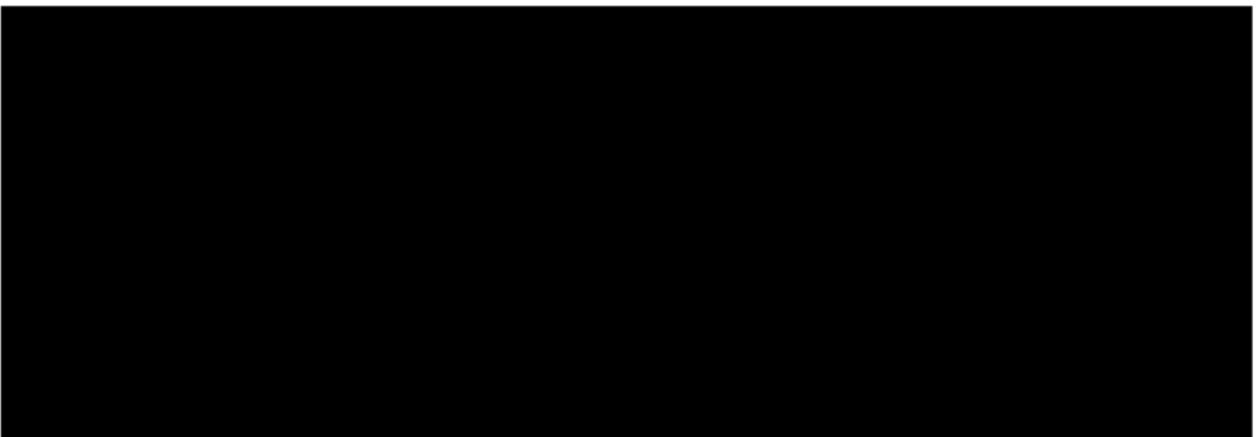


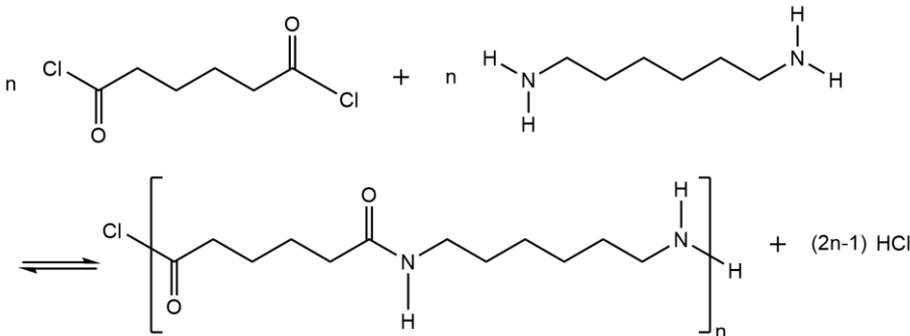
Abb. 5: Strukturformel eines Polycaprolacton-Moleküls

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><u>Beschreibung des Reaktionsmechanismus:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ nucleophiler Angriff des freien Elektronenpaares des Stickstoff-Atoms der Aminogruppe an das positiv polarisierte Kohlenstoff-Atom der Carboxygruppe ◆ Ausbildung einer Elektronenpaarbindung; Entstehung einer positiven Ladung am Stickstoff-Atom und einer negativen Ladung am Sauerstoff-Atom durch Elektronenpaarumlagerung ◆ intramolekulare Protonenumlagerung vom Stickstoff-Atom zur Hydroxygruppe ◆ Abspaltung eines Wasser-Moleküls und Ausbildung einer Carbonylgruppe <p><u>Benennung der Polyreaktion:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Polykondensation 	3	2	1
2	<p><u>Formulierung der Reaktionsgleichung für die alternative Herstellung von Nylon:</u></p>  <p><u>Aufstellen einer Hypothese zur Durchführung im alkalischen Milieu:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Bei der Nylon-Synthese aus Hexan-1,6-disäuredichlorid entsteht Chlorwasserstoff. Um die Produktausbeute zu erhöhen, kann man die Reaktionsprodukte (in diesem Fall Chlorwasserstoff) aus dem Gleichgewicht entfernen, so dass die Produkte nachgebildet werden. Der Zusatz einer basischen Lösung sorgt für eine Neutralisation der entstehenden Salzsäure. 		4	1
				3

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

<p>3</p>	<p><u>Beschreibung der Einteilung der Kunststoffe:</u></p> <p><u>Thermoplast:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ lineare oder wenig verzweigte Makromoleküle ◆ wird weich und formbar beim vorsichtigen Erhitzen und behält seine Form beim Abkühlen <p><u>Duroplast:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ engmaschig, dreidimensional vernetzte Makromoleküle ◆ hart, spröde, schmilzt nicht, sondern verkohlt und zersetzt sich bei Überhitzung <p><u>Elastomer:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ weitmaschig vernetzte Makromoleküle ◆ gummielastisch, erweicht, aber schmilzt nicht, sondern verkohlt und zersetzt sich bei Überhitzung <p><u>Begründung der Zuordnung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Nylon lässt sich den Thermoplasten zuordnen. <ul style="list-style-type: none"> ◆ lineare Makromoleküle ohne Quervernetzung ◆ lediglich Wechselwirkungen zwischen den Molekülen, keine Bindungen ◆ Die Wechselwirkungen werden durch Wärmezufuhr überwunden, wodurch Nylon sich plastisch verformen lässt. <p><u>Begründung der Eignung als Schleppnetz:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Die Polymer-Moleküle sind überwiegend unpolare → Nylon ist nicht wasserlöslich. ◆ Wasserstoffbrücken zwischen positiv polarisierten Wasserstoff-Atomen des einen Moleküls mit freien Elektronenpaaren der Sauerstoff-Atome eines benachbarten Moleküls führen zur parallelen Anordnung. Zusätzlich werden intermolekulare Wechselwirkungen zwischen unpolaren Kohlenwasserstoffketten ausgebildet. → Nylon weist eine hohe Reißfestigkeit auf. 	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>
<p>4</p>	<p><u>Bewertung des Recyclings von Fischernetzen anhand von vier Aspekten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ erheblicher Plastikeintrag ins Meer durch Fischernetze; Material über hunderte von Jahren stabil; sehr langsame Zersetzung zu Mikroplastik ◆ Eintrag von Mikroplastik in die Nahrungskette, gesundheitliche Gefahren u. a. durch den Verzehr von Fisch ◆ hohes Gefährdungspotenzial von Geisternetzen für Meeresorganismen ◆ Recycling durch Einschmelzen grundsätzlich möglich, falls sortenreines Material; Verarbeitung zu Skateboards möglich ◆ Geisternetze stark mit Sand verunreinigt; rohstoffliches Recycling unmöglich; lediglich Verbrennung möglich <p><u>Werturteil:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Wegen des erheblichen Eintrags von Netzen ins Meer und den Gefahren durch Geisternetze ist eine Lösung des Problems dringend geboten. 	<p>2</p>	<p>2</p>	<p>2</p>

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Weiterverarbeitung zu Kleidung oder Skateboard mit erheblichem Aufwand verbunden, deshalb eher von symbolischem Wert ◆ Vermeidung des Verlusts von Netzen, Reparatur beschädigter Netze und Verbrennung von eingesammelten Netzen scheint sinnvollste Lösung 			
5	<p><u>Beurteilung der Eignung von Polycaprolacton:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Es handelt sich um einen Polyester, der durch Wasser hydrolytisch gespalten werden kann. ◆ Unkatalysiert läuft diese Reaktion allerdings langsam ab, sodass eine Nutzung als Fischernetz möglich ist. Das Netz zersetzt sich bei Verlust langsam und treibt nicht jahrhundertlang im Meer. ◆ Reaktionsgleichung für die Hydrolyse des Polymers: $\text{H} \left[\text{O} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C}(=\text{O}) \right]_n \text{OH} + (n-1) \text{H}_2\text{O} \longrightarrow n \text{H} \text{---} \text{O} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{OH}$		3	2 2
	Summe¹	11	19	10

4 Standardbezug²

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	4, 14		10	
2	16	3	7	
3	1, 2, 11			
4			10	13
5	8, 16			6, 7

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

² Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

Profilfach Chemie

Thema: Allgemeine Organische Chemie/Kunststoffe

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

1 Aufgabe

Der Teelichtofen – (k)eine gute Idee?

Ein Teelichtofen sorgt für eine angenehme lokale Wärme und mit dem Lichtschein der Kerzen auch für eine entspannte Stimmung. Hersteller von Teelichtöfen bewerben ihre Produkte auch als eine gute Alternative zu anderen Heizmethoden. Dennoch sind solche Teelichtöfen umstritten.

	BE
<p>1 Planen Sie mit den gegebenen Materialien eine kalorimetrische Untersuchung zur Ermittlung der Reaktionsenthalpie bei der Verbrennung von einem Mol Paraffin (M 1, M 2).</p> <p>Führen Sie die kalorimetrische Untersuchung durch.</p> <p>Berechnen Sie mithilfe Ihrer Messwerte die Reaktionsenthalpie der Verbrennung von einem Mol Paraffin. Verwenden Sie dabei die molare Masse von Pentacosan.</p> <p><i>Hinweis: Für den Fall, dass Sie keine auswertbaren Beobachtungen erzielt haben, können Sie sich Ersatzmesswerte unter Abzug von 2 BE geben lassen.</i></p>	13
<p>2 Berechnen Sie mithilfe von Standardbildungsenthalpien die Änderung der Enthalpie für die vollständige Verbrennung von einem Mol Pentacosan (M 1).</p> <p>Begründen Sie mithilfe von vier Argumenten die Abweichung zur kalorimetrisch bestimmten Reaktionsenthalpie (M 2).</p>	9
<p>3 Beschreiben Sie die Funktionen der Bauteile 1 bis 3 des Teelichtofens (M 3).</p>	4
<p>4 Überprüfen Sie die Beiträge von Charlie im Wohnwagenforum auf der Grundlage von Berechnungen (M 1, M 4, M 5).</p> <p><i>Hinweise:</i></p> <p><i>Charlie geht für seine Aussage von der Annahme aus, dass die Teelichte in den Teelichtöfen vollständig verbrennen.</i></p> <p><i>Für den Fall, dass Sie das Stoffmengenverhältnis nicht ermitteln können, gehen Sie ersatzweise von dem Folgenden aus:</i></p> <p>$n(\text{Pentacosan}) : n(\text{Sauerstoff}) = 1 \text{ mol} : 40 \text{ mol}.$</p>	10
<p>5 Beurteilen Sie mithilfe von drei Argumenten die Verwendung von Teelichtöfen als Heizung in dem von Micha beschriebenen Wohnmobil (M 4).</p>	4

Quellen (ggf. verändert):

[1] Tabellenangabe zu Pentacosan: erhoben mithilfe der Joback-Methode (Gruppenbeitragsmethode), alle anderen Daten aus Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (95. Aufl.). Taylor & Francis.

[2] *Luft* (2023, 29. Oktober). Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/wiki/Luft> (Zugriff am: 31.03.2024)

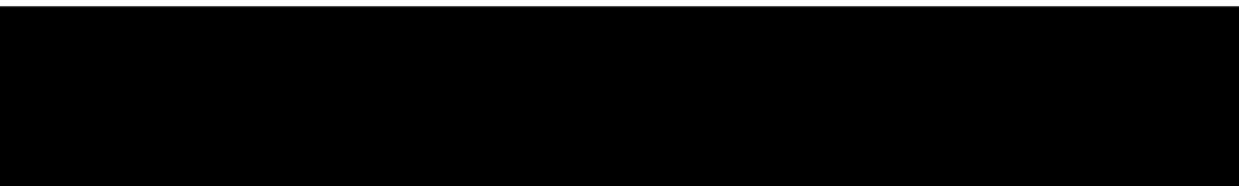
2 Material

Material 1: Teelicht – Paraffin

Ein handelsübliches Teelicht enthält in einem Aluminium-Becher eine flache Kerze, die aus 12 g Paraffin besteht. Ihre Brenndauer beträgt ca. 4 Stunden. Die Heizleistung eines einzelnen Teelichts entspricht ca. 40 Watt.

Paraffin ist ein Stoffgemisch aus Alkanen, deren Moleküle 18 bis 32 Kohlenstoff-Atome enthalten können. Da für ein Stoffgemisch keine molare Masse existiert, kann stellvertretend für Paraffin Pentacosan, ein Alkan mit der Formel $C_{25}H_{52}$, betrachtet werden. Seine molare Masse beträgt $M = 353 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Tab. 1: Standardbildungsenthalpien ausgewählter Verbindungen (bei $T = 298,15 \text{ K}$,
 $p = 101,325 \text{ kPa}$) [1]



Material 2: Schülerexperiment – Kalorimetrie

Geräte:

- ◆ Erlenmeyerkolben (als Kalorimetergefäß)
- ◆ Stativmaterial
- ◆ Messzylinder (100 mL)
- ◆ Thermometer
- ◆ Uhr
- ◆ Waage
- ◆ Glasstab/Rührstab
- ◆ Streichhölzer/Feuerzeug

Chemikalien:

- ◆ Leitungswasser
- ◆ Teelicht

Hinweise:

Lassen Sie die Kerze für ca. fünf Minuten brennen und am Ende für ungefähr zwei Minuten abkühlen.

Die Wärmekapazität des Kalorimeters soll für die Berechnungen vernachlässigt werden.

Material 3: Der Teelichtofen

Sogenannte Teelichtöfen sind relativ einfach aufgebaut. Sie bestehen aus einem Tontopf ①, der von einer Gewindestange aus Stahl ② getragen wird. Durch die Verwendung von Unterlegscheiben und Muttern ③ ist der Abstand des Tontopfes einstellbar. Die Gewindestange ist mit einem stabilen Untersetzer ④ verbunden, auf dem die Teelichter platziert werden. Ein Teelichtofen fasst in der Regel 6 Kerzen. Die Außenwandtemperatur kann auf 130 bis 160 °C ansteigen.

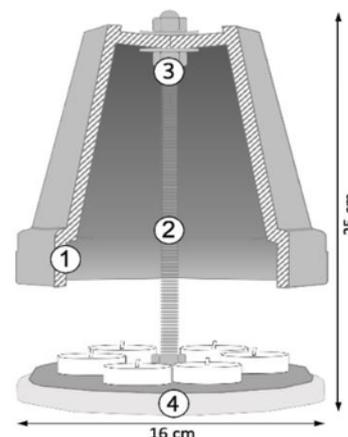


Abb. 1: Schema eines Teelichtofens

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

Material 4: Teelichtofen im Wohnmobil?

In einem Wohnwagenforum im Internet werden Fragen und Antworten rund um das Thema Camping mit dem Wohnmobil diskutiert. Der folgende Gesprächsfaden beleuchtet die Verwendung eines Teelichtofens im Wohnmobil von verschiedenen Seiten.

Teelichtofen im Wohnmobil?

<p>Micha Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>Hallo zusammen! Wir wollen im Spätherbst mit unserem Wohnmobil nach Norwegen in den Urlaub fahren und machen uns Gedanken um die Heizung. Unser Kastenwagen hat keine. Er ist 6 m lang, 2 m breit und 3 m hoch. Es geht also um 36 m³. Und 25 °C da drinnen wären schon schön! Was haltet ihr eigentlich von diesen Teelichtöfen als Heizung?</p>	
<p>Hanni Wohnwagennewbie ★★★☆☆</p>	<p>Hey Micha, von Herstellern werden meist Heizungen mit 2000 Watt und 4000 Watt angeboten. Für eure Bedürfnisse müsste eine Leistung von 2000 Watt völlig ausreichen. Kannst ja mal ausrechnen, wie viele Teelichter dafür nötig wären!</p>	
	<p>Charlie Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>...wie? Du meinst, Micha bräuchte mehr als 8 Teelichtöfen???</p>
<p>Robin Wohnwagenschatz ★★★★☆</p>	<p>Denkt ihr auch an die Gesundheitsgefahr von Kerzen? Feuer mit offener Flamme verbraucht den ganzen Sauerstoff im Wohnmobil und dann kippt ihr um!</p>	
	<p>Charlie Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>Ach, ich glaube nicht, dass der Sauerstoff durch die Kerzen im Wohnwagen vollständig aufgebraucht wird.</p>
<p>Toni Wohnwagenspezi ★★★☆☆</p>	<p>Bedenkt aber mal die Brandgefahr! Wenn Kerzen zu dicht nebeneinander stehen, entzündet sich der Wachsdampf in der Fläche und dann steht alles in Flammen.</p>	
<p>Amar Wohnwagenschatz ★★★★☆</p>	<p>Gerade, wenn man kleine Kinder oder Haustiere hat, sollte man darauf verzichten! Diese Öfen werden sehr heiß. Selbst wenn man sich nur die Hände daran wärmen möchte, kann man sich verbrennen.</p>	
<p>Micha Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>Danke euch für die Hinweise! So hatte ich das noch gar nicht gesehen.</p>	

Material 5: Zusammensetzung der Luft

Tab. 2: Volumenanteile φ der Bestandteile von trockener Luft auf Meereshöhe [2]

--

Aufgaben für das Fach Chemie

Aufgabe und Erwartungshorizont

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Der Teelichtofen – (k)eine gute Idee?
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Chemische Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> ◆ energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Enthalpie ◆ Lebenswelt und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> ◆ ökonomische und ökologische Aspekte der Chemie <ul style="list-style-type: none"> ◆ alternative Energieträger
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Teelicht – Paraffin ◆ M 2 Schülerexperiment – Kalorimetrie ◆ M 3 Der Teelichtofen ◆ M 4 Teelichtofen im Wohnmobil? ◆ M 5 Zusammensetzung der Luft
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 <ul style="list-style-type: none"> ◆ Tabellenangabe zu Pentacosan: erhoben mithilfe der Joback-Methode (Gruppenbeitragsmethode), alle anderen Daten aus Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). <i>CRC Handbook of Chemistry and Physics</i> (95. Aufl.). Taylor & Francis. ◆ M 5 <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Luft</i> (2023, 29. Oktober). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Luft (Zugriff am: 31.03.2024)
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines einfachen WTR hat ◆ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Zeitzuschlag: —
Hinweise	Die folgenden Dokumente sind für den fachpraktischen Teil unter Punkt 6 zu entnehmen: Hinweise zur Durchführung, Beobachtungsbogen und Ersatzergebnisse.

1 Aufgabe

Der Teelichtofen – (k)eine gute Idee?

Ein Teelichtofen sorgt für eine angenehme lokale Wärme und mit dem Lichtschein der Kerzen auch für eine entspannte Stimmung. Hersteller von Teelichtöfen bewerben ihre Produkte auch als eine gute Alternative zu anderen Heizmethoden. Dennoch sind solche Teelichtöfen umstritten.

	BE
<p>1 Planen Sie mit den gegebenen Materialien eine kalorimetrische Untersuchung zur Ermittlung der Reaktionsenthalpie bei der Verbrennung von einem Mol Paraffin (M 1, M 2).</p> <p>Führen Sie die kalorimetrische Untersuchung durch.</p> <p>Berechnen Sie mithilfe Ihrer Messwerte die Reaktionsenthalpie der Verbrennung von einem Mol Paraffin. Verwenden Sie dabei die molare Masse von Pentacosan.</p> <p><i>Hinweis: Für den Fall, dass Sie keine auswertbaren Beobachtungen erzielt haben, können Sie sich Ersatzmesswerte unter Abzug von 2 BE geben lassen.</i></p>	13
<p>2 Berechnen Sie mithilfe von Standardbildungsenthalpien die Änderung der Enthalpie für die vollständige Verbrennung von einem Mol Pentacosan (M 1).</p> <p>Begründen Sie mithilfe von vier Argumenten die Abweichung zur kalorimetrisch bestimmten Reaktionsenthalpie (M 2).</p>	9
<p>3 Beschreiben Sie die Funktionen der Bauteile 1 bis 3 des Teelichtofens (M 3).</p>	4
<p>4 Überprüfen Sie die Beiträge von Charlie im Wohnwagenforum auf der Grundlage von Berechnungen (M 1, M 4, M 5).</p> <p><i>Hinweise:</i></p> <p><i>Charlie geht für seine Aussage von der Annahme aus, dass die Teelichte in den Teelichtöfen vollständig verbrennen.</i></p> <p><i>Für den Fall, dass Sie das Stoffmengenverhältnis nicht ermitteln können, gehen Sie ersatzweise von dem Folgenden aus:</i></p> <p>$n(\text{Pentacosan}) : n(\text{Sauerstoff}) = 1 \text{ mol} : 40 \text{ mol}.$</p>	10
<p>5 Beurteilen Sie mithilfe von drei Argumenten die Verwendung von Teelichtöfen als Heizung in dem von Micha beschriebenen Wohnmobil (M 4).</p>	4

Quellen (ggf. verändert):

[1] Tabellenangabe zu Pentacosan: erhoben mithilfe der Joback-Methode (Gruppenbeitragsmethode), alle anderen Daten aus Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (95. Aufl.). Taylor & Francis.

[2] *Luft* (2023, 29. Oktober). Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/wiki/Luft> (Zugriff am: 31.03.2024)

2 Material

Material 1: Teelicht – Paraffin

Ein handelsübliches Teelicht enthält in einem Aluminium-Becher eine flache Kerze, die aus 12 g Paraffin besteht. Ihre Brenndauer beträgt ca. 4 Stunden. Die Heizleistung eines einzelnen Teelichts entspricht ca. 40 Watt.

Paraffin ist ein Stoffgemisch aus Alkanen, deren Moleküle 18 bis 32 Kohlenstoff-Atome enthalten können. Da für ein Stoffgemisch keine molare Masse existiert, kann stellvertretend für Paraffin Pentacosan, ein Alkan mit der Formel $C_{25}H_{52}$, betrachtet werden. Seine molare Masse beträgt $M = 353 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Tab. 1: Standardbildungsenthalpien ausgewählter Verbindungen (bei $T = 298,15 \text{ K}$,
 $p = 101,325 \text{ kPa}$) [1]

Material 2: Schülerexperiment – Kalorimetrie

Geräte:

- ◆ Erlenmeyerkolben (als Kalorimetergefäß)
- ◆ Stativmaterial
- ◆ Messzylinder (100 mL)
- ◆ Thermometer
- ◆ Uhr
- ◆ Waage
- ◆ Glasstab/Rührstab
- ◆ Streichhölzer/Feuerzeug

Chemikalien:

- ◆ Leitungswasser
- ◆ Teelicht

Hinweise:

Lassen Sie die Kerze für ca. fünf Minuten brennen und am Ende für ungefähr zwei Minuten abkühlen.

Die Wärmekapazität des Kalorimeters soll für die Berechnungen vernachlässigt werden.

Material 3: Der Teelichtofen

Sogenannte Teelichtöfen sind relativ einfach aufgebaut. Sie bestehen aus einem Tontopf ①, der von einer Gewindestange aus Stahl ② getragen wird. Durch die Verwendung von Unterlegscheiben und Muttern ③ ist der Abstand des Tontopfes einstellbar. Die Gewindestange ist mit einem stabilen Untersetzer ④ verbunden, auf dem die Teelichter platziert werden. Ein Teelichtofen fasst in der Regel 6 Kerzen. Die Außenwandtemperatur kann auf 130 bis 160 °C ansteigen.

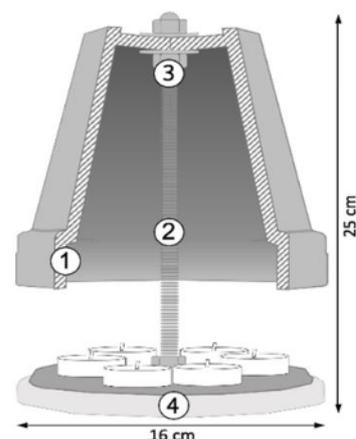


Abb. 1: Schema eines Teelichtofens

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

Material 4: Teelichtofen im Wohnmobil?

In einem Wohnwagenforum im Internet werden Fragen und Antworten rund um das Thema Camping mit dem Wohnmobil diskutiert. Der folgende Gesprächsfaden beleuchtet die Verwendung eines Teelichtofens im Wohnmobil von verschiedenen Seiten.

Teelichtofen im Wohnmobil?

<p>Micha Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>Hallo zusammen! Wir wollen im Spätherbst mit unserem Wohnmobil nach Norwegen in den Urlaub fahren und machen uns Gedanken um die Heizung. Unser Kastenwagen hat keine. Er ist 6 m lang, 2 m breit und 3 m hoch. Es geht also um 36 m³. Und 25 °C da drinnen wären schon schön! Was haltet ihr eigentlich von diesen Teelichtöfen als Heizung?</p>	
<p>Hanni Wohnwagennewbie ★★★☆☆</p>	<p>Hey Micha, von Herstellern werden meist Heizungen mit 2000 Watt und 4000 Watt angeboten. Für eure Bedürfnisse müsste eine Leistung von 2000 Watt völlig ausreichen. Kannst ja mal ausrechnen, wie viele Teelichter dafür nötig wären!</p>	
<p>Charlie Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>...wie? Du meinst, Micha bräuchte mehr als 8 Teelichtöfen???</p>	
<p>Robin Wohnwagenschatz ★★★★☆</p>	<p>Denkt ihr auch an die Gesundheitsgefahr von Kerzen? Feuer mit offener Flamme verbraucht den ganzen Sauerstoff im Wohnmobil und dann kippt ihr um!</p>	
<p>Charlie Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>Ach, ich glaube nicht, dass der Sauerstoff durch die Kerzen im Wohnwagen vollständig aufgebraucht wird.</p>	
<p>Toni Wohnwagenspezi ★★★☆☆</p>	<p>Bedenkt aber mal die Brandgefahr! Wenn Kerzen zu dicht nebeneinander stehen, entzündet sich der Wachsdampf in der Fläche und dann steht alles in Flammen.</p>	
<p>Amar Wohnwagenschatz ★★★★☆</p>	<p>Gerade, wenn man kleine Kinder oder Haustiere hat, sollte man darauf verzichten! Diese Öfen werden sehr heiß. Selbst wenn man sich nur die Hände daran wärmen möchte, kann man sich verbrennen.</p>	
<p>Micha Wohnwagenperle ★★★★☆</p>	<p>Danke euch für die Hinweise! So hatte ich das noch gar nicht gesehen.</p>	

Material 5: Zusammensetzung der Luft

Tab. 2: Volumenanteile φ der Bestandteile von trockener Luft auf Meereshöhe [2]



Profilfach Chemie
Thema: Energetik

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><u>Planung eines Experiments:</u> (<i>Hinweis: Für die Angabe aller zu messender Größen werden 2 BE und für eine sachlogische Beschreibung der Abfolge werden 2 BE erteilt.</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Masse des Teelichts vor dem Entzünden bestimmen ◆ Kalorimetergefäß mit einer bestimmten Masse Wasser füllen ◆ Anfangstemperatur des Wassers im Kalorimetergefäß ermitteln ◆ Teelicht entzünden und für fünf Minuten brennen lassen ◆ während der Brenndauer des Teelichts Kalorimeterflüssigkeit rühren ◆ Kerze löschen und Teelicht abkühlen lassen ◆ die maximale Temperatur des Wassers im Kalorimetergefäß messen ◆ Masse des Teelichts nach der Verbrennung erneut bestimmen <p><u>Durchführung des Experiments:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ fachgerechte Durchführung (siehe Beobachtungsbogen) ◆ Messwerte für $m_{A/E}$(Teelicht), $\vartheta_{A/E}$(Wasser) <p><u>Berechnung der Reaktionsenthalpie:</u> Der folgenden Berechnung liegen bei einer Brenndauer von $t = 2$ min folgende Messwerte zugrunde: $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,100$ kg, $\vartheta_A = 20,1$ °C, $\vartheta_E = 25,2$ °C, $\Delta m(\text{Paraffin}) = 0,1$ g.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Berechnung der Massen- und Temperaturdifferenz ◆ Berechnung der Stoffmenge: $n = \frac{m}{M} = \frac{0,1 \text{ g}}{353 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $\Delta_r H = - \frac{Q}{n(\text{Pentacosan})} = - \frac{c_W \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T}{n(\text{Pentacosan})}$ $\Delta_r H = - \frac{4,183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,100 \text{ kg} \cdot 5,1 \text{ K}}{2,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol}} = -7,6 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	2	2	
		3	2	
		1		
		1		
			1	
2	<p><u>Berechnung der Änderung der Enthalpie mithilfe der Standardbildungsenthalpien von einem Mol Pentacosan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ $\text{C}_{25}\text{H}_{52} + 38 \text{O}_2 \rightarrow 25 \text{CO}_2 + 26 \text{H}_2\text{O}$ 		2	

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

	$\Delta H = \left[25 \text{ mol} \cdot \Delta_f H^\circ (\text{CO}_2) + 26 \text{ mol} \cdot \Delta_f H^\circ (\text{H}_2\text{O}) \right]$ $- \left[1 \text{ mol} \cdot \Delta_f H^\circ (\text{C}_{25}\text{H}_{52}) \right]$ $= \left[25 \text{ mol} \cdot (-393,5) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 26 \text{ mol} \cdot (-241,8) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$ $- \left[1 \text{ mol} \cdot (-560) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right] = -15.564 \text{ kJ}$ <p><u>Begründung der Abweichungen mithilfe von vier Argumenten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aufgrund des experimentellen Aufbaus findet ein Wärmeaustausch statt, so dass der gemessene Temperaturanstieg zu niedrig ausfällt: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aus der offenen Apparatur wird Wärme an die Umgebungsluft abgegeben. ◆ Ein Teil der Wärme verbleibt im System (z. B. im geschmolzenen Wachs oder im Kalorimetermaterial). ◆ Es wurde nicht unter Standardbedingungen gearbeitet. ◆ Die Flamme rußt → unvollständige Verbrennung. <p>Die wirkliche Zusammensetzung des Paraffingemisches ist nicht bekannt, was Abweichungen ermöglicht.</p>		<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>3</p>	<p>1</p>
<p>3</p>	<p><u>Beschreibung der Funktionen der Bauteile 1-3 des Teelichtofens:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Der Tontopf ① ist ein Stauraum für die heißen Verbrennungsgase und die sich erwärmende Luft. ◆ Mithilfe der Metallteile ② und ③ lässt sich die Höhe des Tontopfes einstellen, wodurch sich die Menge der so aufgefangenen Verbrennungswärme regulieren lässt. ◆ Zudem wird die Verbrennungswärme von den Metallteilen ② und ③ aufgenommen und an den Tontopf sehr gut weitergeleitet. ◆ Der Ton nimmt die Wärme auf und kann sie über die große Fläche gleichmäßig an die Umgebung abstrahlen. 		<p>4</p>	
<p>4</p>	<p><u>Überprüfung der Beiträge zum Teelichtofen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Beitrag 1: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Anzahl der Teelichter: $\frac{2.000 \text{ W}}{\approx 40 \text{ W}} \approx 50$ ◆ Fazit: Bei Verwendung von 6 Teelichtern pro Gerät benötigt man bei einer Anzahl von 50 Teelichtern tatsächlich mehr als 8 Teelichtöfen. ◆ Beitrag 2: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Berechnung der im Wohnwagenraum enthaltenen Stoffmenge an Sauerstoff: $V(\text{O}_2) = \varphi(\text{O}_2) \cdot V(\text{Wohnwagen})$ $V(\text{O}_2) = 0,20942 \cdot 36.000 \text{ L} = 7,539 \text{ L}$ $n = \frac{V}{V_m} = \frac{7539 \text{ L}}{24,466 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 308,1 \text{ mol}$ 		<p>1</p> <p>1</p>	<p>3</p>

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Berechnung der Stoffmenge von Pentacosan: $n(\text{Pentacosan}_{\text{Teelicht}}) = \frac{m}{M} = \frac{12 \text{ g}}{353 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,034 \text{ mol}$ $n(\text{Pentacosan}_{\text{Teelichtofen}}) = 6 \cdot n(\text{Pentacosan}_{\text{Teelicht}})$ $= 6 \cdot 0,034 \text{ mol} = 0,20 \text{ mol}$ 8 Teelichtöfen: $n = 8 \cdot 0,20 \text{ mol} = 1,6 \text{ mol}$ Aus der Reaktionsgleichung folgt: $n(\text{O}_2) = 38 \cdot n(\text{Pentacosan}) = 60,8 \text{ mol}$ ◆ Fazit: zutreffende Aussage von Charlie; es wird nicht der gesamte Sauerstoff im Wohnmobil verbraucht. 			4
5	<p><u>Beurteilung der Verwendung von Teelichtern als Heizung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Nur geringe Heizleistung, es sind zu viele Teelichtöfen auf kleinem Raum notwendig. ◆ erhöhte Gefahr von Verbrennungen, gerade beim Einsatz mehrerer Teelichtöfen, insbesondere bei Vorhandensein von Kindern oder Haustieren ◆ hohe Brandgefahr, Entstehung von Wachsbränden ◆ Sachurteil 	2	2	
	Summe¹	12	20	8

4 Standardbezug²

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	17	4, 5	11	
2	3, 16, 17	10	10	
3			8	
4	17		5	
5				6, 11

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

² Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

6 Hinweise für Lehrkräfte bei fachpraktischen Aufgaben

6.1 Hinweise zur Durchführung der fachpraktischen Aufgabe

Geräte pro Arbeitsplatz:

- ◆ Erlenmeyerkolben (als Kalorimetergefäß)
- ◆ Stativmaterial
- ◆ Messzylinder (100 mL)
- ◆ Thermometer
- ◆ Uhr
- ◆ Waage
- ◆ Glasstab/Rührstab
- ◆ Streichhölzer/Feuerzeug

Chemikalien pro Arbeitsplatz:

- ◆ Leitungswasser
- ◆ Teelicht

Durchführung:

- ◆ Masse des Teelichts vor dem Entzünden bestimmen
- ◆ Kalorimetergefäß mit einer bestimmten Masse Wasser füllen
- ◆ Anfangstemperatur des Wassers im Kalorimetergefäß ermitteln
- ◆ Teelicht entzünden und für fünf Minuten brennen lassen
- ◆ während der Brenndauer des Teelichts Kalorimeterflüssigkeit rühren
- ◆ Kerze löschen und Teelicht abkühlen lassen
- ◆ die maximale Temperatur des Wassers im Kalorimetergefäß messen
- ◆ Masse des Teelichts nach der Verbrennung erneut bestimmen

Arbeits-, Brand- und Gesundheitsschutz:

Arbeits-, Brand- und Gesundheitsschutz sind entsprechend den gesetzlichen Vorgaben sowie den bundeslandspezifischen Regelungen einzuhalten. Die Gefährdungsbeurteilung entspricht dem Stand von September 2024 und ist gegebenenfalls an aktuelle Änderungen und an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Zeitzuschlag:

Nein.

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

6.2 Beobachtungsbogen

Protokoll zur Erfassung der Versuchsdurchführung

Prüfling		
Datum, Raum		
Uhrzeit	Versuchsbeginn:	Versuchsende:
Fach, Kurs	Chemie	Kurs:
Prüfende Lehrkraft		
Betreuende Lehrkraft		

Experiment	Teilaufgabe 1: [...] Führen Sie die kalorimetrische Untersuchung durch. [...]
Durchführung des Experimentes (3 BE)	<p>Die Bewertungskriterien sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Beachtung der Sicherheitsbestimmungen: (1 BE) <ul style="list-style-type: none"> ◆ Schutzbrille ◆ lange Haare werden zusammengebunden ◆ sauberer, aufgeräumter Arbeitsplatz ◆ sicherer Transport von Geräten und Chemikalien ◆ Fachgerechte Arbeitsweise: (2 BE) <ul style="list-style-type: none"> ◆ konzentriertes, überlegtes Arbeiten ◆ strukturiertes Vorgehen
Beobachtungen/ Messergebnisse	<input type="checkbox"/> vom Prüfling selbstständig ermittelt <input type="checkbox"/> vom Prüfling angefordert

Datum, Unterschrift der betreuenden Lehrkraft

Gemäß dem Protokoll zur Erfassung der Versuchsdurchführung erhält der Prüfling
 ____ BE von maximal 3 BE.

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

6.3 Ersatzergebnisse, Ersatzmesswerte, Ersatzbeobachtungen

Ersatzmesswerte:

$$m_A(\text{Teelicht}) = 13,02 \text{ g}$$

$$m_E(\text{Teelicht}) = 12,92 \text{ g}$$

$$\vartheta_A = 20,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_E = 25,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

Hinweise zur Durchführung der fachpraktischen Aufgabe - Kalorimetrie

Geräte pro Arbeitsplatz:

- ◆ Erlenmeyerkolben (als Kalorimetergefäß)
- ◆ Stativmaterial
- ◆ Messzylinder (100 mL)
- ◆ Thermometer
- ◆ Uhr
- ◆ Waage
- ◆ Glasstab/Rührstab
- ◆ Streichhölzer/Feuerzeug

Chemikalien pro Arbeitsplatz:

- ◆ Leitungswasser
- ◆ Teelicht

Durchführung:

- ◆ Masse des Teelichts vor dem Entzünden bestimmen
- ◆ Kalorimetergefäß mit einer bestimmten Masse Wasser füllen
- ◆ Anfangstemperatur des Wassers im Kalorimetergefäß ermitteln
- ◆ Teelicht entzünden und für fünf Minuten brennen lassen
- ◆ während der Brenndauer des Teelichts Kalorimeterflüssigkeit rühren
- ◆ Kerze löschen und Teelicht abkühlen lassen
- ◆ die maximale Temperatur des Wassers im Kalorimetergefäß messen
- ◆ Masse des Teelichts nach der Verbrennung erneut bestimmen

Arbeits-, Brand- und Gesundheitsschutz:

Arbeits-, Brand- und Gesundheitsschutz sind entsprechend den gesetzlichen Vorgaben sowie den bundeslandspezifischen Regelungen einzuhalten. Die Gefährdungsbeurteilung entspricht dem Stand von September 2024 und ist gegebenenfalls an aktuelle Änderungen und an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Zeitzuschlag:

Nein.

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

Ersatzergebnisse, Ersatzmesswerte, Ersatzbeobachtungen

Ersatzmesswerte:

$$\begin{array}{ll} m_A(\text{Teelicht}) = 13,02 \text{ g} & \vartheta_A = 20,1 \text{ }^\circ\text{C} \\ m_E(\text{Teelicht}) = 12,92 \text{ g} & \vartheta_E = 25,2 \text{ }^\circ\text{C} \end{array}$$

Profilfach Chemie
Thema: Energetik

Beobachtungsbogen

Protokoll zur Erfassung der Versuchsdurchführung

Prüfling		
Datum, Raum		
Uhrzeit	Versuchsbeginn:	Versuchsende:
Fach, Kurs	Chemie	Kurs:
Prüfende Lehrkraft		
Betreuende Lehrkraft		

Experiment	Teilaufgabe 1: [...] Führen Sie die kalorimetrische Untersuchung durch. [...]
Durchführung des Experimentes (3 BE)	Die Bewertungskriterien sind: <ul style="list-style-type: none">◆ Beachtung der Sicherheitsbestimmungen: (1 BE)<ul style="list-style-type: none">◆ Schutzbrille◆ lange Haare werden zusammengebunden◆ sauberer, aufgeräumter Arbeitsplatz◆ sicherer Transport von Geräten und Chemikalien◆ Fachgerechte Arbeitsweise: (2 BE)<ul style="list-style-type: none">◆ konzentriertes, überlegtes Arbeiten◆ strukturiertes Vorgehen
Beobachtungen/ Messergebnisse	<input type="checkbox"/> vom Prüfling selbstständig ermittelt <input type="checkbox"/> vom Prüfling angefordert

Datum, Unterschrift der betreuenden Lehrkraft

Gemäß dem Protokoll zur Erfassung der Versuchsdurchführung erhält der Prüfling
_____ BE von maximal 3 BE.

Aufgabe: Chemie-Auswahlbogen

Auswahlbogen für Prüflinge Chemie

Name: _____
(in Druckbuchstaben)

Ich habe aus den vier zur Wahl gestellten Aufgaben die folgenden drei Aufgaben gewählt:

- Aufgabe H1
- Aufgabe H2
- Aufgabe H3
- Aufgabe H4

Hinweis: **Es müssen genau drei Kreuze gesetzt werden.** Nur die Bearbeitungen **dieser drei** angekreuzten Aufgaben fließen in die Bewertung der Klausur ein.

Unterschrift des Prüflings