

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Honig – eine süße Sache
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	♦ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ♦ Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe ♦ Chiralität ♦ Natürliche und synthetische Stoffe ♦ Kohlenhydrate ♦ Chemische Reaktionen ♦ Protonenübergänge ♦ pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von Säuren und Basen (bei nicht vollständiger Protolyse) ♦ Elektronenübergänge ♦ Redoxreaktionen als Elektronenübergang ♦ Arbeitsweisen ♦ Qualitative Analyse ♦ Chromatografie
Materialien	♦ M 1 Zucker im Honig ♦ M 2 Honigreifung ♦ M 3 Verfälschter Honig
Quellenangaben	♦ M 1 ♦ <i>Inhaltsstoffe von Honig</i> (o. D.). Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/bienen/dateien/inhaltsstoffe_von_honig.pdf (Zugriff am: 21.03.2024) ♦ M 2 ♦ Binder, S., Pietzner, V. (2017). <i>Honig im Chemieunterricht</i>. Universität Oldenburg. https://uol.de/f/5/inst/chemie/ag/didaktik/Honig_im_Chemieunterricht_V_1.0.pdf (Zugriff am: 21.03.2024) ♦ Gluconic acid. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Gluconic_acid (Zugriff am: 21.03.2024) ♦ Honiganalyse auf Glucoseoxidase (GOX). AMP. https://www.amplab.de/de-DE/gox.html/?section=gox (Zugriff am: 21.03.2024)

	♦ M 3 ♦ <i>Vorsicht vor gepanschem Honig</i> (o. D.). NDR. https://www.ndr.de/nachrichten/mecklenburg-vorpommern/Vorsicht-vor-gepanschem-Honig,honig370.htm (Zugriff am: 13.09.2023) ♦ verändert nach: Beckmann, K., Beckh, G. & Lüllmann, C (2010, September). Nachweis von Honigverfälschungen. <i>DLR Spezial</i> (I). S. 73–76A). https://www.tentamus.com/legacy-uploads/sites/11/2018/01/37_DLR92010-SpezialHonigverfalschung.pdf (Zugriff am: 29.04.2025)
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ♦ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: nein

1 Aufgabe

Honig – eine süße Sache

Honig ist eines der ältesten Süßungsmittel der Welt. Aufgrund des Preises wird er häufig verfälscht. Honig ist relativ lange haltbar. Für den süßen Geschmackseindruck ist ein Stoffgemisch verschiedener Zuckerarten verantwortlich.

	BE
1 Geben Sie die Fischer-Projektionsformeln der drei Monosaccharid-Moleküle an (M 1). Ordnen Sie begründet den Darstellungen der Zuckermoleküle die folgenden Namen zu: Melezitose, Erlose, Turanose, Raffinose und Saccharose (M 1).	10
2 Formulieren Sie für die Bildung der Gluconsäure die Teilgleichungen der Oxidation und Reduktion sowie die Gesamtreaktionsgleichung (M 2). Beurteilen Sie anhand von zwei Aspekten den Einfluss der Reaktionsprodukte dieser Reaktion auf die Haltbarkeit von Honig (M 2).	10
3 Berechnen Sie die Masse an Gluconsäure, die in 50 g Honig enthalten ist (M 2). <i>Hinweis: Nehmen Sie vereinfachend an, dass es keine anderen Verbindungen gibt, die einen Einfluss auf den pH-Wert des Honigs haben.</i>	5
4 Planen Sie ein Experiment, mit dem man im Schullabor Melibiose von Raffinose unterscheiden kann (M 1, M 3). Geben Sie jeweils die zu erwartende Beobachtung an.	7
5 Vergleichen Sie die beiden Kurvenverläufe (M 3). Ordnen Sie begründet die beiden Honigproben A und B unverfälschtem und verfälschtem Honig zu (M 3).	8

Quellen (ggf. verändert):

- [1] *Inhaltsstoffe von Honig* (o. D.): Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/bienen/dateien/inhaltsstoffe_von_honig.pdf (Zugriff am: 21.03.2024)
- [2] Binder, S., Pietzner, V. (2017). *Honig im Chemieunterricht*. Universität Oldenburg. https://uol.de/f/5/inst/chemie/ag/didaktik/Honig_im_Chemieunterricht_V_1.0.pdf (Zugriff am 21.03.2024)
- [3] *Gluconic acid* (o. D.). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Gluconic_acid (Zugriff am: 21.03.2024)
- [4] *Honiganalyse auf Glucoseoxidase (GOX)* (o. D.). AMP. <https://www.amplab.de/de-DE/gox.html?section=gox> (Zugriff am: 21.03.2024)
- [5] *Vorsicht vor gepanschem Honig* (o. D.). NDR. <https://www.ndr.de/nachrichten/mecklenburg-vorpommern/Vorsicht-vor-gepanschem-Honig,honig370.htm> (Zugriff am: 13.09.2023)
- [6] Beckmann, K., Beckh, G. & Lüllmann, C (2010, September). Nachweis von Honigverfälschungen. *DLR Spezial* (I). S. 73–76A). https://www.tentamus.com/legacy-uploads/sites/11/2018/01/37_DLR92010-SpezialHonigverfalschung.pdf (Zugriff am: 29.04.2025)

2 Material

Material 1: Zucker im Honig [1]

Honig ist ein von Honigbienen hergestelltes Lebensmittel, das zu ca. 80 % aus verschiedenen Zuckern besteht, von denen Fructose und Glucose die Hauptbestandteile sind. Auch Saccharose kommt in geringen Anteilen darin vor sowie weitere Mehrfachzucker, z. B. Melezitose, Erlöse und Turanose. Zugewetzt wird gelegentlich Raffinose.

Die Haworth-Projektionen dieser Mehrfachzucker sind in Abbildung 1 dargestellt. Sie setzen sich aus Kombinationen der Monosaccharid-Bausteine D-Glucose, D-Fructose und D-Galactose zusammen.

Über diese fünf Di- und Trisaccharide ist Folgendes bekannt:

- Wenn man Raffinose vollständig hydrolysiert, entstehen außer D-Galactose noch D-Fructose und D-Glucose.
- Die Produkte der vollständigen Hydrolyse der Trisaccharide Erlöse und Melezitose sind gleich, allerdings ist nur bei der Erlöse eine 1→4 glycosidische Bindung zu finden.
- Die Saccharose ist ein Disaccharid mit einer 1→2 glycosidischen Bindung.
- Die Turanose ist im Gegensatz zur Saccharose ein reduzierend wirkendes Disaccharid.

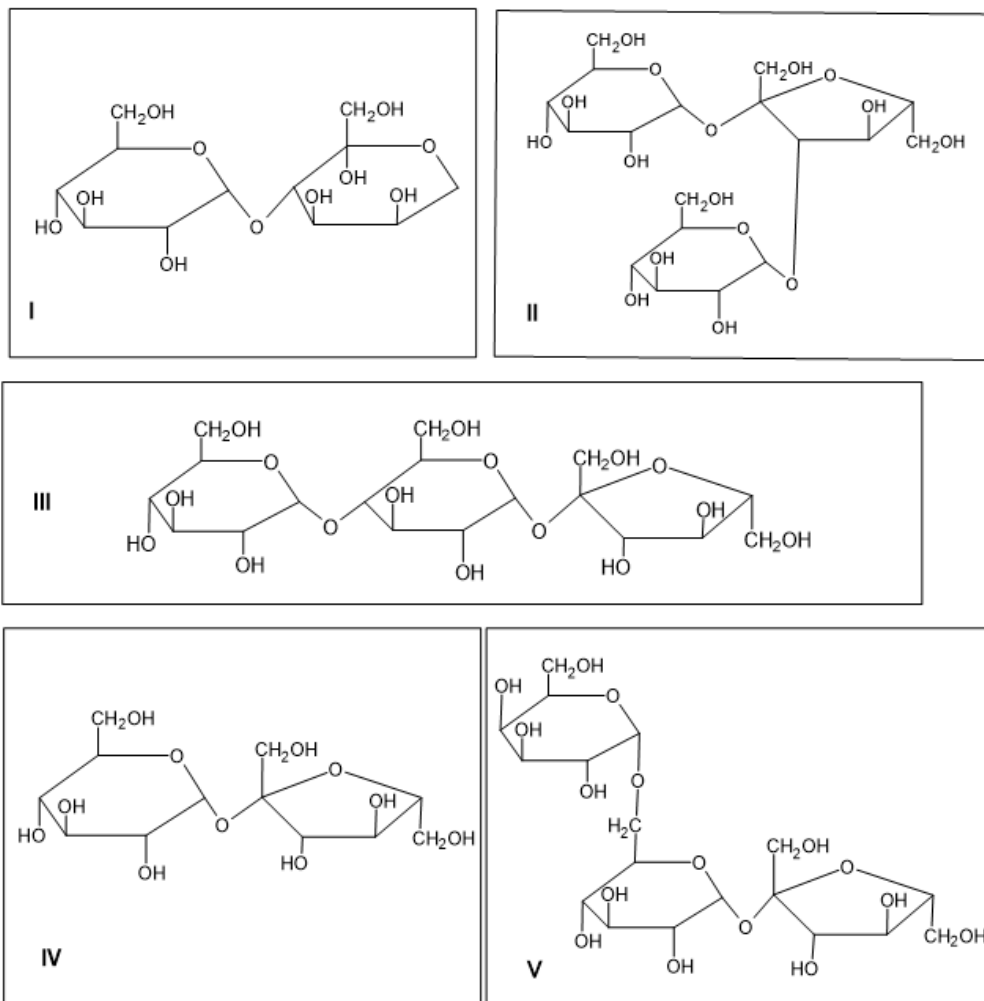


Abb. 1: Strukturformeln verschiedener Zuckermoleküle der Zucker I-V

Material 2: Honigreifung [2] – [4]

Honig muss einige Zeit reifen. In dieser Zeit nimmt der Wassergehalt durch Verdunstung auf unter 20 % ab. So katalysiert z. B. das Enzym Glucoseoxidase aus dem Speichel der Biene die Reaktion von Glucose mit Sauerstoff zu dem starken, keimtötenden Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und zu Gluconsäure ($M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7) = 196,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$; $\text{p}K_{\text{S}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7) = 3,86$).

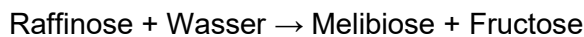
Der pH-Wert kann so bis auf einen Wert von 4 sinken. Dadurch werden mikrobielle Stoffwechselprozesse gehemmt.

In einem Labor soll Honig untersucht werden. Zur Messung des pH-Wertes werden 50 g Honig in einem 500 mL Messkolben abgewogen mit Wasser bis zur Eichmarke aufgefüllt. Der pH-Wert dieser Lösung beträgt 5.

Material 3: Verfälschter Honig [5], [6]

Die Gewinnung von Honig durch Imker ist teuer. Betrüger strecken daher den Honig beispielsweise mit billigem Invertzuckersirup. Dieser wird aus Saccharose mithilfe des Katalysators β -Fructofuranosidase hergestellt. Wird der Honig mit Invertzuckersirup versetzt, so gelangt auch der Katalysator in den Honig.

β -Fructofuranosidase katalysiert auch die folgende Reaktion:



Melibiose ist ein Disaccharid aus einem D-Galactose- und einem D-Glucose-Baustein, welche 1 $\rightarrow$ 6 glykosidisch verknüpft sind.

Zur Überprüfung, ob Honig mit Invertzuckersirup verfälscht wurde, wird den hier zu untersuchenden Honigproben A und B Raffinose zugesetzt. Der Gehalt an Raffinose und Melibiose kann dann mithilfe eines Trennverfahrens, einer speziellen Chromatographie (HPLC), ermittelt werden. Dabei wird ein flüssiges Laufmittel unter hohem Druck durch eine Apparatur über einen unbeweglichen Stoff, die sogenannte stationäre Phase, geleitet. Raffinose und Melibiose wandern dabei unterschiedlich schnell durch die Apparatur (Retentionszeit), wobei das größere Molekül hierbei eine höhere Retentionszeit hat. In den Chromatogrammen (Abb. 2) verursachen die beiden Zucker jeweils ein Signal (Peak).

Je größer die Fläche unter dem Peak ist, desto größer ist der Anteil der Zuckerart im Honig.

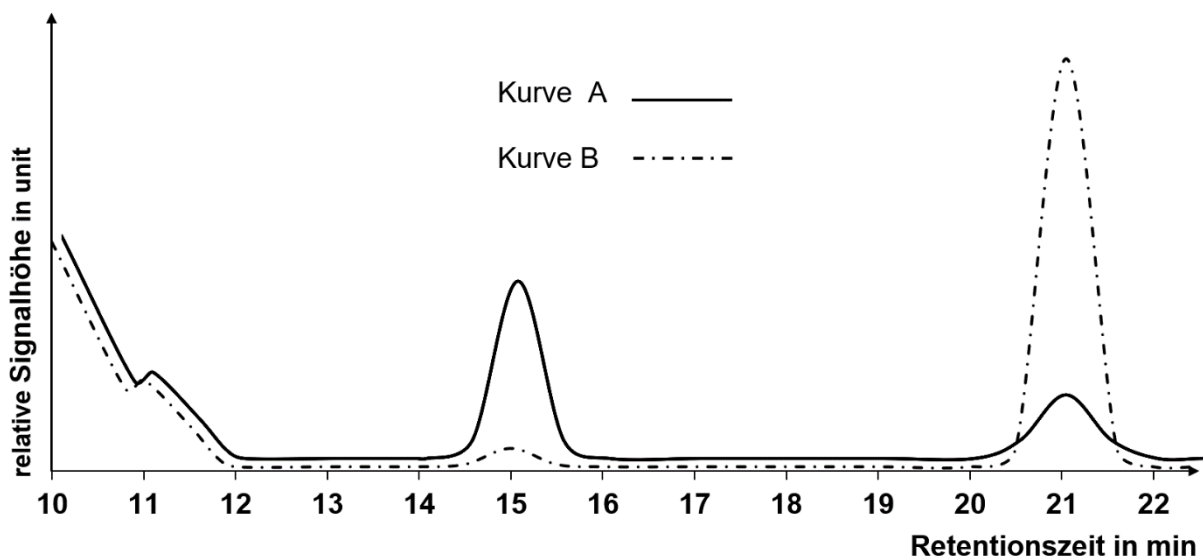


Abb. 2: Chromatogramme von verfälschtem und unverfälschtem Honig einige Zeit nach Zugabe gleicher Mengen Raffinose [6]. Der Glucose- und Fructose-Peak erscheint bei einer Retentionszeit unter 10 Minuten.

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	<u>Angabe der Fischer-Projektionsformeln der drei Monosaccharid-Moleküle:</u> $\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ D-Glucose $\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ D-Galactose $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ D-Fructose <u>Begründete Zuordnung der Namen</u> (Nennung oder Markierung in der Formel): ♦ Trisaccharide: ♦ Raffinose enthält einen Galactose-Baustein (einziger Zuckerbaustein, der nicht Fructose- oder Glucosebaustein ist). → V ♦ Erlöse hat eine 1→4 Verknüpfung. → III ♦ Melezitose hat die gleichen Hydrolyseprodukte wie die Erlöse. → II ♦ Disaccharide: ♦ Saccharose ist ein nichtreduzierend wirkendes Disaccharid. → IV ♦ Turanose ist ein reduzierend wirkender Zucker. → I	2	1	
2	<u>Formulierung der Teil- und Gesamtreaktionsgleichung für die Bildung von Gluconsäure:</u> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad // \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{OH} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ R I $\text{RCHO} + 3 \text{H}_2\text{O}$ → III $\text{RCOOH} + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}_3\text{O}^+$ Oxidation 0 $\text{O}_2 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^-$ → +I -I $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ Reduktion $\text{RCHO} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ → $\text{RCOOH} + \text{H}_2\text{O}_2$ Redox-Reaktion <u>Beurteilung des Einflusses der Reaktionsprodukte der Reaktion auf die Haltbarkeit des Honigs:</u> ♦ Es entsteht eine Säure, die den pH-Wert der Lösung senkt und dadurch die Vermehrung von Mikroorganismen behindert.	1	1	2
		1		2

	♦ Es entsteht Wasserstoffperoxid, das stark oxidierend und keimtötend wirkt. Dadurch werden Mikroorganismen abgetötet. ♦ Beide Effekte haben eine konservierende Wirkung, was sich positiv auf die Haltbarkeit auswirkt.		2	1
3	<u>Berechnung der Masse an Gluconsäure:</u> ♦ Gleichung bei unvollständiger Protolyse: $\text{pH} \approx \frac{1}{2} \cdot (\text{p}K_{\text{S}} - \lg\{c_0(\text{HA})\})$ ♦ Berechnung der Stoffmengenkonzentration $c_0(\text{HA}) \approx 10^{\text{p}K_{\text{S}} - 2 \cdot \text{pH}} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ $c_0(\text{HA}) \approx 10^{3,86 - 2 \cdot 5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ $c_0(\text{HA}) \approx 7,24 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ ♦ Berechnung der Stoffmenge und Masse: $n = c \cdot V = 7,24 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,5 \text{ L}$ $n = 3,62 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$ $m = n \cdot M = 3,62 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot 196,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $m = 7,1 \cdot 10^{-5} \text{ g}$	2	1	1
4	<u>Planung eines Experiments zur Unterscheidung von Melibiose und Raffinose:</u> ♦ Vorüberlegung: ♦ In Melibiose ist eine Hydroxygruppe am anomeren Kohlenstoff-Atom eines Zucker-Bausteins nicht an der glykosidischen Bindung beteiligt. Dadurch ist eine Ringöffnung möglich. Melibiose wirkt somit reduzierend. ♦ Raffinose wirkt nicht reduzierend. ♦ Durchgeführt wird daher ein Nachweis auf reduzierend wirkende Zucker, z. B. Fehling-Probe. ♦ Durchführung: ♦ In einem Reagenzglas werden einige Milliliter Fehling-Lösung I und II zu gleichen Teilen gemischt und nach Zugabe einiger Milliliter der zu untersuchenden Saccharid-Lösung erwärmt. ♦ Angabe der jeweils zu erwartenden Beobachtung: ♦ Bei Vorhandensein von Raffinose bleibt die Lösung blau (negativer Nachweis). ♦ Bei Melibiose fällt ein ziegelroter Niederschlag aus (positiver Nachweis).	1 1 2	1	2
5	<u>Vergleich der Kurvenverläufe der Chromatogramme A und B:</u> ♦ Die relative Signalhöhe zweier Peaks unterscheidet sich deutlich, ansonsten sind die Kurvenverläufe identisch. ♦ Bei der Honigprobe A ist die Fläche unter dem ersten der beiden Peaks deutlich größer als die unter dem zweiten; bei der Honigprobe B ist die Fläche unter dem zweiten der beiden Peaks deutlich größer als die unter dem ersten.		1 1	

	<u>Begründete Zuordnung der Honigproben:</u>			
	♦ Raffinose ist ein Trisaccharid. Damit ist das Molekül der Raffinose größer als das des Disaccharids Melibiose.		1	1
	♦ Da das größere Molekül eine längere Retentionszeit hat, entspricht der Peak bei 15 min Melibiose, der Peak bei 21 min der Raffinose.		1	
	♦ Im verfälschten Honig findet ein Abbau von Raffinose zu Melibiose statt:		1	
	♦ Verfälschter Honig muss mehr Melibiose (Peak bei 15 min) enthalten. → Honigprobe A ♦ Unverfälschter Honig muss mehr Raffinose (Peak bei 21 min) enthalten. → Honigprobe B			1 1
	Summe¹	11	21	8

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

4 Standardbezug²

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	11		5, 7	
2	8, 16			6
3	17			
4		3, 4		
5			8, 10	

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 den Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife genannt, 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.