

## Aufgabe 1

### Insulin- ein lebenswichtiges Hormon

#### Schwerpunktthema: Aminosäuren, Peptide, Proteine

Vor der Entdeckung des Insulins war Diabetes mellitus eine gefürchtete Krankheit, die fast immer zum Tod führte. Heute ist Diabetes zwar immer noch nicht heilbar, doch die Erkrankten können Dank der Verabreichung von Insulin ein fast normales Leben führen. In Deutschland sind aktuell etwa 6 Millionen Menschen an Diabetes erkrankt. Die Patienten leiden unter Insulinmangel, d. h. in den Zellen der Bauchspeicheldrüse wird entweder zu wenig oder kein Insulin produziert. Sie müssen sich Insulin spritzen. Insulin ist lebenswichtig, da es den Blutzuckerspiegel im Körper reguliert.

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Abb.1:** Diabetiker beim Spritzen von Insulin

**Links:** Insulin ist ein Peptidhormon und besteht aus einer A- und B-Kette, die über Disulfidbrücken miteinander verbunden sind. Am N-terminalen Ende der A-Kette befindet sich Glycin (Position 1) und am C-terminalen Ende befindet sich Asparagin (Position 21).

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Rechts:** Dreidimensionale Abbildung des Insulins im Bändermodell: Die Schrauben entsprechen den  $\alpha$ -Helices und die Pfeile der  $\beta$ -Faltblattstruktur.

**Material 1:** Informationen zum Aufbau von Insulin

Frederick Sanger erhielt 1958 den Nobelpreis für die Aufklärung der Aminosäuresequenz des Insulins. Zur Bestimmung der Aminosäuresequenz wurde das Insulin zunächst mit Enzymen oder Säure hydrolytisch in größere Bruchstücke gespalten, die dann getrennt wurden. Anschließend wurden die Bruchstücke erneut mit Säure in die einzelnen Aminosäuren zerlegt. Die Aminosäuregemische wurden dann mittels Papierchromatographie aufgetrennt. Das Chromatogramm des Gemischs eines Bruchstücks ist rechts dargestellt. Die Papierchromatographie funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie die Dünnschichtchromatographie, nur dass Papier aus Cellulose mit dem daran gebundenen Wasser als stationäre Phase dient.

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Material 2:** Aufklärung der Aminosäuresequenz des Insulins mittels Papierchromatographie

Aminosäure	R <sub>f</sub> -Wert	Aminosäure	R <sub>f</sub> -Wert
Alanin	0,38	Lysin	0,14
Arginin	0,20	Methionin	0,55
Asparaginsäure	0,24	Prolin	0,43
Glutaminsäure	0,30	Serin	0,27
Glycin	0,26	Threonin	0,35
Histidin	0,20	Tyrosin	0,45
Leucin	0,73	Valin	0,60

**Material 3:** R<sub>f</sub>-Werte einiger Aminosäuren für die Papierchromatographie mit dem Laufmittel Butanol : Eisessig : Wasser = 4 : 1 : 1

#### Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Neben Insulin gibt es im Körper viele weitere Hormone. Serotonin ist ein Neurotransmitter und Gewebeghormon. Da es neben vielen anderen Prozessen auch unsere Emotionen beeinflusst, wird Serotonin häufig auch als „Glückshormon“ bezeichnet.

**Material 4:** Informationen zu Serotonin

Insulin ist nur begrenzt haltbar. Die Insulinmoleküle neigen dazu, sich bei höheren Konzentrationen in wässriger Lösung zusammen zu lagern und auszufallen. Zur Stabilisierung wird der pH-Wert durch pH-Puffer konstant gehalten. Die Insulinvorratsflaschen müssen unter bestimmten Bedingungen gelagert werden. Angebrochene Flaschen sind maximal 4 Wochen bei Temperaturen von unter 25 °C haltbar. Sie müssen vor Hitzeeinwirkung und Licht geschützt aufbewahrt werden. Nicht angebrochene Vorratsflaschen müssen im Kühlschrank bei 2-8 °C gelagert werden, wobei das Insulin nicht in der Nähe des Gefrierfachs gelagert werden sollte. Das Einhalten der Vorsichtsmaßnahmen bei der Aufbewahrung ist sehr wichtig, da das Insulin sonst seine Wirkung verlieren kann, ohne dass man es optisch erkennen kann.

**Material 5:** Stabilisierung und Haltbarkeit von Insulin

#### Aufgaben:

- 1.1 Beschreiben Sie die drei in Material 1 dargestellten Strukturebenen des Insulinmoleküls und geben Sie an, durch welche Bindungen und Wechselwirkungen die Strukturebenen jeweils stabilisiert werden. Zeichnen Sie die Strukturformel der Sequenz der ersten drei Aminosäuren der A-Kette. (Material 1, Anhang) **(10 BE)**
- 1.2 Erläutern Sie das Verfahren der Papierchromatographie und bestimmen Sie mit Hilfe der R<sub>f</sub>-Werte in Material 3, um welche Aminosäuren es sich im Chromatogramm in Material 2 handelt. **(10 BE)**
- 1.3 Entwerfen Sie einen Versuch, mit dem man die Hormone Serotonin und Insulin unterscheiden kann. (Material 4) **(5 BE)**
- 1.4 Begründen Sie die Verwendung der verschiedenen Zusatzstoffe in der Insulinlösung und die Vorsichtsmaßnahmen bei der Aufbewahrung von Insulin. (Material 5) **(5 BE)**

## Aufgabe 2

### Inulin und Oligofructose – Kohlenhydrate im Joghurt

#### Schwerpunktthema: Kohlenhydrate

Inulin und die daraus gewonnene Oligofructose erlangten innerhalb kurzer Zeit als Fett- und Zuckerersatzstoffe in Lebensmitteln große Bedeutung. Inulin wird industriell aus den Wurzelknollen bestimmter Pflanzen wie z.B. wie Topinambur, Pastinaken oder Löwenzahn gewonnen. Sowohl Inulin als auch Oligofructose sind vom menschlichen Körper nicht abbaubar und werden deshalb heute vielen kalorienreduzierten Lebensmitteln wie Joghurts, Eis, Salatsoßen und Schokolade zugesetzt. Auf diese Weise helfen sie dabei, die modernen Ansprüche an möglichst zucker- und fettarme Lebensmittel zu erfüllen. Außerdem gilt Inulin als sog. Probiotikum, das eine gesundheitsfördernde Wirkung auf den Darm und die Verdauung haben soll, was jedoch noch wissenschaftlich umstritten ist.

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Abb. 1:** Blüten und Wurzelknollen des Topinambur

Inulin ist ein Polyfructosid, das von verschiedenen Pflanzen als Reservestoff in die Wurzeln eingelagert wird. Ausgangsstoff der Inulin-Biosynthese ist der in der Abbildung mit (A) gekennzeichnete Disaccharid-Baustein, an den weitere Monosaccharid-Bausteine ( $n = 30$  bis  $60$ ) gebunden werden. In Wasser eingerührt, bildet Inulin eine cremige, viskose Masse mit fettähnlichem und leicht süßlichem Geschmack und wird deshalb fettarmen Milchprodukten als Fettersatzstoff zugesetzt. Daneben kann Inulin infolge seiner Quellfähigkeit in Wasser Stärke als Bindemittel z.B. für Saucen ersetzen. Durch enzymatische Hydrolyse von Inulin kann Oligofructose hergestellt werden, welche aus durchschnittlich 5 bis 12 Fructosebausteinen aufgebaut ist. Oligofructose besitzt einen deutlich süßeren Geschmack als Inulin und kommt in erster Linie als Zuckerersatzstoff in gelöster Form in vielen kalorienreduzierten Milchprodukten zum Einsatz.

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Material 1:** Informationen zu und Strukturformel von Inulin

Stoff	Süßkraft (relative Einheiten)	Brennwert beim Abbau im Körper (kJ/100g)	Eignung für Zucker- kranke*	Gesundheitliche Aspekte
Saccharose	1	1700	-	Bildung von Serotonin, einem Botenstoff für Wohlbefinden, wird anregt. Bei übermäßigem Konsum wird ein erhöhtes Risiko für Herzinfarkt vermutet. Es erfolgt ein Abbau durch Kariesbakterien**.
Oligofructose	0,7	420	+	Dient Bifidusbakterien im Dickdarm als Nahrung und fördert ihr Wachstum, dabei gebildete Fettsäuren können z.T. vom menschlichen Körper abgebaut werden. Beugt als Ballaststoff Verstopfungen vor und fördert Verdauung und Stuhlgang. Bei übermäßigem Verzehr kann es zur Bildung und zum Abgang von Darmgasen kommen. Kleine Kinder können durch den veränderten Stuhlgang dehydriert werden. Kein Abbau durch Kariesbakterien**.
Saccharin	450	0	+	Bei hohen Konzentrationen (2g täglich pro Kilogramm Körpergewicht über mehrere Monate) wurden in Toxizitätstests bei Ratten Tumore ausgelöst. Wurde als appetitstimulierendes Mittel in der Schweinemast zugelassen. Es erfolgt kein Abbau durch Kariesbakterien**.

\* +: geeignet für Zuckerkrankte (Diabetiker) aufgrund des geringen Einflusses auf den Blutzuckerspiegel.  
 -: nicht geeignet für Zuckerkrankte aufgrund des Anstiegs des Blutzuckerspiegels.  
 \*\* : Kariesbakterien bauen bestimmte Kohlenhydrate zu Säuren ab, welche die Mineralien aus dem Zahnschmelz herauslösen und auf diese Weise Löcher in den Zähnen (Karies) hervorrufen.

**Material 2:** Vergleich von Saccharose mit verschiedenen Zuckerersatzstoffen

### Aufgaben:

- 2.1 Benennen Sie das Disaccharid (A) und die beteiligten Monosaccharid-Bausteine im Inulin-Molekül und beschreiben Sie mit Fachbegriffen die chemische Verknüpfung der Monomer-Bausteine. Zeichnen Sie die Haworth-Projektionsformeln der Edukte zur Biosynthese eines Inulin-Moleküls (Material 1). **(7 BE)**
- 2.2 Begründen Sie das Versuchsergebnis der Fehling-Probe mit dem Disaccharid A und dem Monosaccharid B in getrennten Versuchsansätzen (Material 1). **(7 BE)**
- 2.3 Begründen Sie die Wasserlöslichkeit von Oligofructose sowie die Bildung einer viskosen Masse beim Einrühren von Inulin in Wasser (Material 1). **(6 BE)**
- 2.4 Diskutieren Sie unter Berücksichtigung der Materialien 1 und 2 den Ersatz von Saccharose durch Oligofructose und Saccharin (mindestens 6 Argumente). **(10 BE)**

### Aufgabe 3

#### Alkoholkonsum und seine Folgen – biochemisch betrachtet

##### Schwerpunktt Themen: Reaktionskinetik und Katalyse

Ein Glas Wein kann entspannen und enthemmen. So manch einer schwört sogar auf eine heilende Wirkung. Dabei ist der im Wein enthaltene Trinkalkohol (Ethanol) vor allem eines – ein gefährliches Zellgift, das mit jedem Schluck den Körper beansprucht und schädigt. Ein übermäßiger Alkoholkonsum verursacht schwerwiegende Beeinträchtigungen des Nervensystems und die Entstehung toxischer Substanzen wie z.B. Acetaldehyd (Ethanal), die für den „Kater“ und Organschäden bei chronischem Alkohol-Missbrauch verantwortlich sind. Jährlich sterben in Deutschland über 20.000 Menschen an den Folgen ihres Alkoholkonsums. Körpereigene Enzyme wie die Alkoholdehydrogenase helfen beim Abbau des aufgenommenen Alkohols.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb. 1:  
Alkoholkonsum

Der Abbau des Alkohols im Körper findet vor allem in den Leberzellen statt. Ethanol wird hierbei zunächst mithilfe der Alkoholdehydrogenase (ADH) zu Ethanal oxidiert, wobei das Co-Enzym  $\text{NAD}^+$  als Wasserstoffakzeptor dient. Die im weiteren Abbau entstehende Essigsäure wird schließlich zu unschädlichem Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

##### Material 1: Enzymatischer Abbau von Ethanol in der Leber mithilfe der Alkoholdehydrogenase

Um den Ethanolgehalt im Blut mithilfe der sog. ADH-Methode zu bestimmen, wird die aufgereinigte Blutprobe mit dem Enzym Alkoholdehydrogenase (ADH) und  $\text{NAD}^+$  versetzt. Die Reaktionsbedingungen werden so gewählt, dass ein vollständiger Umsatz des Blutalkohols zu Ethanal stattfindet. Anschließend wird die Probe in ein Fotometer gegeben und die Absorption bei 340 nm, einem Absorptionsmaximum von NADH, gemessen. Ethanol, Ethanal und  $\text{NAD}^+$  zeigen keine Absorption im Wellenlängenbereich von 340 nm. Der molare Extinktionskoeffizient  $\epsilon$  von NADH beträgt  $6300 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Die Schichtdicke der Küvette beträgt 1 cm.

**Beispiel:** Die Blutprobe eines Autofahrers aus einer Verkehrskontrolle wird mit der ADH-Methode gemessen und ergibt bei einer Verdünnung von 1:100 im Fotometer den Extinktionswert 1,23.

##### Material 2: Bestimmung der Blutalkoholkonzentration im Fotometer

Typische Verlaufskurve des Alkoholabbaus im Körper einer Frau:  
**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

Ethanol wird über den Magen und den Zwölffingerdarm in das Blut aufgenommen. Das Maximum der Alkoholkonzentration im Blut, angegeben in Promille, wird nach ca. 30 bis 60 Minuten erreicht. Oberhalb einer Blutalkoholkonzentration von 0,1 Promille wird Ethanol in der Leber mit einer konstanten Rate abgebaut. Diese lässt sich nicht durch körperliche Aktivität, Schlafen, Medikamente usw. beschleunigen, da die Abbaurate allein durch die Menge der Enzyme, die in der Leber den Abbau des Ethanols katalysieren, bestimmt wird. Die konstante Abbaurate ermöglicht es Gerichtsmedizinern, den Blutalkoholspiegel zu einem vorangegangenen oder zukünftigen Zeitpunkt sehr präzise zu ermitteln. Auf diese Weise kann z.B. die Fahrtüchtigkeit, für die eine Promillegrenze von 0,5 ‰ gilt, beurteilt werden.

**Material 3:** Informationen zur Kinetik des enzymatischen Alkoholabbaus

Der Blutalkoholgehalt lässt sich überschlagsmäßig mit der Promilleformel berechnen:

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

Der Faktor 0,7 rührt daher, dass sich der getrunkene Alkohol nur in 70% der Körpermasse verteilt.

Die 60 kg schwere Frau S. trinkt um 18 Uhr eine Flasche Rotwein (0,75 l) mit 13% Vol. Alkohol, was einer Masse von 76,1 g Ethanol entspricht. Sie möchte am nächsten Morgen um 07:00 Uhr mit dem Auto zur Arbeit fahren und fragt sich, ob sie zu diesem Zeitpunkt wieder fahrtüchtig ist.

**Material 4:** Promilleberechnung

**Aufgaben:**

- 3.1 Erklären Sie mithilfe einer Skizze den Verlauf einer Enzym-katalysierten Reaktion sowie die Wirkung von Enzymen auf die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen. **(8 BE)**
- 3.2 Erläutern Sie die Methode der Fotometrie zur Bestimmung der Alkohol-Konzentration in einer Blutprobe und begründen Sie die Messung bei einer Wellenlänge von 340 nm (Material 1 und 2). Berechnen Sie die Blutalkoholkonzentration des Autofahrers in mol/L (Material 2). **(11 BE)**
- 3.3 Berechnen Sie die Reaktionsgeschwindigkeit des Alkohol-Abbaus in Promille (‰) pro Stunde für den Zeitraum von 90 bis 270 min nach Aufnahme des Alkohols. Beurteilen Sie die Fahrtüchtigkeit der Frau um 07:00 Uhr (Material 3). Gehen Sie von der vereinfachten Annahme aus, dass die gesamte Alkoholmenge nach einer Stunde in das Blut aufgenommen worden ist und erst dann abgebaut wird. **(8 BE)**
- 3.4 Stellen Sie eine Hypothese zur konstanten Abbaurate von Ethanol oberhalb einer Blutalkoholkonzentration von 0,1 Promille auf (Material 3). **(3 BE)**

## Aufgabe 4

### L-Ascorbinsäure und Cystein als Zusatzstoffe beim Brotbacken

#### Schwerpunktthema: Aminosäuren, Peptide und Proteine

Zum Brotbacken werden die Grundzutaten Mehl, Wasser, Salz und Hefe bzw. Sauerteig benötigt. Daraus haben schon unsere Ahnen Brote gebacken. Heutzutage verlangen Verbraucher ein wohlschmeckendes Brot, das immer von gleichbleibender hoher Qualität und immer frisch gebacken vorrätig ist und dabei möglichst preiswert sein soll. Um diesen Ansprüchen Rechnung zu tragen, werden dem Brot Zusätze beigemischt, die die Defizite bei den schwankenden Rohstoffeigenschaften kompensieren. Zwei dieser Zusätze sind L-Ascorbinsäure bzw. Vitamin C und Cystein.

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Abb.1:** Verpackung eines Mehls mit Ascorbinsäure als Zusatzstoff

Das Kneten des Teiges ist wichtig, um eine elastische Struktur und die gewünschten Backeigenschaften durch die Lockerung des Teiges zu erreichen. Ist der Teig zu weich und locker, kann er das Kohlenstoffdioxid, das bei der Gärung durch die Hefe freigesetzt wird, nicht festhalten und es entsteht ein flaches Brot mit geringem Volumen. Auch bei einem zu festen Teig ist das Gashaltevermögen herabgesetzt.

Mehl enthält das „Klebereiweiß“ Gluten, welches dem Teig seinen Zusammenhalt gibt und elastische und formbare Eigenschaften besitzt. Die Klebproteine sind unter anderem aus der Aminosäure Cystein aufgebaut. Die Seitenketten des Cysteins können in Redoxreaktionen miteinander reagieren und Disulfidbrücken ausbilden (s. Abb unten). Diese Reaktion führt zu einer Vernetzung der Proteine untereinander.

Das außerdem im Mehl befindliche Glutathion ist ein Tripeptid, welches ebenfalls Disulfidbrücken ausbilden kann. In glutathionreichen Mehlen können freie Thiofunktionen (-SH-Gruppen) der Klebproteine von Glutathion blockiert werden. Dies hat eine Herabsetzung der Teigstabilität und -qualität zur Folge.

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

Strukturformel  
Glutathion

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Material 1:** Informationen zur Teigherstellung und zu Glutathion

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

Um die vermehrte Ausbildung von Disulfidbrücken zwischen Glutathion (GSH) und den Klebproteinen zu verhindern, wird dem Mehl Ascorbinsäure zugesetzt. Dieses bildet beim Kneten zunächst durch die enzymatisch katalysierte Oxidation mit Luftsauerstoff Dehydroascorbinsäure, welche dann Glutathion mithilfe des Enzyms Glutathion-Dehydrogenase unter Bildung von Glutathiondisulfid oxidiert. Dehydroascorbinsäure selbst wird zurück zu Ascorbinsäure reduziert. Auf diese Weise kann das Glutathion inaktiviert werden, sodass die Vernetzung der Klebproteine nicht gestört wird. Die Backqualität des Teiges aus glutathionreichen Mehlen wird auf diese Weise erhöht.

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

Ergebnis eines Backversuchs eines Brotes ohne (links) und nach Zugabe von L-Ascorbinsäure (rechts). D-Ascorbinsäure zeigt keine teigverbessernde Wirkung.

L- Ascorbinsäure

**Material 2:** Informationen zum Zusatzstoff Ascorbinsäure

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

Durch den Zusatz der Aminosäure Cystein sinkt die Klebrigkeit von festen Teigen, Maschinen brauchen weniger Energie und Zeit zum Kneten. In der rechten Abbildung ist das Netzwerk des Weizenglutens mit Cystein nach dem Zusammenrühren des Teiges dargestellt.

**Material 3:** Informationen zum Cystein als Zusatzstoff

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt**

**Material 4:** Beeinflussung der Eigenschaften eines Teiges durch Ascorbinsäure und Cystein

**Aufgaben:**

- 4.1 Benennen Sie die Aminosäurebausteine A bis C des Glutathionmoleküls und vergleichen Sie die Bindungen zwischen den Bausteinen A und B sowie B und C miteinander. Zeichnen Sie die Reaktionsgleichung zur Bildung einer Disulfidbrücke der geeigneten Aminosäuren mit Strukturformeln (Material 1, Anhang). **(7 BE)**
- 4.2 Beschreiben und erklären Sie das Ergebnis des Backversuchs und begründen Sie die Tatsache, dass eine relativ geringe Menge an Ascorbinsäure für die gewünschte teigverbessernde Wirkung ausreicht (Material 2). **(6 BE)**
- 4.3 Erklären Sie die allgemeine Bestimmung der D- und L-Konfiguration bei Kohlenhydraten in der Fischer-Projektion. Zeichnen Sie die Strukturformel der D-Ascorbinsäure und erklären Sie die Benennung des Moleküls. Erklären Sie die Beobachtung, dass nur die L-Ascorbinsäure die gewünschte teigverbessernde Wirkung zeigt (Material 2). **(10 BE)**
- 4.4 Erläutern Sie die Wirkung des Cysteins bei der Teigherstellung und vergleichen Sie diese mit der Wirkung des Zusatzstoffes L-Ascorbinsäure (Material 1- 4). **(7 BE)**

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
1.1	<p>Im Material 1 ist links die Primärstruktur von Insulin dargestellt. Man versteht darunter die Abfolge der Aminosäuren. Sie wird auch Aminosäuresequenz genannt. Rechts kann man in der dreidimensionalen Abbildung von Insulin die Sekundärstrukturen <math>\alpha</math>-Helix und <math>\beta</math>-Faltblattstruktur erkennen. Bei beiden kommt es zur Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen innerhalb des Moleküls oder zwischen benachbarten Polypeptidketten. Bei einer <math>\alpha</math>-Helix ist die Polypeptidkette spiralförmig angeordnet. Bei der <math>\beta</math>-Faltblattstruktur liegen parallele Polypeptide in einer ziehharmonikaartigen Struktur vor. Die Tertiärstruktur, also die räumliche Struktur des Insulins in der Abbildung rechts, entsteht durch die Wechselwirkungen der Reste der verschiedenen Aminosäuren untereinander. Folgende Bindungen und Wechselwirkungen treten auf: Disulfidbrücken bei Cysteinresten, Ionenbindungen zwischen Ammonium- und Carboxylatgruppen, Wasserstoffbrückenbindungen bei polaren Resten mit H-Atomen, Van-der-Waals-Kräfte und Dipol-Dipol-Wechselwirkung bei unpolaren bzw. schwach polaren Resten.</p> <p><b>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</b></p>	7	3	
1.2	<p><b>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</b></p> <p>Lysin: <math>R_f = \frac{\text{Laufstrecke}}{\text{Laufmittelfront}} = \frac{x}{LM} = 0,14</math></p> <p>Für die weiteren Spots im Chromatogramm ergeben sich folgende <math>R_f</math>-Werte: 0,35 Threonin; 0,43 Prolin; 0,45 Tyrosin. Es handelt sich daher um das Bruchstück B27 bis B29 bzw. B30. <i>Geringe Abweichungen durch Messfehler sind tolerabel.</i></p> <p>Die Papierchromatographie ist ein Trennverfahren, das darauf beruht, dass sich in einem Lösungsmittel gelöste Stoffe aufgrund ihrer Polarität unterschiedlich zwischen einer stationären Phase (Papier) und einer mobilen Phase, dem Laufmittel, verteilen. Je stärker die Wechselwirkungen mit der mobilen Phase, umso weiter wandern die gelösten Stoffe mit, je stärker die Wechselwirkungen mit der stationären Phase, umso stärker werden sie dort adsorbiert und desto weniger weit wandern sie mit dem Laufmittel.</p>	1	9	
1.3	<p>Serotonin und Insulin können mit Hilfe der Biuretprobe unterschieden werden. Dazu versetzt man die wässrigen Lösungen der Hormone mit Natronlauge und Kupfersulfatlösung. Bei Insulin sollte sich eine violette Verfärbung bzw. ein violetter Niederschlag ergeben, da es ein Polypeptid ist. Serotonin ist kein Polypeptid und daher sollte die Lösung hellblau bleiben, bzw. ein hellblauer Niederschlag entstehen.</p> <p><i>Alternative fachlich korrekte Lösungen sind möglich.</i> Die Xanthoproteinreaktion ist möglicherweise nicht eindeutig, da Serotonin auch einen aromatischen Rest enthält.</p>	1	1	3
1.4	<p>Die pH-Puffer dienen dazu einen bestimmten pH-Wert einzuhalten. Würden bestimmte Seitengruppen im Polypeptid protoniert werden, könnten sich die inter- oder intramolekularen Wasserstoffbrückenbindungen im Polypeptid ändern und damit würde die Sekundär- und Tertiärstruktur even-</p>		2	3

	<p>tuell verändert werden, was zur Denaturierung führen würde. Die Temperatur darf nicht über- oder unterschritten werden, da sich sonst ebenfalls die zwischenmolekularen Wechselwirkungen und Bindungen lösen könnten und das Polypeptid denaturieren könnte. Somit würde die biologische Wirkung des Insulins verloren gehen.</p> <p><i>Alternative fachlich korrekte Lösungen sind möglich.</i></p>			
Verteilung der insgesamt <b>30</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	

**Quellen:**

*Informationen:*

Gualandi-Signorini, A. M.; Giorgi, G. *European review for medical and pharmacological sciences*, 2001, 5, 73.

Poon, K.; King, A. B. *Drug, healthcare and patient safety*, 2010, 2, 213.

Brange, J.; Langkj, L.; Havelund, S.; Vølund, A.; *Pharmaceutical research*, 1992, 9(6), 715.

[https://www.profil-forschung.de/downloads/Auf dem Weg zum perfekten Insulin.pdf](https://www.profil-forschung.de/downloads/Auf%20dem%20Weg%20zum%20perfekten%20Insulin.pdf) (letzter Zugriff: Januar 2021)

**Aufgabe 2**

**Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
2.1	<p>Bei dem mit (A) gekennzeichneten Disaccharid-Baustein des Inulins handelt es sich um Saccharose. In ihr sind je ein Baustein <math>\alpha</math>-D-Glucose und <math>\beta</math>-D-Fructose 1,2-glycosidisch miteinander verknüpft. An die Saccharose sind weitere <math>\beta</math>-D-Fructose-Bausteine 1,2-glycosidisch gebunden.</p> <p>Edukte:            Saccharose:            <math>\beta</math>-D-Fructose:</p> <p><b>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</b></p>	5	2	
2.2	<p>Saccharose: Die Fehling-Probe fällt negativ aus. Die beiden Monomere sind über eine Acetal-Struktur miteinander verbunden. Eine Ringöffnung unter Ausbildung einer Aldehydgruppe, die mit dem Fehling-Reagenz reagiert, ist nicht möglich.</p> <p><math>\beta</math>-D-Fructose: Die Fehling-Probe fällt positiv aus. Die Halbacetal-Struktur am C-Atom 2 des Fructose-Bausteins ist nicht blockiert und es ist eine Ringöffnung möglich. Die offenkettige Fructose lagert sich in alkalischer Lösung durch Keto-Enol-Tautomerie in Glucose um. Es entsteht eine reduzierende Aldehydgruppe, die mit dem Fehling-Reagenz reagiert.</p> <p><i>Alternative fachlich korrekte Lösungen sind möglich.</i></p>	4	3	
2.3	<p>Oligofructose ist gut löslich in Wasser, da im Molekül zahlreiche polare Hydroxygruppen vorliegen, die zu den Wassermolekülen Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden können. Auf diese Weise entsteht eine Hydrathülle, die die Wasserlöslichkeit von Oligofructose bedingt. Gelöste Inulinmoleküle besitzen ebenfalls eine Hydrathülle. Ursache für die Viskosität, wie sie beim Einrühren von Inulin in Wasser auftritt, ist die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Inulinmolekülen. Dadurch kommt es zu Vernetzungen zwischen den Molekülsträngen und zu einer viskosen Konsistenz der Masse.</p> <p><i>Alternative fachlich korrekte Lösungen sind möglich.</i></p>		3	3
2.4	<p>Diskussion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinnvoll ist die Verwendung von Oligofructose und Saccharin, da sie nicht von Kariesbakterien zu Säuren abgebaut werden können und somit keine Karies fördernde Wirkung haben.</li> <li>• Saccharin bietet aufgrund seiner hohen Süßkraft und des geringen Brennwertes einen Vorteil für eine kalorienreduzierte Ernährung.</li> <li>• Der geringere Energiegehalt von Oligofructose gegenüber Saccharose ist ein Vorteil für eine kalorienreduzierte Ernährung. Aufgrund der geringeren Süßkraft muss jedoch mehr verwendet werden, um die gewünschte Süße zu erreichen.</li> </ul>		7	3

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinnvoll ist die Verwendung von Oligofructose und Saccharin als Zuckeraustauschstoff für Diabetiker, weil es im Organismus eine nur geringe Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel hat.</li> <li>• Oligofructose beugt als Ballaststoff Verstopfungen vor und fördert Verdauung und Stuhlgang. <b>Nur bei übermäßigem Verzehr kann es zu gesundheitlichen Auswirkungen wie Blähungen kommen.</b></li> <li>• Saccharin wirkt appetitsteigernd und könnte zu übermäßigem Konsum von Lebensmitteln führen. Zudem ist Saccharin gesundheitlich nicht unbedenklich, da im Tierversuch Tumore durch Saccharin ausgelöst wurden.</li> </ul> <p><i>Alternative Argumente sind möglich. Die Formulierung einer eigenen Meinung ist erforderlich.</i></p>			
Verteilung der insgesamt <b>30</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>6</b>

**Quellen:**

*Informationen:*

Asselborn et al: Chemie heute, Lehrermaterialien Band 4, Schroedel Verlag, 2012

Kuhl, Dr. C. et al: Chemie heute SII, Arbeitsheft 3, Schroedel Verlag 2010

Abiturprüfung 2005 Bayern, Grundkurs Chemie, Aufgabe 2

<http://www.freepatentsonline.com/DE19653354C1.html> (letzter Zugriff: Januar 2021)

[https://nanopdf.com/download/buch-5indb-fructoseat\\_pdf](https://nanopdf.com/download/buch-5indb-fructoseat_pdf) (letzter Zugriff: Januar 2021)

[https://www.ukgm.de/ugm\\_2/deu/ugi\\_zpz/11001.html](https://www.ukgm.de/ugm_2/deu/ugi_zpz/11001.html) (letzter Zugriff: Januar 2021)

<http://www.kuehr-net.de/Suess/Oligofructose.htm> (letzter Zugriff: Januar 2021)

<http://www.kuehr-net.de/Suess/Inulin.htm> (letzter Zugriff: Januar 2021)

**Aufgabe 3**

**Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	<p><b>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</b></p> <p>Enzyme sind Katalysatoren, sie senken die Aktivierungsenergie und beschleunigen somit die Reaktion. Enzyme sind substratspezifisch. Das umzusetzende Substrat bindet nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an das aktive Zentrum des Enzyms. Es entsteht ein energiereicher Übergangszustand, der als Enzym-Substratkomplex bezeichnet wird. Das Enzym katalysiert nun wirkungsspezifisch die Umwandlung der Substrate in spezifische Produkte. Anschließend zerfällt der Komplex in das freie Enzym und die Produkte.</p> <p><i>Alternative Lösungen sind möglich.</i></p>	5	3	
3.2	<p>Monochromatisches Licht trifft auf eine Küvette, die eine Lösung der Testsubstanz enthält. Die Testsubstanz absorbiert einen Teil des eingestrahnten Lichts. Die durchgehende, nicht absorbierte Strahlung wird von einer Fozelle detektiert. Die Absorption hängt ab von der Konzentration der Lösung und der Schichtdicke der Küvette. Durch einen Vergleich der eingestrahnten Lichtintensität und der absorbierten Lichtmenge lässt sich die Konzentration der Lösung bestimmen.</p> <p>Die Alkoholkonzentration lässt sich nicht direkt fotometrisch ermitteln, stattdessen wird die Konzentration von NADH bestimmt. Das ist möglich, da bei einer Wellenlänge von 340 nm ausschließlich NADH absorbiert und bekannt ist, dass 1 mol Ethanol bei vollständigem Ablauf der Reaktion zur Bildung von 1 mol NADH führt. Die Konzentration des bei der Reaktion entstandenen NADH ist proportional zur gemessenen Absorption und kann mithilfe des LAMBERT-BEERSchen Gesetzes berechnet werden.</p> <p>Beispiel: LAMBERT-BEERSches Gesetz: <math>E = \epsilon \cdot c \cdot d</math></p> <p><b>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</b></p>	4	7	
3.3	<p>Berechnung der Reaktionsgeschwindigkeit des Ethanol-Abbaus:</p> $v_{(\text{Ethanol-Abbau})} = - \Delta c(\text{Ethanol}) / \Delta t = -(0,4 \text{ ‰} - 0,7 \text{ ‰}) / 180 \text{ min} = 0,1 \text{ ‰} / \text{h}$ <p>Beurteilung der Fahrtüchtigkeit:</p> <p>Frau (60 kg): <math>m(\text{Alkohol}) = 76,1\text{g} / (60 \text{ kg} \cdot 0,7) = 1,81 \text{ ‰}</math></p> <p>Nach 13 Stunden erfolgt der Abbau des Alkohols 12 Stunden lang. Es werden also bei der 60 kg schweren Frau <math>S. 12 \cdot 0,1 \text{ ‰} = 1,2 \text{ ‰}</math> abgebaut. Es bleiben <math>1,81 \text{ ‰} - 1,2 \text{ ‰} = 0,61 \text{ ‰}</math> Restalkohol und es besteht Fahrtüchtigkeit bei einem Grenzwert von 0,5 ‰. Sie darf also nicht mit dem Auto fahren.</p>		5	3
3.4	<p>Oberhalb einer Blutalkoholkonzentration von 0,1 Promille liegen alle Enzymmoleküle als Enzym-Substrat-Komplex vor und die Reaktion erreicht</p>			3

	ihre maximale Geschwindigkeit. Eine weitere Erhöhung der Ethanolkonzentration hat keinen Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit, da die Umsatzgeschwindigkeit des Enzyms die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmt.  Alternative Hypothesen sind möglich.			
Verteilung der insgesamt <b>30</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		<b>9</b>	<b>15</b>	<b>6</b>

## Quellen

### Informationen:

Roth, K.: Chemie in unserer Zeit, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2007, 41, 46 – 55

[http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/toxikologie/kap\\_1/vlu/stoffwechsel.vlu/Page/vsc/de/ch/11/toxikologie/kap\\_1/andere\\_ox.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/toxikologie/kap_1/vlu/stoffwechsel.vlu/Page/vsc/de/ch/11/toxikologie/kap_1/andere_ox.vscml.html) (letzter Zugriff: Januar 2021)

<https://www.weinhalle.de/lexikon/alkohol.html> (letzter Zugriff: Januar 2021)

<https://www.eyebizz.de/augengesundheit/welche-auswirkungen-hat-alkohol-auf-auge-und-gehirn/> (letzter Zugriff: Januar 2021)

C. M. Oneta, U. A. Simanowski, M. Martinez, A. Allali-Hassani, X. Parés, N. Homann, C. Conradt, R. Waldherr, W. Fiehn, C. Coutelle, H. K. Seitz: *First pass metabolism of ethanol is strikingly influenced by the speed of the gastric emptying*. In: *Gut*. 43, 1998, S. 612–619.

M. Wolf, N. Wiens: *Zum Verlauf der Blutalkoholkurve im niedrigen Konzentrationsbereich*. In: *Beiträge zur gerichtlichen Medizin*. 40, 1982, S. 63–67.

Asselborn, W. et al., Chemie heute – Lehrmaterialien 3, Schrödel-Verlag, Braunschweig 2011

**Aufgabe 4**

**Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
4.1	<p>A: Glycin                      B: Cystein                      C: Glutaminsäure</p> <p>Es handelt sich bei beiden Bindungen um Peptidbindungen, die aus einer Carboxygruppe und einer Aminogruppe hervorgegangen sind. Bei der Peptidbindung zwischen Glutaminsäure und Cystein wurde die Bindung über die Carboxygruppe der Seitenkette der Glutaminsäure ausgebildet und nicht über die <math>\alpha</math>-Carboxygruppe wie zwischen Glycin und Glutaminsäure.</p> <p>Bildung einer Disulfidbrücke zwischen zwei Cysteinmolekülen:</p> <p><b>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</b></p>	4	3	
4.2	<p>Der Abbildung zum Backversuch ist zu entnehmen, dass das Brot, dem L-Ascorbinsäure zugesetzt wurde, ein größeres Volumen aufzeigt als das Brot ohne L-Ascorbinsäure. L-Ascorbinsäure wird beim Kneten enzymatisch durch den im Teig eingeschlossenen Sauerstoff zu Dehydroascorbinsäure oxidiert. Dieses oxidiert wiederum das im Teig vorkommende Glutathion zu Glutathiondisulfid. Dadurch kann das Glutathion nicht mehr die Vernetzung der Klebeproteine über die Disulfidbrücken verhindern. Der Teig gewinnt so an Stabilität und kann das durch die Hefe freigesetzte CO<sub>2</sub> besser festhalten und erreicht ein größeres Volumen.</p> <p>Da L-Ascorbinsäure bei der Reduktion durch Glutathion zurückgebildet wird, reicht eine relativ geringe Menge für die teigverbessernde Wirkung aus.</p>	1	4	1
4.3	<p><b>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</b></p> <p>In der Fischer-Projektion wird die Kohlenstoffkette senkrecht angeordnet, das höchst oxidierte C-Atom steht oben. Die Substituenten sind nach rechts und links gerichtet, sie zeigen perspektivisch auf den Betrachter zu. Zeigt die Hydroxygruppe am Chiralitätszentrum, das am weitesten vom höchst oxidierten C-Atom entfernt steht, nach rechts, handelt es sich um die D-Konfiguration, zeigt sie nach links, ist es die L-Konfiguration. Bei der D-Ascorbinsäure steht die Hydroxygruppe am zweiten Chiralitätszentrum von oben auf der rechten Seite, daher handelt es sich um die D-Form.</p> <p>Dass nur ein Stereoisomer die gewünschte teigverbessernde Wirkung zeigt, kann damit erklärt werden, dass die Reaktionen zwischen der Ascorbinsäure und dem Glutathion enzymkatalysiert ablaufen. Diese arbeiten substratspezifisch nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip.</p>	4	4	2
4.4	<p>Wird dem Teig Cystein zugegeben, lockert sich die Struktur des Weizenglutens auf, da die intermolekularen Disulfidbrücken der Klebeproteine zum Teil durch die Ausbildung von Disulfidbrücken mit Cystein gespalten werden. Dadurch werden die Räume zwischen den Weizenglutenketten größer, sodass sich durch die Hefe gebildetes Kohlenstoffdioxid vermehrt</p>		4	3

	<p>im Teig anreichern kann. Der ursprünglich feste Teig wird lockerer und geht nun besser auf.</p> <p>L-Ascorbinsäure bewirkt, dass der Kraftaufwand beim Kneten steigt und die Dehnbarkeit des Teiges abnimmt, da die Ausbildung von Disulfidbrücken zwischen den Klebproteinen und Glutathionmolekülen verhindert. Der Teig wird fester.</p> <p>Cystein hat den gegensätzlichen Effekt, es senkt den Kraftaufwand beim Kneten und erhöht die Dehnbarkeit des Teiges. Der Teig wird weicher.</p> <p>Bei beiden Vorgängen handelt es sich um Redoxreaktionen an den Disulfidbrücken zwischen den Klebproteinen.</p> <p>Durch die Zusätze kann je nach Zusammensetzung des Mehls ein optimales Teigverhalten erreicht werden.</p>			
Verteilung der insgesamt <b>30</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		<b>9</b>	<b>15</b>	<b>6</b>

## Quellen

### Informationen:

Roth, K., Unser tägliches Brot Chem. Unserer Zeit 2007, 41, 400-409.

Deifel, A. (1993), Die Chemie der L-Ascorbinsäure in Lebensmitteln. Chemie in unserer Zeit, 27: 198-207.

<https://www.chemieunterricht.de/dc2/asch2/backzuta.htm> (letzter Zugriff: Januar 2021)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Teig> (letzter Zugriff: Januar 2021)

Belitz, Hans-Dieter u. a.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer Verlag. München 2008. S. 712–740.