

Aufgabe 1

Melittin – ein Hauptbestandteil des Bienengifts

Schwerpunktthema: Aminosäuren, Peptide, Proteine

Jeder, der schon einmal von einer Biene gestochen wurde, weiß, wie schmerzhaft das sein kann. Die betroffene Hautstelle schwillt an und beginnt sich zu röten. Dabei verspürt man einen brennenden Schmerz und häufig auch Juckreiz. Ist man gegen bestimmte Stoffe im Bienengift allergisch, sollte sofort der Notarzt gerufen werden. Ansonsten gibt es zahlreiche Hausmittel, die zur Behandlung eines Bienenstichs empfohlen werden.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb. 1: Eine stechende Biene

Bienengift hat eine leicht gelbliche Farbe und ist sauer (pH = 4,5 bis 5,5). Es ist eine komplexe Mischung aus Peptiden, Enzymen und kleinen Molekülen. Der Hauptbestandteil ist das Polypeptid Melittin, das zu etwa 50 % im Bienengift vorliegt. Es besteht aus 26 Aminosäuren (Struktur A). Je nach Bedingungen (pH-Wert, Konzentration, Zugabe von Salz, Lösungsmittel) liegt Melittin als Monomer (Struktur B) oder Tetramer (Struktur C) vor. Das Monomer besteht aus 2 α -Helices (Aminosäuren 1-10 und 13-26), die über eine „Brücke“ aus den Aminosäuren Threonin und Glycin (Kasten in Struktur A, dünner Teil in Struktur B und C) miteinander verbunden sind. Sowohl das Monomer als auch das Tetramer sind wasserlöslich, da das Peptid an einem Ende viele polare Aminosäuren enthält. Beim Tetramer sind die polaren Aminosäuren nach außen gerichtet, während die unpolaren nach innen weisen und den unpolaren „Kern“ des Tetramers bilden.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Struktur B
Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Struktur C
Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Material 1: Informationen zu Melittin, einem Hauptbestandteil des Bienengifts

Nachdem man von einer Biene gestochen wurde, sollte man den Stachel nicht mit den Fingern herausziehen, da sonst noch mehr Gift aus der Giftblase in die Wunde gelangt. Der Stachel sollte besser mit den Fingern weggeschnipst werden. Zur Behandlung eines Bienenstichs werden viele Hausmittel vorgeschlagen. Es wird z.B. empfohlen, den Stich mit einem Wärmestift oder einem auf 50 °C erhitzten Löffel zu behandeln, um das Bienengift unschädlich zu machen. Essig oder Zitronensaft soll ebenfalls gegen das Bienengift helfen. Kühlen hingegen dient nur dazu die Symptome, also die Schwellung und den Schmerz, zu lindern.

Material 2: Informationen zur Behandlung von Bienenstichen

Schon im alten Ägypten wurden Bienenstiche zur Therapie gegen bestimmte Krankheiten, wie z.B. rheumatische Beschwerden eingesetzt. In der modernen Medizin könnte das Polypeptid Melittin möglicherweise bald bei der Behandlung von bestimmten Brustkrebstypen eingesetzt werden. In einer 2020 veröffentlichten Studie wurde berichtet, dass die Zugabe von Melittin zu isolierten Brustkrebszellen zur Auflösung der Zellmembranen und somit zur Zerstörung der Brustkrebszellen führt. Das Melittin-Monomer lagert sich zunächst an der Oberfläche der Zellmembran der Brustkrebszellen an und kann von dort aus die Auflösung der Brustkrebszellen bewirken. Zellmembranen bestehen im Allgemeinen aus Phospholipiddoppelschichten. Dabei ragen die hydrophoben Kohlenwasserstoffreste geordnet nach innen, während die hydrophilen Phosphatreste nach außen in die wässrige Umgebung der Zelle oder ins Zellinnere ragen. Normale Zellen werden aufgrund leicht veränderter Oberflächenstrukturen nicht angegriffen.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Material 3: Informationen zur Wirkung von Melittin auf Brustkrebszellen

Aufgaben:

- 1.1 Zeichnen Sie den Ausschnitt 2 bis 4 aus dem Polypeptid Melittin als Strukturformel und markieren Sie die Peptidbindung. Beschreiben Sie die Bildung der Peptidbindung und geben Sie den Reaktionstyp an (Material 1, Anhang). **(6 BE)**
- 1.2 Beschreiben Sie die vier Strukturebenen eines Proteins und geben Sie an, durch welche Bindungen und Wechselwirkungen die Strukturebenen jeweils stabilisiert werden. Ordnen Sie den Strukturebenen die Strukturen A bis C des Melittins begründet zu (Material 1). **(12 BE)**
- 1.3 Begründen Sie, wie die Behandlungsmethoden in Material 2 das Bienengift unschädlich machen (Material 2). **(6 BE)**
- 1.4 Stellen Sie eine Hypothese zur Auflösung der Brustkrebszellmembranen durch das Melittin-Monomer auf. Beachten Sie dabei die Polaritäten der Aminosäuren. (Material 1, 3 und Anhang) **(6 BE)**

Aufgabe 2

Hyaluronsäure in Anti-Aging-Mitteln

Schwerpunktthemen: Kohlenhydrate

Hyaluronsäure ist ein Bestandteil vieler kosmetischer Produkte, vor allem Anti-Aging-Cremes und Seren. Sie soll der Haut Feuchtigkeit spenden und Falten mildern. In der ästhetischen Medizin werden Falten durch Injektionen mit Hyaluronsäure unterspritzt, um ein jugendlicheres Erscheinungsbild der Haut zu erhalten.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb. 1: Hyaluronsäure als Bestandteil in Cremes und Injektionen

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Hyaluronsäure liegt im menschlichen Körper in verschiedenen Geweben als langkettiges Polysaccharid vor. Eine Kette besteht typischerweise aus 250 bis 50.000 Disaccharid-Einheiten. Eine Disaccharid-Einheit ist aus den Monosaccharid-Bausteinen D-Glucuronsäure und N-Acetyl-Glucosamin aufgebaut, die sich beide von der Glucose ableiten.

Material 1: Informationen zum Aufbau von Hyaluronsäure

Hyaluronsäure liegt unter physiologischen Bedingungen deprotoniert mit K^+ , Na^+ , Ca^{2+} oder Mg^{2+} als Gegenionen vor. Sie weist die Fähigkeit auf, große Mengen an Wasser zu binden und ist ein wichtiger Bestandteil der Haut. Hyaluronsäure verleiht der Haut Feuchtigkeit, Elastizität und Straffheit. Im menschlichen Organismus wird Hyaluronsäure ständig abgebaut und neu hergestellt, so dass sich ein Gleichgewicht einstellt. Dabei ist die biologische Halbwertszeit im Körper relativ gering. Sie variiert von wenigen Minuten im Blut bis zu 12 bis 24 Stunden in der Haut. Im Körper eines 70 kg schweren Menschen sind etwa 15 g Hyaluronsäure enthalten, wobei täglich 5 g neu produziert werden. Abgebaut wird die Hyaluronsäure im Körper durch freie Radikale sowie das Enzym Hyaluronidase. Dabei wird die 1,4-glycosidische Bindung zwischen den Disaccharid-Einheiten hydrolytisch gespalten. Hyaluronidase wird in der ästhetischen Medizin eingesetzt, um injizierte Hyaluronsäure nach Fehlbehandlungen oder Unverträglichkeitsreaktionen wieder aufzulösen.

Material 2: Eigenschaften und Abbau von Hyaluronsäure im menschlichen Körper

Etwa ab dem 25. Lebensjahr lässt die Hyaluronsäureproduktion im Körper nach, was unter anderem den Verlust an Elastizität und Feuchtigkeit der Haut zur Folge hat, so dass sich vermehrt

Falten bilden können. Jedoch beeinflussen auch andere Faktoren wie die genetische Prädisposition oder Lebensgewohnheiten die Faltenbildung. Tiefere Falten und auch Narben können nachweislich durch die Injektion mit sogenannten Hyaluronsäurefillern gemildert werden. Die Filler enthalten entweder reine Hyaluronsäure oder chemisch veränderte quervernetzte Hyaluronsäurederivate, um die biologische Halbwertszeit zu verlängern. Je nach Konzentration und Filler hält die Wirkung zwischen 3 und 24 Monaten an. Wie bei jeder Injektion kann es dabei zu Schwellungen, Blutergüssen und Infektionen kommen. Auch Nerven können bei unsachgemäßer Durchführung der Injektion getroffen werden. Hyaluronsäure wird auch als Bestandteil in vielen Anti-Aging-Cremes eingesetzt und soll zur Reduktion von Falten führen. So berichtete eine Studie von 2016 über eine Faltenreduktion von 10-20% nach dreimonatiger Anwendung verschiedener kommerziell erwerblicher hyaluronsäurehaltiger Cremes. Jedoch sind in den Cremes meist weitere Bestandteile enthalten, so dass die Wirkung der Hyaluronsäure streng wissenschaftlich noch nicht bestätigt werden konnte. Außerdem hängt die Wirkung der Hyaluronsäure stark von ihrer Kettenlänge ab. Auf den Verpackungen von Anti-Aging-Cremes ist diese jedoch meist nicht angegeben. Während Cremes mit langkettiger, hochmolekularer Hyaluronsäure nur oberflächlich wirken können, sollen niedermolekulare Hyaluronsäuremoleküle besser von der Haut aufgenommen werden. Allerdings wurde bei hohen Konzentrationen an niedermolekularer Hyaluronsäure, die stark hygroskopisch ist, auch schon ein gegenteiliger, wasserentziehender Effekt beobachtet.

Material 3: Informationen zu Anti-Aging-Mitteln mit Hyaluronsäure

Aufgaben:

- 2.1 Zeichnen Sie D-Glucose in der Fischer-Projektion sowie in der Haworth-Projektion und erklären Sie anhand der Zeichnung die Begriffe „D/L-Konfiguration“ und „ α/β -Anomer.“ Vergleichen Sie D-Glucose mit den Monosaccharid-Bausteinen in der Hyaluronsäure (Material 1). **(8 BE)**
- 2.2 Erklären Sie mit Hilfe von Material 1 und 2 die Fähigkeit der Hyaluronsäure große Mengen an Wasser zu binden. Zeichnen Sie dazu einen Disaccharid-Ausschnitt und kennzeichnen Sie die Gruppen, an die sich Wasser anlagern kann. **(6 BE)**
- 2.3 Erläutern Sie einen Versuch zum Nachweis der reduzierenden Eigenschaften bei Zuckern und begründen Sie, ob das durch enzymatische Spaltung entstehende Disaccharid zu den reduzierenden Zuckern gehört (Material 1 und 2). **(7 BE)**
- 2.4 Diskutieren Sie den Einsatz von Hyaluronsäure als Anti-Aging Mittel in der Schönheitsindustrie und nehmen Sie Stellung, ob Sie ein solches Mittel verwenden würden (Material 2 und 3). **(9 BE)**

Aufgabe 3

Die Stoffwechselerkrankung Phenylketonurie (PKU)

Schwerpunktthemen: Aminosäuren, Peptide, Proteine, Kohlenhydrate und Energetik

Phenylketonurie (PKU) ist eine der häufigsten genetisch bedingten Stoffwechselerkrankungen, die in Deutschland mit einer Inzidenz von 1:7000 Lebendgeburten auftritt. Sie beruht auf einer Veränderung des Eiweißstoffwechsels, wodurch sich die Aminosäure Phenylalanin im Blut anreichert und zu Stoffen abgebaut wird, die die Gehirnentwicklung nachteilig beeinflussen und zu mentalen Beeinträchtigungen führen. Deshalb wurde in den 1970-er Jahren ein Neugeborenen-screening (Abb. 1) eingeführt, das diese Stoffwechselerkrankung feststellen und eine entsprechende Therapie ermöglichen soll, die eine lebenslange phenylalaninarme und tyrosinreiche Diät vorsieht.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb. 1: Fersenblutentnahme bei Neugeborenen

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

PKU-Erkrankten fehlt ein Enzym oder sie besitzen ein defektes Enzym (PAH), das für den Abbau des in vielen Lebensmitteln enthaltenen Phenylalanins zuständig ist. Stattdessen wird Phenylalanin u. a. zu Phenylessig- und Phenylmilchsäure abgebaut. PKU-Patienten besitzen häufig blaue oder rötliche Augen sowie weiß-blondes Haar und eine sehr helle, lichtempfindliche Haut.

Das natürlich vorkommende L-Phenylalanin schmeckt in reiner Form bitter. Synthetisch hergestelltes D-Phenylalanin hinterlässt einen süßen Geschmackseindruck.

Material 1: Vereinfachte Darstellung des Phenylalanin-Stoffwechsels im Körper und Informationen zu Phenylalanin

Manchen Erfrischungsgetränken und Kaugummis werden die Zuckerersatzstoffe Acesulfam K oder Aspartam ($C_{14}H_{18}N_2O_5$) zugesetzt. Aspartam ist

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

ein Dipeptid, wobei die C-terminale Aminosäure mit Methanol verestert ist. Dieses Peptid wird im Zuge der Verdauung im Magen hydrolysiert.

Für die Verbrennung von Aspartam ergibt sich folgende Reaktionsgleichung:

Aspartylphenylalanin-
methylester (Aspartam)

Acesulfam K

$C_{14}H_{18}N_2O_5 (s) + 16 O_2 (g) \rightarrow 14 CO_2 (g) + 9 H_2O (l) + N_2 (g)$ mit einer molaren Verbrennungsenthalpie von $-4998 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Formel	molare Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H_m^0$ in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
$CO_2 (g)$	-394
$H_2O (l)$	-286

Material 2: Aspartam als Süßungsmittel in Lebensmitteln und energetische Informationen

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Wird ein Lebensmittel mit „zuckerfrei“ oder „ungesüßt“ deklariert, wirken diese Versprechen als Schlüsselsignale für die Qualitätseinschätzung eines Lebensmittels. Eine einzelne, positiv wahrgenommene Eigenschaft kann so die Gesamtwahrnehmung eines Lebensmittels signifikant beeinflussen. Von einem leicht einschätzbaren Sachverhalt wird so fälschlicherweise im positiven Sinne auf schwieriger zu bewertende Aspekte geschlossen. Solch ein Phänomen wird als „Heiligenschein-Effekt“ (engl. *Health-Halo-Effekt*) bezeichnet.

Material 3: Informationen zum Einsatz von Süßstoffen in Lebensmitteln

Aufgaben:

- 3.1 Erläutern Sie das Krankheitsbild der Phenylketonurie im Zusammenhang mit einer Enzym-Substrat-Reaktion. (Material 1) **(6 BE)**
- 3.2 Zeichnen Sie die beiden Enantiomere von Phenylalanin in der Fischerprojektion und kennzeichnen Sie die Chiralitätszentren. Erläutern Sie eine Methode, um beide Enantiomere voneinander zu unterscheiden. (Anhang) **(7 BE)**
- 3.3 Geben Sie die vollständige Hydrolysegleichung von Aspartam mithilfe von Strukturformeln an und benennen Sie die einzelnen Produkte. Entwerfen Sie einen Versuch, um festzustellen, ob ein bestimmtes Kaugummi für einen PKU-Patienten geeignet ist. (Material 2 und Anhang) **(7 BE)**
- 3.4 Berechnen Sie die molare Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H_m^0$ von Aspartam. Diskutieren Sie die Verwendung von Aspartam und Acesulfam K in Lebensmitteln. (Material 2 und 3) **(10 BE)**

Aufgabe 4

BtL-Kraftstoffe – synthetische Kraftstoffe aus Biomasse

Schwerpunkthemen: Energetik

Im Rahmen der Energiewende wird der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen aus regenerativen Energiequellen als eine Möglichkeit gesehen, einen Beitrag zur Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu leisten.

BtL-Kraftstoffe (biomass to liquid, deutsch: Biomasseverflüssigung) sind synthetische Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden. Die Verfahren zur Produktion von BtL-Kraftstoffen sind aufwändig und befinden sich noch in der Entwicklung bzw. in der frühen Phase der Praxiserprobung. Obwohl die Herstellungskosten mit den derzeitigen Herstellungsverfahren noch als hoch eingeschätzt werden, könnten nach Schätzungen in Deutschland 20 bis 25 % des gesamten Kraftstoffbedarfs zukünftig durch BtL-Kraftstoffe abgedeckt werden.

Abbildung aus
urheberrechtlichen
Gründen entfernt

Abb. 1: BtL-Kraftstoff

Bei der Herstellung von BtL-Kraftstoffen wird zunächst feste Biomasse wie z.B. Stroh, Restholz oder auch speziell für die Kraftstofferzeugung angebaute Nutzpflanzen bei hohen Temperaturen von ca. 200 bis über 1000°C in gasförmige Produkte überführt. Hierbei entstehen überwiegend Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff. Ein daraus aufgereinigtes Gemisch aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff, das sog. Synthesegas, kann großtechnisch mithilfe des Fischer-Tropsch-Verfahrens zu flüssigen oder gasförmigen Kohlenwasserstoffen, wie z.B. Heptan, umgesetzt werden. Als weiteres Produkt fällt Wasser an:

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Je nach Synthesebedingungen entstehen auch Alkane unterschiedlicher Kettenlänge, die nicht nur als Ersatz für Benzin, sondern auch für Kraftstoffe wie Erdgas, Diesel oder Kerosin eingesetzt werden können.

Material 1: Informationen zur Herstellung von Heptan nach dem BtL-Verfahren

Heptan	Kohlenstoffdioxid	Wasser
-187,8	-393	-242
Molare Standardbildungsenthalpien $\Delta_f H_m^0$ in kJ·mol ⁻¹		

Methan	Ethanol
802 kJ	617,5 kJ
Energie, die bei der Verbrennung von Methan und Ethanol pro Mol gebildetem Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird	

Heptan als Bestandteil von Benzin ist gegenwärtig einer der wichtigsten Energieträger und kann als Treibstoff für Fahrzeuge oder als Brennstoff genutzt werden. Nach dem BtL-Verfahren hergestelltes Heptan kann als Beitrag zum Klimaschutz herkömmliche Kraftstoffe fossilen Ursprungs ersetzen. Daneben wird auch ein Ersatz von Biokraftstoffen, wie z.B. Ethanol und Methan, die aus der Vergärung pflanzlicher Biomasse gewonnen werden, diskutiert.

Material 2: Energetische Aspekte bei der Verbrennung von Methan, Heptan und Ethanol

Mit der nebenstehenden Versuchsanordnung soll in einem Schulversuch der Literaturwert für die molare Verbrennungsenthalpie von Heptan experimentell überprüft werden. Zur Versuchsauswertung liegen die folgenden Messwerte vor: • Masse des mit Heptan gefüllten Erlenmeyerkolbens bei Versuchsbeginn: 53,35 g • Masse des mit Heptan gefüllten Erlenmeyerkolbens bei Versuchsende: 53,09 g. • Wasservolumen im Erlenmeyerkolben: 100 ml • Spezifische Wärmekapazität von Wasser: $c_W = 4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. • Masse des Erlenmeyerkolbens mit Rührstab und Thermometer: 141,94 g. • Spezifische Wärmekapazität des Erlenmeyerkolbens mit Rührstab und Thermometer: $c_K = 0,73 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. • Temperaturerhöhung des Erlenmeyerkolbens einschließlich Wasser, Thermometer und Rührstab: 21°C Die aus den Messergebnissen ermittelte Verbrennungsenthalpie ist geringer als die in der Literatur beschriebene.	Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt
Material 3: Versuchsaufbau und Daten zur Ermittlung der Verbrennungsenthalpie von Heptan im Schulversuch	

Aufgaben:

- 4.1 Erläutern Sie ein experimentelles Verfahren zur Ermittlung der molaren Standard-Reaktionsenthalpie ($\Delta_r H_m^0$). **(5 BE)**
- 4.2 Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Heptan an und berechnen Sie die molare Verbrennungsenthalpie aus den molaren Standardbildungsenthalpien. Berechnen Sie anschließend für die Verbrennung von Heptan die freigesetzte Energie pro Mol Kohlenstoffdioxid und bewerten Sie den Ersatz von Methan und Ethanol durch Heptan aus energetischer Sicht (Material 2). **(8 BE)**
- 4.3 Berechnen Sie aus den in Material 3 angegebenen Daten die molare Verbrennungsenthalpie von Heptan und begründen Sie die Abweichung vom Literaturwert (Material 3). **(10 BE)**
- 4.4 Diskutieren Sie den Ersatz von Kraftstoffen aus fossilen Quellen durch BtL-Kraftstoffe. (Material 1 und Material 2). **(7 BE)**

Schriftliche Abiturprüfung 2022 im dritten Prüfungsfach

Grundkurs Chemie

Montag, 9. Mai 2022, 9:00 Uhr

Unterlagen für Referent:innen und Korreferent:innen

- Diese Unterlagen sind nicht für Schüler:innen bestimmt -

Aufgabe 1

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
1.1	Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt Die Peptidbindung entsteht durch die Reaktion zweier Aminosäuren. Die Amino-Gruppe des einen Aminosäuremoleküls und die Säuregruppe (Carboxylgruppe) eines zweiten Moleküls reagieren miteinander unter Wasserabspaltung. Diese Reaktion nennt man auch Kondensationsreaktion.	4	2	
1.2	Die Primärstruktur ist die Abfolge der Aminosäuren. Sie wird auch Aminosäuresequenz genannt. Dies entspricht der Struktur A von Melittin. Die Sekundärstruktur kann entweder die α-Helix oder die β-Faltblattstruktur sein. Bei beiden kommt es zur Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen innerhalb des Moleküls oder zwischen benachbarten Polypeptidketten. Bei einer α-Helix ist die Polypeptidkette spiralförmig angeordnet. Bei der β-Faltblattstruktur liegen parallele Polypeptide in einer ziehharmonikaartigen Struktur vor. Bei der Struktur B kann man deutlich erkennen, dass es sich um eine α-Helix handelt. Die Tertiärstruktur, also die räumliche Struktur eines Proteins entsteht durch die Wechselwirkungen der Reste der verschiedenen Aminosäuren untereinander. Folgende Bindungen und Wechselwirkungen können dabei auftreten: Disulfidbrücken bei Cysteinresten, Ionenbindungen zwischen Ammonium- und Carboxylatgruppen, Wasserstoffbrückenbindungen bei polaren Resten mit H-Atomen, Van-der-Waals-Kräfte und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen bei unpolaren bzw. schwach polaren Resten. Beim Melittin ist die Tertiärstruktur ebenfalls in Struktur B zu erkennen. Es handelt sich um die zwei durch die Brücke aus Threonin und Glycin verbundenen Helices. Die Quartärstruktur besteht aus mehreren Polypeptidketten, die sich zusammenlagern. Dies entspricht dem Tetramer beim Melittin in Struktur C.	5	6	1
1.3	Beim Melittin, dem Hauptbestandteil des Bienengifts, handelt es sich um ein Polypeptid. Polypeptide denaturieren unter Hitzeeinwirkung und unter Einwirkung von Säuren. Durch die erhöhte Temperatur werden die zwischenmolekularen Wechselwirkungen und Bindungen geschwächt oder gelöst, wodurch sich die dreidimensionale Struktur des Polypeptids verändert und die biologische Funktion verloren geht. Bei der Behandlung mit Säure sinkt der pH-Wert, wodurch bestimmte Seitengruppen im Polypeptid protoniert werden. Dadurch können sich die inter- oder intramolekularen Wasserstoffbrückenbindungen im Polypeptid und damit die räumliche Struktur ebenfalls verändern.		4	2
1.4	Die Aminosäuren 1-9 sind unpolar und die Aminosäuren 21-26 sind polar bzw. liegen je nach pH-Wert auch geladen vor. Die eine Helix des Melittins ist also überwiegend unpolar, während das Ende der anderen Helix polar/geladen ist. Melittin könnte sich daher in die Zellmembran schieben mit dem polaren Rest in Richtung der hydrophilen Phosphatreste und dem unpolaren Rest in Richtung der hydrophoben Kohlenwasserstoffketten. Dadurch wird die Ordnung der Phospholipiddoppelmembran gestört. Die		3	3

	zwischenmolekulare Kräfte sind nicht mehr so stark ausgebildet und dadurch ist die Zellmembran nicht mehr so stabil, so dass es schließlich zur Auflösung der Zelle kommt. <i>Alternative fachlich korrekte Erklärungen sind möglich.</i>			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		9	15	6

Quellen:

Bilder:

Von Waugsberg - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2667096> (letzter Zugriff: Januar 2022)

Raabe Unterrichtsmaterialien Chemie Sek.I/II, Biomoleküle, Das Melittin der Biene - ein bestehendes Protein, S.4.

Othon, C. M.; Kwon, O.-H.; Lin, M. M.; Zewail A. H. *PNAS*, 2009, 106(31), 12593.

<https://hoffmeister.it/index.php/freies-biologiebuch-fuer-schueler-und-studenten/93-freies-lehrbuch-biologie-06-03-gewebe> (letzter Zugriff: Januar 2022)

Informationen:

Raabe Unterrichtsmaterialien Chemie Sek.I/II, Biomoleküle, Das Melittin der Biene - ein bestehendes Protein, S.3 ff.

Jentsch, J. *Chemie in unserer Zeit*, 1974, 8(6), 178.

Ciara Duffy, C.; Sorolla, A.; Wang, E.; Golden, E.; Woodward, E.; Davern, K.; Ho, D.;

Johnstone, E.; Pfleger, K.; Redfern, A.; Iyer, K. S.; Baer, B.; Blancafort, P. *NPJ precision oncology*, 2020, 4(1), 1-16.

<http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2001/loveridge/index-page8.html> (letzter Zugriff: Januar 2022)

<https://www.insektengiftallergie.de/service-downloads/hausmittel-gegen-insektenstiche/hausmittel-gegen-bienenstiche> (letzter Zugriff: Januar 2022)

Aufgabe 2

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
2.1	Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt Die D/L-Konfiguration ergibt sich aus der Position der OH-Gruppe am asymmetrischen C-Atom, das in der Fischer-Projektion am weitesten von der COH-Gruppe entfernt ist. Bei der D-Konfiguration steht die OH-Gruppe am 5. C-Atom rechts, bei der L-Konfiguration links. Das anomere C-Atom ist das C1-Atom, an dem beim Ringschluss der D-Glucose ein neues asymmetrisches Zentrum entsteht. Steht die OH-Gruppe unterhalb der Ringebeine, spricht man vom α-Anomer, steht sie oberhalb der Ringebeine, spricht man vom β-Anomer. Die D-Glucuronsäure in der Disaccharid-Einheit leitet sich von der β-D-Glucose ab, wobei die CH₂OH-Gruppe beim 6. C-Atom zur Carboxygruppe oxidiert ist. N-Acetyl-Glucosamin leitet sich ebenfalls von der β-D-Glucose ab, wobei die OH-Gruppe am 2. C-Atom gegen eine N-Acetylamino-Gruppe ersetzt ist.	6	2	
2.2	Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt Zwischen den OH-Gruppen und den Wassermolekülen können sich Wasserstoffbrückenbindungen bilden, ebenso mit der Carbonylgruppe und der NH-Gruppe im N-Acetylaminrest. Die Carboxylatgruppe kann zu Wasser Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Außerdem können zwischen den Carboxylationen sowie den Natriumionen und Wasser Ion-Dipol-Wechselwirkungen stattfinden. Insgesamt gibt es sechs Bindungsmöglichkeiten zu Wassermolekülen pro Disaccharid-Einheit.		6	
2.3	Eine wässrige Lösung eines Saccharids wird mit Fehling I und Fehling II-Lösung versetzt und erhitzt. Bei einem reduzierenden Zucker fällt die Fehling-Probe positiv aus. Es bildet sich ein roter Niederschlag von Kupfer(I)oxid, da Cu²⁺ zu Cu₂O reduziert wird. Die Aldehydgruppe wird dabei zur Carboxylatgruppe oxidiert. Das Disaccharid gehört zu den reduzierenden Zuckern, da die Halbacetal-Struktur am anomeren C1-Atom des Glucosamin-Bausteins nicht blockiert und eine Ringöffnung möglich ist, sodass in der offenkettigen Form eine Aldehydgruppe vorliegt. <i>Alternative fachlich korrekte Lösungen wie z.B. die Tollens-Probe sind möglich.</i>	3	2	2
2.4	Pro: - Hyaluronsäure kommt natürlich im Körper vor und wird dort auch abgebaut. Nur geringe Gefahr von Allergien und keine schädlichen Nebenwirkungen. - Bei Injektionen ist die Wirkung nachgewiesen und dauert mehrere Monate an. - Fehlbehandlungen können durch Injektionen mit Hyaluronidase wieder korrigiert werden. Contra: - Injektionen können Schwellungen, Blutergüsse und Infektionen verur-		5	4

	sachen. • Injektionen sind schmerzhaft und es kann zu Fehlbehandlungen kommen, vor allem wenn z.B. ein Nerv getroffen wird. Die Anwendung von Faltencremes hat keine so drastischen unerwünschten Folgen, jedoch: • Wirksamkeit der Hyaluronsäure nicht bewiesen, da Anti-Faltencremes mehrere Inhaltsstoffe aufweisen. • Wirksamkeit abhängig von der Kettenlänge der Hyaluronsäure. Diese wird auf den Verpackungen meist nicht angegeben bzw. ist für den Laien nicht verständlich. • Eine Studie berichtete über eine Faltenreduktion von 10-20%. Ob man dort optisch ohne Messung überhaupt einen großen Unterschied erkennen kann, ist fraglich. • Besser Falten vorbeugen durch einen gesunden Lebensstil mit gesunder Ernährung, Sonnenschutz und ausreichend Schlaf. • Man steht einfach zu seinen Falten und zum Älterwerden. <i>Alternative Argumente sind möglich. Die Formulierung einer eigenen Meinung ist erforderlich.</i>			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		9	15	6

Quellen:

Bilder:

<https://www.lebensfreude-aktuell.de/hyaluronsaeure> (letzter Zugriff: Januar 2022)

<https://www.hyaluron.biz> (letzter Zugriff: Januar 2022)

Informationen:

Raabe Unterrichtsmaterialien Chemie Sek.I/II, Kohlenhydrate und optische Aktivität, Hyaluronsäure – die Lösung im Anti-Aging-Kampf ? S.1ff.

Fallacara, A.; Baldini, E.; Manfredini, S.; Vertuani, S. *Polymers*, 2018,10, 701.

Abatangelo, G.; Vindigni, V.; Avruscio, G.; Pandis, L.; Brun, P. *Cells*, 2020, 9, 1743.

Sze, J. H.; Brownlie, J. C.; Love, C. A. *Biotech*, 2016, 6(1), 67.

Bukhari, S. N. A.; Roswandi, N. L.; Waqas, M.; Habib, H.; Hussain, F.; Khan, S.; Sohail, M.; Ramli, N. A.; Thu, H.E.; Hussain, Z. *International journal of biological macromolecules*, 2018,120, 1682-1695.

Aufgabe 3

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	Enzyme setzen bei Stoffwechselvorgängen die Aktivierungsenergie herab und katalysieren so die Reaktion. Hierbei arbeiten sie substratspezifisch, da das umzusetzende Substrat nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an das aktive Zentrum bindet. Es bildet sich ein Enzym-Substrat-Komplex, der in das freie Enzym und die Produkte zerfällt. Das Enzym katalysiert nun wirkungsspezifisch die Umwandlung des Substrats in spezifische Produkte. Bei PKU-Patienten fehlt das Enzym zur Umsetzung von Phenylalanin zu Tyrosin oder es ist so in seiner Raumstruktur verändert, dass Phenylalanin nicht an das aktive Zentrum binden kann. Somit kann sich kein Enzym-Substrat-Komplex bilden und es erfolgt keine Umwandlung in Tyrosin, so dass dieses nicht für die Synthese von Dopamin und Melanin zur Verfügung steht.	4	2	
3.2	Das Chiralitätszentrum ist jeweils das α-C-Atom. Beide Enantiomere sind durch die Polarimetrie zu identifizieren, da sie Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt sich in ihrer optischen Aktivität unterscheiden und linear polarisiertes Licht in unterschiedliche Richtungen drehen. Licht aller Schwingungsebenen wird durch einen Polarisationsfilter so gefiltert, dass nur noch Licht einer bestimmten Schwingungsebene vorhanden ist. Das linear polarisierte Licht trifft auf die gelöste Probe in der Küvette und wird dadurch um einen bestimmten Betrag aus der ursprünglichen Schwingungsebene herausgedreht. Durch Drehen des Analysators kann der Drehwinkel bestimmt werden. Bei einer Rechtsdrehung spricht man von (+) und bei Linksdrehung von (-).	4	3	
3.3	Aspartam kann in Methanol, L-Phenylalanin und L-Asparaginsäure hydrolysiert werden. Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt PKU-Patienten dürfen keine mit Aspartam gesüßten Kaugummis zu sich nehmen, da dieses u. a. zu Phenylalanin abgebaut wird. Das Vorhandensein von Phenylalanin kann mit der Xanthoproteinreaktion überprüft werden, die einen Nachweis auf aromatische Aminosäuren darstellt. Im Anschluss an die Hydrolyse von Aspartam wird zu der jeweiligen Probe konzentrierte Salpetersäure gegeben. Die entstehende Nitroverbindung weist eine charakteristische gelbe Färbung auf, wenn eine Nitrierung am Benzolring erfolgt. <i>Alternative Lösungsvorschläge sind möglich.</i>	1	4	2
3.4	Satz von Hess gibt vor: Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt Folgende Gleichung wird nach der Bildungsenthalpie umgestellt:		6	4

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt $\Delta_f H_m^0(C_{14}H_{18}N_2O_5) = 14 \cdot \Delta_f H_m^0(CO_2) + 9 \cdot \Delta_f H_m^0(H_2O) - \Delta_r H_m$ $= 14 \cdot (-394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 9 \cdot (-286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-4998 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ $= -3092 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ Pro: • Acesulfam ist für eine kalorienreduzierte Ernährung und für PKU-Patienten geeignet • beide Süßstoffe weisen eine hohe Süßkraft auf, geringerer Einsatz für gleiches Süßungsergebnis • beide Süßungsmittel weisen keine Kariogenität auf, helfen also die Zahngesundheit zu erhalten • prinzipiell gute Verarbeitbarkeit der Süßstoffe Contra: • aspartamhaltige Produkte sind für PKU-Patienten ungeeignet • Aspartam kann Geschmack auch unerwünschter Aromen verstärken • Aspartam zerfällt bei hohen Temperaturen und ist nur mäßig in Wasser löslich und Acesulfam K kann einen unangenehmen Nachgeschmack besitzen • Anreicherung von Acesulfam im Trinkwasser • <i>Health-Halo-Effekt</i> kann Gesamteindruck eines Produktes verschleiern und so die Kaufentscheidung beeinflussen; nachteilige Aspekte eines Produktes werden ausgeblendet, Gefahr von Irreführung von Verbrauchern <i>Alternative Argumente sind möglich. Die Formulierung einer eigenen Meinung ist erforderlich.</i>			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	9	15	6

Quellen

Bilder:

<https://www.aerzteblatt.de/archiv/78811/Informationswebsite-Wissenswertes-zu-Phenylketonurie-fuer-Patienten> (letzter Zugriff: Januar 2022)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phenylalanin\(L-und_D-Phenylalanin\)_V1.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phenylalanin(L-und_D-Phenylalanin)_V1.png) (letzter Zugriff: Januar 2022)

<https://www.univie.ac.at/anfpra/neu1/ps/ps5/PS5.pdf> (letzter Zugriff: Januar 2022)

Dinu, A.; Apetrei, C.: A Review on Electrochemical Sensors and Biosensors Used in Phenylalanine Electroanalysis, 2020, 20 (9).

Fokus Chemie Gesamtband Sekundarstufe II, 2018, 322.

Informationen:

<https://www.bundestag.de/resource/blob/405996/c86a53d6e682837b7becb9cb80692275/WD-5-218-14-pdf-data>. (letzter Zugriff: Januar 2022)

Fokus Chemie Gesamtband Sekundarstufe II, Cornelsen, 2018, 322.

Koletzko, B.; Harms, E.: Störung des Stoffwechsels aromatischer Aminosäuren, 2013, 127-128.

Theis, E.: Gesundheitsbezogene Lebensqualität und soziales Outcome von Phenylketonurie-Patienten einer Stoffwechsel-Spezialsprechstunde in Norddeutschland, 2015.

<https://www.ernaehrung.de/lexikon/diabetes/s/Suessstoffe.php> (letzter Zugriff: Januar 2022)

Mütze, U.; Arélin, M; Beblo, S: Klassische Phenylketonurie und Tetrahydrobiopterin (BH₄)-responsive Hyperphenylalaninämie – Eine Übersicht, 2011, 243 – 250.

Saalfrank, F.: Gesundheitliche Bewertung von Süßstoffen unter besonderer Schwerpunktsetzung auf Aspartam, 2013.

Tombek, A.: Update Süßstoffe – Neues über Nutzen und Risiken, 2010, 57 (4/10), 196-200.

Zühlsdorf, A. et. al.: „Süße“ Marketingclaims: Wie verstehen Verbraucher Werbehinweise zu Zuckerreduktion, Süßungsmitteln und anderen süßenden Zutaten auf Lebensmitteln? Zusammenfassender Ergebnisbericht, 2021.

Aufgabe 4

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
4.1	Zur Ermittlung der molaren Standard-Reaktionsenthalpie kann die Kalorimetrie eingesetzt werden. Die Reaktanden werden in einem Kalorimeter unter Standardbedingungen zur Reaktion gebracht. Die dabei freiwerdende Energie erwärmt das umgebende Wasser und das Kalorimeter. Aus der Temperaturänderung und den bekannten Wärmekapazitäten des Wassers und des Kalorimeters kann die bei der Reaktion frei gewordene Wärmemenge berechnet und auf einen molaren Umsatz umgerechnet werden.	5		
4.2	Reaktionsgleichung zur Verbrennung von Heptan: $\text{C}_7\text{H}_{16} + 11 \text{O}_2 \rightarrow 7 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$ Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt $\Delta_r H_m^0 = [7 \text{ mol } (-393 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 8 \text{ mol } (-242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] - [1 \text{ mol } \cdot (-187,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})] = -4499,2 \text{ kJ}$ Die Energiefreisetzung pro Mol gebildetem Kohlenstoffdioxid beträgt bei Heptan 642,7 kJ (-4499,2 kJ/ 7mol CO₂). Bei der Verbrennung von Heptan wird bei gleicher Energiefreisetzung weniger Kohlenstoffdioxid gebildet als bei der Verbrennung von Ethanol. Die Verwendung von Heptan als Ethanolersatz wäre somit ein Beitrag zum Klimaschutz. Im Vergleich zu Methan wird jedoch mehr Kohlenstoffdioxid freigesetzt, so dass ein Ersatz nicht sinnvoll erscheint.		6	2
4.3	Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt 21K ≈ - 11 kJ Berechnung der molaren Verbrennungsenthalpie: Die Masse m des Brennstoffs Heptan berechnet sich nach $m(\text{Heptan}) = 53,35 \text{ g} - 53,09 \text{ g} = 0,26 \text{ g}$ Die molare Masse von Heptan beträgt: $M(\text{Heptan}) = 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ Die Stoffmenge n des Heptans ergibt sich somit zu $n(\text{Heptan}) = m(\text{Heptan}) \cdot M(\text{Heptan})^{-1} = 0,26 \text{ g} \cdot (100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})^{-1} = 0,0026 \text{ mol}$ Die molare Verbrennungsenthalpie $\Delta_c H_m$ von Heptan beträgt $\Delta_c H_m = \Delta_c H \cdot n(\text{Heptan})^{-1} = -11 \text{ kJ} \cdot (0,0026 \text{ mol})^{-1} = -4231 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ Bei der Versuchsanordnung handelt es sich um ein offenes System, bei dem ein Teil der bei der Reaktion freigesetzten Wärmeenergie an die Umgebung abgegeben wird und somit nicht als Temperaturerhöhung im Erlenmeyerkolben messbar ist. Durch die fehlende Erfassung der Wärmemenge entsteht eine Abweichung vom Literaturwert.		7	3
4.4	Vorteile eines Einsatzes von BtL-Kraftstoffen:	3	3	1

• Unabhängigkeit und Ersatz von fossilen Brennstoffen wie Erdöl und Erdgas, Schonung von endlichen Ressourcen. • Verringerung der Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Es handelt sich bei den BtL-Kraftstoffen um klimaneutrale Kraftstoffe, da bei deren Verbrennung nur die CO₂-Menge freigesetzt wird, die zuvor von der Pflanze beim Wachstum durch Photosynthese aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. • Nutzungsmöglichkeit bisher nicht genutzter landwirtschaftlicher Abfälle aus Cellulose und Holz. Als Nachteile sind zu sehen: • Ackerflächen stehen nicht zur Produktion von Futter- oder Nahrungsmitteln zur Verfügung. • Nahrungsmittel verteuern sich. • Die Herstellungskosten für BtL-Kraftstoffe werden zurzeit noch hoch eingeschätzt, so dass von einer geringen Verbraucherakzeptanz ausgegangen werden muss. <i>Die Formulierung einer eigenen Meinung ist erforderlich. Alternative Argumente sind möglich.</i>			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	8	16	6

Quellen

Bilder:

<https://mediathek.fnr.de/btl-pressematerial.html>

Demuth, R. et al: Chemie im Kontext, Cornelsen Verlag. Berlin 2006 (CD)

Informationen:

<https://link.springer.com/content/pdf/bbm%3A978-3-662-49924-5%2F1.pdf> (Letzter Zugriff: Januar 2022)

<https://www.topagrar.com/energie/news/choren-will-groesste-btl-anlage-bauen-9380666.html> (Letzter Zugriff: Januar 2022)

<http://docplayer.org/10054704-Energieeffizienz-alternativer-kraftstoffe-aus-biomasse-und-erdgas-im-vergleich-mit-konventionellen-kraftstoffen.html> (Letzter Zugriff: Januar 2022)

<https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/kraftstoffe> (Letzter Zugriff: Januar 2022)

<https://www.umsicht-suro.fraunhofer.de/de/unsere-loesungen/biokraftstoff.html> (Letzter Zugriff: Januar 2022)

<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/BtL-Kraftstoff> (Letzter Zugriff: Januar 2022)

Demuth, R. et al: Chemie im Kontext, Cornelsen Verlag. Berlin 2006 (CD)