

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Aspartam – ein gefahrloser Zuckerersatzstoff?
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	♦ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ♦ Verbindungen mit funktionellen Gruppen ♦ Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy-, Estergruppe ♦ Aminogruppe ♦ Natürliche und synthetische Stoffe ♦ Proteine ♦ Arbeitsweisen ♦ Qualitative Analyse ♦ Nachweis von Ionen und funktionellen Gruppen ♦ Chromatografie
Materialien	♦ M 1 Aspartam: Struktur und Eigenschaften ♦ M 2 Untersuchung eines Erfrischungsgetränks auf Aspartam ♦ M 3 Stabilität und Verarbeitung von Aspartam ♦ M 4 Methanol im Stoffwechsel
Quellenangaben	♦ M 1 in Anlehnung an: ♦ <i>Aspartam</i> (2024). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Aspartam&oldid=241794339 (Zugriff am: 05.07.2024) ♦ Saalfrank, F. (2013). <i>Gesundheitliche Bewertung von Süßstoffen unter besonderer Schwerpunktsetzung auf Aspartam</i> (Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg). HAW Hamburg. https://reposit.haw-hamburg.de/bitstream/20.500.12738/6347/1/BA_Franziska_Saalfrank.pdf ♦ M 3 in Anlehnung an: ♦ <i>Aspartam</i> (2024). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Aspartam&oldid=241794339 (Zugriff am: 05.07.2024) ♦ Saalfrank, F. (2013). <i>Gesundheitliche Bewertung von Süßstoffen unter besonderer Schwerpunktsetzung auf Aspartam</i> (Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg). HAW Hamburg. https://reposit.haw-hamburg.de/bitstream/20.500.12738/6347/1/BA_Franziska_Saalfrank.pdf

	♦ M 4 in Anlehnung an: ♦ <i>Methanol</i> (2024). Wikipedia. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Methanol&oldid=241602772 (Zugriff am: 05.07.2024) ♦ Saalfrank, F. (2013). <i>Gesundheitliche Bewertung von Süßstoffen unter besonderer Schwerpunktsetzung auf Aspartam</i> (Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg). HAW Hamburg. https://reposit.haw-hamburg.de/bitstream/20.500.12738/6347/1/BA_Franziska_Saalfrank.pdf
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ♦ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: —

1 Aufgabe

Aspartam – ein gefahrloser Zuckerersatzstoff?

Aspartam ist ein Zuckerersatzstoff. Er ist wesentlich süßer als Haushaltszucker. Viele zuckerfreie Lebensmittel enthalten diesen Zuckerersatzstoff, so z. B. auch Cola und andere Erfrischungsgetränke.

	BE
1 Kennzeichnen und benennen Sie zwei funktionelle Gruppen des Aspartam-Moleküls (M 1). Beurteilen Sie die Einordnung des Aspartam-Moleküls als Dipeptid-Molekül (M 1).	5
2 Formulieren Sie Reaktionsgleichungen für beide Schritte des Abbaus von Aspartam im Körper unter Verwendung von Strukturformeln (M 1).	6
3 Planen Sie die Durchführung der Untersuchung eines zuckerfreien Erfrischungsgetränks mithilfe der angegebenen Materialien (M 1, M 2). Stellen Sie das Ergebnis in einer beschrifteten Skizze der DC-Platte nach der Versuchsdurchführung dar (M 1, M 2). <i>Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass das getestete zuckerfreie Erfrischungsgetränk Aspartam enthält.</i>	11
4 Begründen Sie die veränderte Löslichkeit von Aspartam in Wasser mit zunehmendem Anteil an Citronensäure (M 1, M 3). Leiten Sie Bedingungen für eine optimale Lagerung und für eine optimale Löslichkeit von Aspartam in Wasser zur Verwendung in der Lebensmittelindustrie ab (M 1, M 3).	9
5 Berechnen Sie das Volumen eines aspartamhaltigen Cola-Getränks aus Material 1, das eine 70 Kilogramm schwere Person an einem Tag trinken kann, ohne dadurch die letale Methanol-Dosis zu überschreiten (M 1, M 4). Beurteilen Sie auf Grundlage Ihrer Berechnungen das Risiko einer Methanolvergiftung durch aspartamhaltige Cola-Getränke (M 1, M 4).	9

Quellen (ggf. verändert):

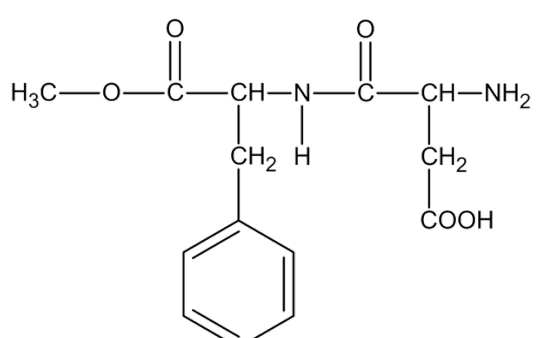
- [1] *Aspartam* (2024). Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Aspartam&oldid=241794339> (Zugriff am: 05.07.2024)
- [2] Saalfrank, F. (2013). *Gesundheitliche Bewertung von Süßstoffen unter besonderer Schwerpunktsetzung auf Aspartam* (Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg). HAW Hamburg. https://reposit.hamburg.de/bitstream/20.500.12738/6347/1/BA_Franziska_Saalfrank.pdf
- [3] *Methanol* (2024). Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Methanol&oldid=241602772> (Zugriff am: 05.07.2024)

2 Material

Material 1: Aspartam: Struktur und Eigenschaften [1], [2]

Aspartam ist ein synthetischer Zuckerersatzstoff, der als Lebensmittelzusatzstoff unter der Nummer E 951 bekannt ist. Aspartam hat eine 200-fach höhere Süßkraft als Haushaltszucker (Saccharose) und ist heutzutage der am meisten genutzte Süßstoff. Beispielsweise enthält ein Liter eines zuckerfreien Cola-Getränks 130 mg Aspartam.

Tab. 1: Angaben zu Aspartam

Strukturformel eines Aspartam-Moleküls	Molare Masse von Aspartam
	$M = 294,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Der Abbau des Aspartams im Körper beginnt mit der hydrolytischen Spaltung des Aspartam-Moleküls in ein Methanol-Molekül und ein anderes Molekül. Das andere Molekül wird weiter hydrolytisch in ein Asparaginsäure-Molekül und ein Phenylalanin-Molekül gespalten. Diese Reaktionen verlaufen im Körper enzymkatalysiert, im Labor wird diese Hydrolyse im Säuern ($\text{pH} < 2$) und unter Erwärmung durchgeführt.

Material 2: Untersuchung eines Erfrischungsgetränks auf Aspartam

Ein zuckerfreies Erfrischungsgetränk soll auf das Vorhandensein von Aspartam als Inhaltsstoff untersucht werden.

Folgende Materialien und Geräte stehen zur Verfügung:

Material: Dreifuß, Brenner, geeignete Chromatografie-Platte, Mikrokapillaren, Trennkammer, kleine Bechergläser, Bleistift, Lineal, Föhn

Chemikalien: zu testendes zuckerfreies Erfrischungsgetränk, Asparaginsäure-Lösung, Phenylalanin-Lösung, Ninhydrin-Lösung, geeignetes Laufmittel, verdünnte Salzsäure

Material 3: Stabilität und Verarbeitung von Aspartam [1], [2]

Aspartam ist bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von 8 % sehr lange haltbar. In gelöster Form kann es bei einem pH-Wert über 6 und Temperaturen ab 30 °C zu einer Reaktion kommen, bei der ein Diketopiperazin entsteht. Diketopiperazine haben einen stark bitteren Geschmack.

Aspartam ist unlöslich in Öl und Ethanol und schlecht löslich in Wasser.

Da es in der Lebensmittelindustrie oft in gelöster Form eingesetzt wird, muss die Löslichkeit in Wasser durch die Temperatur und den pH-Wert optimiert werden.

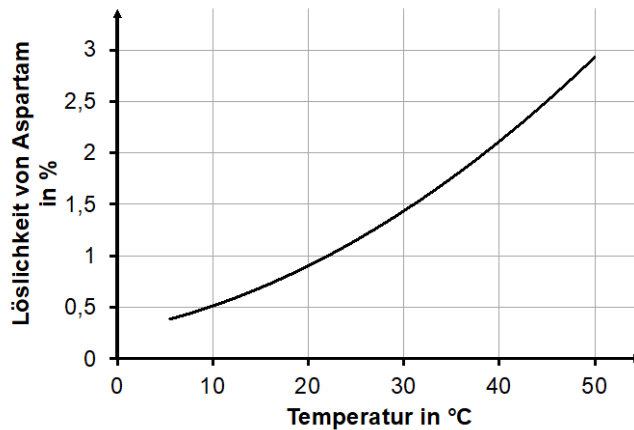


Abb. 1: Löslichkeit von Aspartam in Wasser

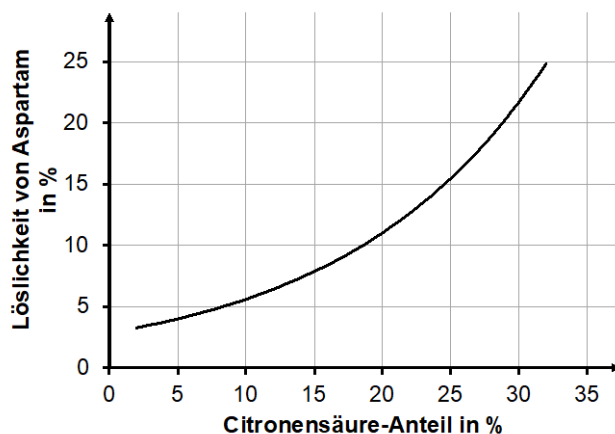


Abb. 2: Löslichkeit von Aspartam in Citronensäure-Lösung bei 20 °C

Material 4: Methanol im Stoffwechsel [2], [3]

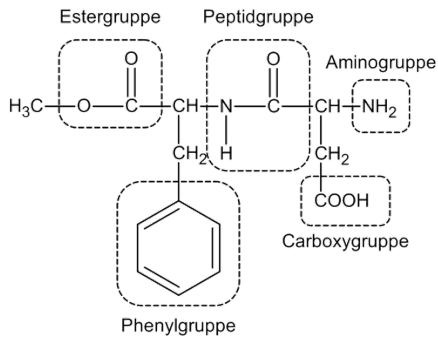
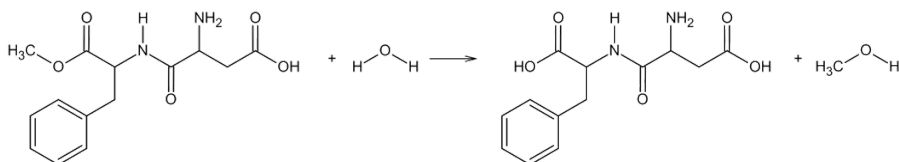
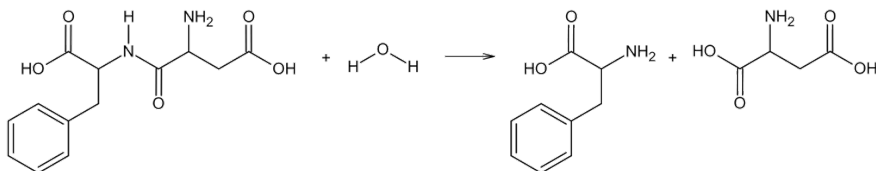
Bei der Verstoffwechselung von Aspartam im menschlichen Körper entsteht als Zwischenprodukt Methanol ($M = 32,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$).

Methanol führt ab einer Aufnahme von etwa $100 \frac{\text{mg}}{\text{kg Körpergewicht}}$ zum Tod. Die toxische Wirkung setzt aber schon viel früher ein.

Methanol wird in der Leber zu Methanal und dann zu Methansäure umgesetzt. Da die Ausscheidung über die Nieren nur sehr langsam abläuft, kommt es zur Anreicherung im Körper.

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	Kennzeichnung und Benennung von zwei Gruppen, z. B.:  Beurteilung: ◆ Ein Dipeptid ist eine Verbindung, die aus zwei Aminosäure-Bausteinen zusammengesetzt ist. ◆ Das Aspartam-Molekül enthält eine Peptidgruppe, die zwei Aminosäure-Bausteine verbindet. Aber zusätzlich ist ein Aminosäure-Baustein mit einem Methanol-Baustein verestert. ◆ Sachurteil	2	2	1
2	Formulierung der Reaktionsgleichungen: ◆ 1. hydrolytische Spaltung in ein Dipeptid-Molekül und ein Methanol-Molekül:  ◆ 2. hydrolytische Spaltung in zwei Aminosäure-Moleküle: 		3	3
3	Planung der Durchführung zur Untersuchung eines zuckerfreien Erfrischungsgetränks: ◆ Zuerst wird mit verdünnter Salzsäure unter Erwärmung das Aspartam des zu untersuchenden Erfrischungsgetränks hydrolysiert, da Asparaginsäure-Lösung und Phenylalanin-Lösung als Kontrollproben vorliegen.	1	1	

7

	Optimale Bedingungen für die Löslichkeit zur Verwendung in der Lebensmittelindustrie sind bei einer Temperatur bei knapp unter 30 °C und bei einem pH-Wert im sauren Bereich oberhalb von pH = 2.		1	
5	<u>Berechnung der Masse an Methanol:</u> 1 L zuckerfreie Cola enthält 130 mg Aspartam ($M = 294,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) $n = \frac{m}{M}; m = M \cdot n$ $n(\text{Aspartam}) = \frac{0,130 \text{ g}}{294,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$ $n(\text{Aspartam}) = 4,42 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ - Da $n(\text{Aspartam}) = n(\text{Methanol})$, gilt: $m(\text{Methanol}) = 32,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 4,42 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $m(\text{Methanol}) = 14,1 \text{ mg}$ <u>Berechnung des Volumens:</u> - Die letale Dosis an Methanol liegt bei $100 \frac{\text{mg}}{\text{kg Körpergewicht}}$ pro Tag, das entspricht 7000 mg Methanol bei einer 70 kg schweren Person. $V(\text{Cola}) = \frac{7000 \text{ mg}}{14,1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} = 496,5 \text{ L}$ - Eine 70 kg schwere Person dürfte ca. 496 L aspartamhaltige Cola trinken, ohne dadurch die letale Dosis zu überschreiten. <u>Beurteilung des Risikos einer Methanolvergiftung:</u> - Theoretisch müsste man über 496 L eines aspartamhaltigen Cola-Getränk trinken, um den letalen Bereich von Methanol zu erreichen. - Es ist bei dieser Menge – trotz der Anreicherung im Körper – nicht möglich, dass es durch den Verzehr eines aspartamhaltigen Cola-Getränks zu einer Methanolvergiftung kommt.	1	2 2 2	2
	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	1			
2	16			
3		4		
4	2, 8	8	8	7
5	17			3

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.