



# Arbeitsheft Biochemie

Timo Brandenburger

Fachbeirat  
Prof. Dr. Klaus-Heinrich Röhm

2., aktualisierte Auflage

Timo Brandenburger  
Stiftstr. 2  
24103 Kiel

Fachbeirat:  
Prof. Dr. Klaus-Heinrich Röhm  
Universität Marburg  
Institut für Physiologische Chemie  
Karl-von-Frisch-Straße  
35033 Marburg

1. Auflage 2003

#### Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Autoren und Verlag haben sich bei der Zusammenstellung der Fragen, bei der Zuordnung der Lösungen und bei der Kommentierung von Fragen und Lösungen um größtmögliche sachliche Richtigkeit bemüht. Dennoch wird eine Gewähr für die in diesem Band enthaltenen Angaben nicht übernommen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden **nicht** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2003, 2009 Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstraße 14  
D-70469 Stuttgart

Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe  
Umschlagfoto: Studio Nordbahnhof Stuttgart  
Satz: Graphik & Text Studio, Barbing  
Druck: Wesel-Kommunikation  
Printed in Germany

ISBN 978-3-13-132252-4

1 2 3 4 5

# Vorwort

Macht nicht jeder Student irgendwann die Erfahrung, dass er Gelerntes und Verstandenes sehr viel schneller vergisst, als ihm es lieb wäre?

Insbesondere trifft dies für die Biochemie zu, die dem Studenten bei stetig wachsender Fülle des Stoffes ein wahres Elefantengedächtnis abzuverlangen scheint.

Aus dieser Einsicht entstand das Konzept eines Arbeitsheftes, das durch aktives Wiederholen ein besseres Einprägen zuvor erlernter Sachverhalte ermöglichen soll.

In erster Linie richtet sich dieses Buch an Medizinstudenten des vor-klinischen Studienabschnittes. Das Arbeitsheft kann in verschiedener Hinsicht hilfreich sein:

- Während des Studiums kann es dazu dienen, den im biochemischen Praktikum gelernten Stoff aktiv zu wiederholen. Das bietet vor allem 2 Vorteile: Erstens wird das zuvor Gelernte nicht so schnell vergessen und zweitens zeigt die Bearbeitung der Aufgaben, wo man noch Schwächen hat, die man dann mit Hilfe eines Lehrbuchs ausbessern sollte.
- Über 100 Prüfungsprotokolle verschiedener Universitäten wurden analysiert, um ein Heft zu schaffen, das den Studenten insbesondere auf das mündliche Physikum vorbereitet. Gerade in der Situation der mündlichen Prüfung greift das Konzept des

„Selbst-Machens“, das Aktivität und eigenständiges Denken vom Studenten fordert. Das Arbeitsheft kann auch in Lerngruppen verwendet werden, um sich mit verschiedenen Fragen aus dem Arbeitsheft gegenseitig zu prüfen.

- Auch für die Vorbereitung auf das schriftliche Physikum kann das Heft genutzt werden. Durch die Kapitelaufteilung, die dem Gegenstandskatalog entspricht, ist es möglich einzelne Kapitel parallel zum „Fragen kreuzen“ durchzuarbeiten. Alle Altfragen wurden analysiert und Schwerpunkte in die Fragen des Arbeitsheftes eingearbeitet. Neben der Physikumsrelevanz steht aber auch ein anderer Aspekt im Vordergrund. Das Arbeitsheft kann den Studenten für kurze Zeit von dem monotonen „A bis E-Denken“ ablenken und so ein wenig produktive Abwechslung schaffen.

Das Arbeitsheft besteht aus einem Fragen- und einem Lösungsteil, in dem jede Frage ausreichend kommentiert ist. Je nach Belieben kann bei schwierigen Fragen zusätzlich ein Lehrbuch zu Rate gezogen werden. Das Arbeitsheft soll kein Lehrbuch ersetzen, es sollte als ergänzende Lernhilfe verstanden werden. Der Schwierigkeitsgrad variiert von Frage zu Frage, komplizierte Fragen

kann man auslassen und unter Umständen später bearbeiten. Auf keinen Fall sollte Frustration entstehen, wenn manche Frage auf Anhieb zu kompliziert erscheint.

Ich hoffe, mit diesem Konzept dem Studenten eine Hilfe beim Studium der Biochemie des Menschen an die Hand geben und hoffentlich auch ein bisschen Spaß und Interesse für die Biochemie wecken zu können. Schließlich danke ich Herrn Professor Röhm für seine fachliche Unterstützung, Frau Dr. Fode vom Georg Thieme Verlag für ihre intensive Betreuung, den Rezensenten und Freunden, die unermüdlich Vorschläge zur Verbesserung geliefert haben, insbesondere gilt dies für meine Partnerin Maria. Über Hinweise und Korrekturvorschläge der Leser würde ich mich sehr freuen, denn nur so kann das Arbeitsheft in Zukunft besser an die Interessen der Leserschaft angepasst werden.

Kiel, im Dezember 2008  
T. Brandenburger



# Inhalt

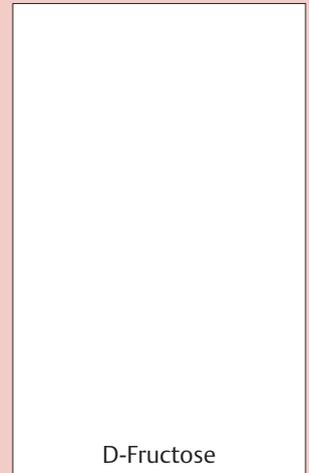
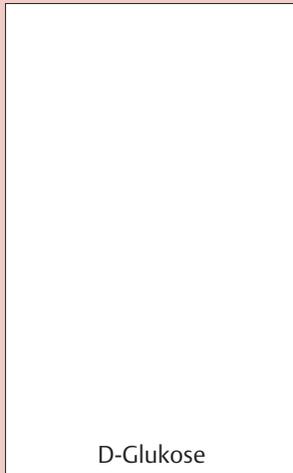


	Seiten	Kapitel
Kohlenhydrate	6 ... 7	1
Aminosäuren, Peptide und Proteine	8 ... 12	2
Chemie der Fettsäuren und Lipide	12 ... 13	3
Nucleotide und Nucleinsäuren	14	4
Vitamine und Coenzyme	15 ... 22	5
Enzyme	22 ... 26	6
Ernährung, Verdauung	26 ... 29	7
Abbau der Kohlenhydrate	29 ... 31	8
Abbau der Fettsäuren, Ketonkörper	32 ... 33	9
Aminosäurestoff- wechsel	34 ... 36	10
Citratcyklus und Atmungskette	36 ... 39	11
Glykogenstoffwechsel, Glucoseoneogenese	39 ... 41	12
Biosynthese der Fett- säuren, Lipogenese	41 ... 42	13
Spurenelemente	43 ... 44	14
Subzelluläre Strukturen	44 ... 46	15
Nucleinsäuren, genetische In- formation, Molekularbiologie	46 ... 54	16
Hormone	54 ... 64	17
Immunchemie	65 ... 69	18
Blut	69 ... 75	19
Biochemie einzelner Organe	76 ... 82	20

Lösungen

ab Seite 83

**[1]** Zeichnen Sie die Monosaccharide D-Glukose, D-Galaktose, D-Mannose und D-Fructose in der Fischer-Projektion in die unten stehenden Felder ein:



### Andere Darstellungsformen

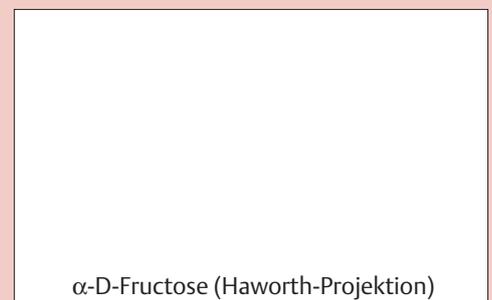
**[2]** Durch die Verbindung zwischen der **Alkoholgruppe** am C-Atom \_\_\_\_\_ (2.1) der D-Glucose und der \_\_\_\_\_ Gruppe (2.2) am C-Atom 1 entsteht ein \_\_\_\_\_ (2.3).

**[3]** Zeichnen Sie die  $\alpha$ -D-Glukose in der **Pyranose-Form** (Haworth-Projektion) in das vorgegebene Feld ein:



**[4]** Reagiert die **C-2 Ketogruppe** der Fructose mit der **Hydroxylgruppe** an C-5, so entsteht ein intramolekulares \_\_\_\_\_ (4.1); man bezeichnet diesen fünfgliedrigen **Zuckerring** als \_\_\_\_\_ (4.2).

Können Sie diesen auch zeichnen?  
Versuchen Sie es (4.3):



### Isomerie

**[5]** Bei D-Glucose und D-Galaktose handelt es sich um \_\_\_\_\_ (5.1). \_\_\_\_\_ (5.2) liegen vor, wenn zwei Moleküle die **gleiche Summenformel**, jedoch eine **unterschiedliche Struktur** besitzen (z.B. D-Glucose und D-Fructose). Verhalten sich zwei Moleküle wie **Bild und Spiegelbild** zueinander, so nennt man diese \_\_\_\_\_ (5.3) (z.B. D-Glucose und L-Glucose)

## Mögliche Reaktionen der D-Glucose

**[6]** **Oxidiert** man D-Glucose am C-Atom 1, entsteht \_\_\_\_\_ (6.1). Zweifache Oxidation der **Alkoholgruppe** am C-Atom Nr. \_\_\_\_\_ (6.2) ergibt Glucuronsäure.

**[7]** Zeichnen Sie diese beiden Moleküle in die freien Felder ein:

Gluconsäure	Glucuronsäure

**[8]** Glucosamin trägt eine **Aminogruppe** am C-Atom Nr. \_\_\_\_\_ (8.1); durch **Acetylierung** der Aminogruppe entsteht \_\_\_\_\_ (8.2). Der Zuckeralkohol Sorbitol entsteht durch \_\_\_\_\_ (8.3) der **Aldehydgruppe** der D-Glucose.

## Di- und Polysaccharide

**[9]** Verbinden Sie die nachfolgenden drei Spalten der **Disaccharide** durch unterschiedlich farbige Pfeile korrekt miteinander:

Disaccharid		Bindungsart		Vorkommen
Maltose		$\beta$ -Galaktosido-1-4-Glucose		Rübenzucker, Zuckerrohr
Saccharose		$\beta$ -Glucosido-1-4-Glucose		Milch
Lactose		$\alpha$ -Glucosido-1-4-Glucose		Pflanzen
Cellobiose		$\alpha$ -Glucosido-1-2-Fructosid		Malzzucker

**[10]** **Disaccharide** entstehen durch Zusammenschluss von **zwei Monosacchariden** unter Abspaltung von \_\_\_\_\_ (10.1). Die dann vorliegende Bindung bezeichnet man als \_\_\_\_\_ (10.2).

**[11]** Polysaccharide bestehen aus langen Ketten  $\alpha$ - oder  $\beta$ -glykosidisch verknüpfter Monosaccharide. Sind die **Polysaccharide** aus nur einer Art von Monosacchariden aufgebaut, bezeichnet man diese als **Homoglykane**, enthalten sie verschiedene Zuckeranteile, nennt man sie **Heteroglykane**. Vervollständigen Sie nachfolgende Tabelle der **Homoglykane**:

Homoglykan	monomere Einheit	Verknüpfung	Verzweigung	Vorkommen/Funktion
Glykogen				Reservekohlenhydrat in Leber, Muskel von Tieren
		$\beta$ -1 $\rightarrow$ 4		
	D-Glucose			Bestandteil von Stärke (ca. 20 %)
Amylopektin				
		$\alpha$ -1 $\rightarrow$ 6		von Bakterien sezernierte Schleimsubstanz

**[1]** Der genetische Code des Menschen enthält Informationen für **20 verschiedene Aminosäuren**, die bei der Translation in Proteine eingebaut werden. Man bezeichnet diese Aminosäuren daher als **proteinogen**.

(Übrigens bauen nicht nur wir Menschen die Proteine aus eben diesen 20 Aminosäuren auf, sondern alle Lebensformen, vom einfachen Einzeller bis zu uns!)

Alle 20 proteinogenen AS haben das gleiche Grundgerüst. Zeichnen Sie dieses in das Feld ein:

Grundgerüst der Aminosäuren  
des Menschen

**[2]** **Aminosäuren** erfüllen im Organismus die unterschiedlichsten **Funktionen**. Können Sie vier von diesen Funktionen aufzählen?

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**[3]** Die Aminosäuren des Menschen unterscheiden sich zum Teil erheblich in ihrem Rest; man kann sie daher in verschiedene Gruppen einteilen: **aliphatisch, schwefelhaltig, aromatisch, neutral, sauer** und **basisch**.

Vervollständigen Sie dazu die folgenden Tabellen!

Geben Sie jeweils den Namen und die offizielle Abkürzung der Aminosäure an, zeichnen Sie den Rest ein und ergänzen Sie, ob die jeweilige Aminosäure für den Menschen essentiell ist, d.h. ob sie mit der Nahrung zugeführt werden muss oder nicht.

Zunächst die fünf **aliphatischen Aminosäuren**:

Aminosäure (Abkürzung)	Glycin (Gly)			Leucin (Leu)	
Struktur (Seitenkette)		 CH <sub>3</sub>	 H <sub>3</sub> C—CH   CH <sub>3</sub>		 H <sub>3</sub> C—C—H   CH <sub>2</sub>   CH <sub>3</sub>
essentiell?	nein				

Weiter geht es mit den **schwefelhaltigen** und den **aromatischen Aminosäuren**:

Aminosäure (Abkürzung)	Cystein (Cys)		Phenylalanin (Phe)		Tryptophan (Trp)
Struktur (Seitenkette)		$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{S} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	
essentiell?					

Und die **neutralen Aminosäuren** sowie die **Iminosäure** Prolin?

Aminosäure (Abkürzung)		Threonin (Thr)		Glutamin (Gln)	Prolin (Pro)
Struktur (Seitenkette)	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{array}$		$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CONH}_2 \end{array}$		
essentiell?					

Zum Schluss die **sauren** und **basischen Aminosäuren**:

Aminosäure (Abkürzung)		Glutaminsäure (Glu)	Histidin (His)		Arginin (Arg)
Struktur (Seitenkette)	$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{array}$			$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	
essentiell?					

**[4]** Beantworten Sie folgende Fragen zu besonderen **Strukturmerkmalen** einiger AS:

- Welche Aminosäure besitzt kein chirales Zentrum? \_\_\_\_\_ (4.1)
- Welche Aminosäuren besitzen zwei chirale Zentren?  
\_\_\_\_\_ (4.2); \_\_\_\_\_ (4.3)
- Welche besondere Gruppe enthält die Aminosäure Arginin?  
\_\_\_\_\_ (4.4)
- Wie bezeichnet man die Ringstruktur, die im Prolin vorkommt?  
\_\_\_\_\_ (4.5)
- Welchen Namen hat die Doppelringstruktur, die im Tryptophan enthalten ist?  
\_\_\_\_\_ (4.6)
- Wie heißt die im Histidin vorhandene Ringstruktur?  
\_\_\_\_\_ (4.7)
- Wie nennt man eine freie SH-Gruppe, wie sie im Cystein enthalten ist?  
\_\_\_\_\_ (4.8)
- Im Methionin ist ein Schwefelatom mit zwei Kohlenstoffatomen verknüpft. Wie nennt man diese Art der Bindung? \_\_\_\_\_ (4.9)

**[5]** Aminosäuren können Protonen aufnehmen und abgeben, man bezeichnet sie daher als **Ampholyte**. Im pH-Wert-Bereich des Blutes von etwa 7,40 liegen die meisten Aminosäuren als so genannte **Zwitterionen** vor, da sie anionische und kationische Eigenschaften haben. Je nach pH-Wert ändert sich die Nettoladung der Aminosäuren. Als **isoelektrischen Punkt (IP)** bezeichnet man den pH-Wert, bei dem die Nettoladung gleich Null ist.

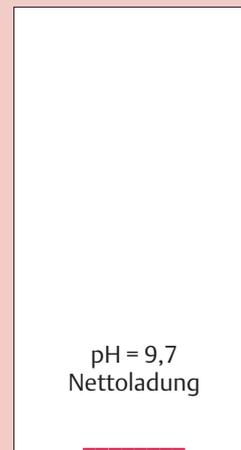
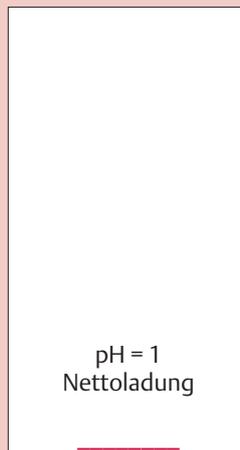
Wie errechnet man diesen IP bei

- neutralen AS? \_\_\_\_\_ (5.1)
- sauren AS? \_\_\_\_\_ (5.2)
- basischen AS? \_\_\_\_\_ (5.3)

Berechnen Sie den IP von Alanin, Aspartat und Lysin (Alanin:  $pK_1 = 2,4$ ;  $pK_2 = 9,7$ ), (Aspartat:  $pK_1 = 2,1$ ;  $pK_2 = 3,9$ ;  $pK_3 = 9,8$ ), (Lysin:  $pK_1 = 2,2$ ;  $pK_2 = 9,0$ ;  $pK_3 = 10,5$ ):

- Alanin: IP = \_\_\_\_\_ (5.4)
- Aspartat: IP = \_\_\_\_\_ (5.5)
- Lysin: IP = \_\_\_\_\_ (5.6)

**[6]** Geben Sie die Strukturformel und den Nettoladungszustand der Aminosäure **Lysin** bei verschiedenen pH-Werten an.



## Peptidbindung

**[7]** Bei der Proteinbiosynthese werden die einzelnen AS unter **Wasserabspaltung** zu Peptiden und Proteinen (Polypeptide) verknüpft. Um welche Bindungsart handelt es sich bei der Peptidbindung?

**[8]** Beschreiben Sie die **Peptidbindung** unter Verwendung folgender Begriffe:

*Ebene, frei drehbar, mesomeriestabilisiert*

---



---

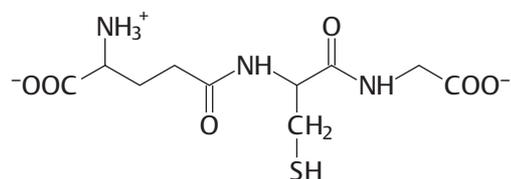


---



---

**[9]** Hier dargestellt ist das Tripeptid **Glutathion**.



Markieren Sie mit einem farbigen Stift die beiden **Peptidbindungen** (9.1) und geben Sie an, aus welchen drei AS dieses Peptid aufgebaut ist:

\_\_\_\_\_ (9.2)

Welche Besonderheit weist eine der beiden Peptidbindungen auf?

---



---



---

(9.3)

## Proteinaufbau

**[10]** Erläutern Sie kurz die vier **Organisationsebenen** des Proteinaufbaus!

**Primärstruktur:**

---



---



---