

# Abiturprüfung 2025

## Chemie

**Arbeitszeit: 180 Minuten**

Der Fachausschuss wählt jeweils eine Aufgabe aus den Aufgabenblöcken A, B und C zur Bearbeitung aus.

Als Hilfsmittel dürfen das Periodensystem, ein zugelassener Taschenrechner, eine vom Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus genehmigte, unveränderte naturwissenschaftliche Formelsammlung und ein Rechtschreibwörterbuch Deutsch, das nach Erklärung des Verlags die aktuellen amtlichen Regeln vollständig umsetzt, verwendet werden.

**Bei jeder Teilaufgabe steht die maximal erreichbare Anzahl von Bewertungseinheiten (BE).**

Das Aufgabengeheft ist vom Prüfling mit dem Namen zu versehen und mit abzugeben.

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_

## A 1 Sommerblumen

Sommerblumen wie Disteln oder Dahlien dienen nicht nur dekorativen Zwecken. Sie werden auch zum Färben oder zur Ölgewinnung genutzt und sind wichtige Nahrungsquellen für Bienen, die aus ihrem Nektar Honig herstellen.

- 1 Aus der Färberdistel (*Carthamus tinctorius*) wird auch Distelöl gewonnen, das zur Herstellung von Kernseifen verwendet werden kann. In der Tabelle sind verschiedene Fettsäuren, die in Distelöl enthalten sind, sowie der Anteil ihrer Reste in Distelöl angegeben.

Tab.: Verschiedene Fettsäuren und Anteil ihrer Reste in Distelöl<sup>1</sup>

Trivialname	systematischer Name	Anteil in %
Myristinsäure	Tetradecansäure	< 0,5
Palmitinsäure	Hexadecansäure	7,0
Stearinsäure	Octadecansäure	2,5
Ölsäure	(Z)-Octadec-9-ensäure	15,0
Linolsäure	(9Z,12Z)-Octadeca-9,12-diensäure	75,0

- 1.1 Formulieren Sie ausgehend von einem Fett-Molekül aus Distelöl die Strukturformelgleichung der Verseifung. [6 BE]
- 1.2 Kernseife auf Distelöl-Basis ist im Gegensatz zu vielen anderen Kernseifen bei Raumtemperatur flüssig. Begründen Sie diesen Sachverhalt auf Teilchenebene unter Verwendung von Skizzen. [7 BE]

- 2 Die Färberdistel (*C. tinctorius*) enthält in ihren Blüten den Farbstoff Carthamin. Mit Carthamin gefärbte Textilien bleichen allerdings leicht aus. Deshalb werden inzwischen synthetische Azofarbstoffe, wie z. B. Chrysoidin, verwendet (Abb. 1).

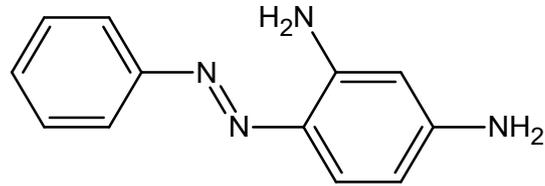


Abb. 1: Strukturformel von Chrysoidin

- 2.1 Die Synthese des Chrysoidins erfolgt ausgehend von Anilin und 1,3-Diaminobenzol in zwei Schritten.

Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die beiden Syntheseschritte und benennen Sie diese. [7 BE]

- 2.2 Textilien, die mit Chrysoidin gefärbt wurden, können mit handelsüblichen Bleichmitteln entfärbt werden. Solche Bleichmittel enthalten in basischer Lösung z. B. Sulfid-Ionen ( $\text{SO}_3^{2-}$ ). Diese Ionen wirken als Reduktionsmittel und werden selbst zu Sulfat-Ionen ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) oxidiert. Bei der Reaktion mit Chrysoidin kommt es zur Spaltung der Farbstoff-Moleküle an der Azogruppe. Als Spaltprodukte entstehen Anilin und 1,2,4-Triaminobenzol.

Formulieren Sie die Teilgleichungen der ablaufenden Redoxreaktion. Nicht beteiligte Molekülteile können mit R abgekürzt werden. [6 BE]

- 3 Die unterirdischen Speicherorgane der Dahlien enthalten als Reservestoff Inulin (Abb. 2). Das Polysaccharid Inulin besteht aus 60 bis 100 Monosaccharid-Bausteinen. Es wird zur Gewinnung von Fructose eingesetzt.

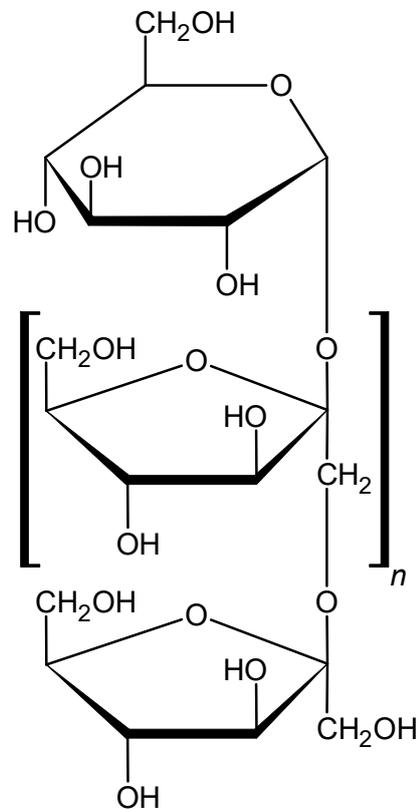


Abb. 2: Strukturformelausschnitt von Inulin

Mit den Kohlenhydraten Inulin und Fructose wird in getrennten Versuchen die Fehling-Probe durchgeführt. Nur in einem Fall verläuft der Nachweis positiv.

Beschreiben Sie die Durchführung der Fehling-Probe und erklären Sie die unterschiedlichen Ergebnisse.

[8 BE]

- 4 Durch Fermentation erzeugen Bienen aus dem Nektar von Sommerblumen Honig. Dieser enthält auch organische Säuren und hat daher einen pH-Wert von ca. 4,5. Verkauft wird Honig u. a. in Behältern aus Weißblech. Dieses Material besteht aus einem Stahlblech (vereinfacht als Eisen zu betrachten), das mit einer dünnen Deckschicht aus Zinn überzogen ist. Beim Entnehmen von Honig aus dem Behälter kann diese Zinnschicht beschädigt werden (Abb. 3).

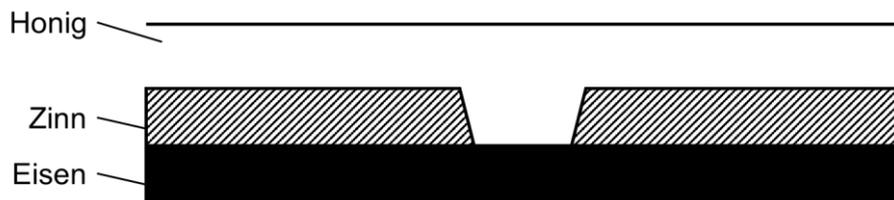


Abb. 3: schematische Darstellung von Weißblech mit einer beschädigten Zinnschicht

Beurteilen Sie die Beschichtung des Stahlblechs mit einer Zinnschicht als Schutzmaßnahme gegen Korrosion unter Einbezug von Abbildung 3.

[6 BE]

[40 BE]

Quelle:

<sup>1</sup> Wikipedia-Autoren (2021). *Distelöl*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Distel%C3%B6l>, aufgerufen am 28.10.2024.

## A 2 Wilde Malve

Die Wilde Malve (*Malva sylvestris*) wird seit langer Zeit nicht nur als Zierpflanze für Gärten, sondern auch als Heilpflanze genutzt. Es werden vor allem die Blütenblätter der Pflanze verwendet (z. B. für Tees und Cremes), in denen antioxidativ wirksame Anthocyan-Blütenfarbstoffe wie das Malvin eingelagert sind.

- 1 Malventee ändert bei Zugabe von z. B. Zitronensaft seine Farbe. In Abhängigkeit vom pH-Wert lassen sich vom Anthocyan-Farbstoff Malvin (Abb. 1) verschiedene Absorptionsspektren messen (Abb. 2).

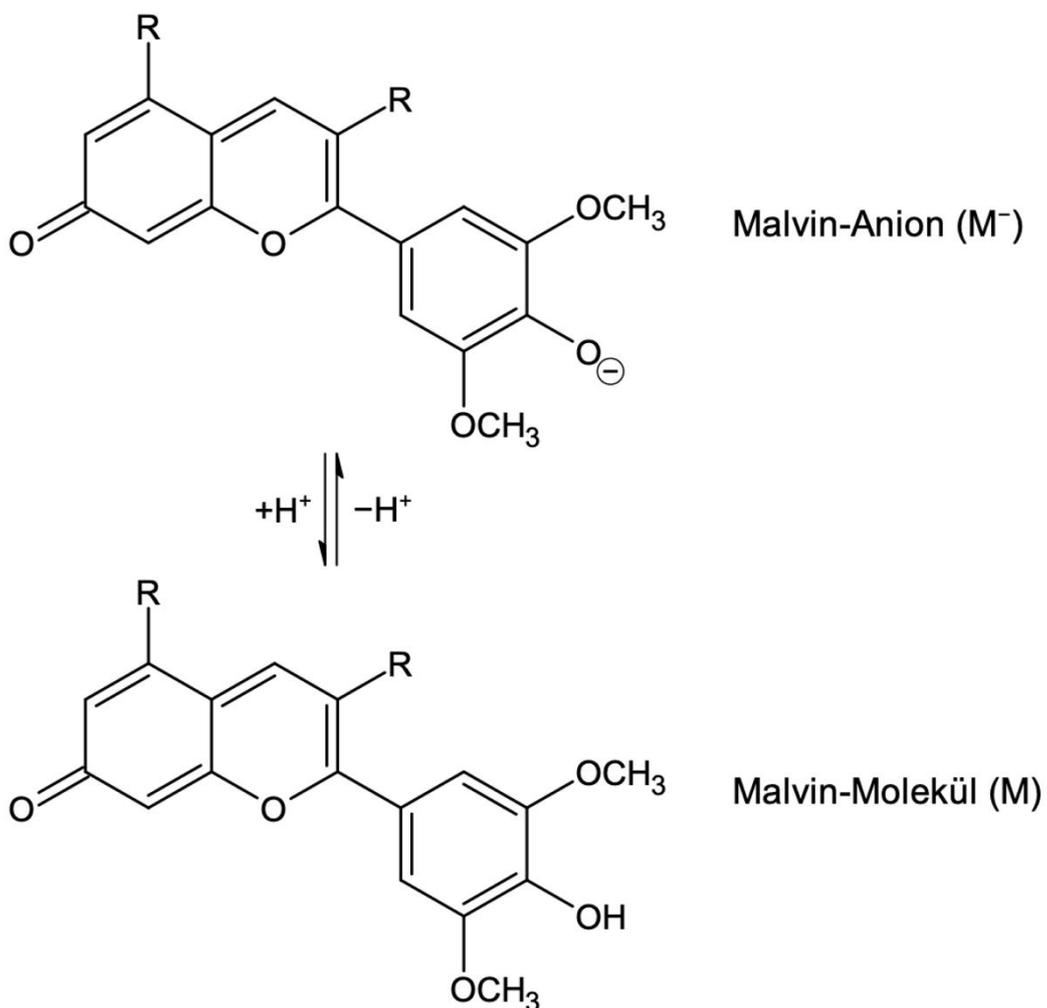


Abb. 1: Strukturformeln des Malvin-Moleküls und des Malvin-Anions

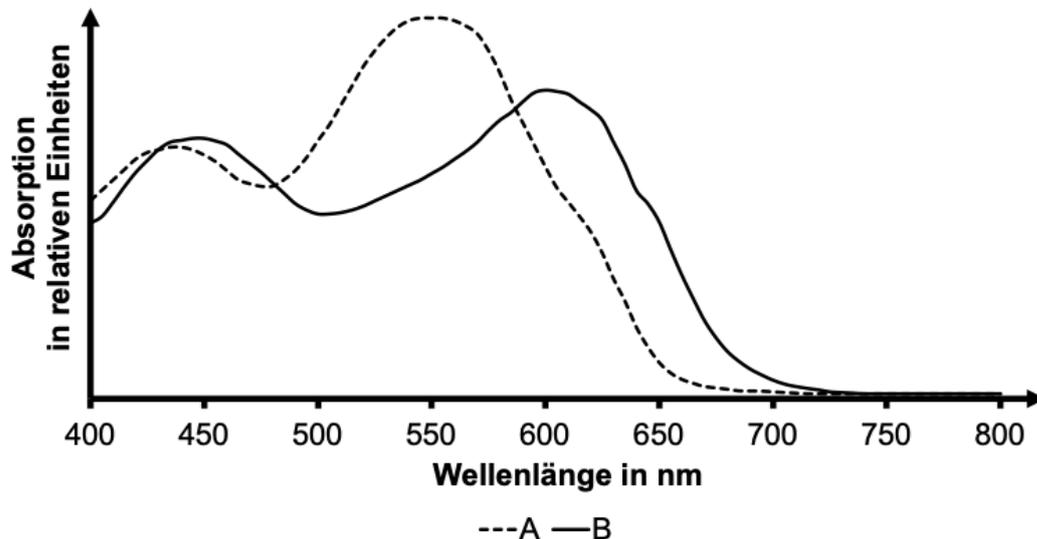


Abb. 2: Absorptionsspektren der beiden Formen von Malvin<sup>1</sup>

Tab. 1: Wellenlängen und Farben des sichtbaren Lichts

Wellenlänge des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Komplementärfarbe
400–440	Violett	Gelb
440–480	Blau	Orange
480–500	Blaugrün	Rot
500–570	Gelbgrün	Purpur
570–590	Gelb	Violett
590–610	Orange	Blau
610–700	Rot	Blaugrün

1.1 Ordnen Sie unter Verwendung von je einer zusätzlichen Grenzstrukturformel die Kurven A und B (Abb. 2) dem Malvin-Molekül bzw. dem Malvin-Anion zu und leiten Sie mithilfe von Tabelle 1 die Farben der beiden Stoffe ab. Betrachten Sie dabei nicht nur die Länge des Chromophors, sondern auch Einflüsse der Substituenten auf die Güte der Delokalisierung.

[10 BE]

1.2 Das Malvin-Molekül enthält bei den in Abbildung 1 mit R gekennzeichneten Molekülteilen je einen glykosidisch gebundenen Monosaccharid-Baustein (Abb. 3).

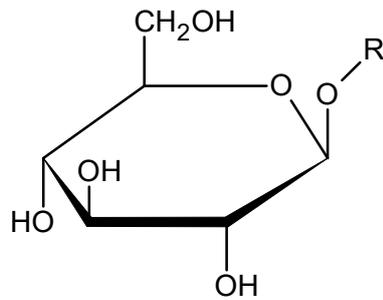


Abb. 3: im Malvin-Molekül glykosidisch gebundener Monosaccharid-Baustein

1.2.1 Formulieren Sie die Fischer-Projektionsformel des Monosaccharids, das bei der sauren Hydrolyse von Malvin entsteht, und benennen Sie dieses. [3 BE]

1.2.2 Beschreiben Sie die Durchführung der Silberspiegel-Probe mit Malvin und formulieren Sie eine Hypothese zu deren Ergebnis. [5 BE]

2 Wird Malvin hydrolysiert, entsteht Malvidin (Abb. 4), das im menschlichen Körper mit reaktiven Sauerstoffspezies wie z. B. Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) reagiert und so u. a. Schädigungen der DNA-Moleküle verhindert. Bei der Reaktion von Malvidin mit Wasserstoffperoxid entsteht Wasser und Malvon (Abb. 4).

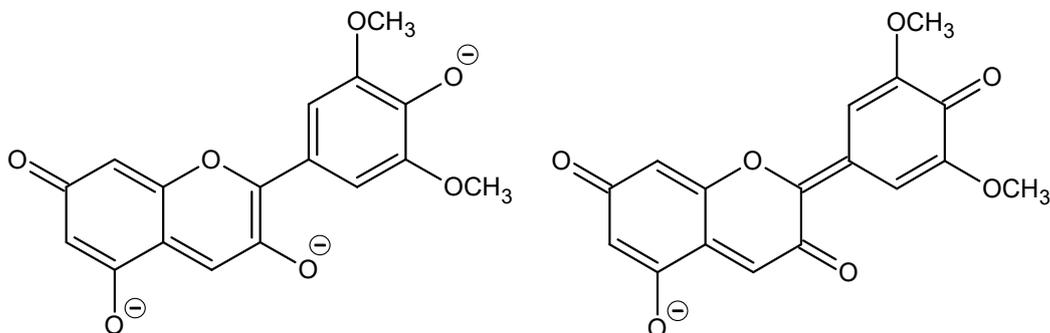


Abb. 4: Strukturformeln von Malvidin (links) und Malvon (rechts)

Formulieren Sie die Teilgleichungen der Reaktion von Malvidin mit Wasserstoffperoxid in basischer Lösung. [5 BE]

3 Bei der Herstellung von Cremes aus Malvenextrakt können die wässrigen Anteile mit verschiedenen Fetten (Tab. 2) zu Emulsionen vermengt werden. Tabelle 3 zeigt die größten Anbauggebiete der zur Fettgewinnung genutzten Pflanzen.

Tab. 2: Anteil verschiedener Fettsäuren in ausgewählten Fetten

Fettsäuren	Anteil in %		
	Kokosfett	Erdnussfett	Haselnussfett
Laurinsäure (Dodecansäure)	45,1–53,2	< 0,1	< 0,1
Myristinsäure (Tetradecansäure)	16,8–21,0	< 0,1	< 0,1
Palmitinsäure (Hexadecansäure)	7,5–10,2	8,0–14,0	5,0–9,0
Stearinsäure (Octadecansäure)	2,0–4,0	1,0–4,5	1,0–4,0
Ölsäure ( <i>(Z)</i> -Octadec-9- ensäure)	5,0–10,0	35,0–69,0	66,0–83,0
Linolsäure ( <i>(9Z,12Z)</i> -Octadeca- 9,12-diensäure)	1,0–2,5	12,0–43,0	8,0–25,0
Linolensäure ( <i>(9Z,12Z,15Z)</i> - Octadeca-9,12,15- triensäure)	< 0,2	< 0,3	< 0,6

Tab. 3: ausgewählte zur Fettgewinnung genutzte Pflanzen und deren zwei größte Anbauggebiete

zur Fettgewinnung genutzte Pflanzen	Anbauggebiete
Erdnuss	China, Indien
Kokosnuss	Indonesien, Philippinen
Haselnuss	Türkei, Italien

3.1 Formulieren Sie die Strukturformel eines chiralen Fett-Moleküls aus Erdnussfett und begründen Sie dessen Chiralität.

[6 BE]

3.2 Als Emulgator für Cremes kann u. a. Cetylalkohol (Hexadecan-1-ol) verwendet werden. Erklären Sie anhand der Strukturformel dessen Eignung als Emulgator. [5 BE]

3.3 Cremes werden häufig auf Basis von Erdnussfett hergestellt. Aufgrund der allergieauslösenden Wirkung empfiehlt das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), die Verwendung von Erdnussfett zu vermeiden. Beurteilen Sie anhand von Tabelle 2 und 3 den Ersatz von Erdnussfett durch Haselnuss- oder Kokosfett sowohl unter Konsistenz- als auch Nachhaltigkeitsaspekten für eine in Deutschland produzierte Creme. [6 BE]

[40 BE]

Quelle:

<sup>1</sup> Dangles, O. O. & Fenger, J. (2018). The Chemical Reactivity of Anthocyanins and Its Consequences in Food Science and Nutrition. *Molecules*, 23(8), 1970.

## B 1 Chemie der Kiwis

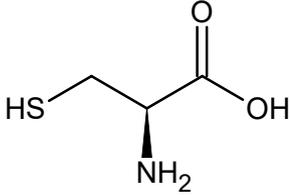
Kiwis (*Actinidia deliciosa*) sind schmackhafte Früchte. Allerdings reagieren ein bis drei Prozent der deutschen Bevölkerung allergisch auf Actinidain, ein protein-spaltendes Enzym in Kiwis.

- 1 Ein Ausschnitt der Aminosäuresequenz von Actinidain ist im Einbuchstaben-Code wie folgt angegeben:

I V G G H E F Q **E C** S Q F S Y

Abb. 1: Ausschnitt der Aminosäuresequenz von Actinidain

Tab. 1: Einbuchstabencode, Trivialname und systematischer Name bzw. Strukturformel ausgewählter Aminosäuren

Einbuchstaben-code	Trivial-name	systematischer Name bzw. Strukturformel
A	Alanin	2-Aminopropansäure
C	Cystein	
E	Glutaminsäure	2-Aminopentandisäure
L	Leucin	2-Amino-4-methylpentansäure
S	Serin	2-Amino-3-hydroxypropansäure

Formulieren Sie den Strukturformelausschnitt für den in Abbildung 1 hervorgehobenen Bereich der Aminosäuresequenz mithilfe von Tabelle 1.

Durch die Verknüpfung von Aminosäure-Bausteinen entsteht eine neue funktionelle Gruppe. Benennen Sie diese und erläutern Sie deren räumlichen Bau unter Verwendung von Grenzstrukturformeln. [7 BE]

- 2 Bei einer allergischen Reaktion auf Actinidain in Kiwis werden durch die Freisetzung von Histamin Symptome wie Schwellungen im Mund- und Rachenbereich verursacht. Abbildung 2 zeigt zelluläre Prozesse, die zur Freisetzung von Histamin führen.

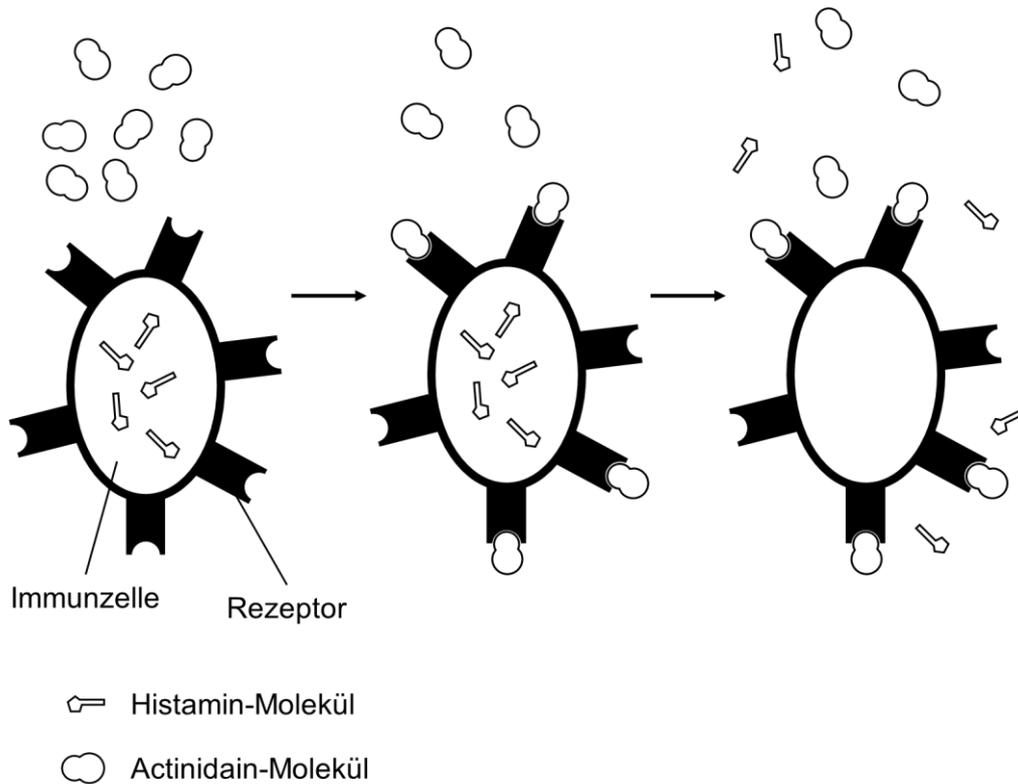


Abb. 2: Schema zur Freisetzung von Histamin durch Actinidain<sup>1</sup>

In allergologischen Studien zeigte sich, dass Personen, die nach Verzehr frischer Kiwi-Produkte allergisch reagieren, nach Verzehr von erhitzten Produkten keine Symptome zeigten.

Formulieren Sie mithilfe von Abbildung 2 eine begründete Hypothese, die diese Beobachtung erklärt.

[5 BE]

- 3 Fügt man Kiwis zu Joghurt hinzu, schmeckt die Mischung bitter. Der bittere Geschmack entsteht, da Actinidain das im Joghurt enthaltene Protein Casein spaltet und dabei bitter schmeckende Produkte entstehen.
- 3.1 In einem Experiment wurde der Abbau von Casein durch Actinidain untersucht. Die Versuchsergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

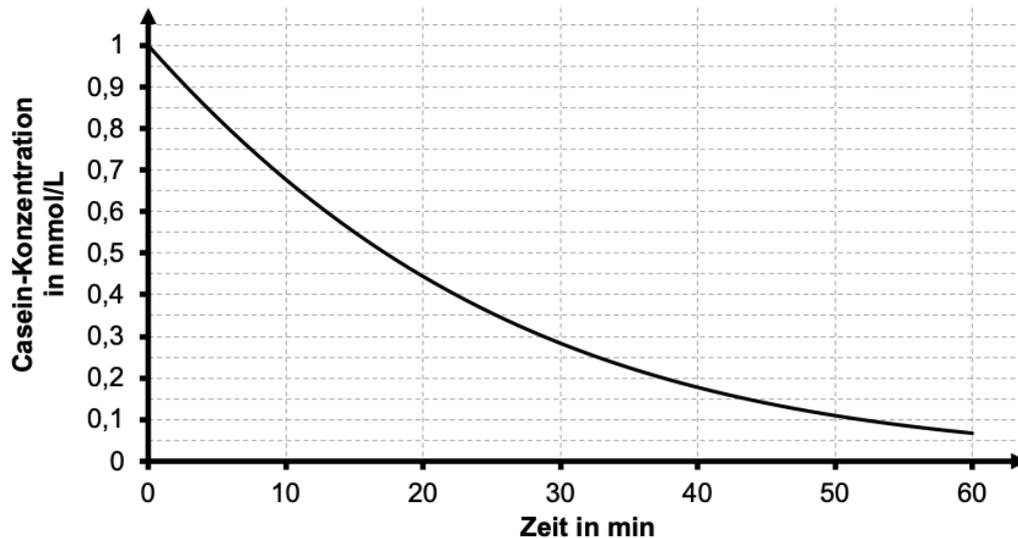


Abb. 3: Abhängigkeit der Casein-Konzentration von der Zeit beim Abbau durch Actinidain<sup>2</sup>

Ermitteln Sie mithilfe von Abbildung 3 die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit im Zeitraum von  $t = 0$  min bis  $t = 30$  min. [4 BE]

3.2 In einer Versuchsreihe wird die Abhängigkeit der Actinidain-Aktivität von der Substratkonzentration untersucht. Die Ergebnisse der Versuchsreihe sind in Abbildung 4 dargestellt.

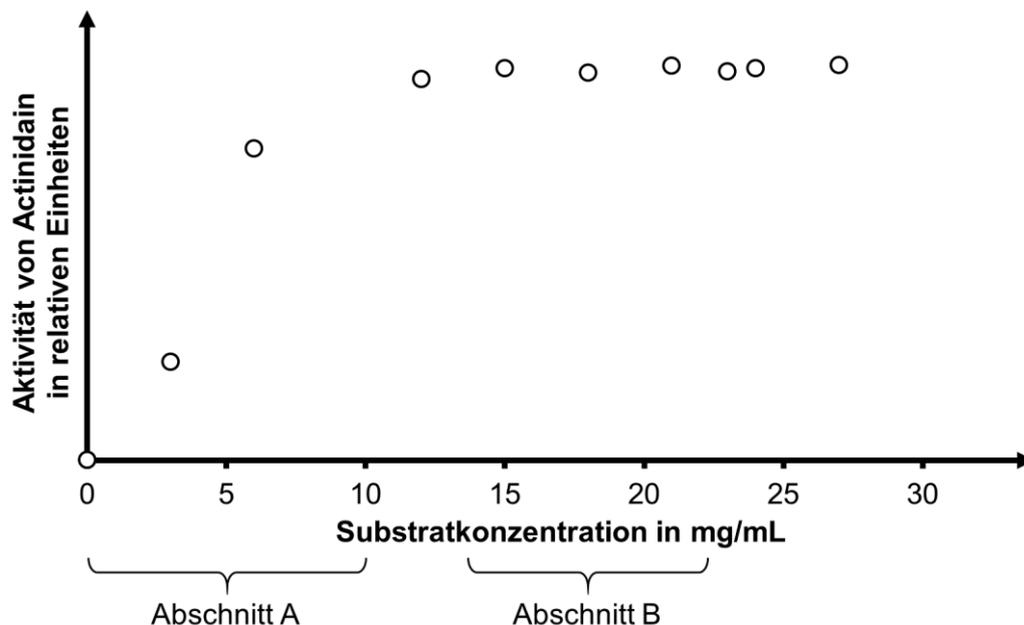


Abb. 4: Abhängigkeit der Actinidain-Aktivität von der Substratkonzentration<sup>3</sup>

Erklären Sie den Verlauf der Messwerte in den Abschnitten A und B unter Verwendung einer Modellvorstellung. [5 BE]

3.3 Durch den Abbau von Casein werden Glycin (IEP = 5,97), Valin (IEP = 6,00), Lysin (IEP = 9,74) sowie 15 weitere Aminosäuren freigesetzt. Sie sollen mithilfe einer Elektrophorese isoliert und identifiziert werden.

Um die Eignung der Elektrophorese hierfür zu überprüfen, wird ein Vorversuch mit einem Aminosäuregemisch aus Glycin, Valin und Lysin durchgeführt. Dieses wird in der Mitte eines Filterpapiers aufgetragen. Anschließend wird für 20 Minuten eine Elektrophorese in einer Pufferlösung mit dem pH-Wert 7,00 durchgeführt. Um die Aminosäuren sichtbar zu machen, werden diese angefärbt.

3.3.1 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des zu erwartenden Versuchsergebnisses unter Berücksichtigung der elektrischen Pole an.

Beurteilen Sie die Eignung dieses Versuchs zur eindeutigen Auftrennung der Aminosäuren von Casein.

[7 BE]

3.3.2 Für die Herstellung von 100 mL der benötigten Pufferlösung stehen 100 mL einer Natriumdihydrogenphosphat-Lösung der Konzentration 1,00 mol/L ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $pK_s = 7,21$ ) und festes Natriumhydrogenphosphat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) zur Verfügung.

Berechnen Sie die Masse an Natriumhydrogenphosphat, die zur Herstellung dieser Pufferlösung benötigt wird.

[7 BE]

- 4 Die aus Actinidain isolierte Aminosäure Glycin (2-Aminoethansäure) liegt in Abhängigkeit vom pH-Wert in verschiedenen Formen vor. Das nachfolgende Diagramm (Abb. 5) zeigt die Konzentrationen der unterschiedlichen Formen in Abhängigkeit vom pH-Wert.

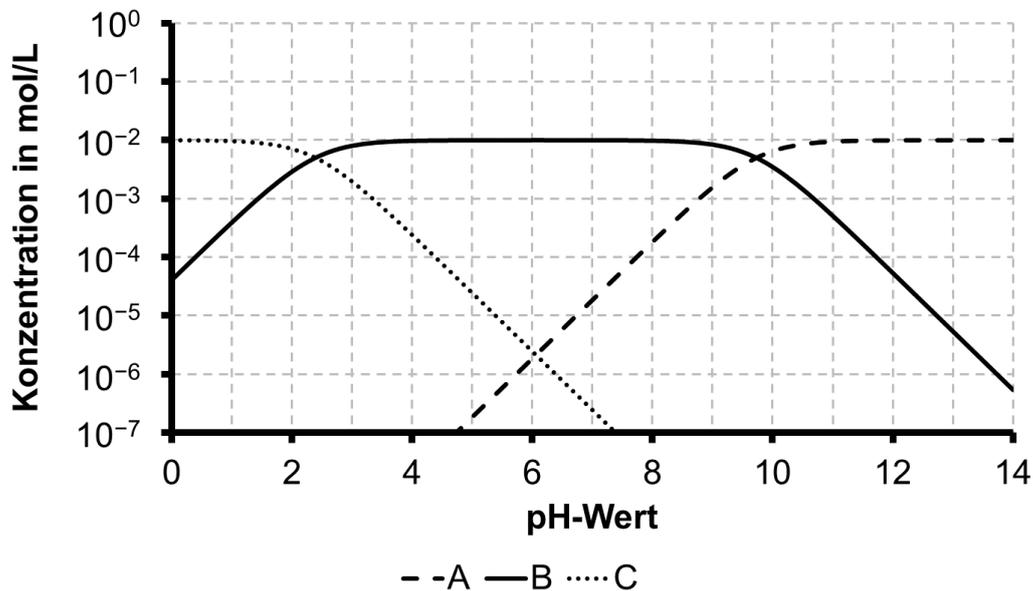


Abb. 5: Abhängigkeit der Konzentrationen der unterschiedlichen Formen von Glycin in Abhängigkeit vom pH-Wert

Formulieren Sie zu den Kurven A bis C jeweils die entsprechende Strukturformel des Glycin-Moleküls und ermitteln Sie aus dem Diagramm den pK<sub>S1</sub>- Wert von Glycin.

[5 BE]

[40 BE]

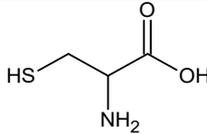
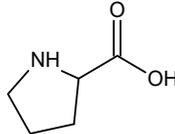
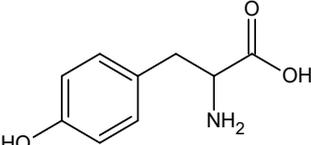
Quellen:

- Wang, J., Vanga, S. K., McCusker, C. & Raghavan, V. (2019). A Comprehensive Review on Kiwifruit Allergy: Pathogenesis, Diagnosis, Management, and Potential Modification of Allergens Through Processing. *Comprehensive Reviews in Food Science And Food Safety*, 18(2), 500–513.
- Martin, H. (2016). Quantification of functional actinidin in whole kiwifruit extract using the selective cysteine proteinase inhibitor E-64. *Journal of Food and Nutrition Research*, 4(4), 243-250.
- Dehkordi, A. M., Bari, M. R., Babaie, G. & Amiri, S. (2021). Application of actinidin as coagulants to produce Iranian white brined cheese: investigating the technological, textural, and sensorial properties. *Journal Of Food Measurement & Characterization*, 16.

## B 2 Oxytocin

Oxytocin ist ein Peptid-Hormon, das im Gehirn gebildet wird und durch das körpereigene Enzym Oxytocinase wieder abgebaut werden kann. Es ist aus acht verschiedenen Aminosäure-Bausteinen aufgebaut (Tab. 1).

Tab. 1: Informationen zu den Aminosäure-Bausteinen des Oxytocins

Drei-Buchstaben-Code	Trivialname	systematischer Name bzw. Strukturformel	iso-elektrischer Punkt (IEP)
Asn	Asparagin	2,4-Diamino-4-oxobutansäure	5,41
Cys	Cystein		5,10
Gln	Glutamin	2,5-Diamino-5-oxopentansäure	5,65
Gly	Glycin	2-Aminoethansäure	5,97
Ile	Isoleucin	2-Amino-3-methylpentansäure	6,02
Leu	Leucin	2-Amino-4-methylpentansäure	5,98
Pro	Prolin		6,30
Tyr	Tyrosin		5,66

- 1 In Abbildung 1 ist eine modellhafte Darstellung des 1953 erstmals künstlich synthetisierten Oxytocin-Moleküls gezeigt.

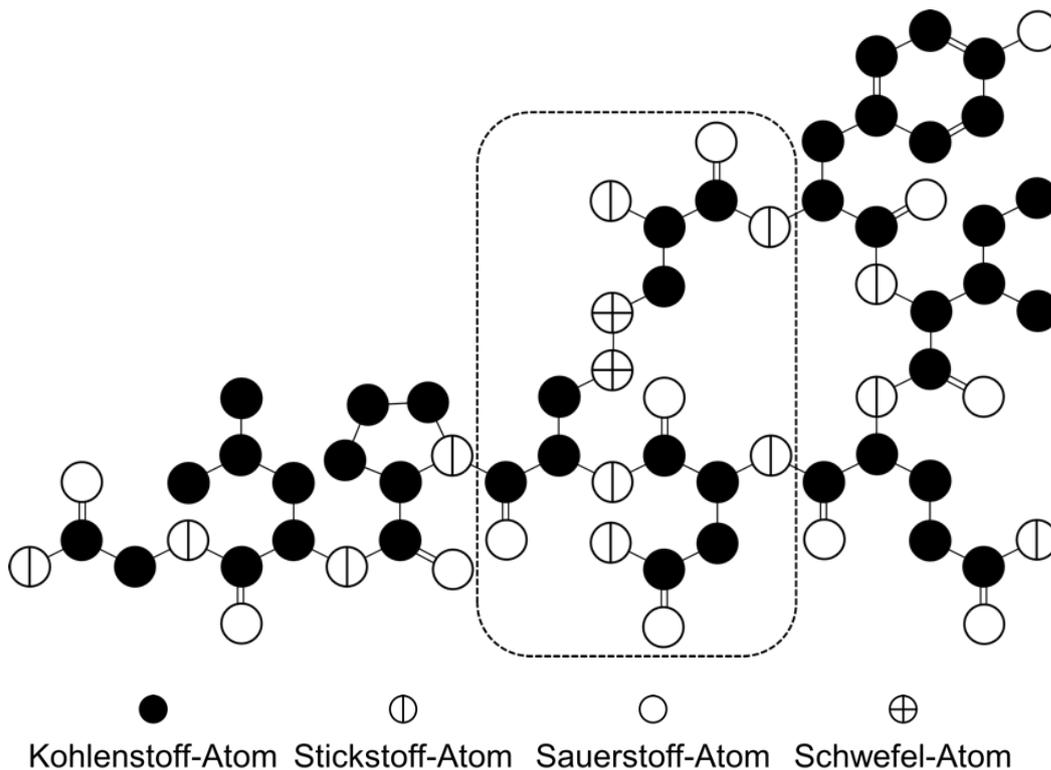


Abb. 1: modellhafte Darstellung des Oxytocin-Moleküls (ohne Wasserstoff-Atome)

- 1.1 Formulieren Sie den in Abbildung 1 markierten Ausschnitt des Oxytocin-Moleküls als Strukturformelausschnitt und benennen Sie die enthaltenen Aminosäure-Bausteine mithilfe von Tabelle 1. Benennen Sie auch die verschiedenen Bindungstypen zwischen den Aminosäure-Bausteinen. [8 BE]
- 1.2 Beschreiben Sie die Durchführung und das zu erwartende Ergebnis eines Experiments zum Nachweis des Proteincharakters von Oxytocin. [3 BE]
- 2 Durch das Enzym Oxytocinase erfolgt ein hydrolytischer Abbau von Oxytocin zu einem Aminosäuregemisch.
- 2.1 Zur Auftrennung dieses Aminosäuregemisches wird das Hydrolyseprodukt auf ein Trägergel aufgebracht, in dem zuvor ein pH-Gradient erzeugt wurde. Anschließend wird an das Gel eine Gleichspannung angelegt. Das Ergebnis dieser sogenannten isoelektrischen Fokussierung ist in Abbildung 2 dargestellt.

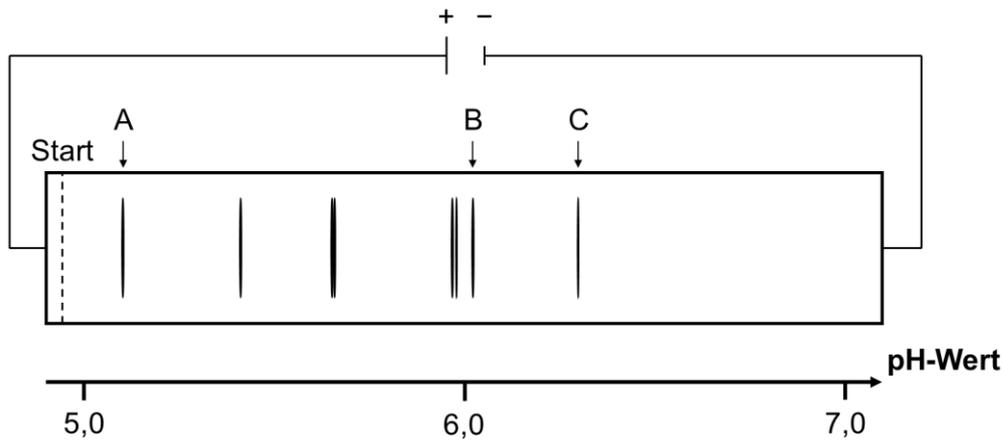


Abb. 2: Versuchsergebnis der isoelektrischen Fokussierung des Oxytocin-Hydrolyseprodukts

Leiten Sie mithilfe von Tabelle 1 ab, um welche Aminosäuren es sich bei A, B und C in Abbildung 2 handelt. Erklären Sie das Wanderungsverhalten von Aminosäure B unter Verwendung von Strukturformeln. [8 BE]

2.2 Zur Untersuchung der Oxytocinase-Aktivität wird ein Experiment mit zwei Versuchsreihen durchgeführt. In Versuchsreihe A wurde die Abhängigkeit der Aktivität der Oxytocinase von der Oxytocin-Konzentrationen untersucht. In Versuchsreihe B wurden die Versuche aus Versuchsreihe A wiederholt, jedoch wurde jedem einzelnen Versuchsansatz zusätzlich eine konstante Stoffmenge des Hemmstoffs Vasopressin zugesetzt. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Versuchsreihe A.

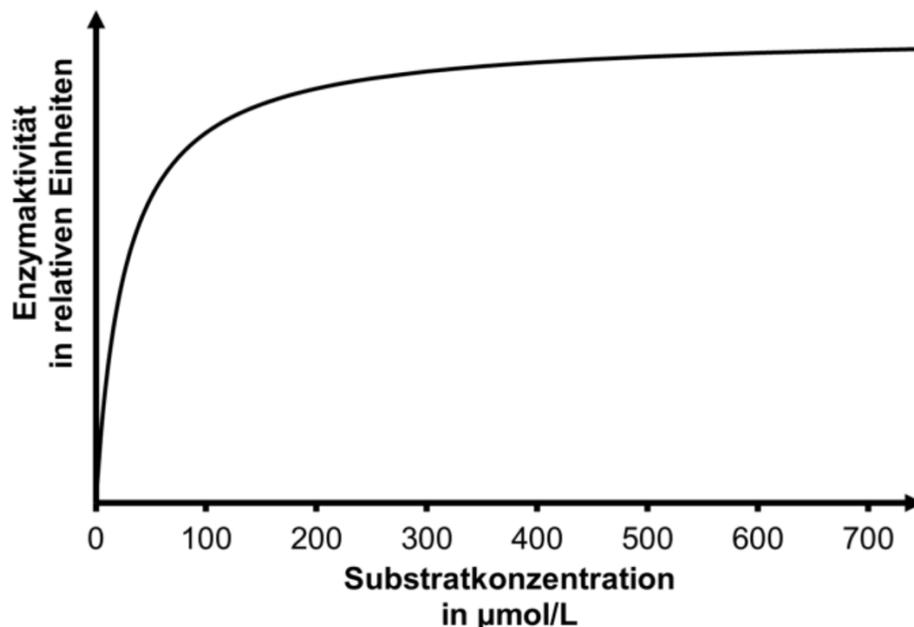
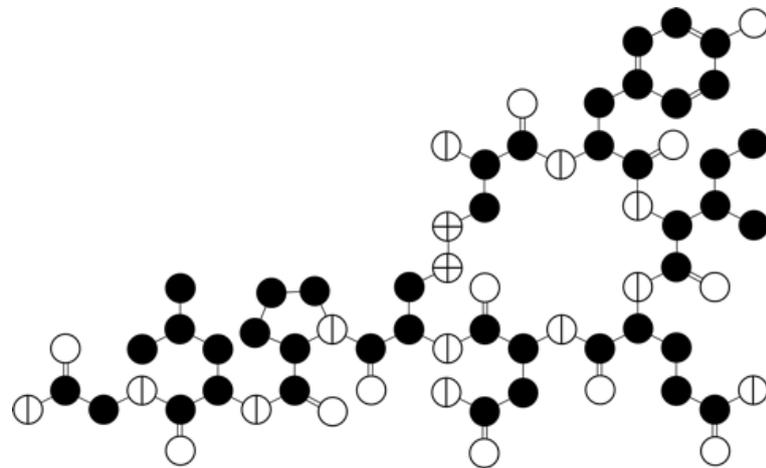
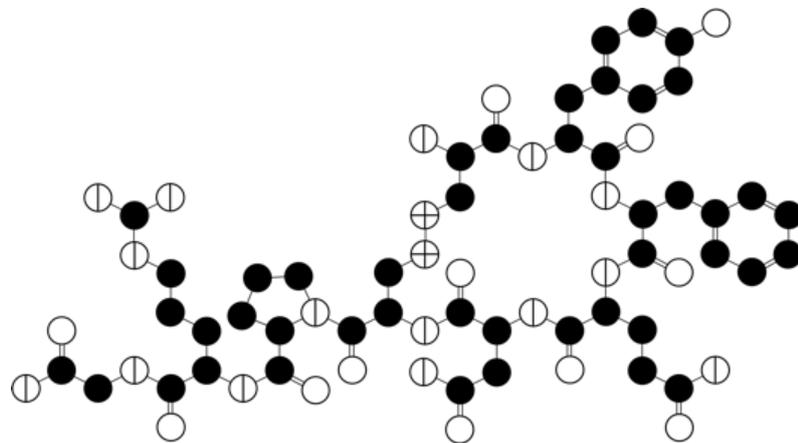


Abb. 3: Abhängigkeit der relativen Enzymaktivität der Oxytocinase von der Oxytocin-Konzentration<sup>1</sup>

Die Moleküle von Oxytocin und Vasopressin sind in Abbildung 4 modellhaft gegenübergestellt.



Oxytocin-Molekül



Vasopressin-Molekül

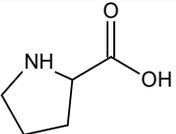
● Kohlenstoff-Atom    ⊖ Stickstoff-Atom    ○ Sauerstoff-Atom    ⊕ Schwefel-Atom

Abb. 4: modellhafte Darstellung eines Oxytocin-Moleküls (oben) und eines Vasopressin-Moleküls (unten); jeweils ohne Wasserstoff-Atome

Stellen Sie mit Hilfe von Abbildung 4 eine Hypothese über die Art der Hemmung durch das Vasopressin auf und zeichnen Sie in Abbildung 3 eine dazu passende weitere Kurve ein. Erklären Sie den abweichenden Kurvenverlauf mit Hilfe einer Modellvorstellung. [8 BE]

- 3 Im Oxytocin-Hydrolyseprodukt ist unter anderem die Aminosäure Prolin enthalten (Tab. 2).

Tab. 2: Informationen zur Aminosäure Prolin

Aminosäure	Strukturformel	$pK_{s1}$	$pK_{s2}$	Isoelektrischer Punkt (IEP)
Prolin		1,95	10,6	6,30

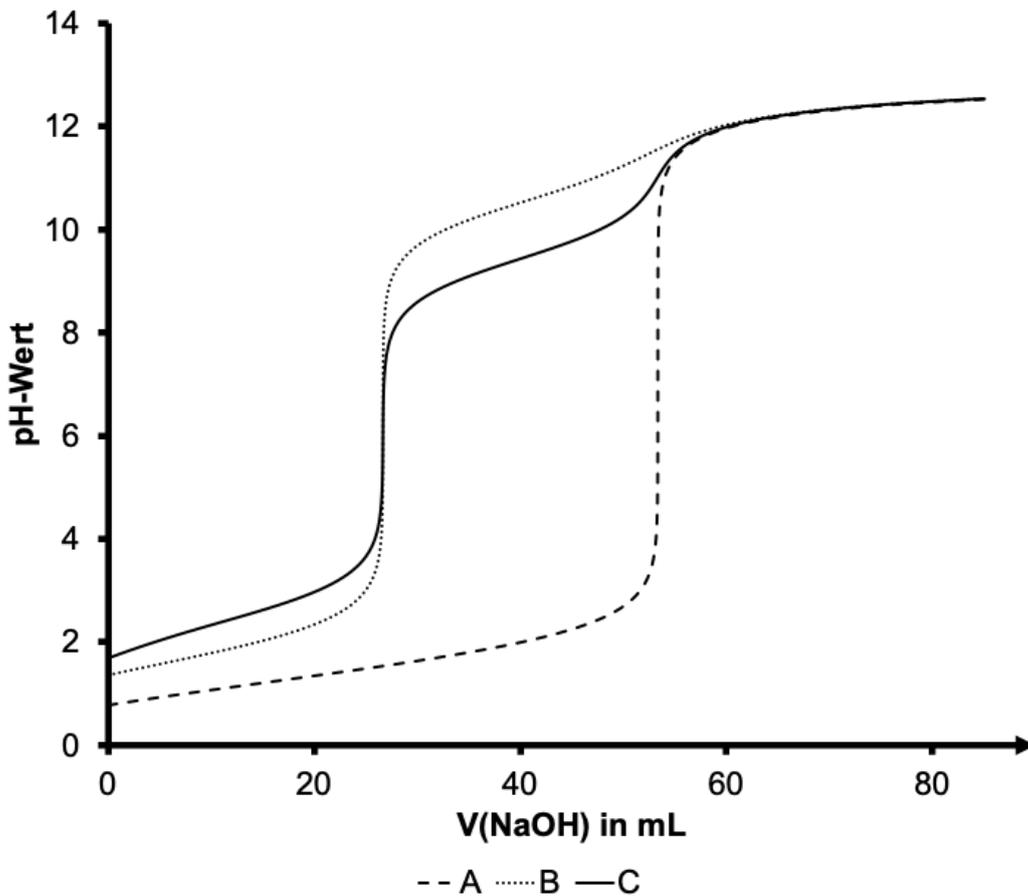


Abb. 5: Titrationskurven dreier Lösungen

- 3.1 Abbildung 5 zeigt drei Titrationskurven bei Zugabe von Natronlauge zu verschiedenen Lösungen.  
Ordnen Sie unter Verwendung von Tabelle 2 eine Titrationskurve anhand von drei charakteristischen Punkten eindeutig einer Prolin-Lösung zu. [5 BE]
- 3.2 Um die Haltbarkeit zu erhöhen, wird Oxytocin in Pufferlösungen mit einem pH-Wert von 4,5 gelagert.  
Beurteilen Sie die Eignung einer Prolin-Lösung als Pufferlösung für Oxytocin. [3 BE]
- 3.3 Bei der Titration einer Prolin-Lösung mit einem Volumen von 40 mL wurden bis zum Farbumschlag des Indikators 10 mL Natronlauge ( $c(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol/L}$ ) verbraucht.  
Berechnen Sie die Konzentration der Prolin-Lösung. [5 BE]
- 
- [40 BE]

Quelle:

<sup>1</sup> Melander, S. (1965). Plasma oxytocinase activity. *European Journal of Endocrinology*, 48(3), 11-94.

## C 1 Phenol

Phenol (Abb. 1) wird nicht nur zur Produktion von Kunststoffen genutzt, sondern auch für die Herstellung von Pikrinsäure, die in der chemischen Analytik eine wichtige Rolle spielt.

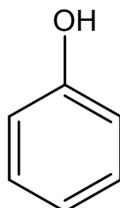


Abb. 1: Strukturformel von Phenol

- Bei der Synthese der Pikrinsäure wird Phenol in Anwesenheit von rauchender Schwefelsäure zweifach sulfoniert (Abb. 2, Schritt 1 und 2). Rauchende Schwefelsäure enthält immer einen Anteil an Schwefeltrioxid, das als Elektrophil an der insgesamt exothermen Reaktion beteiligt ist.

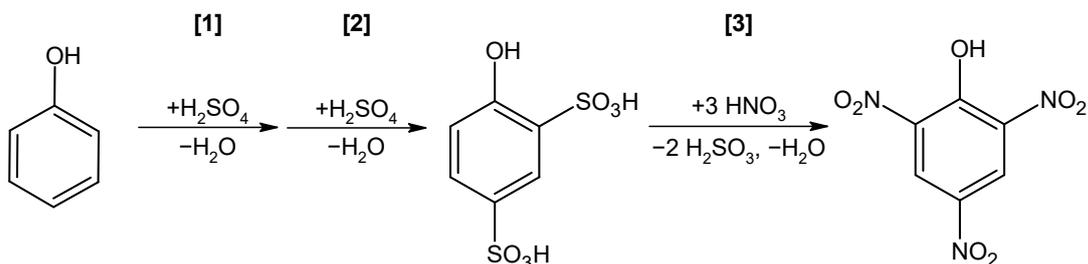


Abb. 2: Reaktionsschema zur Synthese von Pikrinsäure aus Phenol

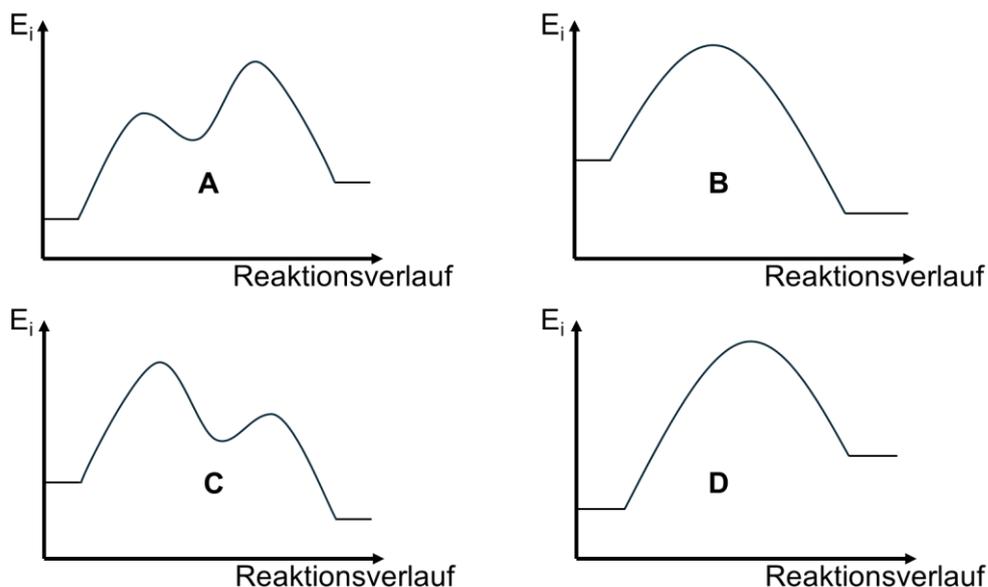
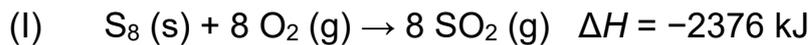


Abb. 3: mögliche Energiediagramme zu Schritt 1 der Synthese von Pikrinsäure

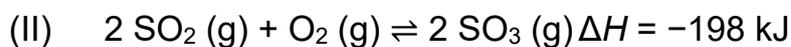
Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für Schritt 1 der Synthese von Pikrinsäure. Ordnen Sie der Reaktion begründet eines der Energiediagramme aus Abbildung 3 zu.

[9 BE]

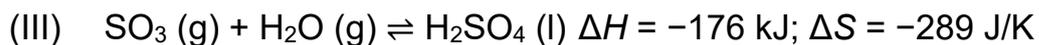
- 2 Die für die Synthese von Pikrinsäure benötigten Stoffe Schwefelsäure und Schwefeltrioxid können großtechnisch durch das Kontaktverfahren hergestellt werden. Dafür wird in einem ersten Schritt (I) durch die Reaktion von Schwefel mit Sauerstoff Schwefeldioxid gebildet:



Das entstehende Gasmisch enthält etwas über 10 % Schwefeldioxid. Schwefeldioxid wird anschließend (II) mithilfe von Vanadium(V)-oxid ( $V_2O_5$ ) als Katalysator zu Schwefeltrioxid umgesetzt:



Schwefeltrioxid reagiert dann mit Wasser zu Schwefelsäure (III):



- 2.1 Erklären Sie mit Hilfe der Gibbs-Helmholtz-Gleichung, dass die Temperatur einen entscheidenden Einfluss auf die Freiwilligkeit von Reaktion (III) hat.

[4 BE]

- 2.2 In einem Modellversuch zum Kontaktverfahren werden die Gleichgewichtskonzentrationen der an der Schwefeltrioxid-Synthese (II) beteiligten Stoffe bei 400 °C ermittelt (Tab. 1).

Tab. 1: Gleichgewichtskonzentrationen der an der Schwefeltrioxid-Synthese beteiligten Stoffe bei 400 °C<sup>1</sup>

Stoff	Konzentration in mol/L
Schwefeldioxid	0,58
Sauerstoff	0,25
Schwefeltrioxid	1,42

Stellen Sie das Massenwirkungsgesetz für die Schwefeltrioxid-Synthese auf und berechnen Sie anhand von Tabelle 1 die Gleichgewichtskonstante.

[4 BE]

- 2.3 In einem weiteren Modellexperiment wird der Einfluss verschiedener Reaktionsbedingungen auf die Einstellung und die Lage des Gleichgewichts bei der Schwefeltrioxid-Synthese (II) untersucht.

Tab. 2: Versuchsbedingungen im Modellexperiment<sup>1</sup>

Ansatz	Temperatur in °C	Katalysator	Druck in bar
1	400	nein	1,0
2	400	ja	1,0
3	600	nein	1,0

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse dieses Modellexperiments.

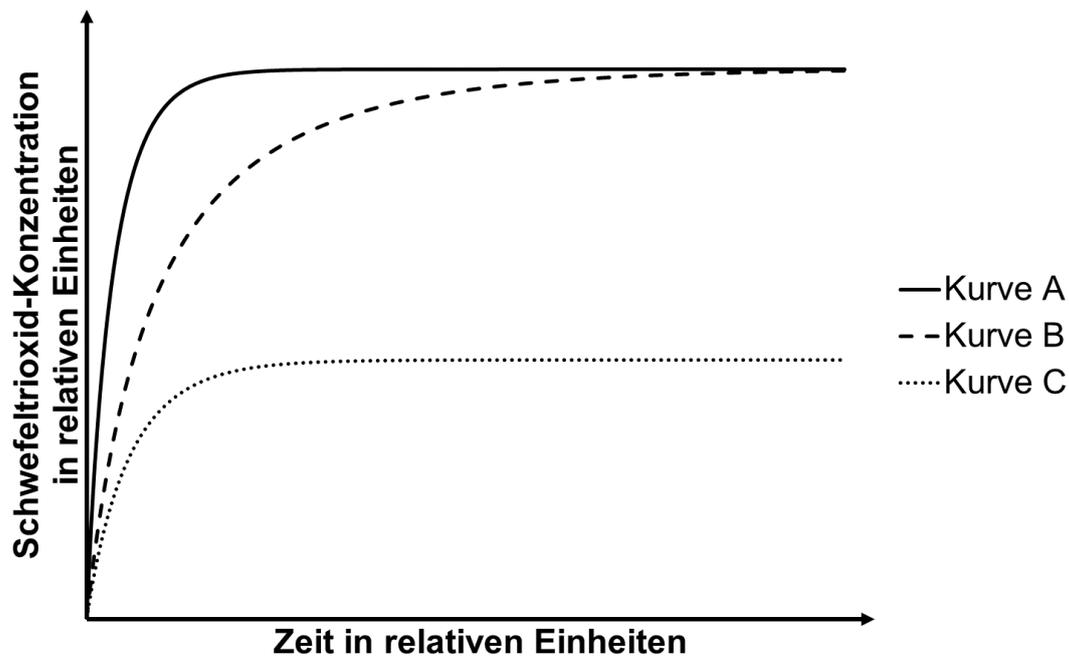


Abb. 4: Abhängigkeit der Schwefeltrioxid-Konzentration von der Zeit<sup>1</sup>

Ordnen Sie die drei Versuchsansätze den Kurven im Diagramm begründet zu. Beurteilen Sie den Einfluss einer Druckerhöhung auf die Lage des Gleichgewichts bei Ansatz 3. [8 BE]

- 3 Ausgehend von Phenol können die Kunststoffe Perlon (Abb. 5) und Bakelit (Abb. 6) hergestellt werden.

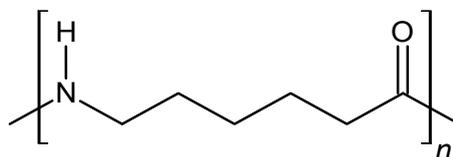


Abb. 5: Strukturformelausschnitt von Perlon

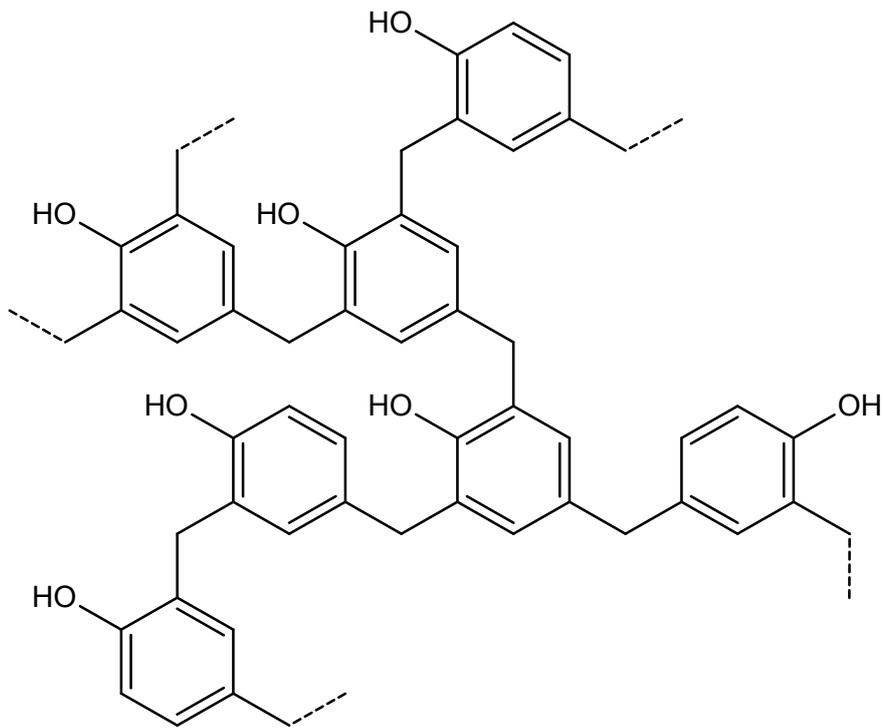


Abb. 6: Strukturformelausschnitt von Bakelit

3.1 Phenol dient bei der Perlon-Synthese als Ausgangsstoff für die Herstellung des Monomers  $\epsilon$ -Caprolactam. Im ersten Schritt der Synthese kommt es zu einer katalytischen Hydrierung von Phenol, bei der ein Gemisch aus Cyclohexanon und Cyclohexanol entsteht. Aus Cyclohexanon wird anschließend in mehreren Schritten  $\epsilon$ -Caprolactam gebildet (Abb. 7).

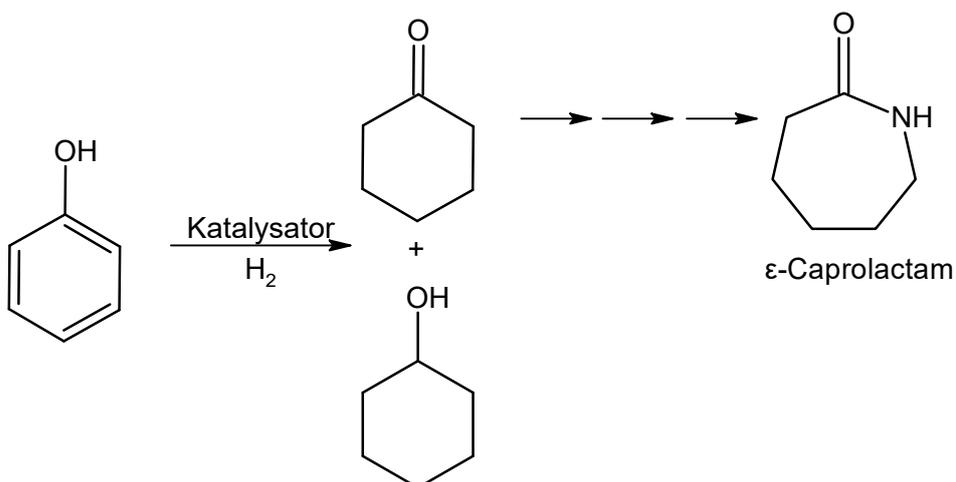


Abb. 7: Reaktionsschema der Bildung von  $\epsilon$ -Caprolactam aus Phenol

3.1.1 Erklären Sie die Aciditätsunterschiede von Phenol ( $pK_s = 10$ ) und Cyclohexanol ( $pK_s = 16$ ) mit Hilfe von mesomeren Grenzstrukturen. [5 BE]

- 3.1.2 Im ersten Schritt der Perlon-Synthese wird durch Wasserzugabe ein geringer Teil des  $\epsilon$ -Caprolactams hydrolysiert. Anschließend kommt es in einer Polyreaktion zur Perlon-Bildung.  
Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von  $\epsilon$ -Caprolactam mit Wasser und benennen Sie das Reaktionsprodukt. [4 BE]
- 3.2 Erklären Sie die Unterschiede im thermischen Verhalten der Kunststoffe Perlon und Bakelit. [6 BE]
- 
- [40 BE]

Quelle:

<sup>1</sup> Zaker, M. R. (2020). Modelling and multi-objective optimization of the sulphur dioxide oxidation to the sulphur trioxide process (Doctoral dissertation, Université d'Ottawa/University of Ottawa).

## C 2 Antiseptika

Antiseptika sind chemische Stoffe, die in der Medizin zur Verhinderung von Wundinfektionen eingesetzt werden.

- 1 Zur Behandlung von oberflächlichen Schürfwunden können sog. Wund- und Heilsalben eingesetzt werden. Diese enthalten neben antiseptisch wirkenden Substanzen wie Chlorhexidin (Abb. 1) manchmal auch Wirkstoffe wie Pramocain (Abb. 2), die schmerzlindernd wirken.

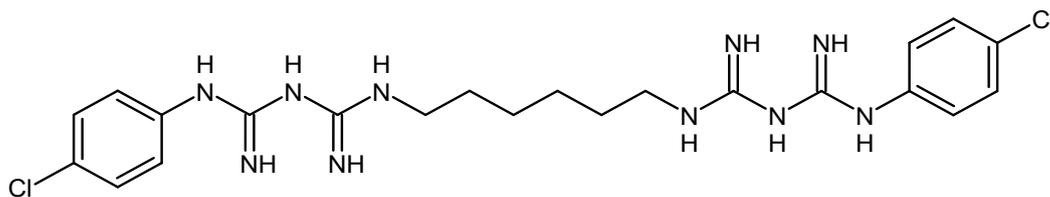


Abb. 1: Strukturformel von Chlorhexidin

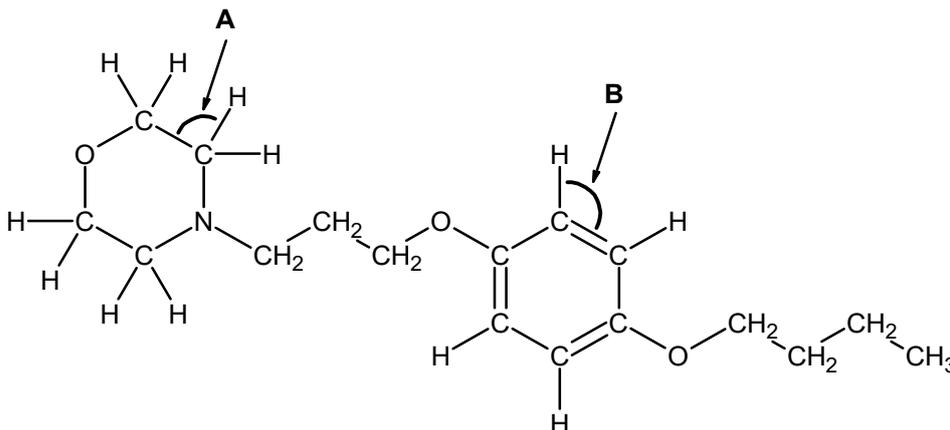
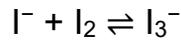


Abb. 2: Strukturformel von Pramocain

- 1.1 Im ersten Schritt der Synthese von Chlorhexidin (Abb. 1) wird Benzol zu Chlorbenzol umgesetzt. Formulieren Sie für diesen Reaktionsschritt den Reaktionsmechanismus. [6 BE]
- 1.2 Schätzen Sie die Größe der beiden markierten Bindungswinkel A und B im Pramocain-Molekül (Abb. 2) ab und begründen Sie Ihre Angabe. [4 BE]

- 2 Auch Iod kann zur Desinfektion von Wunden eingesetzt werden. Früher wurde dazu u. a. Lugolsche Lösung verwendet. Dabei handelt es sich um eine Mischung aus in Wasser gelöstem Kaliumiodid und Iod. In der Lösung stellt sich das folgende Gleichgewicht ein:



- 2.1.1 Die Bildung des Triiodid-Anions ( $\text{I}_3^-$ ) verläuft exergonisch.

Leiten Sie für die Enthalpieänderung  $\Delta H$  und die Entropieänderung  $\Delta S$  dieser Reaktion jeweils ab, ob deren Werte größer oder kleiner Null sind.

[5 BE]

- 2.1.2 In einem Experiment wurden die Gleichgewichtskonzentrationen der verschiedenen Iod-Spezies des oben angegebenen Gleichgewichts in verdünnter und unverdünnter Lugolscher Lösung bei sonst gleichen Bedingungen ermittelt.

Tab.: Gleichgewichtskonzentrationen der Iod-Spezies in Lugolscher Lösung bei unterschiedlicher Verdünnung<sup>1</sup>

	<b>Konzentrationen in mol/L</b>	
	Lugolsche Lösung, unverdünnt	Lugolsche Lösung, 1:100 verdünnt
Iodid	0,42	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Iod	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
Triiodid	0,17	$1,6 \cdot 10^{-3}$

Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante  $K_c$  für das Iod-Iodid-Triiodid-Gleichgewicht der beiden angegebenen Lösungen.

Interpretieren Sie das Ergebnis Ihrer Berechnungen.

[5 BE]

2.2 Ein unter dem Namen Povidon-Iod erhältliches Antiseptikum enthält den Kunststoff PVP (Polyvinylpyrrolidon), der aus Vinylpyrrolidon (Abb. 4) hergestellt wird. Wird PVP Lugolscher Lösung zugesetzt, so bildet sich Povidon-Iod. In diesem Molekül wechseln sich Abschnitte mit und ohne gebundene Triiodid-Anionen ab (Abb. 5).

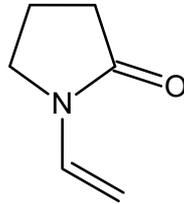


Abb. 4: Strukturformel von Vinylpyrrolidon

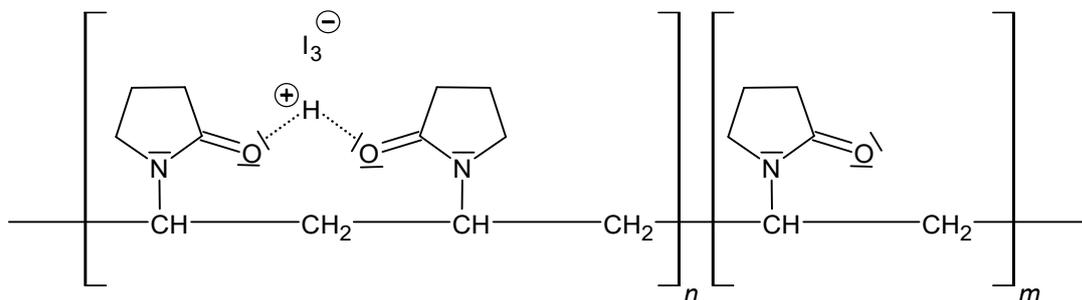


Abb. 5: Strukturformelausschnitt aus Povidon-Iod (Verhältnis n:m ca. 1:18)

Abhängig von den Reaktionsbedingungen lässt sich PVP mit verschiedenen mittleren Molekulmassen herstellen, was sich auf die physikalischen Eigenschaften auswirkt.

Der K-Wert ist dabei eine Größe, mithilfe derer die mittlere Molekulmasse der PVP-Moleküle beschrieben werden kann. Je größer dieser Wert ist, desto größer ist die mittlere Molekulmasse.

2.2.1 Formulieren Sie ausgehend von einem Startermolekül R-R den Reaktionsmechanismus der Synthese von PVP. Erklären Sie eine Möglichkeit zur Steuerung des K-Werts bei der Synthese. [10 BE]

2.2.2 Durch den Zusatz eines zweiten Monomers (Abb. 6) zu Vinylpyrrolidon kann der Kunststoff Crospovidon synthetisiert werden, der zur Herstellung eines antiseptischen Puders verwendet wird.

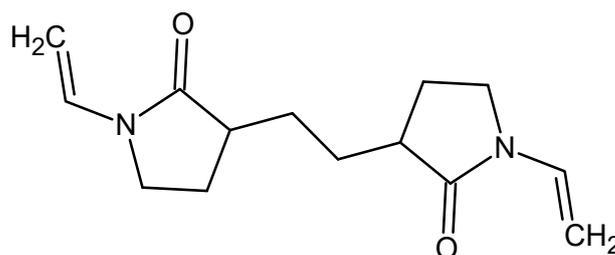


Abb. 6: Strukturformel des zweiten Monomers

Formulieren Sie je eine Hypothese zum Verhalten von Crospovidon sowie PVP beim Erhitzen. [6 BE]

2.2.3 PVP wird auch zur Herstellung von Gelen mit unterschiedlicher Viskosität verwendet. Je höher die Viskosität ist, desto dickflüssiger ist eine Flüssigkeit.

Erklären Sie den Zusammenhang zwischen der Viskosität des Gels und dem K-Wert des eingesetzten PVP bei ansonsten gleichen Bedingungen. [4 BE]

[40 BE]

Quelle:

<sup>1</sup> Themes, U. (2021). Iodine and Iodine-Containing Compounds. Basicmedical Key. <https://basicmedicalkey.com/iodine-and-iodine-containing-compounds/>, aufgerufen am 01.10.24.