

G8 Abituraufgaben Chemie Kohlenhydrate

2011/A1

- 1 Milchzucker (Lactose) kommt in der Kuhmilch mit einem Massenanteil von ca. 4,5 % vor. Personen, die an einer Lactose-Unverträglichkeit leiden, fehlt das Enzym Lactase. Bei der Herstellung von lactosefreier Milch wird dieses Enzym zugesetzt, um das Disaccharid Milchzucker in zwei Monosaccharide aufzuspalten. Bei einem dieser Monosaccharide handelt es sich um D-Galactose, die im Tierreich im Vergleich zu L-Galactose häufig vorkommt. L-Galactose tritt nur vereinzelt im Pflanzenreich, z. B. bei den Schaumkressen (*Arabidopsis sp.*) auf.

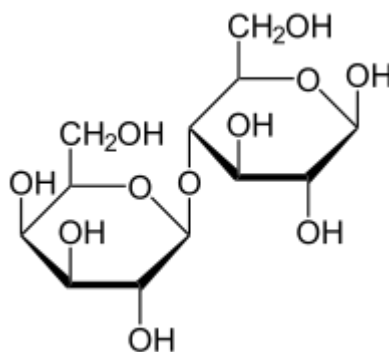


Abb. 1: Haworth-Projektionsformel von Lactose

- 1.1 Stellen Sie die beiden Produkte der beschriebenen enzymatischen Spaltung sowie die L-Galactose jeweils in der Fischerprojektion dar und beschreiben Sie die stereochemischen Beziehungen dieser drei Moleküle zueinander! [9 BE]
- 1.2 Beschreiben Sie das Phänomen der Mutarotation und leiten Sie unter Mitverwendung von Strukturformelgleichungen ab, ob Lactose Mutarotation zeigt! [9 BE]

2012/C1

- 1 Unter Biomasse versteht man alle durch Lebewesen erzeugten organischen Substanzen.
- 1.1 Beim mikrobiellen Abbau pflanzlicher Biomasse entsteht aus Cellulose das Disaccharid Cellobiose. Zeichnen Sie eine Strukturformel der Cellobiose, beschreiben Sie die Durchführung der Fehling-Probe mit Cellobiose und erklären Sie die Beobachtung unter Mitverwendung eines entsprechenden Strukturformelausschnitts! [8 BE]
- 1.2 Hemicellulose ist ein in pflanzlicher Biomasse vorkommendes Gemisch von Polysacchariden, zu denen neben anderen die Xylane gehören. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt eines Xylans. Die Hauptkette besteht aus D-Xylose-Einheiten, die an einigen Stellen mit Essigsäure verestert sind.

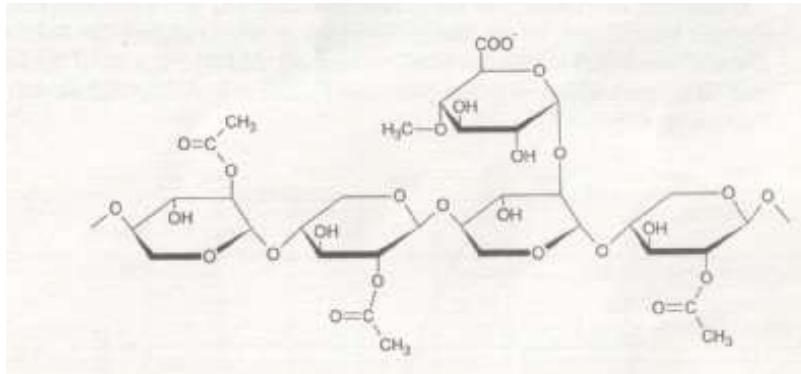


Abb. 1: Strukturformelausschnitt eines Xylans

- 1.2.1 Leiten Sie aus der Abbildung die Art der glycosidischen Bindung in der Hauptkette ab und zeichnen Sie die D-Xylose in der Fischer-Projektion! [5 BE]
- 1.2.2 Als weiteren Monosaccharid-Baustein findet man in Hemicellulosen D-Galactose, deren Molekülbau von dem des D-Glucose-Moleküls nur in der Konfiguration am C4-Atom abweicht. Zur experimentellen Unterscheidung von D-Galactose und D-Glucose stehen ein Polarimeter und verdünnte Salpetersäure zur Verfügung. Verdünnte Salpetersäure oxidiert bei 60 °C selektiv jeweils nur Aldehydgruppen und endständige Hydroxygruppen zu Carboxygruppen. Zeichnen Sie die Fischer-Projektionen der beiden Monosaccharide und Erläutern Sie, wie die beiden Zucker experimentell unterschieden werden können, ohne auf Tabellenwerte zurückzugreifen! [9 BE]

2012/C 2

- D-Glucose kommt in fast allen süßen Früchten vor. Häufig ist sie dabei mit D-Fructose zu Saccharose gebunden. Zur wirtschaftlichen Nutzung wird sie vorwiegend aus stärkehaltigen Pflanzen (z. B. Kartoffeln und Mais) gewonnen.
- 1 Derzeit müssen Batterien von Herzschrittmachern regelmäßig operativ ausgetauscht werden. In Zukunft soll dies durch den Einsatz von Glucose/Sauerstoff-Brennstoffzellen vermieden werden, da sowohl Sauerstoff als auch D-Glucose im Körper ständig zur Verfügung stehen.
- 1.1 In einer Glucose/Sauerstoff-Brennstoffzelle wird im sauren Milieu Glucose am C1-Atom zur Gluconsäure umgesetzt. Formulieren Sie die Teilgleichungen für Anoden- und Kathoden-Reaktion dieser Brennstoffzelle! Nicht an der Reaktion beteiligte Molekülbestandteile können abgekürzt werden. [5 BE]
- 1.2 Bei einem pH-Wert von 7 beträgt das Redoxpotential der Glucose/Gluconsäurehalbzelle $E = -0,364 \text{ V}$. Erläutern Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, wie sich eine Konzentrations-Verringerung von Glucose im Gewebe auf das Redoxpotential der Halbzelle und ihre Reduktionskraft auswirkt! [5 BE]
- 1.3 Bei der Fehling-Probe mit D-Fructose entsteht neben D-Gluconsäure auch D-Mannonsäure. Die Moleküle der beiden genannten Produkte unterscheiden sich nur in der Konfiguration am C-2-Atom. Zeichnen Sie die Fischer-Projektionsformel der D-Gluconsäure sowie der D-Mannonsäure und erläutern Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die Bildung der beiden Säuren bei dieser Fehling-Probe! [7 BE]
- 2 Löst man α -D-Glucose in Wasser, stellt sich nach einiger Zeit ein

Gleichgewicht zwischen den beiden Anomeren der Glucose ein. Die Einstellung des Gleichgewichts kann mithilfe eines Polarimeters verfolgt werden.

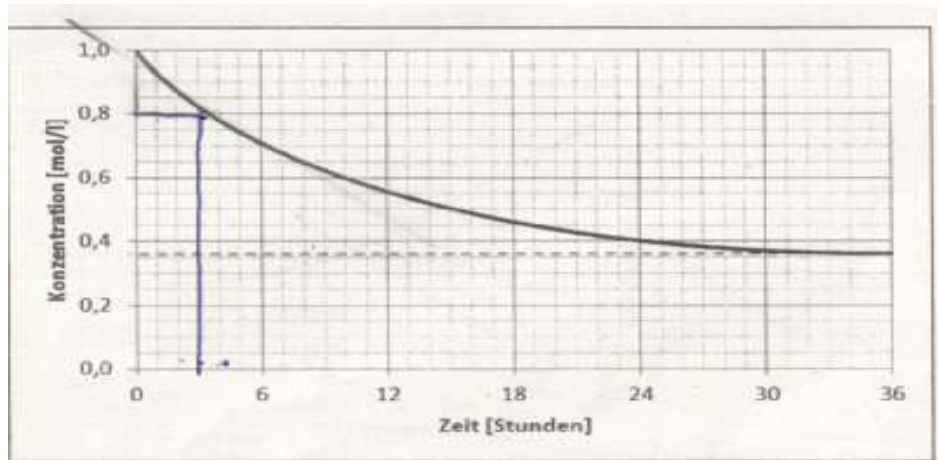


Abb. 1: Veränderung der Konzentration an α -D-Glucose in wässriger Lösung¹

Abbildungen und Tabellen:

1 verändert nach: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/images/mutarot-gg-kin-dr-2.gif>

- 2.1 Benennen Sie das mit dem Polarimeter beobachtbare Phänomen und beschreiben Sie die Vorgänge auf der Teilchenebene, die zu diesem Phänomen führen! [4BE]
- 2.2 Die Ermittlung von Reaktionsgeschwindigkeiten liefert wertvolle Hinweise auf den Reaktionsmechanismus und die Aktivierungsenergie. Bestimmen Sie mithilfe von Abbildung 1 die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit während der ersten 24 Stunden des Experiments sowie die momentane Reaktionsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt $t = 3$ h! [8 BE]

2013/A1 Orangenlimonade

- 1 Bei der Herstellung von Orangenlimonade wird unter anderem Johannisbrotkernmehl zugesetzt, um das Ausfallen von Trübstoffen zu verhindern. Dieser Zusatzstoff besteht überwiegend aus Polysacchariden, die aus den Monosacchariden D-Mannose und D-Galactose aufgebaut sind. D-Mannose unterscheidet sich von D-Glucose nur in der Konfiguration am C²-Atom.

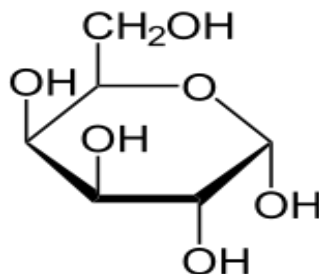


Abb.: Haworth-Projektionsformel von α -D-Galactopyranose

Bei einer wässrigen Lösung von α -D-Mannopyranose lässt sich das Phänomen der Mutarotation beobachten.

- 1.1 Eine Stoffportion von 45 g α -D-Mannopyranose wird bei einer Temperatur von 20 °C in Wasser gelöst. Die Lösung wird anschließend auf 100 ml Endvolumen aufgefüllt. Nach einer gewissen Zeit hat sich ein Gleichgewicht

eingestellt, bei dem die D-Mannose zu 67 % in der α -Pyranoseform, zu 33 % in der β -Pyranoseform und in einem vernachlässigbar kleinen Anteil in der offenkettigen Form vorliegt. Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für das beschriebene Gleichgewicht! Berechnen Sie die

Stoffmengenkonzentrationen der α -D-Mannopyranose und der β -D-Mannopyranose im Gleichgewicht und ermitteln Sie die Gleichgewichtskonstante für das Gleichgewicht zwischen diesen beiden Formen! [11 BE]

- 1.2 Nachdem sich in der in Aufgabe 1.1 beschriebenen Mannopyranose-Lösung das Gleichgewicht (Zustand A) eingestellt hat, wird feste α -D-Mannopyranose zugesetzt. Sobald sich der Stoff vollständig aufgelöst hat, stellt sich wieder ein Gleichgewicht (Zustand B) ein. Beschreiben Sie die auf der Teilchenebene stattfindenden Vorgänge und vergleichen Sie die Stoffmengenkonzentrationen der beteiligten Stoffe sowie die Gleichgewichtskonstanten in den Gleichgewichtszuständen A und B! [6 BE]

- 1.3 Aus α -D-Galactopyranose lässt sich ein Disaccharid herstellen, das keine Mutarotation zeigt.

Zeichnen Sie eine Strukturformel des beschriebenen Disaccharids in der Haworth-Projektion und begründen Sie, weshalb bei einer Lösung dieses Stoffes keine Mutarotation auftritt! [4 BE]

2013/A2

Wein

- 1 Wein wird durch das Vergären von Traubenmost hergestellt. Traubenmost enthält neben Glucose die Pentosen Xylose und Arabinose. In Abbildung 1 sind Stereoisomere dieser Zucker in Fischer-Projektion dargestellt. Bei A handelt es sich um eine Arabinose.

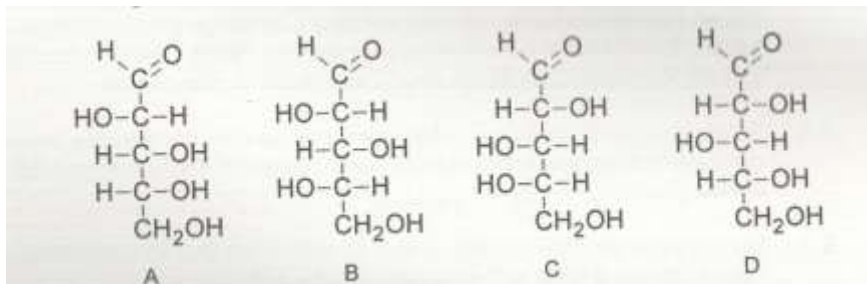


Abb. 1: Stereoisomere von Xylose und Arabinose in der Fischer-Projektion

Beschreiben Sie die stereochemischen Beziehungen der einzelnen Zuckerisomere zu A unter Verwendung von Fachbegriffen und benennen Sie die Zucker! [7 BE]

- 1.2 D-Arabinose liegt in wässriger Lösung fast ausschließlich in der Furanose-Form vor. Zwei dieser Ringe lassen sich über eine β -1,5-glycosidische Bindung zu einem Disaccharid verknüpfen.

- 1.2.1 Zeichnen Sie eine Strukturformel dieses Disaccharids in der Haworth-Projektion! [5 BE]

- 1.2.1 Mit D-Arabinose und dem Disaccharid wird in getrennten Versuchen jeweils die Fehling-Probe durchgeführt.

Beschreiben Sie die Durchführung der Fehling-Probe mit D-Arabinose und erklären Sie, ob die D-Arabinose mit dieser Probe von dem Disaccharid unterschieden werden kann! [6 BE]

2014 B1

- 4 Bei der Charakterisierung von Kohlenhydraten mithilfe der Fehling- Probe spielen Kupfer(II)-Ionen eine wichtige Rolle. Neben anderen Kohlenhydraten kommt im Honig das Trisaccharid Melezitose vor.

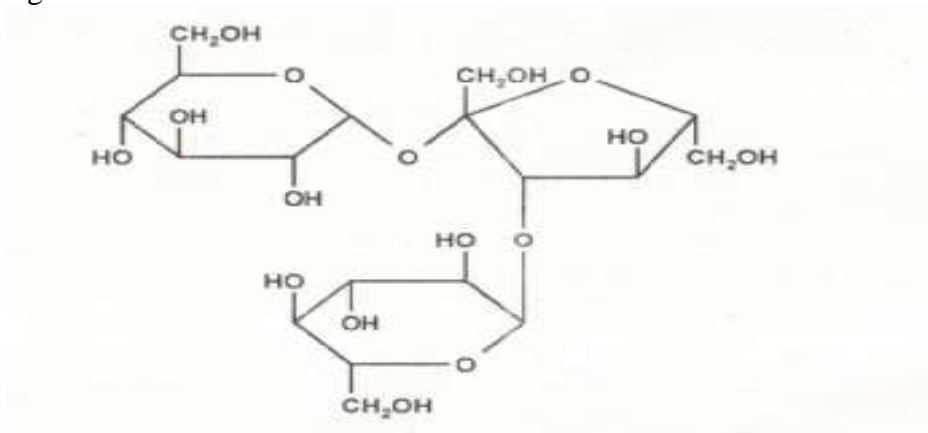


Abb. 2: Strukturformel von Melezitose

Beschreiben Sie die Durchführung der Fehling-Probe mit Melezitose und erklären Sie das zu erwartende Versuchsergebnis! [7 BE]

2014 B2

- 1 Im alten Rom nutzten die Menschen die alkoholische Gärung zur Herstellung berauscher Getränke. Zu diesen Getränken wurden bei Festen u. a. auch süße Leckerbissen, beispielsweise kandierte Früchte, gereicht.
- 1.1 Heute ist bekannt, dass Hefepilze in Abwesenheit von Sauerstoff bei der alkoholischen Gärung Glucose zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid abbauen. Für diesen Abbau werden pro Mol Glucose folgende thermodynamische Daten angegeben:
 $\Delta G^0 = - 228 \text{ kJ/mol}$ **$\Delta H^0 = - 74,4 \text{ kJ/mol}$**
Erstellen Sie die Reaktionsgleichung der alkoholischen Gärung und berechnen Sie die Entropieänderung ΔS^0 dieser Reaktion bei einer Temperatur von 25 °C! Erklären Sie unter Bezug auf die Reaktionsgleichung das Vorzeichen von ΔS^0 ! [6 BE]
- 1.2 Kandierte Früchte können u. a. auch in geringen Mengen Sorbose enthalten.

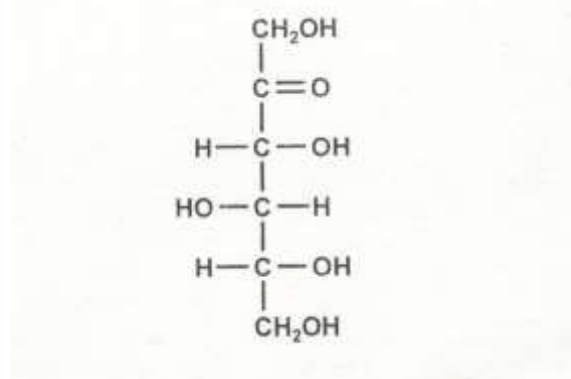


Abb. 1: Strukturformel von D-Sorbose

Zeichnen Sie die Fischerprojektionsformel des Enantiomers eines D-Sorbose-Moleküls und die Haworthprojektionsformel eines α -D-Sorbofuranosemoleküls! [4 BE]

- 3 Färberwaid (*Isatis tinctoria*) wird seit dem Altertum als Pflanze zum Färben kultiviert. In seinem Werk *De bello Gallico* beschreibt Cäsar: „Alle Britannier hingegen färben sich mit Waid blaugrün, wodurch sie in den Schlachten umso furchtbarer aussehen; auch tragen sie lange Haare.“ Die Blätter des Färberwaides enthalten die farblose Substanz Indican, eine Vorstufe von Indigo.

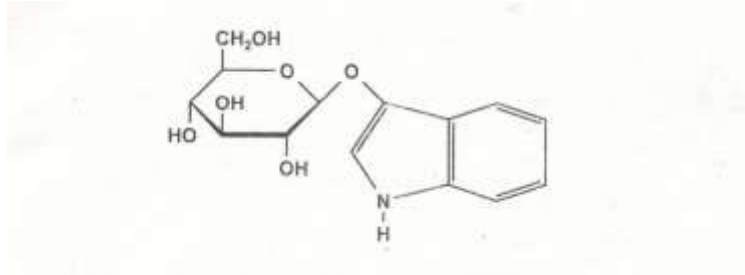


Abb. 2: Strukturformel von Indican

In zwei Versuchsansätzen werden wässrige Lösungen von Indican mit einem Polarimeter untersucht.

Der pH-Wert der Lösung 1 beträgt $\text{pH} = 7$,
der pH-Wert der Lösung 2 beträgt $\text{pH} = 4$.

In einem der beiden Ansätze ändert sich im Verlauf des Experiments der Drehwinkel bis zu einem konstanten Wert, im anderen bleibt er von Anfang an konstant. Ordnen Sie die Beobachtungen den beiden Versuchsansätzen zu und erläutern Sie die Zuordnung!
[11 BE]

2015/B1

- 1 Bei längerer Lagerung von Erfrischungsgetränken kann es zu einer Hydrolyse der darin enthaltenen Saccharose kommen. Der Grad dieser Hydrolyse kann durch die Bestimmung der optischen Aktivität der Lösung ermittelt werden.
Um Vergleichswerte zu erhalten, wird Saccharose in saurer wässriger Lösung vollständig hydrolysiert und währenddessen die optische Aktivität des Versuchsansatzes gemessen. Hierbei ergibt sich folgendes Diagramm

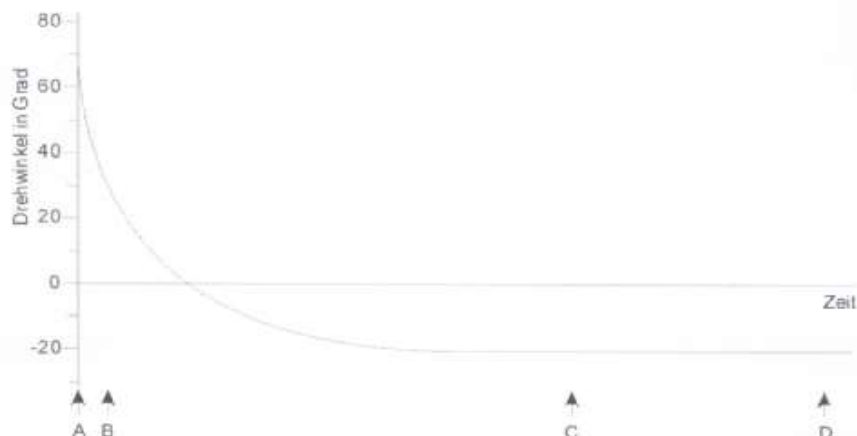


Abb. 1: Veränderung des Drehwinkels während der säurekatalysierten Hydrolyse einer Saccharoselösung

- 1.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die säurekatalysierte Hydrolyse von Saccharose unter Mitverwendung von Haworth-Projektionsformeln und leiten Sie aus dem Diagramm Aussagen über die optische Aktivität der Saccharose und der Produkte ab! [7 BE]
- 1.2 Der Reaktionsverlauf der Hydrolyse kann auch untersucht werden, indem zu den mit A, B, C und D markierten Zeitpunkten Proben aus dem Ansatz entnommen werden, mit denen eine Fehling-Probe durchgeführt wird. Die Fehling-Probe verläuft in Abhängigkeit von der Konzentration der nachzuweisenden Substanzen unterschiedlich stark.
 - 1.2.1 Vergleichen Sie die Ergebnisse der Fehling-Proben bei den Versuchen A, B, C und D und begründen Sie Ihre Aussagen! [8 BE]
 - 1.2.2 Das Redoxpotential des Fehling-Reagenz hängt vom pH-Wert der Lösung ab.
Formulieren Sie die Reduktionsgleichung der Fehling-Probe und berechnen Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, wie sich das Redoxpotential bei Änderung des pH-Wertes von pH = 11 auf pH = 13 ändert! Sie können hierbei von einer Konzentration $c(\text{Cu}^{2+}) = 0,28 \text{ mol/l}$ ausgehen. [9 BE]

2015/B2

- 3 Einweglöffel können aus Kunststoffen auf Stärkebasis hergestellt werden.
 - 3.1 Zeichnen Sie einen zwei Baueinheiten umfassenden Strukturformel-ausschnitt eines Moleküls der Stärke! [3 BE]
 - 3.2 Bei der Herstellung der Einweglöffel wird der Stärke unter anderem D-Sorbit als Weichmacher zugesetzt:

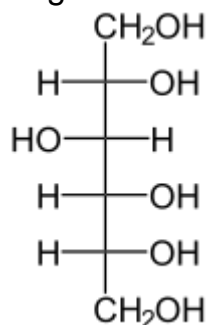


Abb. 4: Fischer-Projektionsformel von D-Sorbit

D-Sorbit kann sowohl durch Reduktion von D-Glucose als auch durch Reduktion von D-Fructose hergestellt werden. Bei der Herstellung von D-Sorbit aus D-Fructose entsteht neben D-Sorbit auch D-Mannit, ein weiteres, zu D-Sorbit isomeres Produkt.

- 3.2.1 Erklären Sie unter Mitverwendung von Fischer-Projektionsformeln, weshalb bei der Reduktion von D-Glucose nur ein Produkt auftritt, bei der Reduktion von D-Fructose hingegen zwei Isomere entstehen, und beschreiben Sie die stereochemische Beziehung zwischen D-Sorbit und D-Mannit! [8 BE]
- 3.2.2 Mit D-Glucose und D-Sorbit wird jeweils die Silberspiegel-Probe durchgeführt.
Beschreiben Sie die Durchführung der Probe, begründen Sie das jeweilige Ergebnis und formulieren Sie für die ablaufenden Reaktionen Reaktionsgleichungen! [8 BE]

2015/C1

Die Sojabohne ist aufgrund ihres hohen Gehalts an verschiedenen Nährstoffenvon großer wirtschaftlicher Bedeutung. Die folgende Tabelle gibt einen Überblicküber die wesentlichen Inhaltsstoffe in einer frischen Sojabohne.

	Anteil [mg/100 g]
Kohlenhydrate	
Glucose, Fructose, Maltose, Lactose	0
Saccharose	396
Oligosaccharide: v. a. Stachyose	9000
Stärke	4
stickstoffhaltige Verbindungen	
Proteine	37000
Harnsäure	190
Purine	63
in den Fettmolekülen gebundene Fettsäuren	
Dodecansäure (Laurinsäure)	22
Tetradecansäure (Myristinsäure)	43
Hexadecansäure (Palmitinsäure)	2314
Octadecansäure (Stearinsäure)	778
Eicosansäure (Arachinsäure, C ₂₀ H ₄₀ O ₂)	65
Docosansäure (C ₂₂ H ₄₄ O ₂) (Behensäure)	22
(Z)-Hexadec-9-ensäure (Palmitoleinsäure)	43
(Z)-Octadec-9-ensäure (Ölsäure)	4973
(Z)-Eicos-11-ensäure (C ₂₀ H ₃₈ O ₂) (Icosensäure)	43
all-(Z)-Octadec-9,12-diensäure (Linolsäure)	11914
all-(Z)-Octadec-9,12,15-triensäure (Linolensäure)	1405

Tab. 1: Anteil verschiedener Nahrungsbestandteile in frischen Sojabohnen:

- 1 Das häufigste Kohlenhydrat in der Sojabohne stellt das Tetrasaccharid Stachyose dar. Es kann folgendermaßen beschrieben werden:

α -D-Galactopyranosyl-(1 \rightarrow 6) - α -D-galactopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- α -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- β -D-fructofuranosid“.

In diesem Molekül sind somit zwei α -D-Galactosemonomere (1 \rightarrow 6) -glycosidisch verknüpft. Diese Einheit ist wiederum (1 \rightarrow 6) -glycosidisch mit einem Glucosemonomer verbunden, an dem über eine (1 \rightarrow 2)-glycosidische Bindung ein Fructosemonomer hängt. Das Monosaccharid Galactose unterscheidet sich in der Fischerprojektion von der Glucose lediglich durch die Stellung der Hydroxygruppe am C⁴-Atom.

- 1.1 Zeichnen Sie die Haworth-Projektionsformel der Stachyose! [6 BE]
- 1.2 Mit Stachyose wird eine Fehling-Probe durchgeführt. Beschreiben Sie die Durchführung der Fehling-Probe und leiten Sie aus der Haworth-Projektionsformel das zu erwartende Versuchsergebnis ab! [7 BE]

2016 A1

2.1

2 Javelwasser, eine wässrige Lösung von Natriumhypochlorit (NaOCl), wird im Handel als Reinigungsmittel zur Abtötung von Bakterien und Pilzen angeboten.

- 2.1 Mit Javelwasser wird ein Experiment durchgeführt:
Bei Ansatz 1 werden 100 ml einer schon länger angesetzten Glucoselösung mit Hefe versetzt. Hefepilze bauen in diesem Experiment Glucose zu Kohlenstoffdioxid und Wasser ab. Zu verschiedenen Zeitpunkten werden Proben entnommen, die Hefe abgetrennt und die erhaltene Lösung mit einem Polarimeter untersucht. Das Ergebnis ist im folgenden Diagramm dargestellt:

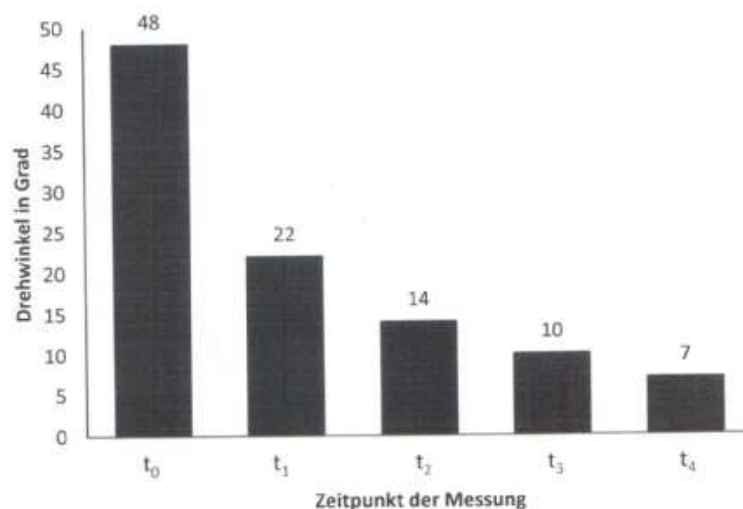


Abb.: Drehwinkel des linear polarisierten Lichts bei Ansatz 1

Bei Ansatz 2 wird im Unterschied zu Ansatz 1 unmittelbar nach der Messung zum Zeitpunkt t₂ Javelwasser zugesetzt.

Erklären Sie die Beobachtung bei Ansatz 1 und stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie sich die Messwerte bei Ansatz 2 im Vergleich

zu Ansatz 1 verändern! Leiten Sie daraus ab, welche Fragestellung mit diesem Experiment geklärt werden kann! [7 BE]

2.2 Zur Herstellung von Natriumhypochlorit wird Chlor in Natronlauge eingeleitet.

Neben Hypochlorit-Ionen (ClO^-) entstehen hierbei Chlorid-Ionen. Stellen Sie über Teilgleichungen die Gesamtreaktionsgleichung für diese Redoxreaktion auf! [5 BE]

2016 A2

2 In Deutschland leidet eine von etwa 500 Personen an einer Unverträglichkeit gegen das in vielen Getreidesorten enthaltene Kleberprotein Gluten. Diese Personen müssen zum Backen glutenfreie Mehle verwenden, denen als Bindemittel zum Beispiel Xanthan zugesetzt wird. Xanthan ist ein verzweigtes Polysaccharid. An jedem zweiten Monosaccharidbaustein der Hauptkette ist ein Trisaccharidbaustein gebunden, der neben einem D-Glucuronsäurebaustein zwei D-Mannosebausteine enthält. Die D-Mannosebausteine sind zum Teil verestert. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus einem Xanthan-Molekül:

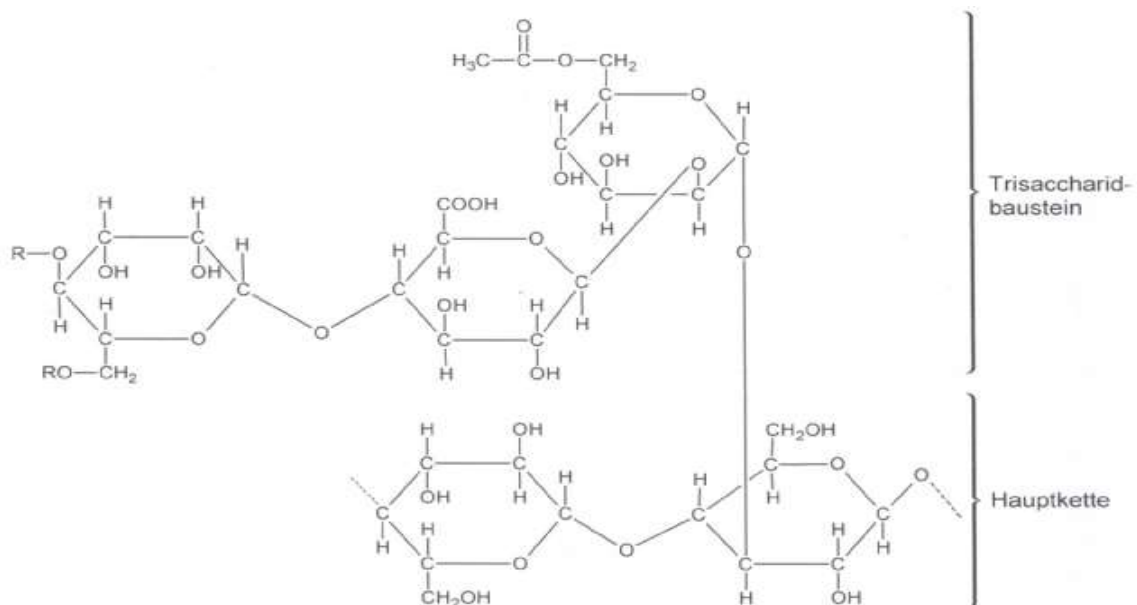


Abb. 2: Strukturformelausschnitt aus einem Xanthan-Molekül

2.1 Benennen Sie den Monosaccharid-Baustein der Hauptkette und geben Sie die Art der glycosidischen Bindung in der Hauptkette an! [4 BE]

2.2 Bei der vollständigen Hydrolyse von Xanthan entsteht unter anderem D-Mannose.

2.2.1 Zeichnen Sie die Fischer-Projektionsformel von D-Mannose! [4 BE]

2.2.2 Eine Stoffportion von 10 mg reiner α -D-Mannose wird bei 20 °C in 10 ml Wasser gelöst und der prozentuale Massenanteil von α -D-Mannose über einen gewissen Zeitraum ermittelt. Die folgende Abbildung zeigt die Messergebnisse:

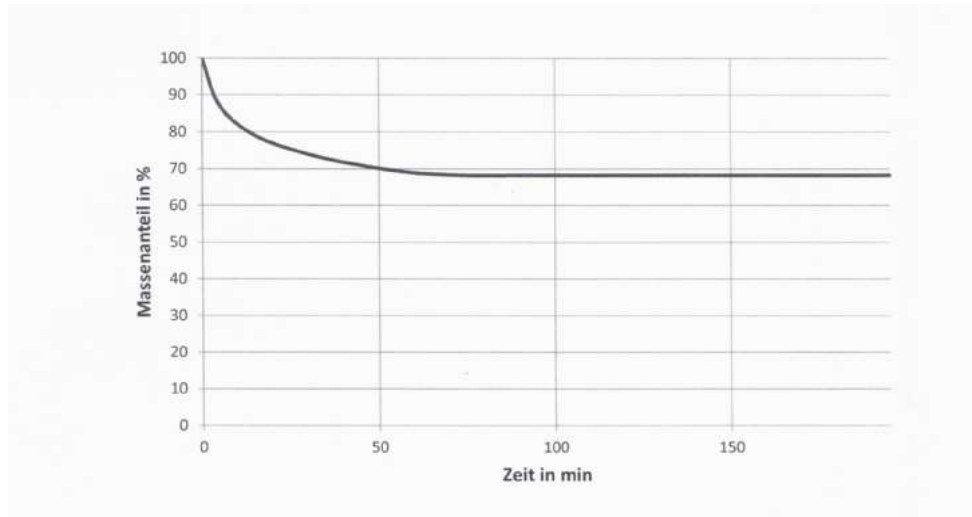


Abb. 3: Prozentualer Massenanteil an α -D-Mannose₁

Ergänzen Sie in Abbildung 3 den Kurvenverlauf für den Massenanteil von α -D-Mannose und beschreiben Sie die Vorgänge auf der Teilchenebene!
[5 BE]

Abbildungen und Tabellen:

₁ verändert nach: J. Pazourek: *Monitoring of mutarotation of monosaccharides by hydrophilic interaction chromatography*. In *J. Sep. Sci.* (2010) 33, S. 974-981

2017/B1

2 Beim Zerschneiden der rohen Wurzelknollen des Manioks wird giftige Blausäure (HCN) freigesetzt. Diese bildet sich neben Aceton (Propanon) und D-Glucose, wenn das in den Knollen enthaltene Glucosid Linamarin hydrolytisch gespalten wird.

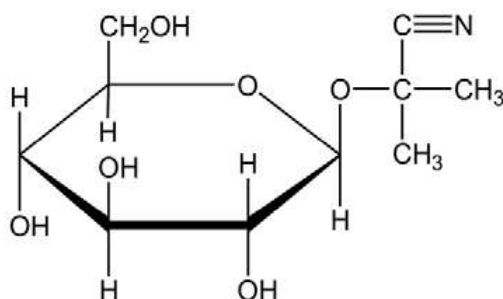


Abb. 1: Strukturformel von Linamarin

2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung dieser Hydrolyse. [5 BE]

- 3.1 In wässriger Lösung stellt sich ein Gleichgewicht zwischen der α - und β -Form der Glucopyranose ein.

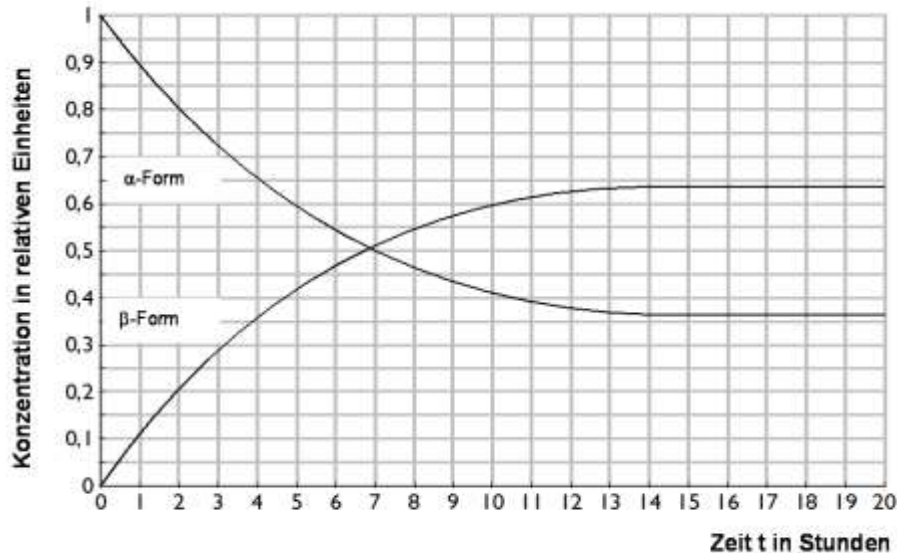


Abb. 3: Konzentration von α - und β -Glucose in Abhängigkeit von der Zeit¹

Erklären Sie den Begriff „dynamisches Gleichgewicht“ und ermitteln Sie mithilfe der Abbildung die Gleichgewichtskonstante K_c für das zugrundeliegende Gleichgewicht. [6 BE]

Abbildungen und Tabellen:

¹verändert nach: A. Wollrab: *Organische Chemie*. Vieweg Verlag Braunschweig/Wiesbaden, 1999, 1. Auflage, S. 677-678

2017/B1

3.2 Ein Verfahren zur Bestimmung der Glucosekonzentration in einer Lösung beruht auf der katalytischen Umsetzung von Glucose mit Sauerstoff zu Gluconsäure ($C_6H_{12}O_7$) und Wasserstoffperoxid. Die Menge angebildetem Wasserstoffperoxid kann amperometrisch an Platinelektroden bestimmt werden.

Bei einem pH-Wert von 7 beträgt das Potential des Redoxsystems Glucose/Gluconsäure $E = -0,36$ V.

3.2.1 Formulieren Sie die Redoxteilgleichung der Reaktion von Glucose zu Gluconsäure und erklären Sie, wie sich eine Erhöhung des pH-Werts auf das Redoxpotential des Redoxsystems Glucose/Gluconsäure und das Reduktionsvermögen der Glucose auswirkt. [9 BE]

3.2.2 Begründen Sie, welche der in der Tabelle gegebenen Redoxsysteme grundsätzlich bei pH = 7 anstelle des Redoxsystems H_2O_2/O_2 zur Bestimmung der Glucose-Konzentration eingesetzt werden könnten.

[5BE]

Tab.: Redoxpotentiale bei pH 7

Redoxsystem	E bei pH = 7
NADH/NAD ⁺	- 0,32 V
FerredoxinRed/FerredoxinOx	- 0,43 V
FerrocenmethanolRed/FerrocenmethanolOx	+ 0,44 V

2017/B2

- 2 Methanol entsteht auch bei der Vergärung pektinhaltiger Früchte. Das Grundgerüst bilden bei vielen Pektinen D-Galacturonsäurebausteine.

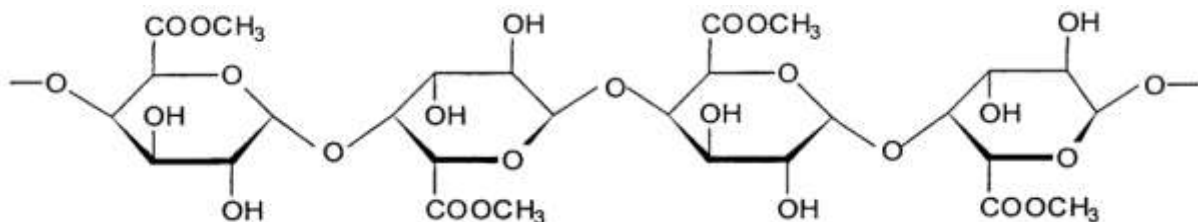


Abb. 4: Ausschnitt aus einem Pektin

- 2.1 Benennen Sie die Art der Verknüpfung der D-Galacturonsäurebausteine im Grundgerüst des dargestellten Pektins und beschreiben Sie, durch welche chemische Reaktion Methanol abgespalten wird. [4 BE]
- 2.2 Galacturonsäure lässt sich aus Galactose durch Oxidation am C6-Atom herstellen.

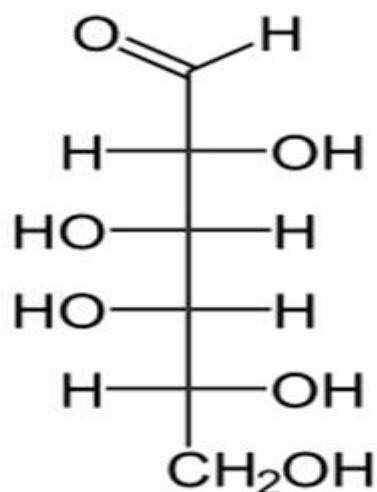


Abb. 5: Fischerprojektion von D-Galactose

- 2.2.1 Als geeignetes Oxidationsmittel dient warme, verdünnte Salpetersäure, welche allerdings auch die Aldehydgruppe oxidieren würde. Daher wird die Aldehydgruppe mit einer Schutzgruppe versehen.

Formulieren Sie die Redoxgleichung für die Reaktion der „geschützten“ Galactose zur Galacturonsäure. Nicht an der Oxidation beteiligte Molekülabschnitte können mit R abgekürzt werden. [4 BE]

- 2.2.2 Stellen Sie die stereochemischen Beziehungen der D-Galactose zur L-Galactose sowie zur D-Glucose unter Verwendung von Fachbegriffen dar. [4 BE]

2018/A1

A 1 Zahnpasta

- 1 Die erste Zahnpasta kam Mitte des 18. Jahrhunderts in den USA auf den Markt. Im Vergleich zu aktuellen Produkten trocknete sie schnell aus. Moderne Zahnpasta enthält deshalb als Feuchthaltemittel D-Sorbit, das Wasser bindet:

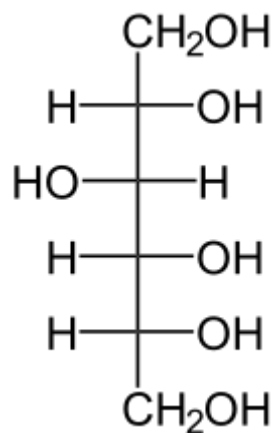


Abb. 1: Fischer-Projektionsformel von D-Sorbit

- 1 Begründen Sie anhand der Molekülstruktur, warum D-Sorbit als Feuchthaltemittel wirkt. [3 BE]
- 1.2 Die folgenden Fischer-Projektionsformeln zeigen Stereoisomere des D-Sorbis:

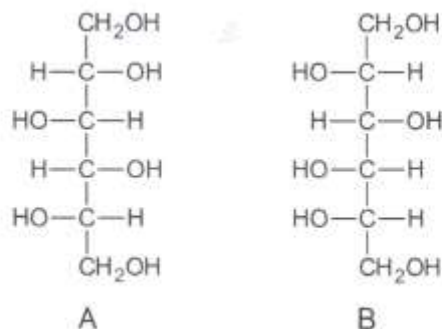


Abb. 2: Fischer-Projektionsformeln von Stereoisomeren zu D-Sorbit

- Erklären Sie, in welcher stereochemischen Beziehung die Moleküle A und B zum D-Sorbit stehen. [4 BE]
- 1.3 D-Sorbit wird im industriellen Maßstab durch die enzymatische Spaltung von Stärke und die anschließende Reduktion der entstandenen Gluco-

semonomere hergestellt. Zeichnen Sie einen charakteristischen Strukturformelausschnitt eines Amylosemoleküls und benennen Sie die Art der glycosidischen Bindung. [4 BE]

2018/A2

- 5 In Kaffeebohnen ist das Oligosaccharid Raffinose enthalten, das aus drei unterschiedlichen Monosacchariden aufgebaut ist.

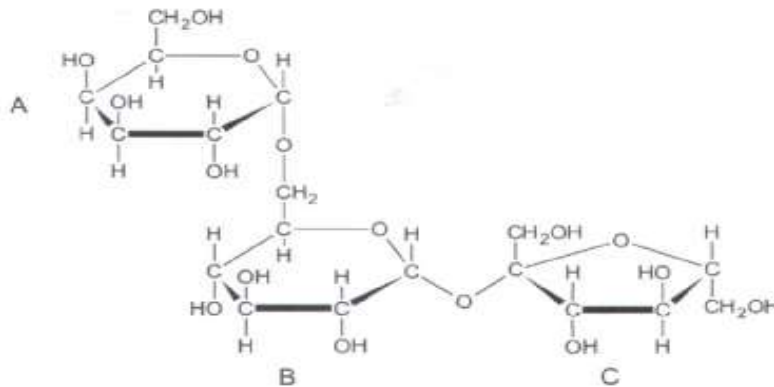


Abb. 4: Strukturformel von Raffinose

- 5.1 Benennen Sie die Monosaccharide B und C und die Art der glycosidischen Bindung zwischen den Monosaccharid-Bausteinen A und B. [4BE]
- 5.2 Durch das Enzym Raffinase wird der Monosaccharid-Baustein A hydrolytisch abgespalten. Erklären Sie, warum die Fehlingsche Probe erst nach der Hydrolyse positiv verläuft. [6 BE]
- 2.2 Um Schadstoffe aus dem Abwasser zu entfernen, können diese z. B. an die in Pflanzenmaterial enthaltene Cellulose gebunden werden. In einer Versuchsreihe wurde die Masse an Schadstoffen bestimmt, die bei gleichen Versuchsbedingungen von unbehandeltem und chemisch modifiziertem (phosphoryliert) Pflanzenmaterial (Flachsschäben bzw. Kokosfasern) gebunden werden kann. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse:

2019 B1

- 2.2 Um Schadstoffe aus dem Abwasser zu entfernen, können diese z. B. an die in Pflanzenmaterial enthaltene Cellulose gebunden werden. In einer Versuchsreihe wurde die Masse an Schadstoffen bestimmt, die bei gleichen Versuchsbedingungen von unbehandeltem und chemisch modifiziertem (phosphoryliert) Pflanzenmaterial (Flachsschäben bzw. Kokosfasern) gebunden werden kann. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse:

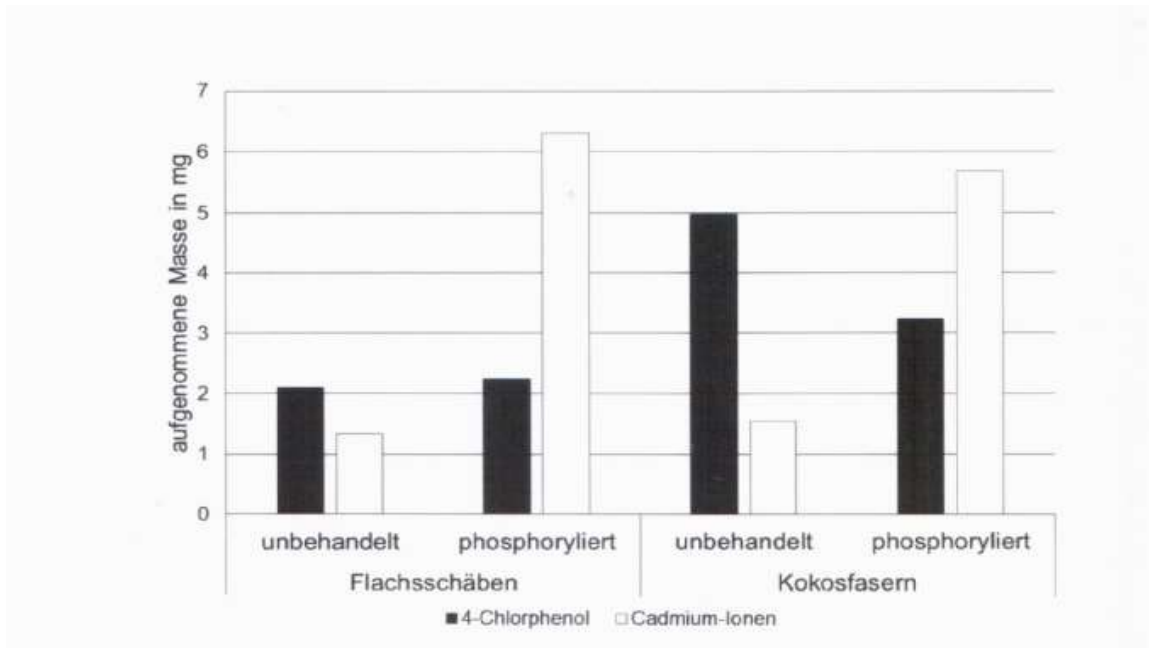


Abb. 1: Aufgenommene Masse an Schadstoffen von verschiedenen Pflanzenmaterialien¹

¹ A. Scope: Einsatz von cellulose- und stärkehaltigen Naturstoffen zur Abwasserklärung. Qucosa (2005), S. 79-81; http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/2118/VerfahrenstechnikScopeAndreas30953_4.pdf, zuletzt aufgerufen am 12.11.2018

- 2.2.1 Zeichnen Sie einen jeweils zwei Monomere umfassenden Strukturformelausschnitt aus einem Cellulose-Molekül und aus einem Cellulosephosphat-Molekül. Cellulosephosphat unterscheidet sich von Cellulose dadurch, dass in den Molekülen anstelle der Hydroxy-Gruppen teilweise Phosphat-Reste ($-OPO_3^{2-}$) vorliegen. [5 BE]
- 2.2.2 Vergleichen Sie die in Abbildung 1 dargestellten Ergebnisse hinsichtlich des Einsatzes von jeweils unbehandeltem und phosphoryliertem Pflanzenmaterial zur Entfernung von Cadmium-Ionen aus Abwässern. Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, mit der die veränderte Aufnahmefähigkeit des Pflanzenmaterials für Cadmium-Ionen nach der Phosphorylierung erklärt werden kann. [5 BE]

2.2.2 Zur Phosphorylierung von 10 Gramm Pflanzenmaterial werden 25 Gramm Phosphorsäure (85 %) eingesetzt. Bewerten Sie auf Basis der Informationen aus Abbildung 1 und der folgenden Tabelle den Einsatz von phosphorylierten Kokosfasern zur Reinigung cadmiumhaltiger Abwässer hinsichtlich der Kriterien „Kosten“ und „Umweltschutz“. [5 BE]

2.2.3

Tab: Preise von Kokosfasern und Phosphorsäure

Material	Kokosfasern	Phosphorsäure (85%)
Preis	0,92 Euro/kg	4,70 Euro/kg

2.3 In einer weiteren Versuchsreihe wird die Anlagerung von Cadmium-Ionen an Reisschalen untersucht. Abbildung 2 zeigt deren Ergebnisse:

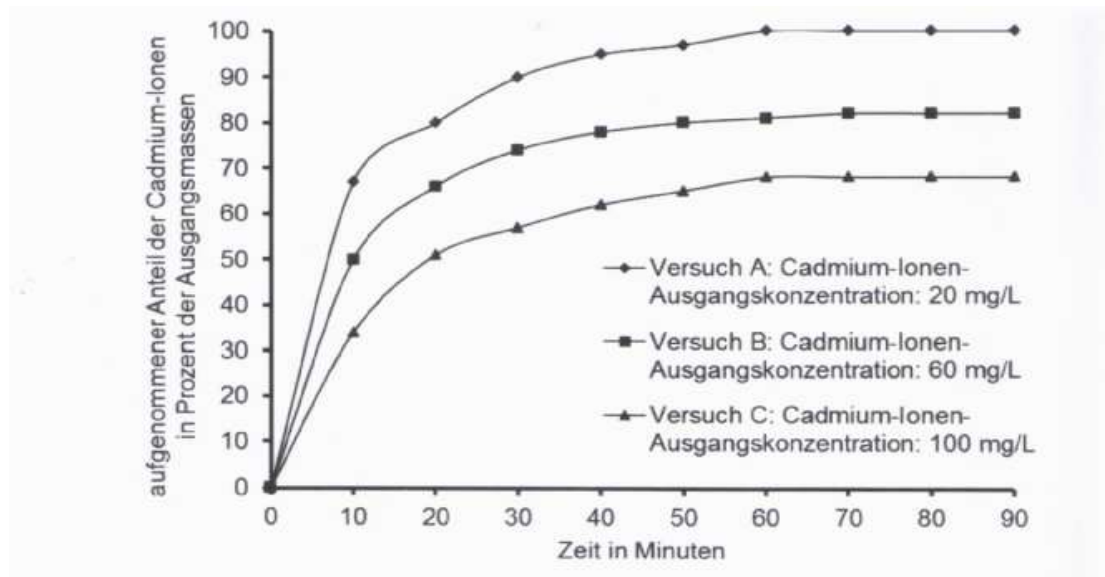


Abb. 2: Ergebnisse der Versuchsreihe²

2 verändert nach: <http://www.scielo.br/pdf/bjce/v27n2/v27n2a13>, zuletzt aufgerufen am 03.12.2018

Ermitteln Sie die jeweilige Masse an Cadmium-Ionen, die bei einer Ausgangskonzentration von 100 mg/L und 20 mg/L Cadmium-Ionen jeweils in den ersten 20 Minuten aus einem Liter Lösung aufgenommen wird. Erklären Sie den Unterschied auf Teilchenebene. [5 BE]

2019 B2

3 Ein weiterer Konservierungsstoff ist Sorbit, das aufgrund seiner hygroskopischen (wasserziehenden) Wirkung die Vermehrung von Mikroorganismen verhindert. Sorbit wird durch katalytische Hydrierung von D-Glucose hergestellt und kann zu L-Sorbose umgesetzt werden:

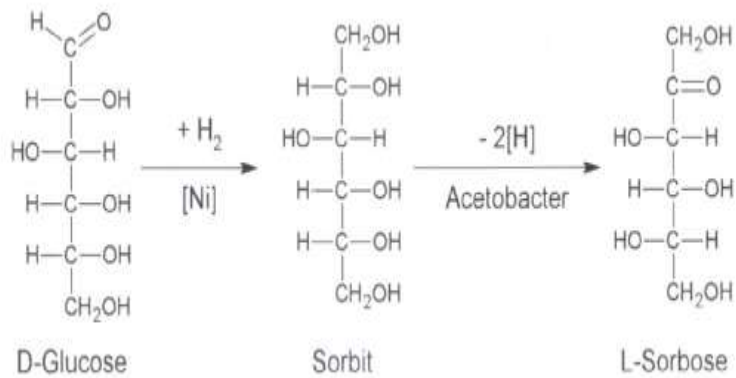


Abb. 2: Reaktionsschema zur Synthese von L-Sorbose

Mit D-Glucose, Sorbit und L-Sorbose wird jeweils die Fehling-Probe durchgeführt. Beschreiben Sie die Durchführung der Fehling-Probe und die jeweilige Beobachtung. Begründen Sie die Ergebnisse. [9 BE]

2020/A1

- 3 Lupinensamen enthalten neben Proteinen auch Kohlenhydrate. Über ein in den Samen vorkommendes Trisaccharid liegen folgende Informationen vor:
- Das Trisaccharid ist ein nicht-reduzierender Zucker.
 - Bei der vollständigen Hydrolyse entstehen D-Glucose, D-Fructose und D-Galactose (D-Galactose unterscheidet sich von D-Glucose nur durch die Konfiguration am Kohlenstoff-Atom4).
 - Das Enzym E1 spaltet eine der beiden glykosidischen Bindungen. Dabei entstehen zwei reduzierende Zuck
 - Das Enzym E2 spaltet die andere der beiden glykosidischen Bindungen. Dabei entstehen ein nicht-reduzierender und ein reduzierender Zucker. Leiten Sie aus diesen Informationen eine mögliche Haworth Projektionsformel für das Trisaccharid ab. [9 BE]

1 www.rcsb.org/pdb/explore/remediatedSequence.do?structureId=4PPH, zuletzt aufgerufen am 14.11.2019

- 4 In den Lupinensamen enthaltene hitzestabile Bitterstoffe wie z. B. Lupinin (Abb. 5) verhindern eine direkte Nutzung als Lebensmittel:

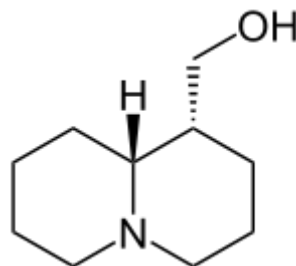


Abbildung 5 : Strukturformel von Lupinin

5 Anzahl: Stereoisomere: _____

- 4.1 Um Lupinensamen dennoch verzehren zu können, werden die Samen mehrere Tage in Wasser gelegt. Das Einweichwasser wird verworfen. Begründen Sie diese Vorgehensweise zur Entbitterung. [3 BE]
- 4.2 Markieren Sie in Abbildung 5 alle asymmetrischen Kohlenstoff-Atome des Lupinin-Moleküls und geben Sie die Anzahl der Stereoisomere an. [3 BE]

2020/A2

Zucker in Lebensmitteln kann durch künstliche Süßstoffe wie Aspartam oder Sucralose ersetzt werden.

- 1 Der Süßstoff Aspartam wird aus den Aminosäuren Phenylalanin und Asparaginsäure sowie dem Alkohol Methanol hergestellt

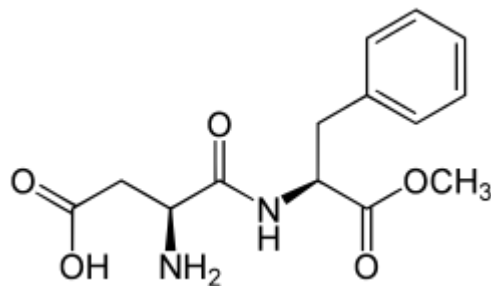


Abb. 1: Strukturformel von Aspartam

- 1.1 Aspartam wird im Magen-Darm-Trakt des Menschen vollständig hydrolytisch in die Edukte gespalten. Benennen Sie jeweils die funktionelle Gruppe, die die Bausteine verbindet, und formulieren Sie die Strukturformelgleichung der Hydrolyse von Aspartam. [6 BE]
- 2 Aspartam eignet sich als Süßstoff nicht für alle Lebensmittel. In den Abbildungen 3 und 4 ist der Zerfall von Aspartam in Abhängigkeit von der Temperatur und dem pH-Wert dargestellt

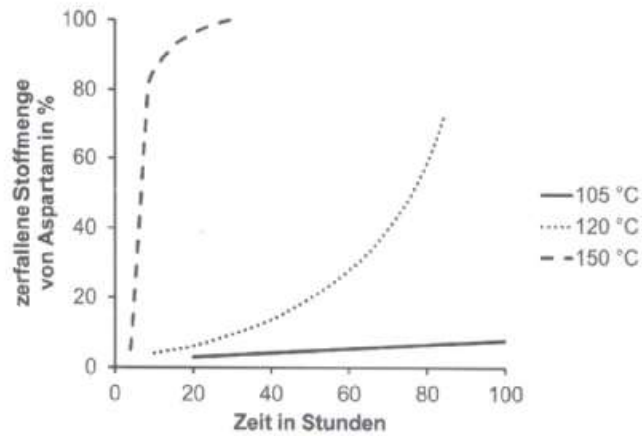


Abb. 3: Abhängigkeit des Aspartamzerfalls von der Temperatur¹

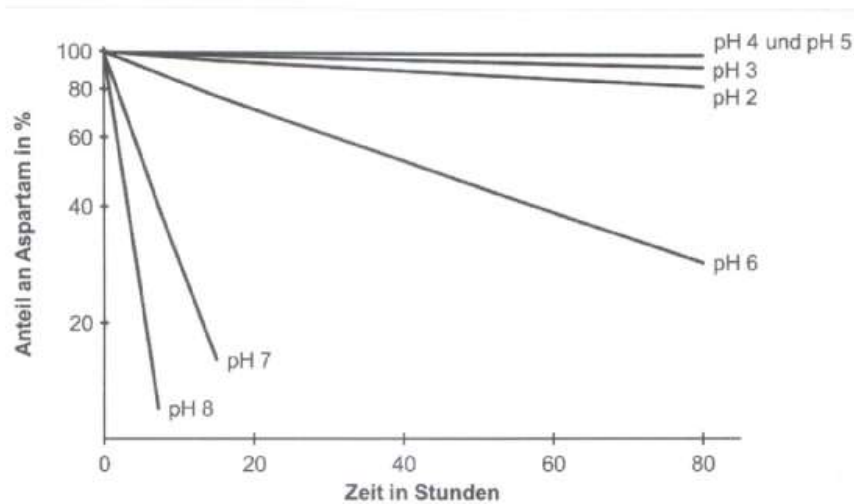


Abb. 4: Abhängigkeit des Aspartamzerfalls vom pH-Wert²

Abbildungen: 1 verändert nach: L. D. Stegink, L.J. Filer Jr.: Aspartame: Physiology and Biochemistry, Marcel Dekker Inc (1984), S. 250 2 verändert nach: L. D. Stegink, L.J. Filer Jr.: Aspartame: Physiology and Biochemistry, Marcel Dekker Inc (1984), S. 251

Leiten Sie anhand der Abbildungen 3 und 4 ab, in welchen pH- und Temperaturbereichen Aspartam als Süßstoff eingesetzt werden kann. [6 BE]

- 3 Sucralose ist ein Süßungsmittel, das die 600-fache Süßkraft von Saccharose aufweist. Das Molekül ist aus je einer D-Galactopyranose- und einer D-Fructofuranose-Einheit aufgebaut, wobei einige Hydroxygruppen durch Chloratome ersetzt sind.

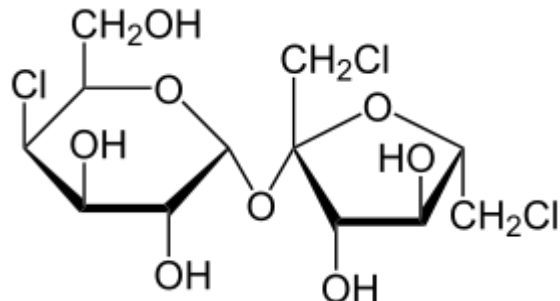


Abb. 5: Strukturformel von Sucralose 3.1

- 3.1 Beschreiben Sie das Phänomen der Mutarotation und leiten Sie unter Angabe der Art der glykosidischen Bindung ab, ob Sucralose Mutarotation zeigt. [6 BE]
- 3.2 Sucralose weist ebenso wie Tetrachlormethan, ein inzwischen verbotenes krebserregendes Reinigungsmittel, Chloratome in den Molekülen auf. Begründen Sie anhand der Strukturformeln, weshalb ein Großteil der mit der Nahrung aufgenommenen Sucralose im Urin ausgeschieden wird, Tetrachlormethan sich hingegen im Fettgewebe des Körpers anreichert. [5 BE]
- 3.3 Sucralose kann im menschlichen Verdauungstrakt in geringem Umfang durch Enzyme hydrolytisch gespalten werden. Stellen Sie die Reaktionsprodukte in der Fischer-Projektion dar. [5 BE]

2021 A1

- 2 Der Zuckeralkohol Xylit wird als Süßstoff in Zahnpflegekaugummi eingesetzt. Er kann z. B. nachfolgendem Reaktionsschema gewonnen werden (Abb. 2):
 Xylan Xylose Xylit
 Hydrolyse
 Reduktion der Aldehydgruppe
 Abb. 2: Reaktionsschema zur Herstellung von Xylit aus einem Xylan



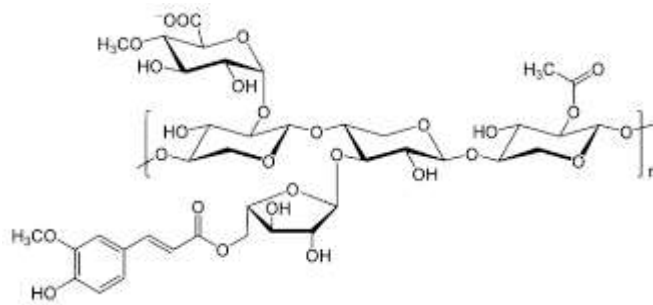


Abb. 3: Strukturformelausschnitt aus einem Xylan-Molekül

- 3.1 Benennen Sie die Art der glykosidischen Bindung zwischen den Xylopyranose-Einheiten im angegebenen Strukturformelausschnitt (Abb. 3). Leiten Sie die Fischer-Projektionsformeln der Moleküle von Xylose und Xylit ab. [5 BE]
- 3.2 Mit Xylose und Xylit wird jeweils die Silber Spiegel-Probe durchgeführt. Beschreiben Sie die Durchführung dieses Nachweises und begründen Sie jeweils das zu erwartende Ergebnis. Formulieren Sie allgemein für den Fall einer positiven Probe die Redoxgleichung mit Teilgleichungen. [8 BE]
- 3.3 Bewerten Sie unter Einbezug von Tabelle 3 den Einsatz von Glucose bzw. Xylit in Zahnpflegekaugummis unter gesundheitlichen Aspekten. [4 BE]

Tabelle 3: ausgewählte Eigenschaften von Glucose und Xylit

Stoff	Physiologischer Brennwert KJ/g	Karies fördernde Wirkung	Abführende Wirkung
Glucose	15,7	stark	keine
Xylit	10,1	keine	Bei Konsum großer Mengen

2021 A2

Manuka-Honig

Aus dem Nektar des neuseeländischen Manuka-Baumes (*Leptospermum scoparium*) stellen Bienen den sogenannten Manuka-Honig her, dem eine gesundheitsfördernde Wirkung zugeschrieben wird.

- 1 Ein im Manuka-Honig nachgewiesenes Disaccharid ist die Nigerose (Abb. 1), die den Isomaltosen zugeordnet wird

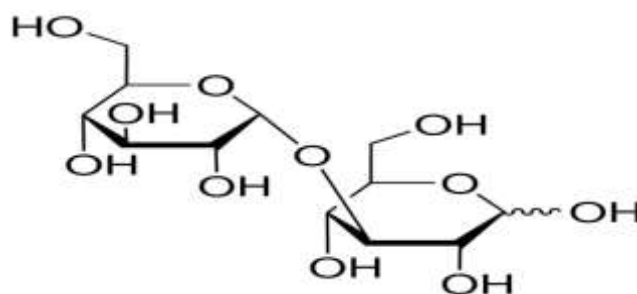


Abb. 1: Haworth-Projektion eines Nigerose-Moleküls

- 1.1.1 Zeichnen Sie ein Maltose-Molekül in der Haworth-Projektion und vergleichen Sie das Maltose- und das Nigerose-Molekül hinsichtlich der jeweiligen Monosaccharid-Bausteine sowie deren Verknüpfung. [6 BE]
- 1.2 In einem Versuch wird die Fehling-Probe mit Nigerose durchgeführt. Beschreiben Sie die Durchführung dieses Nachweises und begründen Sie das zu erwartende Ergebnis. [5 BE]
- 3 Die Ureinwohner Neuseelands nutzen den Manuka-Honig unter anderem aufgrund seiner antibakteriellen Wirkung traditionell als Heilmittel. Diese Eigenschaft wird in der Werbung für Manuka-Honig betont. In einem Experiment wird die antibakterielle Wirkung eines Manuka-Honigs mit der eines Scheinulmen-Honigs aus Südamerika verglichen. Dazu werden auf einzelnen, mit Bakterien bewachsenen Nährböden jeweils unterschiedlich verdünnte Honigproben aufgebracht. Dabei gilt: Je größer der bakterienfreie Ring um die Probe ist (Abb. 3), desto stärker ist die antibakterielle Wirkung

Abb. 3: Bestimmung der antibakteriellen Wirkung einer Honigprobe

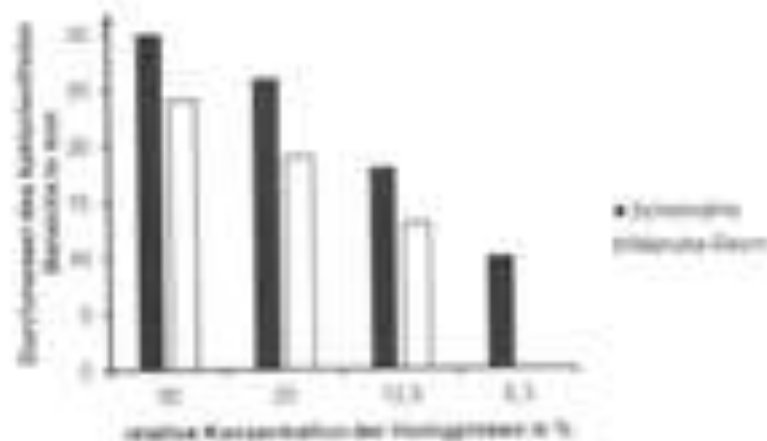


Abb. 4: Durchmesser der bakterienfreien Bereiche in Abhängigkeit von Honigkonzentration und Verdünnung

Bewerten Sie mithilfe der in Abbildung 4 gezeigten Versuchsergebnisse den Export des Manuka-Honigs nach Südamerika sowohl unter Wirksamkeits- als auch unter Nachhaltigkeitsaspekten. [5 BE]

Abbildung: 1 verändert nach: O. Sherlock et al.: Comparison of the antimicrobial activity of Ulmo honey from Chile and Manuka honey against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. In: BMC Complementary and Alternative Medicine, 10:47 (2010)

2022 B 2

Wasser für Injektionszwecke

Wasser für Injektionszwecke (WFI) ist Wasser, das in der pharmazeutischen Industrie verwendet wird und höchsten Qualitätsansprüchen genügen muss. Die Herstellung von WFI erfordert eine aufwendige Aufbereitung von Leitungswasser in vielen Einzelschritten.

- 1 Im Wasser enthaltene, unerwünschte Ionen lassen sich mit verschiedenen Ionenaustauschverfahren entfernen. Dazu werden vor allem Ionentauscher auf Basis von Chitosan verwendet. Chitosan lässt sich aus Chitin (Abb. 1) herstellen:

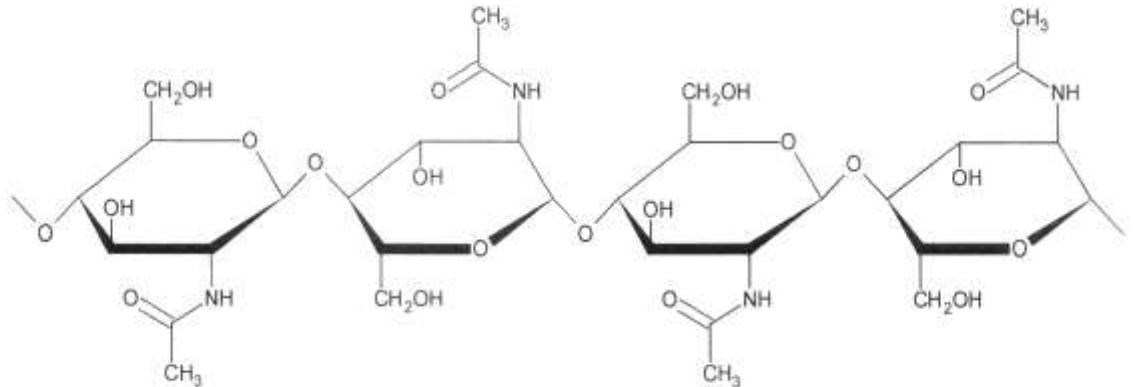


Abb. 1: Ausschnitt aus einem Chitin-Molekül

- 1.1 Benennen Sie die Art der glykosidischen Bindung im Chitin-Molekül und vergleichen Sie die Molekülstruktur mit der eines Cellulose-Moleküls. [5BE]
- 1.2 Chitin lässt sich sowohl in saurer als auch alkalischer Lösung hydrolysieren. Abhängig vom pH-Wert erfolgt die Hydrolyse an unterschiedlichen Stellen des Moleküls und es entstehen dabei verschiedene Produkte. Bei der alkalischen Hydrolyse erhält man durch Spaltung der Amidbindungen Chitosan-Moleküle.
- 1.2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung zur Bildung von Chitosan aus Chitin. Die an der Reaktion nicht beteiligten Molekülabschnitte können abgekürzt werden. [3 BE]
- 1.2.2 In einem Experiment wird Chitin einmal in saurer und einmal in alkalischer Lösung hydrolysiert. Mit den entstehenden Gemischen wird jeweils die Fehling-Probe durchgeführt. Nur in einem Fall entsteht ein rotbrauner Niederschlag. Erklären Sie die Versuchsbeobachtungen und formulieren Sie die Redoxteilgleichungen für die positive Fehling-Probe. [9 BE]
- 1.3 In einer Versuchsreihe wird eine Chitosan-Lösung jeweils für eine bestimmte Zeit mit Mikrowellen bestrahlt. Die Chitosan-Moleküle werden dadurch teilweise gespalten. Nach dem Abkühlen der Lösung wird jeweils die Viskosität gemessen (Abb. 2):

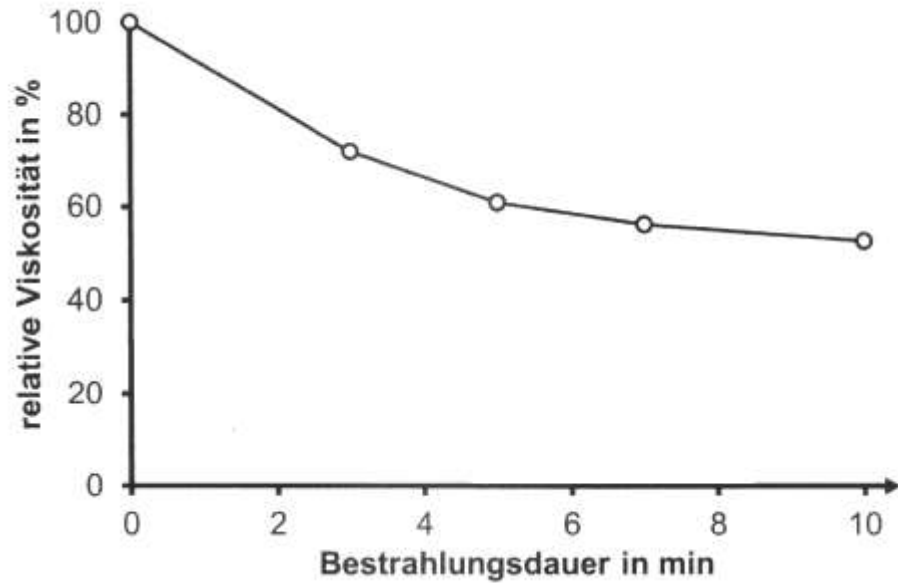


Abb. 2: Viskosität einer Chitosan-Lösung in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer¹

Begründen Sie den in Abbildung 2 dargestellten Kurvenverlauf auf Teilchenebene.
[5 BE]

- 2 Um Bakterienwachstum in WFI zu verhindern, wird das Wasser während der Lagerung mit Ozon versetzt.
- 2.1 Die Löslichkeit von Ozon in Wasser ist ca. zehnmal höher als die von Sauerstoff.

Tab.: Summen- und Strukturformeln sowie Bindungslängen von Sauerstoff, Wasserstoffperoxid und Ozon

Stoff	Summenformel	Strukturformel	Länge der Bindung zwischen den Sauerstoff-Atomen in pm
Sauerstoff	O ₂	O=O	121
Wasserstoffperoxid	H ₂ O ₂		147
Ozon	O ₃		128

Erklären Sie mithilfe von Strukturformeln die in der Tabelle angegebene Bindungslänge im Ozon-Molekül. Begründen Sie die Unterschiede der Löslichkeit von Ozon und Sauerstoff in Wasser. [7 BE]

2.2 Ozon ist sehr instabil und kann daher schlecht transportiert und gelagert werden. Es wird deshalb direkt bei der WFI-Herstellung in einer Redoxreaktion

aus dem bereits hochreinen Wasser gebildet. Als weiteres Produkt entsteht Wasserstoff.

Formulieren Sie für die beschriebene Reaktion die Teilgleichungen sowie die Gesamtgleichung. [5 BE]

2.3 Vor der Verwendung des WFI muss sichergestellt werden, dass keine Ozonrückstände mehr vorhanden sind. Dazu setzt man einer Probe des WFI Indigocarmin zu. In Gegenwart von Ozon wird Indigocarmin zu Isatin-5-sulfonsäure oxidiert (Abb. 3):

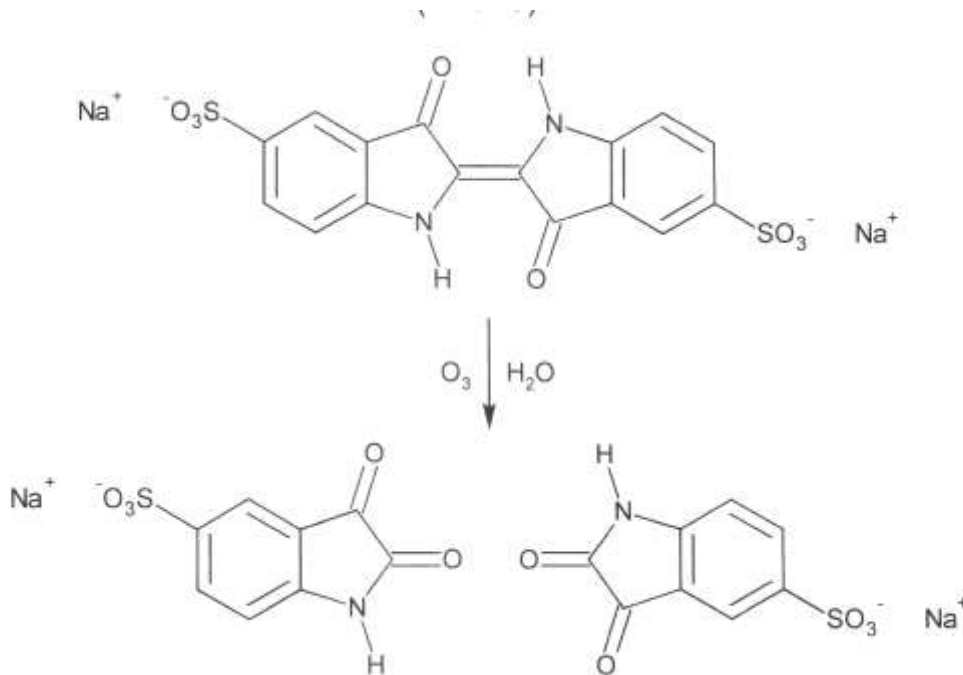


Abb. 3: Reaktionsschema zur Bildung von Isatin-5-sulfonsäure aus Indigocarmin und Ozon

In Abbildung 4 sind die Absorptionsspektren von Indigocarmin und Isatin-5-sulfonsäure dargestellt. Abbildung 5 zeigt das Spektrum des sichtbaren Lichts mit den zugehörigen Wellenlängen λ :

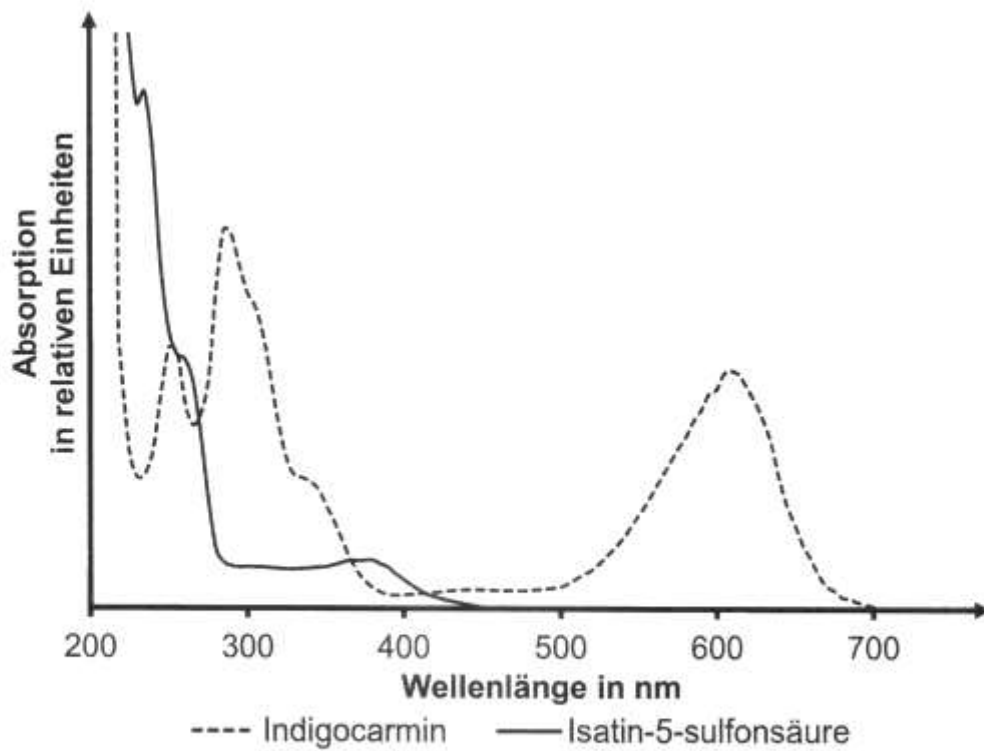


Abb. 4: Absorptionsspektren von Indigocarmin und Isatin-5-sulfonsäure

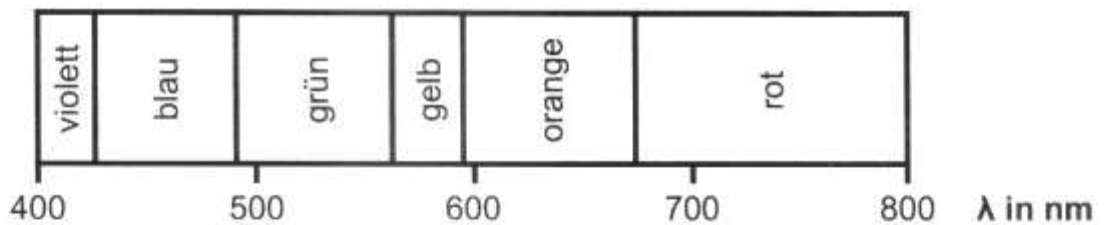


Abb. 5: Spektrum des sichtbaren Lichts

Erläutern Sie anhand der Abbildungen 3, 4 und 5 das Prinzip des Nachweises von Ozon mithilfe von Indigocarmin.

[6 BE]

[40 BE]

Abbildung:

¹ verändert nach: <https://core.ac.uk/download/pdf/234032347.pdf>, zuletzt aufgerufen am 26.10.2021