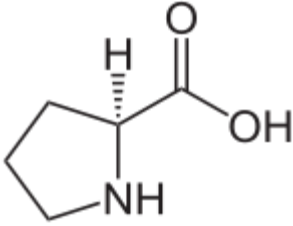


## G8 Chemie Abituraufgaben Aminosäuren Proteine Proteide

### 2011/A2

- 2 Eine ausreichende Zufuhr von Vitamin C ist z. B. für die Stabilität des Kollagens, eines wichtigen Proteins in Knochen und Bindegewebe, unerlässlich. Zur Analyse seiner Zusammensetzung wird Kollagen hydrolysiert und das Hydrolysat bei pH = 6,5 elektrophoretisch getrennt. Die folgende Tabelle gibt die isoelektrischen Punkte einiger im Hydrolysat enthaltener Aminosäuren wieder:

Tab.: 3: Isoelektrische Punkte ausgewählter Aminosäuren

| Aminosäure                                                                                                              | IEP |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| L-Lysin 2,6 Diaminohexansäure                                                                                           | 9,8 |
| L-Prolin(Pyrrolidin-2-carbonsäure)<br> | 6,5 |

Fertigen Sie eine beschriftete Skizze einer Elektrophoreseapparatur an, leiten Sie das unterschiedliche Wanderungsverhalten der angegebenen Aminosäuren unter Verwendung von Strukturformeln ab und zeichnen Sie das zu erwartende Ergebnis in Ihre Skizze ein! [11 BE]

### 2011/C1

2.3 Das Enzym A besteht aus zwei identischen Untereinheiten. Eine Untereinheit ist aus über 500 Aminosäurebausteinen aufgebaut. Seine Aminosäuresequenz wurde entschlüsselt und veröffentlicht. Zur Abkürzung wurde hier der sog. Einbuchstabencode verwendet:

```
MSRSLLLRFLFLLLLPLPVLLADPGAPTPVNPCCYYPCQHQGICVRFGLDRYQC
DCTRTGYSGPNCTIPGLWTWLRNSLRSPSFTHFLLTHGRWFWFVNATFIREML
MRLVLTVRSNLIPSPPTYNSAHDYISWESFSNVSYTRILPSVPKDCPTPMGKKGK
KQLPDAQLLARRFLLRRKFIPDPQGTNLMFAFFAQHFTHQFFKTSGKMGPFGTKAL
GHGVDLGHIYGDNLERQYQLRLFKDGKLYQVLDGEMYPPSVVEEAPVLMHYPRGI
PPQSQMAVGQEVFGLLPGLMLYATLWLREHNRVCDLLKAEHPTWGDEQLFQTTR
LILIGETIKIVIEEYVQQLSGYFLQLKFDPELLFGVQFQYRNRIAMEFNHLYHWHPLM
PDSFKVGSQEYSYEQFLFNTSMLVDYGVEALVJDAFSRQIAGRIGGGRNMDHHIL
HVAVDVIRESREMRLQPFNEYRKRFGMKPYTSFQELVGEKEMAAELEELYGDIDAL
EFYPGLLLEKCHPNISIFGESMIEIGAPFSKGLLGNPICSPEYWKPSTFGGEVGFNIV
KTATLKKLVCLNTKTCPYVSFRVPDASQDDGPAVERPSTEL
```

Abb. 5: Aminosäuresequenz von Enzym A<sup>2</sup>

Tab.: Einbuchstabencode, Trivialname und IUPAC-Namen ausgewählter Aminosäuren

|   | Trivialname    | IUPAC -Name                             |
|---|----------------|-----------------------------------------|
| A | Alanin         | 2-Aminopropansäure                      |
| C | Cystein        | 2-Amino-3-sulfanylpropansäure           |
| D | Asparaginsäure | 2-Aminobutandisäure                     |
| E | Glutaminsäure  | 2-Aminopentandisäure                    |
| F | Phenylalanin   | 2-Amino-3-phenylpropansäure             |
| G | Glycin         | 2-Aminoethansäure                       |
| H | Histidin       | 2-Amino-3-(1H-imidazol-4-yl)propansäure |
| I | Isoleucin      | 2-Amino-3-methylpentansäure             |
| K | Lysin          | 2,6-Diaminohexansäure                   |
| L | Leucin         | 2-Amino-4-methylpentansäure             |

2.3.1 An einer Stelle der Sequenz in Abb. 5 ist die Abfolge „DAF“ hervorgehoben. Zeichnen Sie die Strukturformel des angegebenen Molekülausschnittes und benennen Sie die zwischen den Aminosäurebausteinen vorliegende Bindung! [6 BE]

2.3.2 Für die Enzymfunktion spielt die räumliche Struktur des Enzyms eine entscheidende Rolle. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Proteinstruktur des Enzyms A:

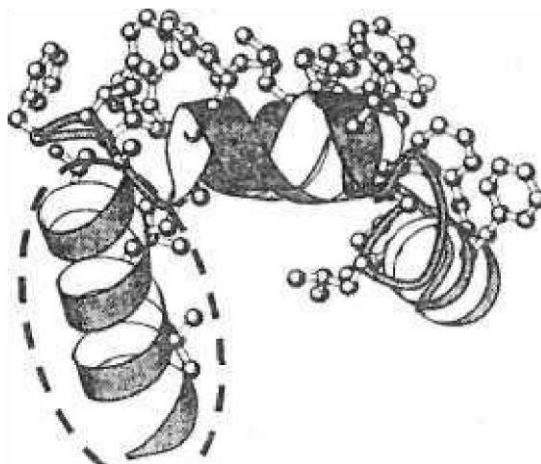


Abb. 6: Räumliche Struktur eines Ausschnitts des Enzyms A<sup>3</sup>

Benennen Sie die in der Abbildung durch eine gestrichelte Linie markierte Proteinstruktur, ordnen Sie diese einer Strukturebene zu und beschreiben Sie, wie diese stabilisiert wird! [4 BE]

2.3.3 Die beiden Untereinheiten des Enzyms werden durch Wechselwirkungen zwischen den Aminosäureresten zusammengehalten.

Nennen Sie zwei verschiedene Möglichkeiten für diese Wechselwirkungen und zeichnen Sie entsprechende Strukturformelausschnitte! [5 BE]

Abbildungen:

1 verändert nach: P. Karson et al.: *Karlsons Biochemie und Pathobiochemie*. Thieme-Verlag, Stuttgart 2005, 15. Aufl., S. 566

2 o. V.: *Amino acid sequence for human cyclooxygenase-1*.

<http://www.bio.davidson.edu/COURSES/genomics/aspirin/cox1aa.html>,

3 verändert nach: L. Stryer: *Biochemie*. Spektrum-Verlag, Heidelberg 2003, 5. Aufl., S. 363

## 2011/C2

- 2 Süßstoffe wie Acesulfam K und Aspartam ersetzen in den meisten Kaugummis Haushaltszucker (Saccharose) als Süßungsmittel.

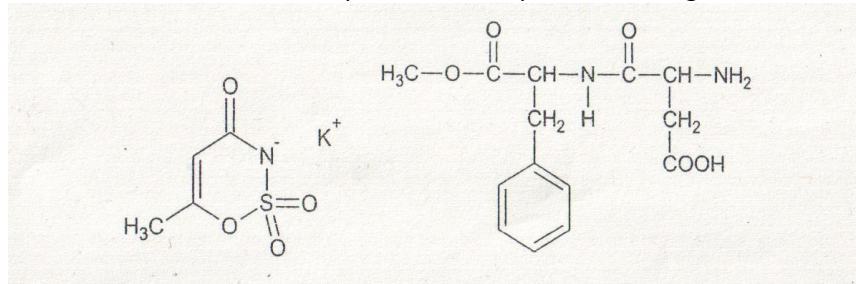


Abb. 1: Strukturformeln von Acesulfam K (links) und Aspartam (rechts)

- 2.1 Aspartam wird im Magen unter dem Einfluss der Magensäure hydrolytisch in drei Verbindungen gespalten.  
Geben Sie die Strukturformelgleichung für die vollständige Hydrolyse von Aspartam an und benennen Sie die Hydrolyseprodukte! [8 BE]
- 2.2 Beschreiben Sie Durchführung und Beobachtungen eines Versuchs, mit dem die beiden Süßstoffe unterschieden werden können! Begründen Sie die jeweils zu erwartenden Ergebnisse! [4 BE]

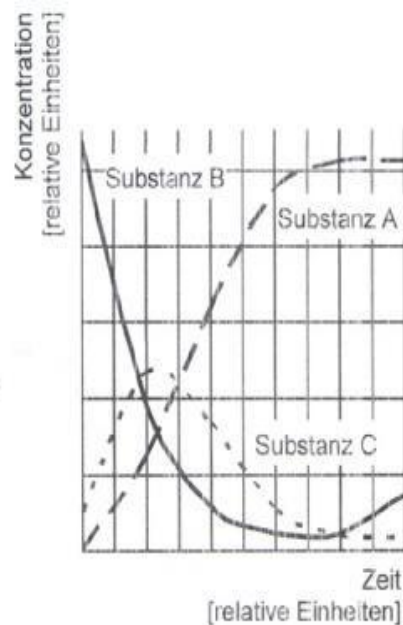
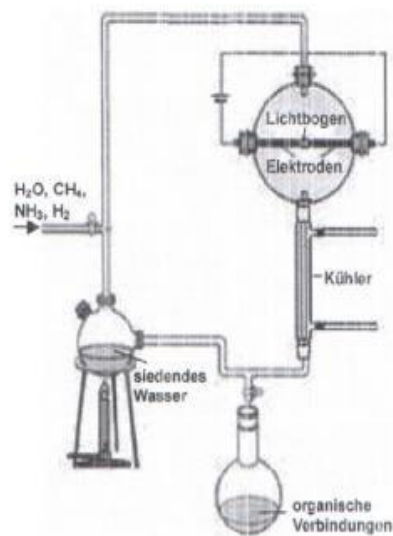
## Musterabitur 2011 - Chemie

### A 1 Von anorganischen Molekülen zur Zelle

Eine Reihe von Laboruntersuchungen stützen die These, dass sich die ersten organischen Verbindungen auf unserem Planeten direkt aus anorganischen Molekülen gebildet haben könnten. Stanley Miller war 1953 der erste, der solche Versuche durchführte. Er setzte Mischungen von Ammoniak, Methan, Wasser und Wasserstoff in einer geschlossenen Apparatur (s. Abb. 1) für eine Woche und länger elektrischen Funkenentladungen (zur Simulation von Blitzen) aus. Unter den von Miller identifizierten Produkten waren eine Reihe von  $\alpha$ -Aminosäuren, z. B. Glycin und Alanin, die auch in natürlichen Proteinen vorkommen.

Es entstanden aber auch Moleküle wie  $\beta$ -Alanin und Sarcosin, die nicht Bestandteile natürlicher Proteine sind.

Nach dem „Ursuppen“-Modell reicherten sich die organischen Moleküle mit der Zeit in den Urgewässern an. Es entstanden polymere Makromoleküle und schließlich von Membranen umschlossene Vorläufer von Zellen.



**Abb.1** Miller-Versuch – Aufbau      **Abb. 2** Miller-Versuch Konzentrationsänderungen

## 1 Stickstoffhaltige Verbindungen im Miller-Versuch

1.1 Ergebnisse eines typischen Ansatzes mit dem Miller'schen Apparat zeigt das Diagramm in Abbildung 2. Als mögliche Deutung ergibt sich für die Startphase folgende zeitliche Reaktionsabfolge:

1. Ammoniak + Methan ➡ Blausäure + „Aldehyd“
2. „Aldehyd“ + Ammoniak + Blausäure ➡ Aminonitril + Wasser
3. Aminonitril + Wasser ➡ „Aminosäure“ + Ammoniak

Ordnen Sie die Stoffe Blausäure, „Aminosäure“ und Ammoniak den entsprechenden Kurven (A-C) zu und begründen Sie Ihre Zuordnung! [4BE]

1.2 Miller konnte die Bildung von bestimmten Aminosäuren, z. B. von Alanin, chromatographisch nachweisen.

1.2.1 Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln und, sofern nötig, geeigneter Projektionsformeln am Beispiel des Alanins (Aminopropansäure) die Unterschiede zwischen:

- den Konstitutionsisomeren  $\alpha$  und  $\beta$ -Alanin bzw.
- den Stereoisomeren D- und L-Alanin! [4 BE]

1.2.2 Abbildung 3 zeigt das unvollständige Formelbild (Valenzstrichformel) einer natürlich vorkommenden Aminosäure (isoelektrischer Punkt: IEP = 2,9) bei pH = 1.

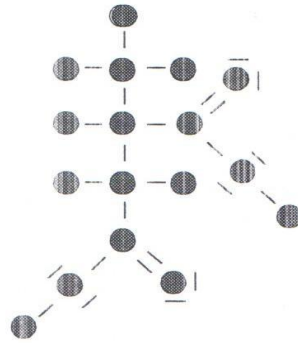


Abb. 3: Unvollständiges Formelbild einer natürlich vorkommenden Aminosäure (pH = 1)

Übertragen Sie das Formelbild auf Ihren Arbeitsbogen und ergänzen Sie dabei die fehlenden Elementsymbole und Formalladung(-en) (pH = 1)! Formulieren Sie die Strukturformel dieser Aminosäure bei pH = 2,9! [5 BE]

## 2012 A2

Das menschliche Haar besteht hauptsächlich aus  $\alpha$ -Keratin. Die Moleküle dieses Proteins bilden eine  $\alpha$ -Helix, in der vor allem hydrophobe Aminosäurereste vorkommen. Durch Verdrillung zweier dieser Helices entsteht eine Superhelix, die durch kovalente Quervernetzung besondere Festigkeit erhält. Im  $\alpha$ -Keratin treten unter anderem folgende Aminosäuren auf:

| Tab.: Verschiedene im Haar vorkommende Aminosäuren |                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cystein (Cys)                                      | $  \begin{array}{c}  \text{COOH} \\    \\  \text{NH}_2 - \text{C} - \text{H} \\    \\  \text{H}_2\text{C} - \text{SH}  \end{array}  $                                      |
| Glutamin (Gln)                                     | $  \begin{array}{c}  \text{COOH} \\    \\  \text{NH}_2 - \text{C} - \text{H} \\    \\  (\text{CH}_2)_2 \\    \\  \text{C} = \text{O} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $ |
| Phenylalanin (Phe)                                 | 2-Amino-3-phenylpropansäure                                                                                                                                                |
| Valin (Val)                                        | 2-Amino-3-methylbutansäure                                                                                                                                                 |

Zeichnen Sie den Strukturformelausschnitt eines Proteins mit der Sequenz -Val-Cys-Gln-Phe- und beschreiben Sie anhand dieser Sequenz die Möglichkeit der kovalenten Quervernetzung zweier Proteinmoleküle! 7BE

**2012/B2**

- 2 Die Geschwindigkeit enzymkatalysierter Reaktionen hängt unter anderem vom pH-Wert des Mediums ab. Damit alle lebenswichtigen Reaktionen ausreichend schnell ablaufen können, muss der pH-Wert des Blutes konstant auf 7,4 gehalten werden.
- 2.1 In der Tabelle 2 sind die pKs-Werte der Aminosäure Phenylalanin angegeben.

Tab. 2: pKs-Werte der Aminosäure Phenylalanin

| Name         | pK <sub>s</sub> der COOH-Gruppe | pK <sub>s</sub> der NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> Gruppe |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Phenylalanin | 1,83                            | 9,13                                                    |

- Beurteilen Sie, ob Phenylalanin (2-Amino-3-phenylpropansäure) Bedeutung für die Pufferung des Blutes haben kann! [3 BE]
- 2.2 Vergleichen Sie die Löslichkeit von Phenylalanin bei pH = 0, pH = 12 und am isoelektrischen Punkt (pH = 5,48) unter Mitverwendung von Strukturformeln! [6 BE]
- 3 Das Enzym Carboanhydrase wurde im Labor einer teilweisen Säurehydrolyse unterzogen. Aus dem Hydrolysat können unter anderem Dipeptide abgetrennt werden.  
Bei der Röntgenstrukturanalyse der Dipeptidmoleküle können verschieden lange C,N-Bindungen nachgewiesen werden.  
Erläutern Sie diese Beobachtung unter Mitverwendung von Strukturformelausschnitten! [6 BE]

**2013/B1 Seide**

- 1 Aus den Kokons der Seidenspinner-Raupe wird Seide gewonnen, die als Textilfaser vielseitig eingesetzt werden kann. Die Spinndrüsen dieser Larven bilden einen mehrere tausend Meter langen Faden, der zu etwa 70 % aus reiner Seidenfaser (Fibroin) und zu 30 % aus Seidenleim, einem Glycoprotein, besteht. Dabei umhüllt der klebrige Seidenleim die Seidenfaser und sorgt so für die Stabilität des Kokons.
- 1.1 Bei Fibroin handelt es sich um ein Protein, in dessen Sequenz drei Aminosäurebausteine sehr häufig auftreten:

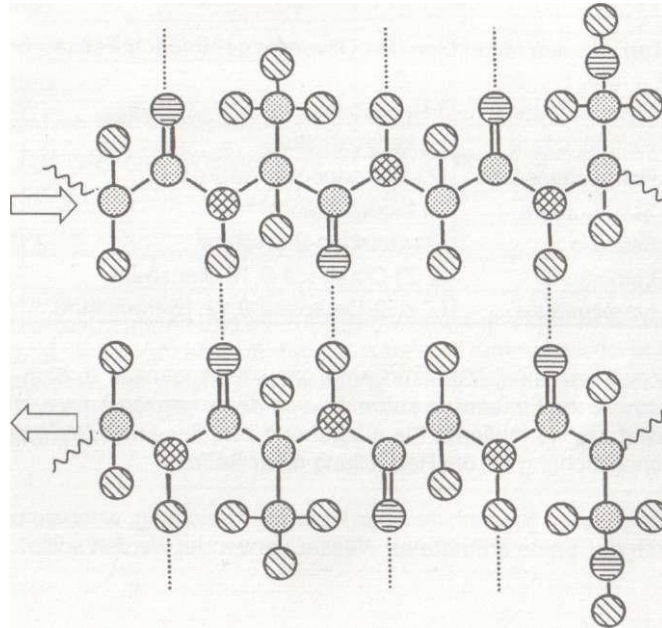


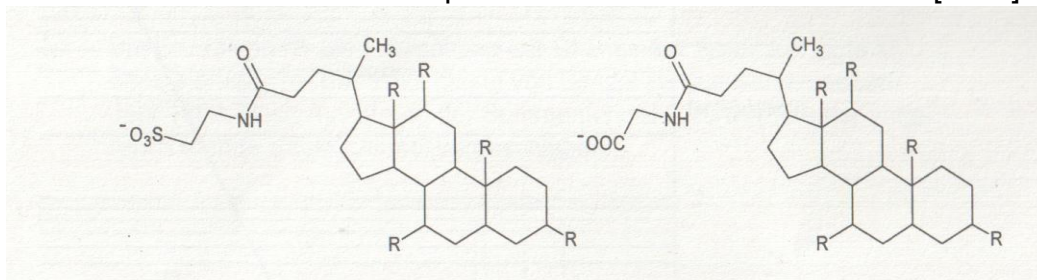
Abb. 1: Typischer Ausschnitt aus einer Seidenfaser, schematisch

1.1.1 Geben Sie die Fischer-Projektionsformeln der drei Aminosäuren an, die Fibroin hauptsächlich aufbauen, und benennen Sie diese nach den IUPAC Regeln! [6 BE]

1.1.2 In Abbildung 1 ist ein Ausschnitt der typischen Sekundärstruktur des Fibroins dargestellt.

Benennen Sie diese und beschreiben Sie deren Stabilisierung! [3 BE]

1.1.3 Viskose wird auch als Kunstseide bezeichnet. Der Rohstoff für die Kunstseideherzeugung ist Cellulose, die in aufwendigen chemischen Verfahren zu den Fasern der Kunstseide versponnen wird. Beschreiben Sie, wie man Kunstseide und Seide experimentell unterscheiden könnte! [4 BE] 2013/B2



A: Taurocholat-Ion

B: Glycocholat-Ion

Abb. 3: Strukturformeln von Gallensalz-Anionen

2.2 Glycocholat kann hydrolytisch in eine Aminosäure und einen weiteren Bestandteil gespalten werden.

Vergleichen Sie unter Mitverwendung mesomerer Grenzstrukturformeln die Basizität der stickstoffhaltigen funktionellen Gruppen in dieser Aminosäure und im Glycocholat-Ion und erläutern Sie Ihre Aussage! [7 BE]

2.3 Eine Glychocholsäure-Lösung wird mit einem Indikator versetzt und mit Natronlauge titriert. Dabei werden folgende Werte gemessen:

|               |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|---------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| V(NaOH) in ml | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 15 | 20 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|

|    |   |   |     |     |     |   |   |    |      |      |
|----|---|---|-----|-----|-----|---|---|----|------|------|
| pH | 2 | 3 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 5 | 8 | 11 | 12,3 | 12,5 |
|----|---|---|-----|-----|-----|---|---|----|------|------|

2.3.1 Zeichnen Sie die Titrationskurve und leiten Sie daraus den  $pK_s$ -Wert der Glycocholsäure ab! [6 BE]

**2014/A1**

Das Grundmaterial vieler Kontaktlinsen bilden Polymere. Die meisten Kontaktlinsenpolymere weisen geladene Seitenketten auf, damit die Benetzbarkeit mit der wässrigen Tränenflüssigkeit erleichtert wird. Diese Seitengruppen bewirken aber auch, dass sich im Lauf des Tages Proteine, die in der Tränenflüssigkeit enthalten sind, an die Linsenoberfläche anlagern können und den Tragekomfort beeinträchtigen.

- 1 Zu den Proteinen der Tränenflüssigkeit gehören Lysozyme. Diese Enzyme bauen Bakterienzellwände ab und wirken damit antibakteriell. Ein Lysozym Molekül ist aus 129 Aminosäurebausteinen aufgebaut. Ausgehend vom N terminalen Ende finden sich folgende Primärsequenzausschnitte: ... Lys-Phe Glu-Ser,... -Leu-Ser-Ser-Asp...

Tab. 1: Abkürzungen und IUPAC-Namen verschiedener Aminosäuren

| Abkürzung | Trivialname    | IUPAC-Name                   |
|-----------|----------------|------------------------------|
| Asp       | Asparaginsäure | 2-Aminobutandisäure          |
| Glu       | Glutaminsäure  | 2-Aminopentandisäure         |
| Leu       | Leucin         | 2-Amino-4-methylpentansäure  |
| Lys       | Lysin          | 2,6-Diaminohexansäure        |
| Phe       | Phenylalanin   | 2-Amino-3-phenylpropansäure  |
| Ser       | Serin          | 2-Amino-3-hydroxypropansäure |

Zeichnen Sie die Strukturformel eines zwei verschiedene Aminosäurebausteine umfassenden Proteinausschnittes von Lysozym und stellen Sie mithilfe einer weiteren Grenzstrukturformel die Bindungsverhältnisse zwischen den Aminosäurebausteinen dar! Leiten Sie ab, ob die Seitenketten der Aminosäurebausteine in dem von Ihnen dargestellten Proteinausschnitt das Anhaften des Lysozyms an die Kontaktlinsenoberfläche ermöglichen könnten! [9BE]

2

Kontaktlinsen, die über einen längeren Zeitraum getragen werden, sollten täglich mit einer Reinigungsflüssigkeit behandelt werden, um die Proteinablagerungen auf der Linsenoberfläche zu entfernen. Diese Flüssigkeiten enthalten Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) zur Oxidation der Ablagerungen. Der Überschuss an Wasserstoffperoxid muss anschließend zu Wasser und Sauerstoff zersetzt werden, um eine Schädigung der Hornhaut zu vermeiden. Ein Hersteller bietet dazu zwei unterschiedliche Systeme an:

- System 1 enthält das Enzym Katalase.
- System 2 enthält eine Katalysatorscheibe, die mit elementarem Platin beschichtet ist.

In einer Versuchsreihe wird die pH-Abhängigkeit von System 1 untersucht. In allen Versuchsansätzen beträgt die Anfangskonzentration von Wasserstoffperoxid 0,2mol/l und die Temperatur 20 °C.

Tab. 2:

Gasentwicklung in System 1 (Intensität der Gasentwicklung steigt von 0 bis++++)<sup>1</sup>

Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: L. Bentlage, H. Kleinhorst, K. Sommer: *Kontaktlinsenreinigungssysteme*. In: *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*. Heft 6/61 September 2012, S. 11

| Versuch Nr. | pH-Wert der Versuchslösung | Gasentwicklung in System 1 |
|-------------|----------------------------|----------------------------|
| 1           | 1                          | 0                          |
| 2           | 4                          | +                          |
| 3           | 6                          | +++                        |
| 4           | 7                          | ++++                       |
| 5           | 8                          | +++                        |
| 6           | 9                          | +                          |
| 7           | 14                         | 0                          |

2.1.1 Erläutern Sie die pH-Wert-Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit in den Versuchen 1 bis 7 anhand einer Modellvorstellung! [7BE]

2.1.2 Stellen Sie für das System 2 eine Hypothese zur Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit des Zerfalls von Wasserstoffperoxid auf und planen Sie ein Experiment, mit dem Sie diese Hypothese überprüfen können! [5BE]

2.2 Durch das längere Tragen von Kontaktlinsen kann es zur übermäßigen Verdunstung von Wasser aus dem Tränenfilm kommen. Diese kann Augenbeschwerden auslösen, die als „Trockenes Auge“ bekannt sind. Der Tränenfilm auf dem Auge besteht aus drei Schichten. Die innerste Schicht ist die Mucinschicht, die vor allem für die Haftung des Tränenfilmes auf dem Auge sorgt. Die mittlere wässrige Schicht sorgt unter anderem für die nötige Befeuchtung des Auges. Die dritte Schicht des Tränenfilmes an der Oberfläche des Auges ist die Lipidschicht. Bei einem Medikament zur Behandlung des „Trockenen Auges“ werden als Inhaltsstoffe u. a. Triacylglycerine angegeben. Stellen Sie eine Hypothese zur Funktion der Lipidschicht auf und zeichnen Sie die Strukturformel eines Triacylglycerin-Moleküls! [6 BE]

## 2014/ A2

Aus Papaya-Früchten kann das Eiweiß spaltende Enzym Papain isoliert werden, das z. B. in der Medizin als Medikament zur Verdauungshilfe oder in der Lebensmittelchemie als Zartmacher für Fleisch eingesetzt wird.

1 In einer Versuchsreihe A wird die Abhängigkeit der Papainaktivität von der Konzentration eines Peptids bei einer Temperatur von 25 °C untersucht. Die folgende Grafik zeigt die Ergebnisse der Versuchsreihe A

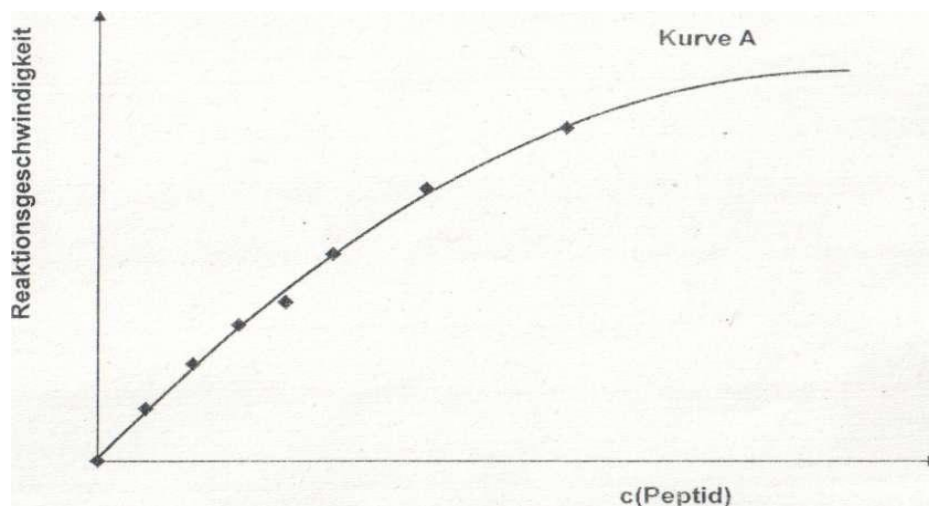


Abb. 1: Abhängigkeit der relativen Enzymaktivität des Papains von der Konzentration eines Peptids<sup>1</sup>

1.1 Das Enzym Papain besitzt am aktiven Zentrum eine HS-Gruppe, welche für die Spaltung der Peptidbindungen benötigt wird, Iodethansäure ( $\text{CH}_2\text{I}\text{COOH}$ ) wirkt als Hemmstoff, indem es diese HS-Gruppe irreversibel verändert. Zeichnen Sie in das Diagramm eine Kurve B ein, die sich ergeben könnte, wenn Versuchsreihe A unter Zusatz von Iodethansäure erneut durchgeführt wird, und erläutern Sie den von Ihnen dargestellten Kurvenverlauf anhand einer Modellvorstellung! [8 BE]

1.2 Zur Untersuchung ihrer hemmenden Wirkung wird Iodethansäure mit einer Konzentration von  $c(\text{CH}_2\text{I}\text{COOH}) = 0,004 \text{ mol/l}$  eingesetzt. Der  $\text{pK}_s$ -Wert dieser Säure liegt bei 3,18.

Berechnen Sie den pH-Wert dieser Iodethansäurelösung und die Masse an Iodethansäure, die in Wasser gelöst werden muss, um einen Liter einer solchen Lösung herzustellen! Für die Berechnungen kann Iodethansäure als schwache Säure betrachtet werden. [8 BE]

1.3 In einer Versuchsreihe wird die Abhängigkeit der Papainaktivität von der Temperatur bei einem pH-Wert von  $\text{pH} = 8$  untersucht. Als Substrat wurde Casein, ein Proteingemisch aus der Milch, eingesetzt. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Versuchsreihe.

Tab.: Aktivität von Papain bei verschiedenen Temperaturen<sup>2</sup>

| Temperatur in °C | relative Enzymaktivität in % |
|------------------|------------------------------|
|------------------|------------------------------|

|    |    |
|----|----|
| 40 | 47 |
| 50 | 98 |
| 60 | 70 |
| 70 | 33 |
| 80 | 18 |

Stellen Sie die Versuchsergebnisse graphisch dar und erläutern Sie die Messergebnisse! [9 BE]

2 Die Primärstruktur von Papain enthält u. a. Glycin-Bausteine (Glycin: 2Aminoethansäure). In Abhängigkeit vom pH-Wert findet man in wässrigen Lösungen von Glycin (IEP = 5,97) verschiedene Strukturen des Glycin-Moleküls.

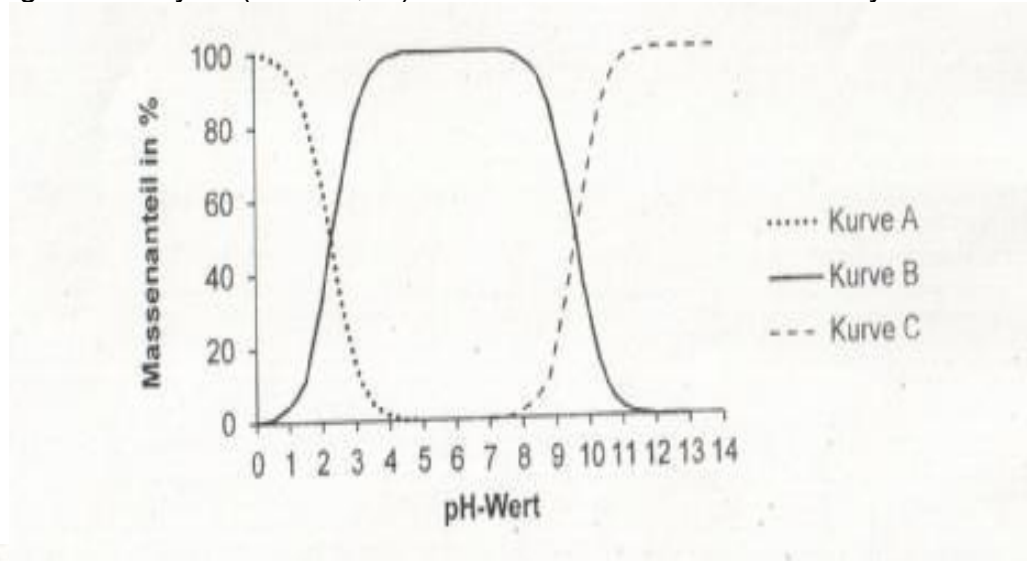


Abb. 2: Massenanteile der verschiedenen Glycin-Strukturen in Abhängigkeit vom pH-Wert<sup>3</sup>

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: J. D. Reid et al.: *Isomerization of the uncomplexed actinidin molecule: kinetic accessibility of additional steps in enzyme catalysis provided by solvent perturbation*. In: *Biochemical Journal* (2004) 378, S. 699-703

<sup>2</sup> verändert nach: Yan Feng Li et al.: *Papain immobilization on a nitrilon fibre carrier containing primary amine groups*. In: *Biotechnology and Applied Biochemistry* (2001) 33, S. 29-34

<sup>3</sup> verändert nach: <http://www.jagemann-net.de/aminosaeuren/aminosaeuren.php>, aufgerufen am 4.10.2013

Ordnen Sie den Kurven A bis C die entsprechenden Strukturformeln von Glycin zu und leiten Sie einen der beiden  $pK_s$ -Werte von Glycin ab! [9 BE]

## 2015/A2

2.3.3 Zur Analyse der Primärstruktur des Enzyms wird dieses säurekatalysiert hydrolysiert. Das entstehende Aminosäuregemisch soll durch Elektrophorese aufgetrennt werden.

Die folgende Abbildung zeigt das Wanderungsverhalten einer Aminosäure bei verschiedenen Elektrophoreseversuchen:

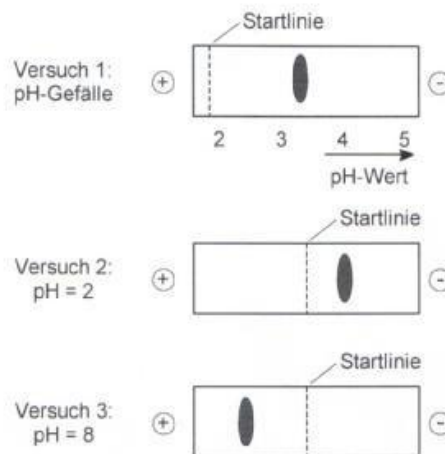


Abb. 3: Wanderungsverhalten einer Aminosäure bei unterschiedlichen Elektrophorese-Versuchen

In der folgenden Tabelle sind die isoelektrischen Punkte verschiedener Aminosäuren angegeben:

Tab. 3: Isoelektrische Punkte verschiedener Aminosäuren

| Aminosäure         | IUPAC-Name                   | IEP |
|--------------------|------------------------------|-----|
| Serin(Ser)         | 2-Amino-3-hydroxypropansäure | 5,7 |
| Alanin(Ala)        | 2-Aminopropansäure           | 6,1 |
| Lysin(Lys)         | 2,6-Diaminohexansäure        | 9,7 |
| Glutaminsäure(Glu) | 2-Aminopentandisäure         | 3,2 |

Leiten Sie ab, welche dieser Aminosäuren aufgetragen wurde, und erläutern Sie deren Wanderungsverhalten in den Versuchen 1 bis 3 unter Verwendung geeigneter Strukturformeln! [9 BE]

- 3 Die folgende Struktureinheit tritt sowohl in Proteinen als auch in Polyamiden auf:

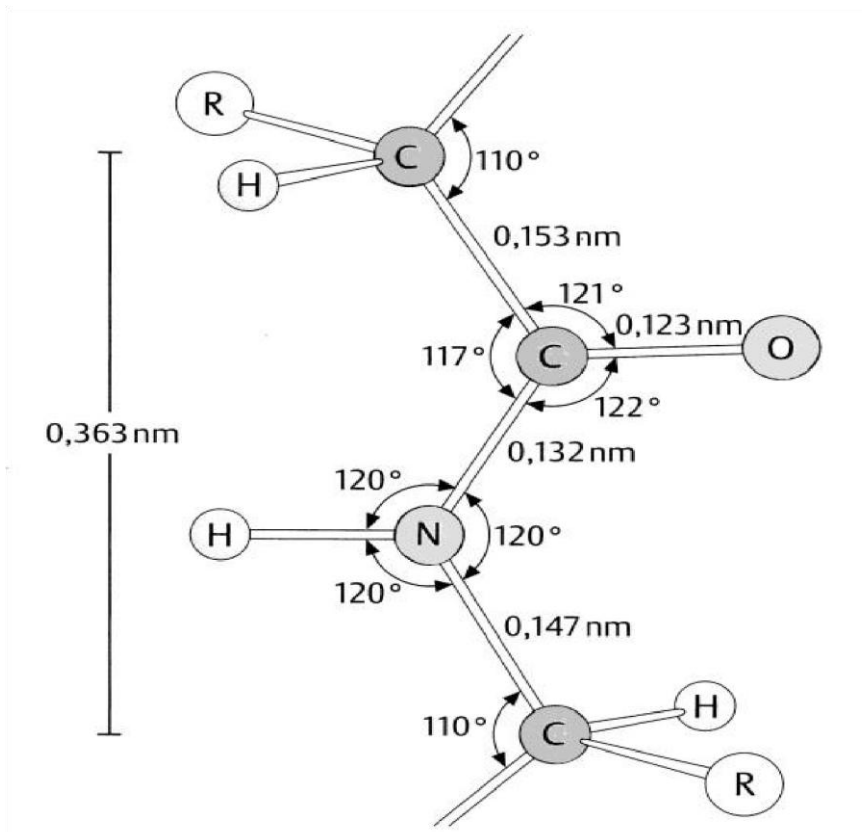


Abb. 4: Strukturausschnitt eines Proteinmoleküls<sup>3</sup>

Begründen Sie unter Mitverwendung von Grenzstrukturformeln die unterschiedlichen Bindungslängen der beiden in Abbildung 4 dargestellten Kohlenstoff-Stickstoff-Bindungen! [4 BE]

<sup>3</sup> verändert nach: D. Doeneke, J. Koolman, G. Fuchs, W. Gerok: *Karlsons Biochemie und Pathobiochemie*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2005, 15. Auflage

## 2016 C1

### 1 Klebstoffe

Klebstoffe spielen in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens eine wichtige Rolle.

- 1 Kalk-Casein-Leim wurde bereits im Mittelalter als Holzleim verwendet. Casein besteht aus Makromolekülen, die aus verschiedenen Monomeren zusammengesetzt sind. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus einem Casein-Molekül:

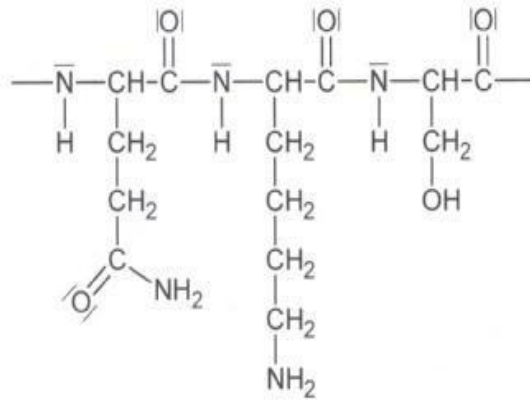


Abb. 1: Ausschnitt aus einem Casein-Molekül

1.1 Begründen Sie, zu welcher Stoffklasse Casein gehört, und zeichnen Sie

die Strukturformel eines der Monomere, aus denen der dargestellte Molekülausschnitt aufgebaut ist! [4 BE]

1.2 Die Wirkung eines Klebstoffs beruht unter anderem auf Wechselwirkungen zwischen Molekülen des Klebstoffs und Molekülen des zu verklebenden Stoffes.

Beschreiben Sie anhand des dargestellten Strukturformelausschnitts, welche Wechselwirkungen die Casein-Moleküle zu Cellulose-Molekülen in Holz oder Papier ausbilden können! [4 BE]

## 2016/C2

Fasern können pflanzlicher oder tierischer Herkunft sein und auch synthetisch erzeugt werden.

1 Keratine sind Fasern, die von Tieren gebildet werden. Sie sind beispielsweise der Hauptbestandteil von Haaren sowie der Finger- und Zehennägel, aber auch von Federn und Reptilienschuppen. Die folgende Abbildung zeigt einen Sequenzausschnitt aus einem Keratin Molekül:

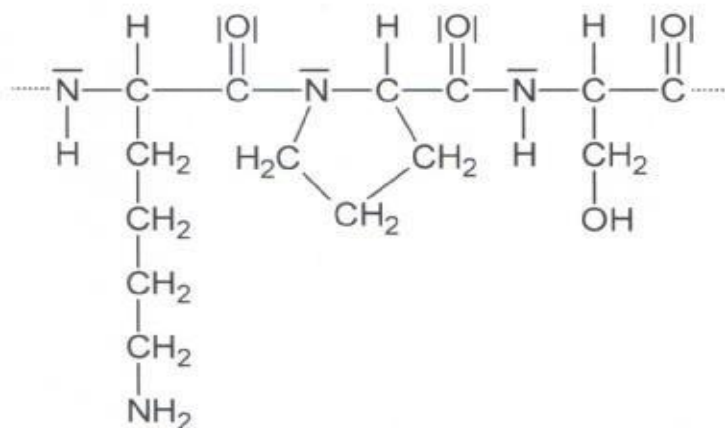


Abb. 1: Sequenzausschnitt aus einem Keratin-Molekül

1.1 Zeichnen Sie die Strukturformeln der drei Monomere des dargestellten

Sequenzausschnitts!

[4 BE]

1.2 Im Keratin fügen sich jeweils Proteinketten zu Fasern zusammen, die eine hohe mechanische Zugfestigkeit aufweisen.



Abb. 2: Schematische Darstellung eines Ausschnitts einer Keratinfaser<sub>1</sub>

Benennen Sie die dargestellten Strukturebenen des Proteins und geben Sie jeweils an, wie diese stabilisiert werden.

**2017/A2**

2 Ein Medikament zur Behandlung von Verdauungsbeschwerden enthält eiweißabbauende Enzyme (Proteasen), die aus Reispilzen gewonnen werden.

2.1 Eine der Proteasen hydrolysiert ein Tripeptid in folgende Aminosäuren:

Tab. 1: Trivialnamen, IUPAC-Namen und isoelektrische Punkte (IEP) der Aminosäuren des Tripeptids

| Trivialname   | IUPAC Name                 | IEP  |
|---------------|----------------------------|------|
| Valin         | 2-Amino-3-methylbutansäure | 5,96 |
| Lysin         | 2,6-Diaminohexansäure      | 9,74 |
| Glutaminsäure | 2-Aminopentandisäure       | 3,22 |

2.1.1 Zeichnen Sie eine Strukturformel für ein Tripeptid, in dem die oben genannten Aminosäuren vorkommen.

[5 BE]

2.1.2 Das Aminosäuregemisch des hydrolysierten Tripeptids soll aufgetrennt werden.

Beschreiben Sie an diesem Beispiel die Durchführung und das Ergebnis eines geeigneten Trennverfahrens.

[8BE]

2.1.3 Die Messung der C-N-Bindungslängen im Tripeptid ergeben die in der Tabelle dargestellten Werte:

Tab. 2: C-N-Bindungslängen im Tripeptid

| Bindungstyp         | A     | B     |
|---------------------|-------|-------|
| Bindungslänge in nm | 0,132 | 0,149 |

Ordnen Sie die Bindungstypen A und B konkreten C-N-Bindungen in der Strukturformel des Tripeptids zu und begründen Sie Ihre Zuordnung. [5 BE]

## 2018/C 1

### Retinal

Das Farbstoffmolekül 11-(Z)-Retinal absorbiert in den Sehsinneszellen der Netzhaut Licht und ermöglicht damit die Lichtwahrnehmung.

Im Sehpigment Rhodopsin ist das Molekül 11-(Z)-Retinal an ein Protein mit dem Namen Opsin gebunden, das aus 348 Aminosäuren besteht

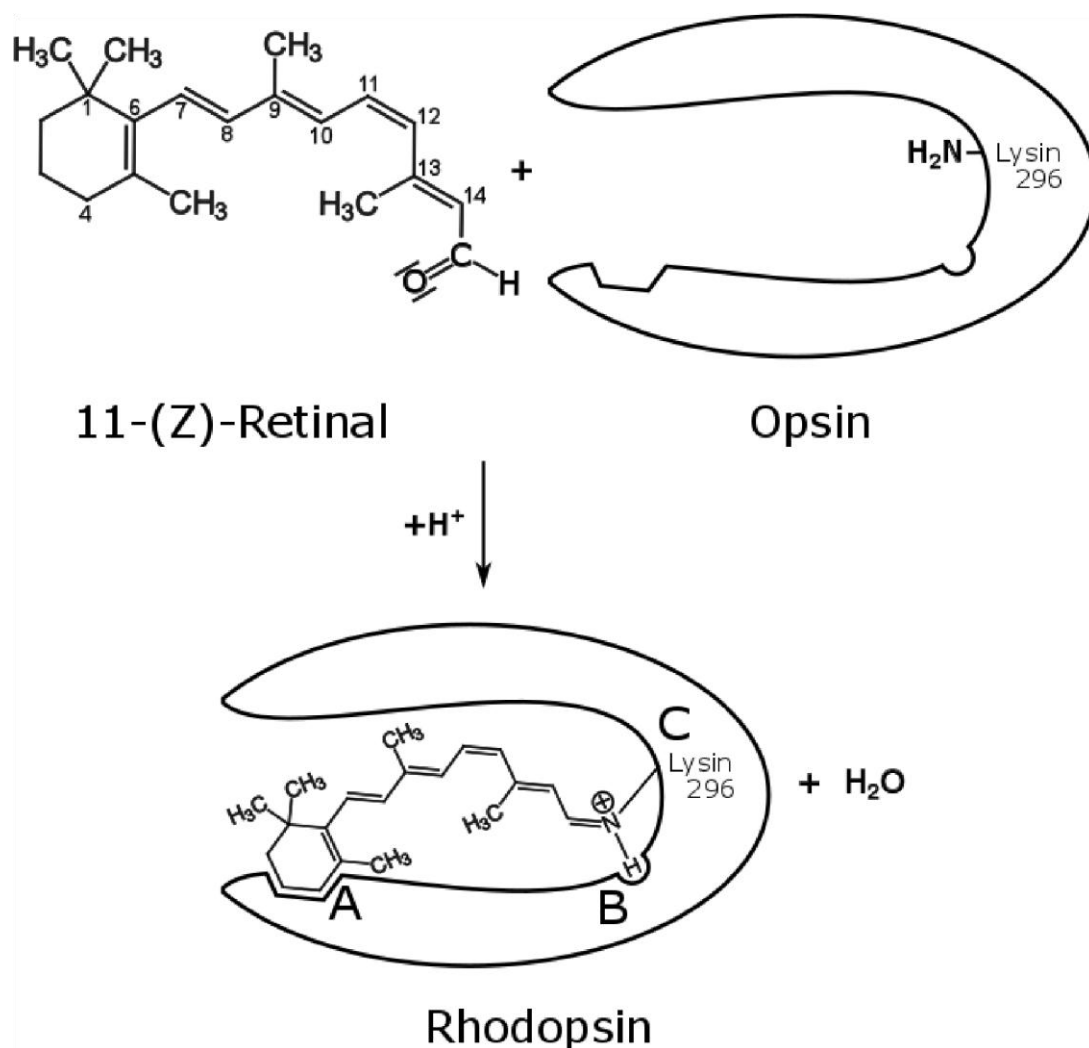


Abb. 1: Schematische Darstellung der Bindung von 11-(Z)-Retinal an Opsin

- 1 Die Bindung von 11-(Z)-Retinal an das Opsin-Molekül erfolgt über den Baustein Lysin an der Position 296 (Bereich C). Der folgende Ausschnitt aus der Opsin-Sequenz zeigt die Stellung dieses Bausteins:

1 Die Bindung von 11-(Z)-Retinal an das Opsin-Molekül erfolgt über den Baustein Lysin an der Position 296 (Bereich C). Der folgende Ausschnitt aus der Opsin-Sequenz zeigt die Stellung dieses Bausteins:



Abb. 2: Ausschnitt aus der Opsin-Sequenz

Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt, der die angegebene Aminosäuresequenz wiedergibt. [4 BE]

- 2 Bei der Bindung des 11-(Z)-Retinal-Moleküls an das Opsin-Molekül treten in den mit A und B gekennzeichneten Bereichen Wechselwirkungen auf, die die Bindung unterstützen.

Erklären Sie unter Berücksichtigung von Abb. 1, um welchen Typ von Wechselwirkung es sich hierbei jeweils handeln kann. [5 BE]

- 3 Um die Geschwindigkeit der Rhodopsin-Bildung zu untersuchen wurden zwei Experimente durchgeführt:

Experiment I: Bindung von 11-(Z)-Retinal an das Protein Opsin

Experiment II: Bindung von 11-(Z)-Retinal an die freie Aminosäure Lysin

Für die Reaktion in Experiment I wurde eine mittlere Reaktionsgeschwindigkeit von  $-2,71 \text{ mol/s}$  ermittelt. Abbildung 3 zeigt die Abnahme der Stoffmenge von 11-(Z)-Retinal bei Experiment II:

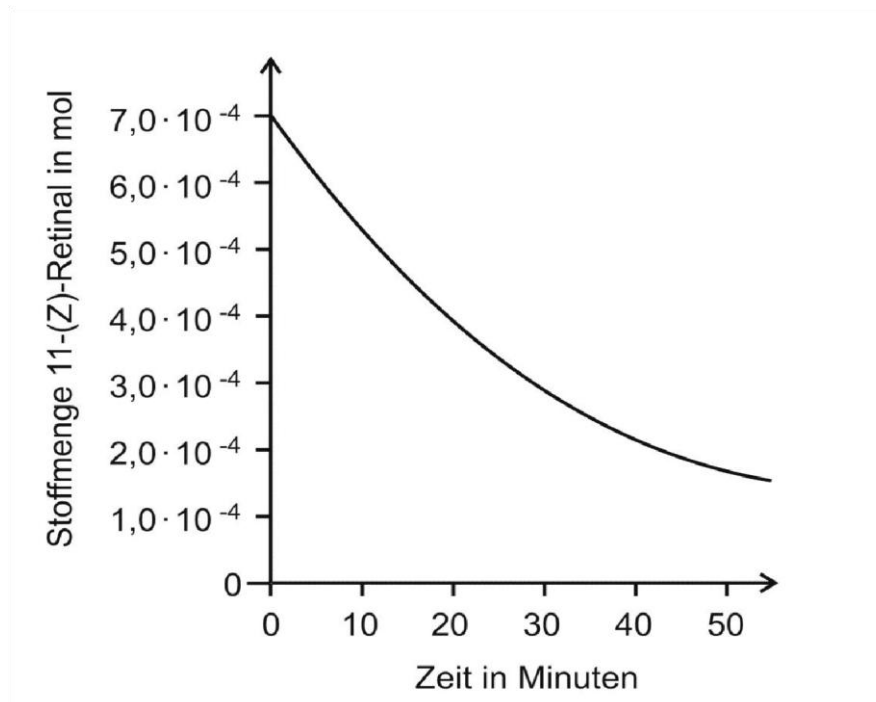


Abb. 3: Zeitliche Änderung der Stoffmenge mit Lysin <sup>1</sup>

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: H. Matsumoto et al.: *Role of non-covalent  $\beta$ -ionone-ring binding site in rhodopsin: Historical and physiological perspective*. In: *Photochemical & Photobiological Sciences* 14 (2015), S. 1932-1940

Ermitteln Sie aus dem Diagramm die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit vom Zeitpunkt 0 bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Hälfte des 11-(Z)-Retinals verbraucht ist und vergleichen Sie diese mit dem Wert für Experiment I. [5 BE]

- 4 Opsin kann nicht als Enzym für die Bindung von 11-(Z)-Retinal bezeichnet werden. Begründen Sie diese Aussage. [3 BE] 5  
Begründen Sie am Beispiel des 11-(Z)-Retinal-Moleküls (Abb. 1) den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit unter Verwendung einer weiteren mesomeren Grenzstrukturformel. [7 BE]

## 2018/C2

### C 2 Hühnereier

- 1 Das Eiklar enthält als häufigste makromolekulare Substanz das Protein Ovalbumin.  
1.1 Die Sequenz dieses Proteins, das aus 385 Aminosäurebausteinen besteht, wurde im Jahre 1981 aufgeklärt. Die Kette beginnt mit folgenden Bausteinen:

Tab. 1: Anfangssequenz des Ovalbumin-Moleküls und Isoelektrische Punkte

| Kettenposition | Name        | Code | Systematischer Name           | IEP  |
|----------------|-------------|------|-------------------------------|------|
| 1              | Glycin      | G    | 2 Aminoethansäure             | 6,06 |
| 2              | L-Serin     | S    | L-2-Amino-3hydroxypropansäure | 5,68 |
| 3              | L-Isoleucin | I    | L-2-Amino-3mthylpentansäure   | 5,94 |

1.1.1 Im Rahmen einer Seminararbeit wurde die Wasserlöslichkeit der drei Aminosäuren Glycin, L-Serin und L-Isoleucin untersucht. Die folgende Abbildung gibt die Aufzeichnungen des Schülers zu den Experimenten wieder:

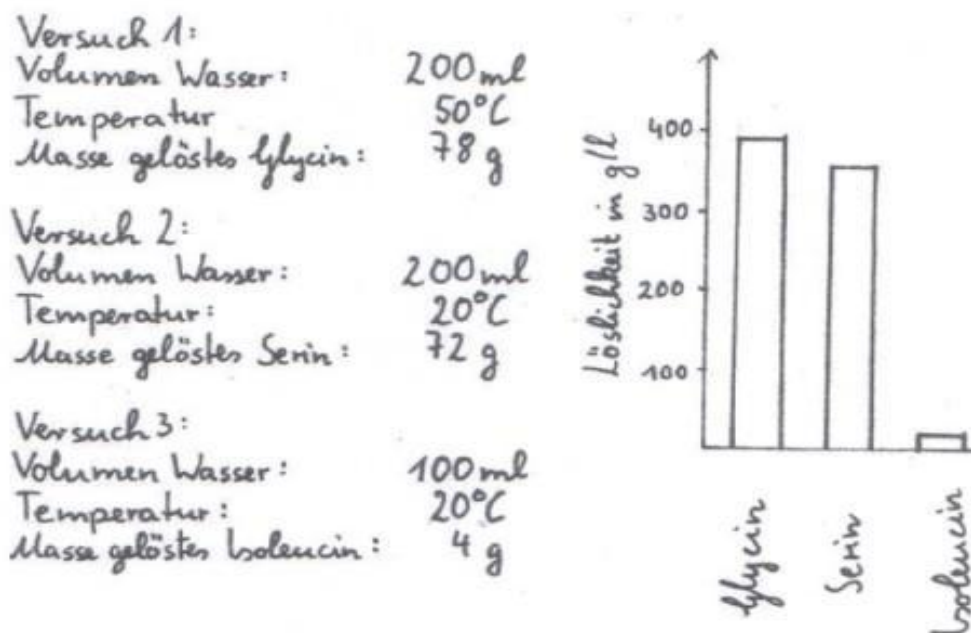


Abb. 1: Versuchsprotokoll zur Löslichkeit der drei Aminosäuren

Überprüfen Sie die Auswertung der Experimente im Diagramm des Versuchsprotokolls und nehmen Sie kritisch zur Vergleichbarkeit der ermittelten Löslichkeiten Stellung. [6 BE]

1.1.2 Der pH-Wert beeinflusst die Wasserlöslichkeit von Aminosäuren. Vergleichen Sie die Wasserlöslichkeit von Glycin bei pH = 6,06 und pH=13,0 unter Mitverwendung von Strukturformeln. [6 BE]

1.2 Bei der Lagerung von Hühnereiern wandelt sich ein Teil des Ovalbumins in das hitzestabilere S-Ovalbumin um. Im S-Ovalbumin liegen die an den Positionen 164, 236 und 320 gebundenen Serin-Moleküle in der D Konfiguration vor, während alle anderen Aminosäuren unverändert die L-Konfiguration aufweisen.

1.2.1 Zeichnen Sie für das D- und L-Serin-Molekül jeweils eine Fischer Projektionsformel und geben Sie an, in welcher physikalischen Eigenschaft sich die beiden Moleküle unterscheiden. [6 BE]

1.2.2 Beschreiben Sie, welche Folgen das zu starke Erhitzen von Proteinen hat und geben Sie eine mögliche Erklärung für die größere Hitzestabilität des S-

Ovalbumins an.

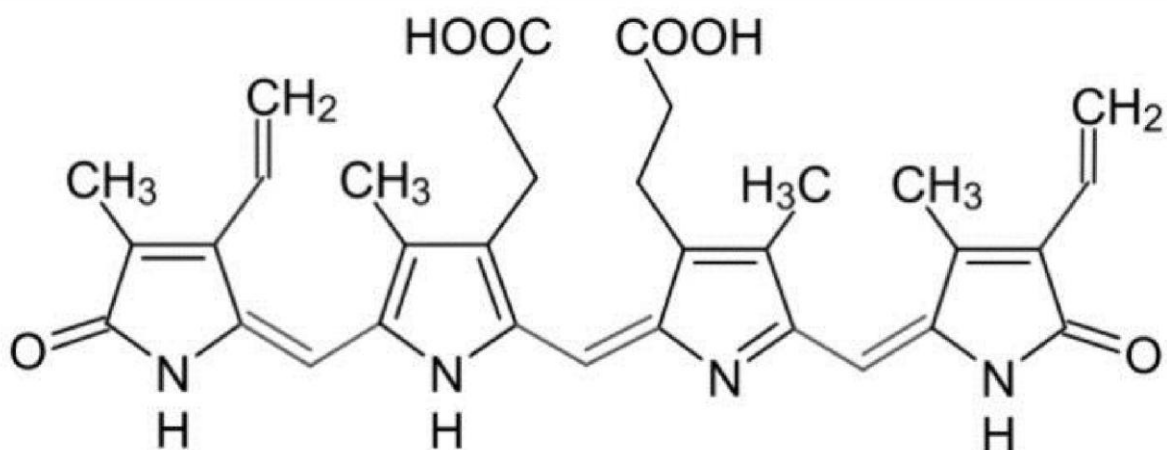


Abb. 2: Strukturformel von Biliverdin

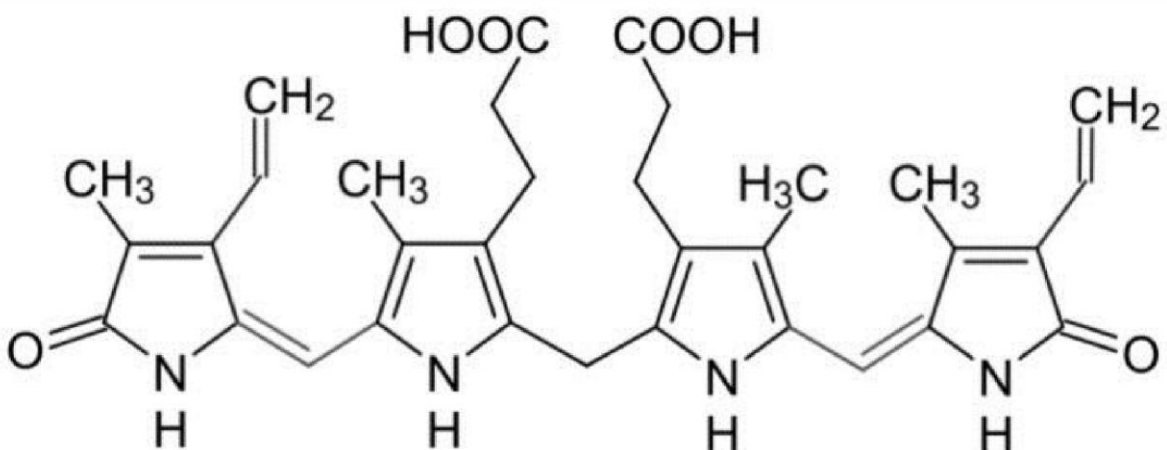


Abb. 3: Strukturformel von Bilirubin

2.1 Erklären Sie am Beispiel des Biliverdin-Moleküls den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit. Leiten Sie ab, weshalb Bilirubin eine andere Farbe aufweist. [8 BE]

2.2 Die folgende Abbildung zeigt das Absorptionsspektrum eines der beiden Farbstoffe:

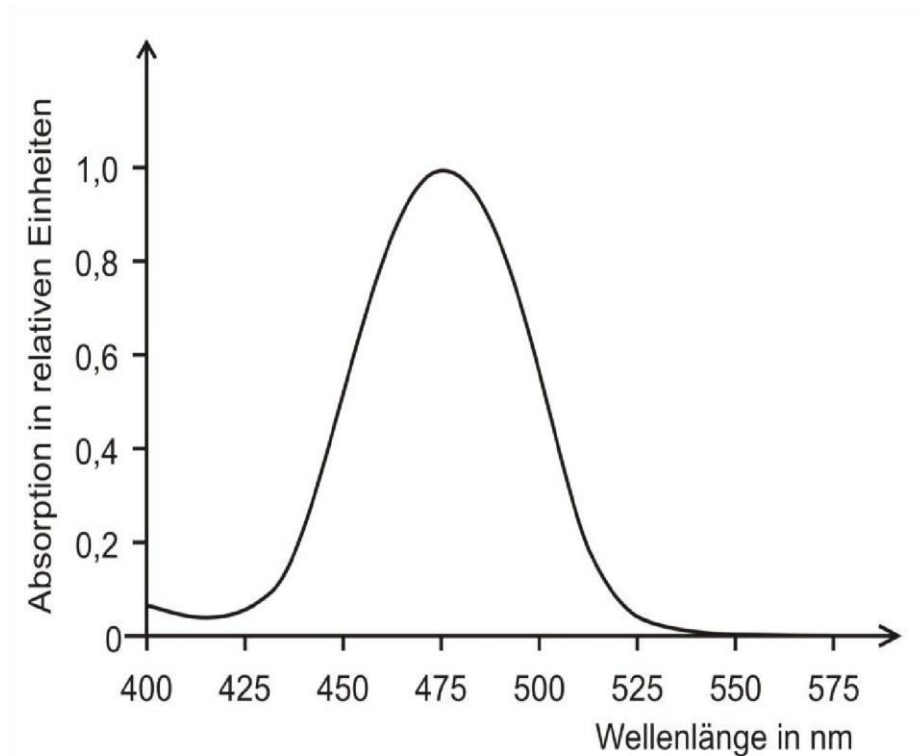


Abb. 4: Absorptionsspektrum eines Farbstoffes<sup>1</sup>

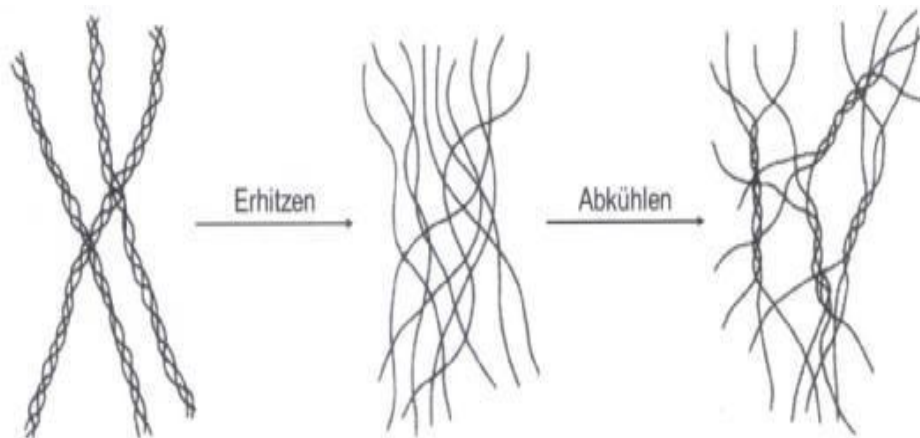
| Wellenlänge des absorbierten Lichts in nm | Farbe des absorbierten Lichts | Komplementärfarbe |
|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 400 – 440                                 | Violett                       | Gelb              |
| 440 –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

Begründen Sie, zu welchem der beiden Farbstoffe das Absorptionsspektrum gehört. Skizzieren Sie ein Spektrum für den anderen Farbstoff. [5 BE]

Wackelpudding wird aus Wasser, Geliermitteln sowie Farb- und Aromastoffen hergestellt.

1 Als Geliermittel wird in der Regel Gelatine verwendet, ein Stoffgemisch aus geschmacksneutralen tierischen Proteinen. Gelatine wird aus Kollagenen (Bindegewebsproteinen) hergestellt. In Kollagenen sind drei Protein-Moleküle zu einer sogenannten Tripelhelix zusammengelagert, in der hydrophobe Reste nach außen zeigen.

1.1 Bei der Gelatineherstellung wird die Raumstruktur der Kollagene verändert (Abb.1)



Raumstruktur von Kollagenen

Raumstruktur von Gelatine

Abb. 1: Veränderung der Raumstruktur von Kollagenen bei der Herstellung von Gelatine<sup>1</sup>

Abbildungen: 1 verändert nach: W. Babel: Gelatine - ein vielseitiges Biopolymer. In „Chemie in unserer Zeit“; 2/1996 (1996), S. 86-95 2

In Wasser quillt Gelatine im Gegensatz zu Kollagenen auf. Es entsteht eine gallertartige Lösung. Beschreiben Sie die Veränderung der Raumstruktur von Kollagenen bei der Herstellung von Gelatine mithilfe von Abbildung 1 und begründen Sie das unterschiedliche Verhalten von Gelatine und Kollagenen in Gegenwart von Wasser. [7 BE]

1.2 Zeichnen Sie einen zwei Aminosäurebausteine umfassenden Molekülausschnitt eines Polypeptids und formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Hydrolyse der Peptidbindung zwischen den beiden Aminosäurebausteinen. [4 BE]

1.3 Für Personen, die auf den Verzehr von Gelatine verzichten wollen, werden Wackelpudding-Produkte auf Basis von Agarose, einem Polysaccharid, angeboten. Beschreiben Sie die Durchführung und das Ergebnis eines Experiments, mit dem man nachweisen kann, dass für die Herstellung eines Wackelpuddings Gelatine und nicht Agarose verwendet wurde. [5 BE]

- 3 Ananas enthält das proteinspaltende Enzym Bromelain. Setzt man beim Abkühlen einem Wackelpudding frische Ananas zu, so wird die Gelatine nicht richtig fest.
- 3.1 Beschreiben Sie anhand einer Modellvorstellung die Wirkungsweise von Bromelain. [5 BE]
- 3.2.1 Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, weshalb Ananas-Stücke aus Konservendosen im Gegensatz zu frischer Ananas das Erstarren der Gelatine nicht verhindern. [4 BE]

## 2019 A2

### Proteinshakes

Zur Herstellung von Proteinshakes für Sportler werden Mischungen verschiedener Proteine eingesetzt. Die meisten Produkte enthalten Molkenproteine oder Casein. 1 Den Hauptanteil des Molkenproteins macht das  $\beta$ -Lactoglobulin aus, dessen Aminosäuresequenz im sogenannten Einbuchstabencode in Abbildung <sup>1</sup> dargestellt ist.

```

      10      20      30      40      50
LIVTQTMKGL DIQKVAGTWY SLAMAASDIS LLDAQSAPLR VYVEELKPTP
      60      70      80      90     100
EGDLEILLQK WENGECAQKK IAEKTIPA VFKIDALNEN KVLVLDTDYK
      110     120     130     140     150
KYLLEFCMENS AEPEQSLACQ CLVRTPEVDD EALEKFDKAL KALPMHIRLS
      160
FNPTQLEEQC HI

```

Abb. 1: Aminosäuresequenz von  $\beta$ -Lactoglobulin<sup>1</sup>

Tab.: Einbuchstabencode, Trivialname und systematischer Name einiger Aminosäuren

| Einbuchstabencode | Trivialname    | Sytematischer Name   |
|-------------------|----------------|----------------------|
| A                 | Alanin         | 2-Aminopropansäure   |
| D                 | Asparaginsäure | 2- Aminobutandisäure |
| E                 |                | 2-Aminopentandisäure |

|   |              |                              |
|---|--------------|------------------------------|
| F | Phenylalanin | 2-Amino 3-Phenylpropansäure  |
| G | Glycin       | 2-Aminoethansäure            |
| I | Isoleucin    | 2-Amino-3- Methylpentansäure |
| K | Lysin        | 2,6 Diaminohexansäure        |
| L | Leucin       | 2-Amino-4-Methylpentansäure  |

1.1 Zeichnen Sie den Strukturformelausschnitt für den in Abbildung <sup>1</sup> markierten, aus drei Aminosäuren bestehenden, Bereich. [5 BE]

1 verändert nach: Uniprot: Beta-lactoglobulin - Bos taurus - Chain; [http://www.uniprot.org/blast/?about=P02754\[17-178\]&key=Chain&id=PRO\\_0000017903](http://www.uniprot.org/blast/?about=P02754[17-178]&key=Chain&id=PRO_0000017903), zuletzt aufgerufen am 01.05.2018

In Abbildung 2 ist die räumliche Struktur von  $\beta$ -Lactoglobulin schematisch dargestellt

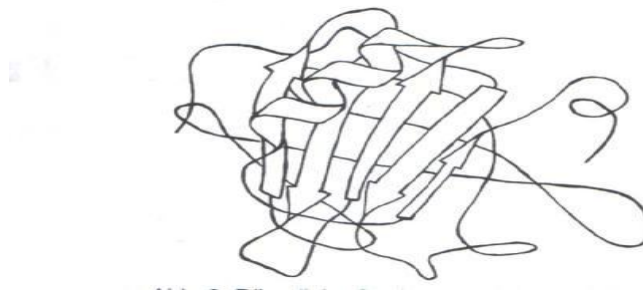


Abb. 2: Räumliche Struktur von  $\beta$ -Lactoglobulin<sup>2</sup>

Benennen Sie die in der Abbildung dargestellten Sekundärstrukturen und vergleichen Sie diese bezüglich ihrer Stabilisierung. [6 BE]

2 verändert nach: Bilddaten für die Darstellung mit WebLab ViewerLite 3.1 (Molecular Simulations Inc., 1998); entnommen aus <https://www.rcsb.org/structure/1BEB>, zuletzt aufgerufen am 12.11.2018

2 Proteinshakes auf Basis von Casein enthalten entweder Caseinpulver oder ein Pulver aus Casein-Hydrolysat. Dieses wird durch partielle Hydrolyse von Casein mithilfe proteinspaltender Enzyme hergestellt.

2.1 Zur Unterscheidung der beiden Arten von Proteinshakes kann eine Elektrophorese durchgeführt werden. Skizzieren Sie eine Elektrophorese-Apparatur und erklären Sie, wie damit Casein von Casein-Hydrolysat unterschieden werden kann. [7 BE]

2.2 Die Aktivität proteinspaltender Enzyme, wie z. B. Renin, kann durch das Hexapeptid Pepstatin beeinflusst werden.

2.2.1 Pepstatin enthält u. a. den Aminosäurebaustein Statin (4-Amino-3-hydroxy-6-methylheptansäure). Zeichnen Sie die Strukturformel von Statin und nennen Sie den strukturellen Unterschied zu  $\alpha$ -Aminocarbonsäuren. [3 BE]

2.2.2 In zwei Versuchsreihen wurde die Abhängigkeit der Aktivität des Enzyms Renin von der Substratkonzentration untersucht. Die Ansätze bei Versuchsreihe B enthielten zusätzlich Pepstatin (Konzentration 0,4  $\mu\text{mol/L}$ ).

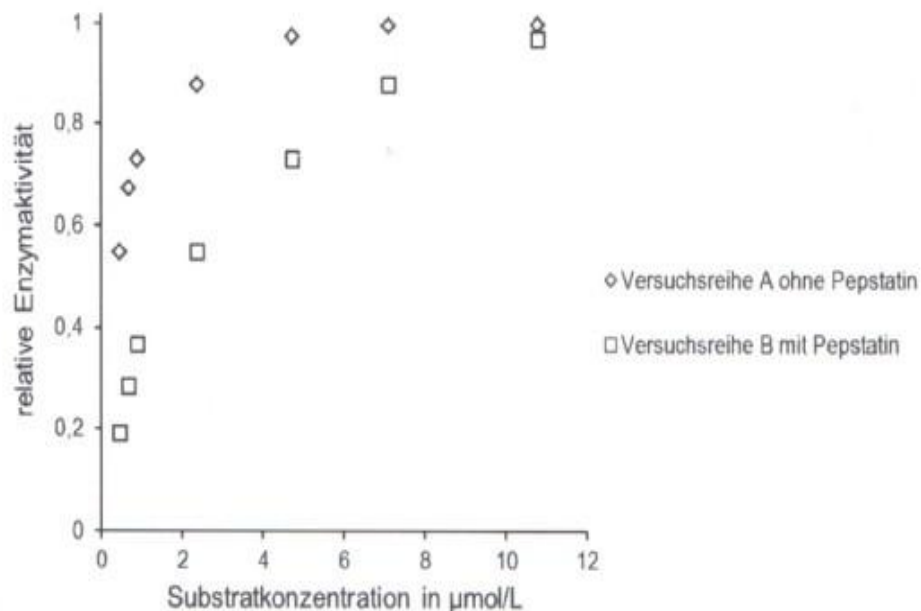


Abb. 3: Relative Enzymaktivität von Renin in Abhängigkeit von der Substratkonzentration bei pH 5,53 <sup>3</sup>

<sup>3</sup> verändert nach: M. Eid et al.: New renin inhibitors homologous with pepstatin. In: Biochemical Journal, Nr. 197 (1981), S. 468

Erklären Sie den Kurvenverlauf bei Versuchsreihe A und leiten Sie aus dem

Diagramm den Einfluss von Pepstatin auf die Enzymaktivität von Renin ab.

[8 BE]

## 2020 A1

### A 1 Lupinen

Lupinen sind aufgrund ihrer nährstoffreichen Samen wichtige Futterpflanzen, finden aber auch zunehmend Eingang in die menschliche Ernährung.

- 1 Lupinensamen enthalten viel Eiweiß. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt der Aminosäure-Sequenz von  $\gamma$ -Conglutin 1<sup>1</sup>. Dieses Protein stammt aus der Lupinenart *Lupinus angustifolius*. Die Aminosäuren sind im sogenannten Einbuchstabencode angegeben.

```
360          370          380          390
YDSRKISGGA PSVDLILDKN DAVWRISSEN FMVQAQD

400
CLGFVDGGVH
```

Abb. 1: Ausschnitt der Aminosäuresequenz von  $\gamma$ -Conglutin 1<sup>1</sup>

Abbildung: 1 entnommen aus:  
[www.rscb.org/pdb/explore/remediatedSequence.do?structureId=4PPH](http://www.rscb.org/pdb/explore/remediatedSequence.do?structureId=4PPH), zuletzt aufgerufen am 14.11.2011

Tab.: Einbuchstabencode, Trivialname und systematischer Name  
ausgewählter Aminosäuren Einbuchstabencode Trivialname

| <b>Einbuchstabencode</b> | <b>Trivialname</b> | <b>Systematischer Name</b>             |
|--------------------------|--------------------|----------------------------------------|
| A                        | Alanin             | 2-Aminopropansäure                     |
| E                        | Glutaminsäure      | 2-Aminopentandisäure                   |
| G                        | Glycin             | Aminoethansäure                        |
| H                        | Histidin           | 2-Amino-3(1H-imidazol-4-yl)propansäure |
| K                        | Lysin              | 2,6-Diaminohexansäure                  |
| S                        | Serin              | 2-Amino-3hydroxypropansäure            |
| V                        | Valin              | 2-Amino-3methylbutansäure              |

Die Sequenz des Proteinausschnitts der Aminosäuren 388 bis 390 ist in Abbildung 2 dargestellt:

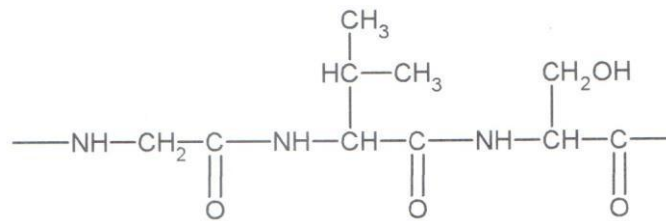


Abb. 2: Strukturformelausschnitt aus  $\gamma$ -Conglutin

- 1      1      Leiten Sie anhand der Tabelle und der Abbildung 2 den Einbuchstabencode für den angegebenen Ausschnitt von  $\gamma$ -Conglutin 1 ab. [4 BE]

- 1.2      Abbildung 3 zeigt ein Modell für ein Protein-Molekül. Der Molekülbauer hat lange flache Holzquader und kleine runde Holzperlen abwechselnd auf einen dünnen Draht gefädelt. An den runden Holzperlen sind zusätzlich Büroklammern aus Metall befestigt.

- 1.2      Abbildung 3 zeigt ein Modell für ein Protein-Molekül. Der Molekülbauer hat lange flache Holzquader und kleine runde Holzperlen abwechselnd auf einen dünnen Draht gefädelt. An den runden Holzperlen sind zusätzlich Büroklammern aus Metall befestigt.

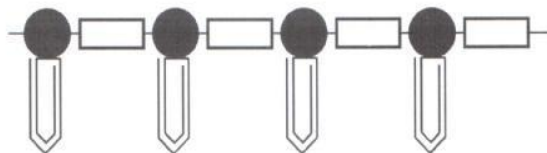


Abb. 3: Modell für ein Protein-Molekül

- 1.2.1      Ordnen Sie den einzelnen Bausteinen des Modells die entsprechenden Abschnitte eines Protein-Moleküls zu. Beurteilen Sie die Eignung des Holzquaders für die modellhafte Darstellung des Baus sowie der Eigenschaften des entsprechenden Molekülabschnitts. [7 BE]

- 1.2.2 Um weitere strukturelle Merkmale eines Protein-Moleküls zu zeigen, soll das vorgegebene Modell verändert werden. Geben Sie zwei Verbesserungsmöglichkeiten hierfür an und begründen Sie diese. [4 BE]

- 2 Im Hydrolysat von  $\gamma$ -Conglutin 1 kommt die Aminosäure Glycin (Aminoethansäure) vor. Eine Lösung der vollständig protonierten Form von Glycin lässt sich mit Natronlauge titrieren. Dabei ergibt sich die in Abbildung 4 dargestellte Titrationskurve:

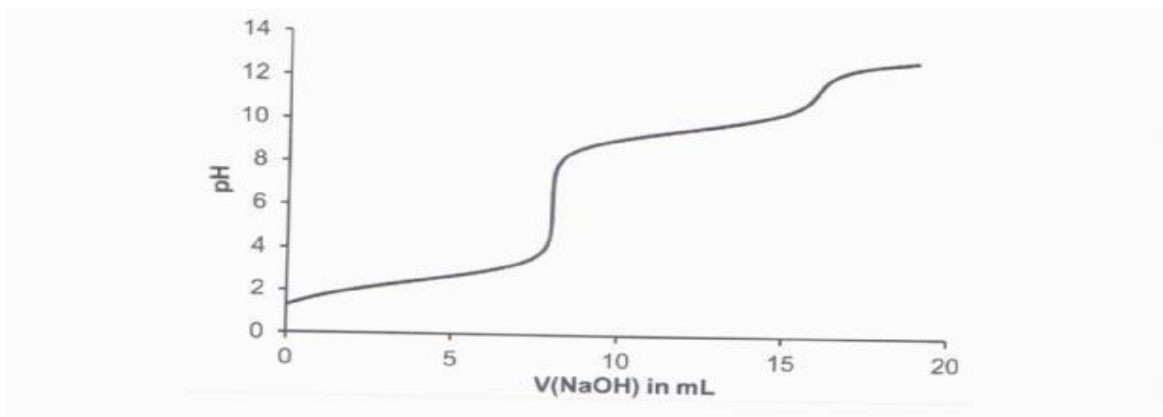


Abb. 4: Titrationskurve von Glycin mit Natronlauge

- 2.1 Leiten Sie aus Abbildung 4 unter Angabe der zugehörigen Protolyse Gleichung den isoelektrischen Punkt von Glycin ab. [6 BE]
- 2.2 Der pH-Wert im Zellplasma von Lebewesen wird konstant gehalten und liegt meist um den pH-Wert 7. Beurteilen Sie den Beitrag von Glycin zur Pufferung des pH-Werts im Zellplasma. [4 BE]

## 2020 A 2

- 1.2 50 mL einer Lösung der vollständig protonierten Form von Phenylalanin (2Amino-3-phenylpropansäure) der Konzentration  $c(\text{Phe}) = 0,1 \text{ mol/L}$  werden mit Natronlauge der Konzentration  $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/L}$  titriert. Dabei ergibt sich die in Abbildung 2 dargestellte Titrationskurve:

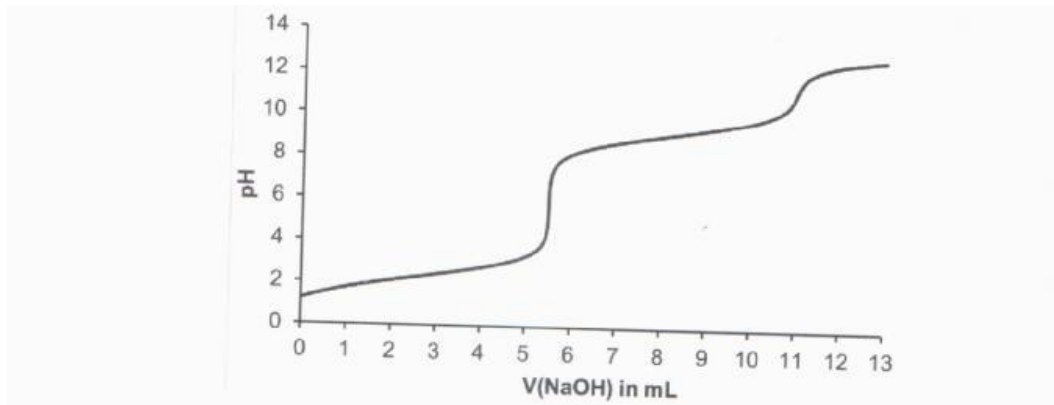


Abb. 2: Titrationskurve von Phenylalanin mit Natronlauge

- 1.2.1 Zeichnen Sie jeweils die Strukturformel der hauptsächlich vorliegenden Form von Phenylalanin am Startpunkt der Titration und an den beiden Äquivalenzpunkten. [6 BE]
- 1.2.2 Phenylalanin-Lösungen können als Puffer eingesetzt werden. Bestimmen Sie mithilfe von Abbildung 2 die  $pK_S$ -Werte von Phenylalanin und beurteilen Sie die Eignung einer Phenylalanin-Lösung als Puffer für Zahnpasta mit einem pH-Wert von 8,8. [6 BE]

1.2.1 Zeichnen Sie jeweils die Strukturformel der hauptsächlich vorliegenden Form von Phenylalanin am Startpunkt der Titration und an den beiden Äquivalenzpunkten . [6 BE]

1.2.2 Phenylalanin-Lösungen können als Puffer eingesetzt werden. Bestimmen Sie mithilfe von Abbildung 2 die  $pK_S$ -Werte von Phenylalanin und beurteilen Sie die Eignung einer Phenylalanin-Lösung als Puffer für Zahnpasta mit einem pH-Wert von 8,8. [6 BE]

**Abituraufgaben 2026**

## Chemie (grundlegendes Anforderungsniveau)

### Aufgabe III Antikörpertherapie

Antikörper sind Bestandteile des Immunsystems des Körpers, die an der Abwehr eingedrungener Krankheitserreger sowie der Zerstörung veränderter körpereigener Strukturen beteiligt sind. Um gezielt bestimmte Krankheiten zu behandeln, werden sie inzwischen auch synthetisch hergestellt.

- 1 Analysieren Sie die modellhafte Darstellung des Antikörpers in Abbildung 1 im Hinblick auf die Darstellung der vier Strukturebenen eines Proteins (M 1). 8BE
- 2 Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung in Strukturformelschreibweise für die formale Bildung eines Dipeptids aus zwei selbstgewählten Aminosäuren (M 2). Ordnen Sie die Reaktion begründet einem Reaktionstyp zu (M 2). 6
- 3 Ergänzen Sie in Abbildung 3 geeignete Aminosäurereste des Antikörpers, die mit den dargestellten Aminosäureresten des Antigens Wechselwirkungen ausbilden können (M 2, M 3). 10  
Beschreiben Sie diese Wechselwirkungen (M 2, M 3).  
Beurteilen Sie die von Ihnen ergänzte Abbildung 3 anhand von drei Aspekten im Hinblick auf die modellhafte Darstellungsweise (M 2, M 3).
- 4 Erklären Sie die veränderten Bindungsfähigkeiten der Antikörper bei unterschiedlichen Lagerungsbedingungen (M 1, M 4). 6BE

30 BE

### Material 1: Aufbau und Funktionsweise von Antikörpern<sup>1</sup>

Ein Antikörper besteht aus zwei identischen Paaren einer schweren und einer leichten Peptidkette, die zu einer Y-förmigen Struktur miteinander verknüpft sind (Abb. 1). Für die Funktion des Antikörpers muss diese Y-Form möglichst stabil sein. Dies wird unter anderem durch Disulfidbrücken erreicht.

Am Ende der Peptidketten befinden sich variable Bereiche (V), die sogenannten Antigenbindungsstellen. Diese Bereiche sind wichtig für die Immunabwehr. Krankheitserreger besitzen an ihrer Oberfläche bestimmte Strukturen, die sogenannten Antigene. An diese Strukturen binden die Antigenbindungsstellen der Antikörper und fixieren damit die Krankheitserreger. Diese Fixierung zwischen Antigenbindungsstelle und Antigen kann man sich modellhaft wie eine Schlüssel-Schloss-Passung vorstellen: Sie passen perfekt ineinander (Abb. 2).

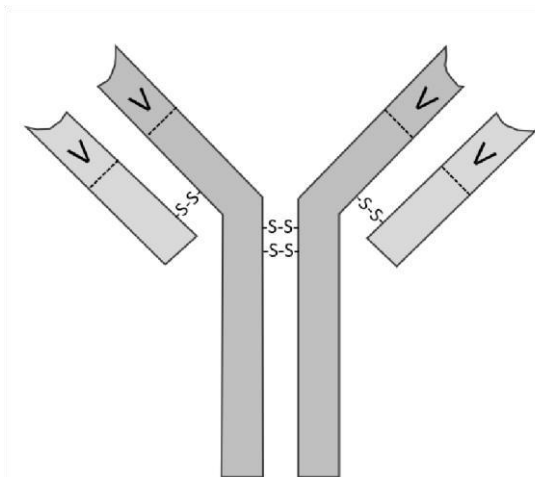


Abb. 1: Modelldarstellung zum Aufbau eines Antikörpers

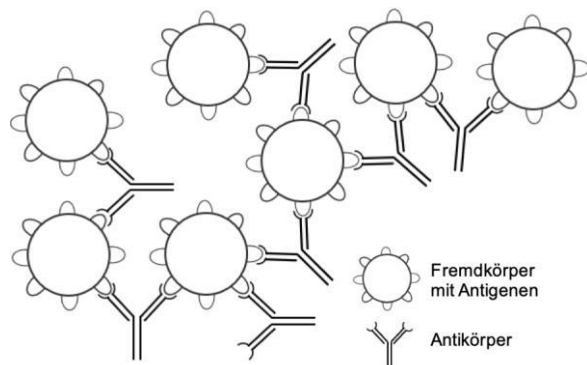


Abb. 2: Modelldarstellung zur Fixierung von Fremdkörpern durch die Antikörper

## Material 2: Liste ausgewählter proteinbildender Aminosäuren

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über Trivialnamen und systematische Namen ausgewählter proteinbildender Aminosäuren.

Tab. 1: Trivialname und systematischer Name ausgewählter Aminosäuren

| Name          | systematischer Name          |
|---------------|------------------------------|
| Alanin        | 2-Aminopropansäure           |
| Glutaminsäure | 2-Aminopentandisäure         |
| Lysin         | 2,6-Diaminohexansäure        |
| Valin         | 2-Amino-3-methylbutansäure   |
| Serin         | 2-Amino-3-hydroxypropansäure |
| Leucin        | 2-Amino-4-methylpentansäure  |

## Material 3: Intermolekulare Wechselwirkungen zwischen Antigen und Antikörper<sup>2</sup>

Um ein Antigen zu fixieren, müssen zwischen der Oberfläche des Antigens und der variablen Region des Antikörpers zwischenmolekulare Wechselwirkungen ausgebildet werden. Für diese reversible Anlagerung eines Antigens an einer der variablen Regionen des Antikörpers sind dabei die Reste der Aminosäure-Bausteine von Antigen und Antikörper von entscheidender Bedeutung. Es bilden sich die gängigen Wechselwirkungen zwischen Peptidketten, die in Summe über die vielen Kontakte zwischen den Oberflächen zu einer spezifischen und starken Anhaftung führen.

# Abiturprüfung 2026

## LEISTUNGSFACH

### Chemie

### (erhöhtes Anforderungsniveau)

#### Aufgabe I

#### Behandlung von Typ-2-Diabetes

Die Fälle von Typ-2-Diabetes (umgangssprachlich Zucker-Krankheit oder Alterszucker) nehmen in den Industrieländern seit Jahren deutlich zu.

2 Stellen Sie mithilfe einer Skizze unter Verwendung einer Modellvorstellung zur Wirkungsweise von Enzymen eine Hypothese zur Ursache des unterschiedlichen Reaktionsverhaltens von DPP-4 gegenüber GLP-1, Semaglutid und Exendin-4 auf (M 1). Beurteilen Sie, ob die Darstellung des räumlichen Baus in Tabelle 1 Ihre Hypothese stützt (M 1). 9 BE

3 Erklären Sie mithilfe einer Reaktionsgleichung die Herstellung eines Dihydrogenphosphat/Hydrogenphosphat-Puffers durch Zugabe von Salzsäure zu einer Natriumhydrogenphosphat-Lösung (M 1). Prüfen Sie mithilfe einer Berechnung, ob bei der Zugabe des angegebenen Volumens an Salzsäure der gewünschte pH-Wert erreicht wird (M 1). 9BE

4 Ordnen Sie die Elektrophorese-Ansätze A–D begründet den verschiedenen pH-Werten zu (M 2). 6BE

5 Zeichnen Sie ausgehend von Abbildung 3 ein Diagramm, das die Hemmung von DPP-4 acht Stunden nach der Sitagliptin-Gabe in Abhängigkeit von der verabreichten Menge beschreibt (M 3).

Erläutern Sie die in Ihrem Diagramm dargestellte Abhängigkeit und leiten Sie eine Empfehlung zur Gabe der Menge an Sitagliptin ab (M 3). 9BE

Gesamt: 40BE

#### Material 1:

Entstehung und Behandlung von Typ-2-Diabetes<sup>1, 2, 3</sup>

Über 90 % der Diabetikerinnen und Diabetiker in Deutschland leiden an Typ-2-Diabetes. Bei diesem Krankheitsbild wird häufig zu wenig Peptid GLP-1 (Glucagon-like Peptide 1) freigesetzt. GLP-1 ist ein Peptid, das die Insulinfreisetzung anregt, wenn die Glucose-Konzentration im Blut nach einer Mahlzeit ansteigt. Insulin fördert die Aufnahme von Glucose aus dem Blut in bestimmte Zellen, was eine Senkung des Blutzuckerspiegels zur Folge hat.

Eine Behandlung von Typ-2-Diabetes durch die Gabe von GLP-1 ist praktisch nicht möglich, da die Stoffmengenkonzentration von GLP-1 durch das körpereigene Enzym Dipeptidylpeptidase 4 (DPP-4) alle zwei Minuten halbiert wird. Aus diesem Grund werden zur Behandlung von Typ-2-Diabetes u. a. Medikamente eingesetzt, die wie GLP-1 Insulin freisetzen, aber durch DPP-4 nicht gespalten werden. Beispiele für solche Stoffe sind Semaglutid oder Exendin-4 (Tab. 1).

Tab. 1: Ausschnitte aus der Aminosäuresequenz und dem räumlichen Bau von GLP-1-Molekülen sowie von Molekülen ausgewählter Typ-2-Diabetes-Medikamente