

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Süßer Genuss ohne Reue?
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	◆ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ◆ Natürliche und synthetische Stoffe ◆ Kohlenhydrate ◆ Chemische Reaktionen ◆ Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen ◆ Reaktionsgeschwindigkeit ◆ Arbeitsweisen ◆ Qualitative Analyse ◆ Nachweis von Ionen und funktionellen Gruppen
Materialien	◆ M 1 Was ist Isomaltulose? ◆ M 2 Blut-Glucose-Spiegel ◆ M 3 Blut-Glucose-Spiegel nach Einnahme von Isomaltulose ◆ M 4 Verwendung von Isomaltulose
Quellenangaben	◆ M 1, M 4 ◆ <i>Isomaltulose</i> (2024, 2. September). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Isomaltulose (Zugriff am: 12.12.2024) ◆ M 3 ◆ <i>Ist Isomaltulose der bessere Zucker?</i> (2016, 15. Februar). Deutsche Apotheker Zeitung. https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2016/daz-8-2016/ist-isomaltulose-der-bessere-zucker (Zugriff am: 12.12.2024) ◆ Ullmann, S. & Jungclaus, A. (2018). Isomaltulose – das besondere Kohlenhydrat. <i>VFED aktuell</i>, (166). ◆ Holub, I., Gostner, A., Theis, S., Nosek, L., Kudlich, T., Melcher, R. & Scheppach, W. (2010). Novel findings on the metabolic effects of the low glycaemic carbohydrate isomaltulose (Palatinose™). <i>British Journal of Nutrition</i>, 103(12), S. 1730–1737. https://doi.org/10.1017/s0007114509993874 (Zugriff am: 27.09.2024)
Hilfsmittel	◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ◆ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung

fachpraktischer Anteil | ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: —

1 Aufgabe

Süßer Genuss ohne Reue?

Isomaltulose ist ein natürlich vorkommendes und süß schmeckendes Kohlenhydrat. Isomaltulose könnte ernährungsphysiologisch als Zuckerersatzstoff für Saccharose interessant werden.

	BE
1 Geben Sie jeweils die Art der glykosidischen Bindung in den Molekülen von Isomaltulose und Saccharose an (M 1). Berechnen Sie die Masse an Isomaltulose, die man zum Süßen von 100 mL Tee benötigt, der gleich süß wie eine Saccharose-Lösung der Stoffmengenkonzentration $c = 0,20 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ schmecken soll (M 1).	5
2 Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die Hydrolyse eines Saccharose-Moleküls in die einzelnen Monosaccharid-Moleküle unter Verwendung von Strukturformeln (M 1). Planen Sie ein Experiment, um in einem Labor zu überprüfen, ob die Hydrolyse von Saccharose stattgefunden hat (M 1). Geben Sie die zu erwartende Beobachtung an und werten Sie diese unter Angabe der Strukturformel des organischen Produkts aus (M 1).	12
3 Vergleichen Sie die Auswirkungen der Aufnahme von Isomaltulose und Saccharose auf den Blut-Glucose-Spiegel anhand von zwei Kriterien (M 2, M 3). Berechnen Sie die mittlere Geschwindigkeit für die Erhöhung der Stoffmengenkonzentration von Glucose in Blut in den ersten 30 Minuten nach der Einnahme von Saccharose bzw. Isomaltulose (M 3, Abb. 3). Stellen Sie eine Hypothese für die Ursache der unterschiedlichen Geschwindigkeiten bei Saccharose und Isomaltulose auf (M 1, M 3).	9
4 Beurteilen Sie die Eignung von Isomaltulose als Zuckerersatzstoff für Diabetiker (M 1–M 4).	4

Quellen (ggf. verändert):

- [1] *Isomaltulose* (2024, 02. September). Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/wiki/Isomaltulose> (Zugriff am: 12.12.2024)
- [2] *Ist Isomaltulose der bessere Zucker?* (2016, 15. Februar). Deutsche Apotheker Zeitung. <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2016/daz-8-2016/ist-isomaltulose-der-bessere-zucker> (Zugriff am: 12.12.2024)
- [3] Ullmann, S. & Jungclaus, A. (2018). Isomaltulose – das besondere Kohlenhydrat. *VFED aktuell*, (166).
- [4] Holub, I., Gostner, A., Theis, S., Nosek, L., Kudlich, T., Melcher, R. & Scheppach, W. (2010). Novel findings on the metabolic effects of the low glycaemic carbohydrate isomaltulose (Palatinose™). *British Journal of Nutrition*, 103(12), S. 1730–1737. <https://doi.org/10.1017/s0007114509993874> (Zugriff am: 27.09.2024)

2 Material

Material 1: Was ist Isomaltulose? [1]

Isomaltulose ist ein Disaccharid, dessen Moleküle aus je einem Molekül D-Glucose und D-Fructose aufgebaut sind (Abbildung 1). Isomaltulose kommt in sehr geringen Mengen in Honig und in Zuckerrohr vor und könnte als Ersatz für Saccharose (Abbildung 2) genutzt werden. Isomaltulose schmeckt süß, hat aber im Vergleich zu Saccharose nur die halbe Süßkraft bei gleicher Masse. Die Hydrolyse von Isomaltulose- und Saccharose-Molekülen im Dünndarm wird von den gleichen Enzymen katalysiert. Isomaltulose wird wie Saccharose vollständig vom menschlichen Körper verstoffwechselt.

Der physiologische Brennwert beträgt bei beiden Disacchariden ca. $17 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$.

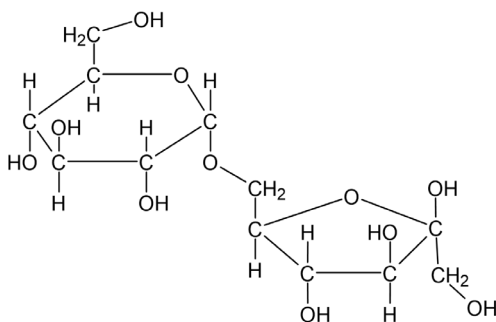
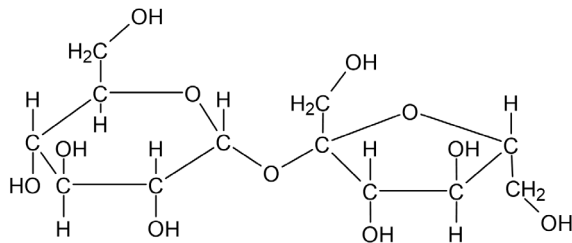


Abb. 1: Strukturformel eines Isomaltulose-Moleküls



$$M(\text{Saccharose}) = 342,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Abb. 2: Strukturformel eines Saccharose-Moleküls

Material 2: Blut-Glucose-Spiegel

Der Blut-Glucose-Spiegel gibt die Stoffmengenkonzentration von Glucose im Blut an. Nach der Einnahme von Lebensmitteln mit einem hohen Gehalt von Mono- bzw. Disacchariden, wie z. B. zuckerhaltiger Limonade, steigt die Stoffmengenkonzentration von Glucose im Blut stark an. Durch Insulinausschüttung wird Glucose aus dem Blut von den Körperzellen aufgenommen, so dass die Konzentration im Blut wieder auf den Normalwert sinkt.

Zu hohe Blut-Glucose-Konzentrationen sind gefährlich, insbesondere für Diabetiker. Eine erhöhte Glucose-Konzentration im Blut kann langfristig zu Organschädigungen führen.

Material 3: Blut-Glucose-Spiegel nach Einnahme von Isomaltulose [2] – [4]

In unterschiedlichen Studien wurde der Einfluss der Einnahme von 50 g Isomaltulose bzw. Saccharose auf die Stoffmengenkonzentration von Glucose im Blut verglichen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

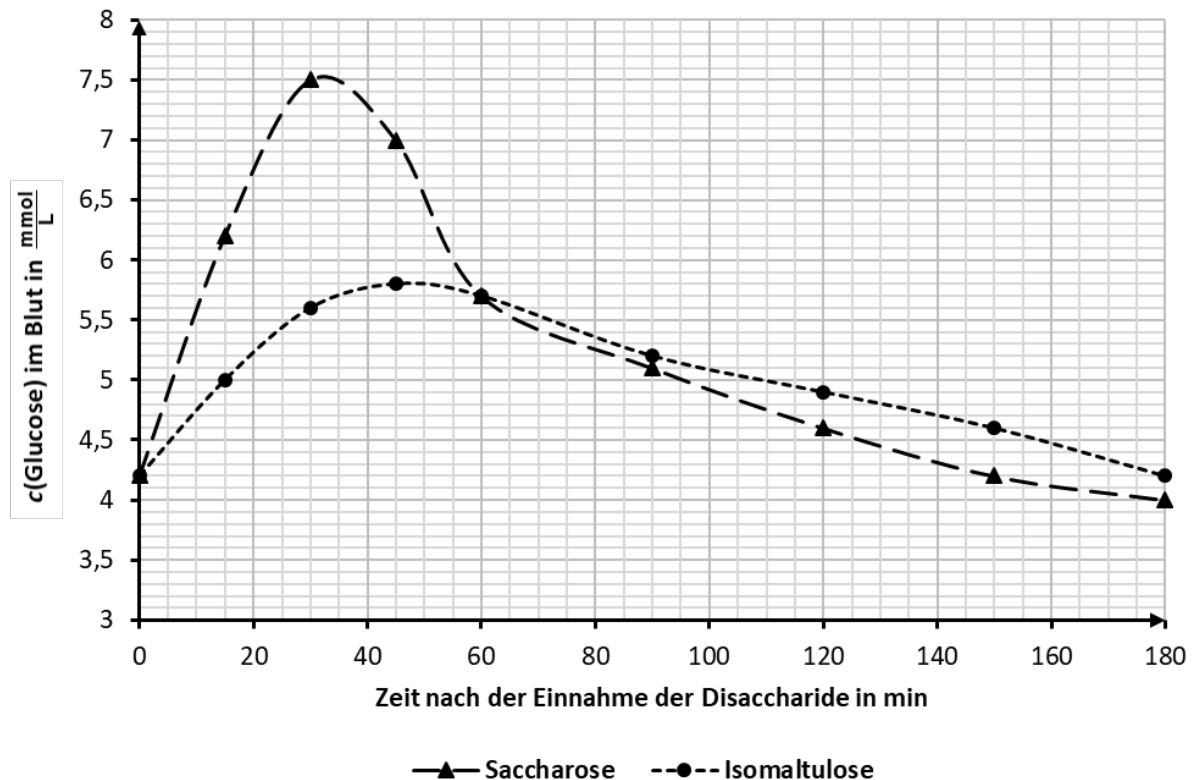


Abb. 3: Entwicklung der Stoffmengenkonzentration von Glucose im Blut in Abhängigkeit von der Zeit nach der Einnahme von Saccharose bzw. Isomaltulose

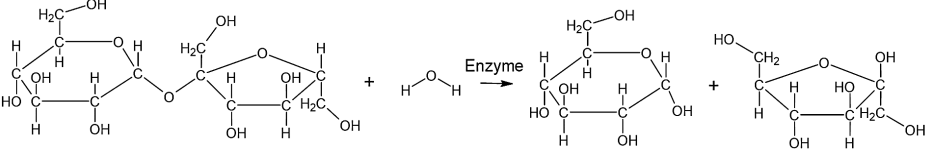
Material 4: Verwendung von Isomaltulose [1]

Isomaltulose findet Verwendung in Lebensmitteln und Getränken, wie zum Beispiel in Sportgetränken, Milchprodukten und Backwaren. So enthält z. B. das Pulver eines Instant Tees für Babys 92,8 % Isomaltulose.

Isomaltulose wird vor allem wegen der geringeren Wirkung auf den Blut-Glucose-Spiegel verwendet. Darüber hinaus wurde Isomaltulose von der US-amerikanischen FDA (Food and Drug Administration) und der EFSA (European Food Safety Authority) als zahnfreundlich eingestuft, da sie von den Mundbakterien kaum abgebaut wird. Der Abbau von Kohlenhydraten durch Mundbakterien ist für die Bildung von Zahnbelag und Säuren verantwortlich, die die Demineralisierung von Zähnen und die Bildung von Karies verursachen.

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 zur glykosidischen Bindung in den Molekülen Isomaltulose und Saccharose:</u> ♦ 1→6-glykosidische Bindung in Isomaltulose-Molekülen ♦ 1→2-glykosidische Bindung in Saccharose-Molekülen <u>Berechnung der Masse an Isomaltulose:</u> ♦ In 100 mL sind 0,02 mol Saccharose enthalten. ♦ $m(\text{Saccharose}) = n(\text{Saccharose}) \cdot M(\text{Saccharose})$ $m(\text{Saccharose}) = 0,020 \text{ mol} \cdot 342,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 6,85 \text{ g}$ ♦ Die Süßkraft von Isomaltulose ist halb so hoch wie die von Saccharose, daher muss die doppelte Masse benutzt werden. $m(\text{Isomaltulose}) = 2 \cdot m(\text{Saccharose}) = 13,7 \text{ g}$	1	2 1 1	
2	<u>Formulierung der Reaktionsgleichung:</u> ♦  <u>Planung eines Experiments:</u> ♦ Um zu überprüfen, ob die Hydrolyse von Saccharose stattgefunden hat, kann man die Benedict-Probe (bzw. Fehling-Probe oder Tollens-Probe) durchführen. ♦ Die Saccharose zeigt keine reduzierende Wirkung. ♦ Wenn die Saccharose-Moleküle gespalten werden, entstehen freie Glucose- und Fructose-Moleküle; die Benedict-Probe verläuft dann positiv. ♦ Durchführung der Benedict-Probe mit der Lösung nach der Hydrolyse: ♦ Die Probelösung wird, wenn nötig, z. B. mit Natronlauge alkalisch eingestellt. ♦ Einige Milliliter Probelösung werden nach der Hydrolyse zum Benedict-Reagenz hinzugegeben. Das Reagenzglas wird geschüttelt und im Wasserbad erwärmt. <u>Angabe der zu erwartenden Beobachtung und Auswertung:</u> ♦ Beobachtung: ♦ Bei erfolgter Hydrolyse der Saccharose-Moleküle bildet sich nach einiger Zeit ein ziegelroter Niederschlag. ♦ Auswertung unter Angabe des Reaktionsprodukts: ♦ Bei der positiven Benedict-Probe werden Glucose-Moleküle im alkalischen Milieu oxidiert, Kupfer(II)-Ionen reduziert. 2-Ketoglucose	2 1 2 1 1	2 2 2	

	und Kupfer(I)-oxid werden gebildet. ♦ Reaktionsprodukt: $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} $ <i>Alternativ: Oxidation zu Gluconsäure ist auch als richtig zu bewerten.</i>	1		
3	<u>Vergleich der Auswirkungen von Glucose und Isomaltulose:</u> ♦ Die Stoffmengenkonzentration von Glucose im Blut steigt nach Aufnahme von Saccharose schneller und stärker als nach Aufnahme von Isomaltulose an. Nach der Einnahme von Saccharose wird ein Maximum von $7,5 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$, nach der Einnahme von Isomaltulose ein Maximum von $5,8 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$ erreicht. ♦ Etwa 32 Minuten nach der Einnahme von Saccharose sinkt die Blutglucosekonzentration wieder und erreicht nach etwa 3 Stunden wieder den Ausgangswert. Bei der Isomaltulose sinkt die Glucosekonzentration hingegen erst nach ca. 45 Minuten nach deren Einnahme, die Abnahme verläuft langsamer. <u>Berechnung der mittleren Geschwindigkeit:</u> ♦ $\bar{v} = \frac{\Delta c(\text{Glucose})}{\Delta t}$ ♦ $\bar{v}(\text{Saccharose}) = \frac{3,3 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}}{30 \text{ min}} = 0,11 \frac{\text{mmol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$ ♦ $\bar{v}(\text{Isomaltulose}) = \frac{1,4 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}}{30 \text{ min}} = 0,05 \frac{\text{mmol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$ <u>Aufstellen einer Hypothese:</u> ♦ Isomaltulose- und Saccharose-Moleküle sind aus je einem Molekül D-Glucose und D-Fructose aufgebaut, unterscheiden sich jedoch in der Art der glykosidischen Bindung. Die glykosidische Bindung im Isomaltulose-Molekül wird im Körper (von den Enzymen) langsamer gespalten als die glykosidische Bindung im Saccharose-Molekül. Isomaltulose wird also im Vergleich zu Saccharose langsamer in Glucose und Fructose aufgespalten und dadurch steigt die Stoffmengenkonzentration von Glucose im Blut nach Einnahme von Isomaltulose langsamer an.	2	2	3
4	<u>Beurteilung der Eignung:</u> ♦ Isomaltulose wäre für Diabetiker besser geeignet als Saccharose, da der Blut-Glucose-Spiegel weniger schnell und hoch ansteigt und		1	3

	eventuelle gesundheitliche Gefährdungen dadurch geringer ausfallen. ♦ Für eine bessere Vergleichbarkeit müsste man Mengen mit gleicher Süßkraft verwenden – dann hätten die Probanden nämlich mehr Isomaltulose als Saccharose nehmen müssen. ♦ Sachurteil			
	Summe¹	11	14	5

4 Standardbezug²

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

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 den Bildungsstandards im Fach Chemie für Allgemeine Hochschulreife genannt, 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.