

Endspurt Vorklinik

Biochemie 1

3. Auflage

Kohlenhydrate
Lipide
Aminosäuren
Peptide
Proteine

Tipp: Die IMPP-
Fragen zu jedem
Lernpaket gibt's in
examen online



Endspurt Vorklinik

Biochemie 1

3., vollständig überarbeitete Auflage

Die Inhalte dieses Werkes basieren überwiegend auf dem Kurzlehrbuch Biochemie von Melanie Königshoff und Timo Brandenburger, erschienen im Georg Thieme Verlag

132 Abbildungen



Georg Thieme Verlag
Stuttgart • New York

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Ihre Meinung ist uns wichtig! Bitte schreiben Sie uns unter:
www.thieme.de/service/feedback.html

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

© 2015 Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstr. 14
70469 Stuttgart
Deutschland
www.thieme.de

Printed in Germany

Zeichnungen: BITmap, Mannheim
Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe
Satz: L42 Media Solutions, Berlin
Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten

ISBN 978-3-13-153413-2

1 2 3 4 5 6

Auch erhältlich als E-Book:
eISBN (PDF) 978-3-13-166623-9
eISBN (epub) 978-3-13-203723-6

Geschützte Warennamen (Warenzeichen ®) werden nicht immer 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 Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Auf zum Endspurt!

Das Physikum naht, und „richtige“ Bücher scheinen alle zu dick? Dann laufen Sie mit unseren Endspurtskripten in die Zielgerade ein! Kurz und knapp finden Sie hier schwerpunktmäßig die Inhalte, auf die das IMPP mit seinen Physikumsfragen zwischen **Frühjahr 2008** und **Herbst 2014** abzielte. Doch beschränkt haben wir uns darauf nicht, denn schließlich überlegt sich das IMPP immer neue Fragen, und auch das Mündliche will bestanden werden. Ganz herzlichen Dank an alle Leser, die uns wieder geduldig auf inhaltliche Mängel hingewiesen haben. Durch ihre Hilfe sind unsere Skripten jetzt noch weiter verbessert worden.

Festgehalten haben wir wieder an dem bewährten Aufbau unserer Hefte:

Lernpakete. Sie stellen in unseren Skripten eine Lerneinheit dar. Wenn Sie ein Lernpaket pro Tag durcharbeiten, bringt Sie unser Zeitplan **in 70 Tagen zum Physikum** – und zwar einschließlich zwei Wochen Zeit zum Wiederholen mit 1 Skript pro Tag. Da das Lerntempo sehr unterschiedlich und auch abhängig vom bereits vorhandenen Wissen ist, können unsere Lernpakete nur ein Vorschlag sein. Vielleicht kommen Sie auch schneller oder eben etwas langsamer voran. Zum individuellen Planen finden Sie unseren **Lernkalender** unter www.thieme.de/endspurt.

Prüfungsrelevante Inhalte. Inhalte, zu denen das IMPP seit Frühjahr 2008 Fragen gestellt hat, sind im Text gelb hervorgehoben. Wenn Sie nur diese Inhalte lernen, sind Sie für die Beantwortung der Altfragen gut gewappnet.

FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN



- Die **Fazitkästen** sind zum Wiederholen der Altfragen-Inhalte gedacht – oder für die ganz Eiligen unter Ihnen. Sie listen die gelb markierten Antworten des vorangehenden Abschnitts noch einmal ohne die Zwischentexte auf.
- Die **Anzahl der !** zeigt an, wie häufig der Inhalt zwischen Frühjahr 2008 und Herbst 2014 vom IMPP gefragt wurde:
 - **!** Hierzu gab es seit 2008 eine Frage.
 - **!!** Dieser Sachverhalt wurde zwei- oder dreimal gefragt.
 - **!!!** Zu diesem Thema stellte das IMPP vier oder mehr Fragen.

Lerntipps und Co. Weitere Unterstützung beim Lernen bieten Ihnen unsere Lerntipps, Rechenbeispiele und Apropos-Texte.

LERNTIPP



In diesen Kästen finden Sie Hinweise darauf, welche Inhalte auch **mündlich** besonders gern gefragt werden, welche **Tücken** in bestimmten IMPP-Fragen auf Sie warten oder wie Sie sich manche Fakten besser merken können.

RECHENBEISPIEL

In einigen Fächern können Sie mit richtig gelösten Rechenaufgaben viele Punkte ergattern. Damit dies gelingt, finden Sie **Übungen zu Rechenaufgaben**, wie auch das IMPP sie stellt. Natürlich ist der auch Lösungsweg detailliert angegeben!

Die Apropos-Texte sind unser **Motivationsschub** für Sie. Hier finden Sie spannendes Zusatzwissen, das hoffentlich hilft, dass Sie sich die „Warum muss ich das eigentlich Lernen?“-Frage nur selten stellen.

Kreuzen mit examen online. Auf examenonline.thieme.de sind Prüfungssitzungen zusammengestellt, die exakt auf die jeweiligen Lernpakete zugeschnitten sind. So können Sie nach jedem Lernpaket direkt prüfen, ob Sie den Inhalt verstanden und behalten haben. Viele Unis stellen ihren Studierenden einen kostenlosen Zugang bereit – erkundigen Sie sich! Das Verzeichnis der teilnehmenden Universitäten finden Sie ebenfalls auf examenonline.thieme.de. Sollte Ihre Uni nicht dabei sein, können Sie natürlich auch privat einen Zugang erwerben. In den Lernpaketen werden übrigens ab Frühjahr 2015 die neuen Examensfragen ergänzt, damit Ihnen keine Frage entgeht!

Fehlerteufel. Viele Augen sehen mehr! Sollten Ihre Augen in unseren Skripten etwas entdecken, das nicht richtig ist, freuen wir uns über jeden Hinweis! Schicken Sie Ihre Fehlermeldung bitte an studenten@thieme.de oder benutzen Sie den Link auf www.thieme.de/endspurt. Wir werden sie in einem Erratum sammeln und unter „Aktualisierungen“ auf www.thieme.de/endspurt online stellen. Und sollten Ihnen unsere Hefte gefallen: Lob ist natürlich ebenso willkommen ☺.

Alles Gute für Ihr Physikum wünscht Ihnen
Ihr Endspurt-Team

Endspurt – Biochemie 1

In diesem Heft finden Sie Kapitel zum Aufbau und zur Struktur von Kohlenhydraten, Lipiden, Aminosäuren sowie die damit zusammenhängenden Funktionen und Stoffwechselwege, wie die Glykolyse, den Citratzyklus oder die Endoxidation. Außerdem

werden die β -Oxidation, die Fettsäurebiosynthese und der Aminosäurestoffwechsel besprochen. Den Nucleinsäurestoffwechsel finden Sie dagegen im Biochemie-Skript 3 und einen Überblick

Inhaltsverzeichnis

Biochemie 1



LERNPAKET 1

1	Kohlenhydrate und ihr Stoffwechsel	5
1.1	Grundlagen und Chemie	5
1.2	Stoffwechsel der Kohlenhydrate	12
2	Endoxidation	26
2.1	Oxidative Decarboxylierung von Pyruvat	26
2.2	Citratzyklus	28

LERNPAKET 2

2.3	Atmungskette (oxidative Phosphorylierung)	31
3	Lipide und ihr Stoffwechsel	38
3.1	Grundlagen und Chemie	38
3.2	Stoffwechsel der Fettsäuren	43

LERNPAKET 3

4	Cholesterin und Lipoproteine	54
4.1	Cholesterin	54
4.2	Cholesterinformen	54
4.3	Lipoproteine	56
5	Aminosäuren, Peptide, Proteine und ihr Stoffwechsel	59
5.1	Grundlagen und Chemie	59
5.2	Peptidbindung	64
5.3	Proteine	65
5.4	Aminosäurestoffwechsel	68
	Sachverzeichnis	82

Biochemie 1



LERNPAKET 1

© CCVISION

1 Kohlenhydrate und ihr Stoffwechsel

1.1 Grundlagen und Chemie

Kohlenhydrate erfüllen ganz unterschiedliche Funktionen im Körper. Sie sind:

- der wichtigste Energielieferant unter den Nahrungsstoffen,
- Energiespeicher und lassen sich in Lipide, eine weitere Speicherform für Energie, umwandeln,
- als Gerüstsubstanz Hauptbestandteil der extrazellulären Matrix im Bindegewebe,
- Bestandteile der Nucleinsäuren RNA und DNA,
- entscheidend für die Struktur und Funktion von Proteinen und Lipiden.

Man unterscheidet **Monosaccharide** (Monomere) sowie **Disaccharide**, **Oligosaccharide** und **Polysaccharide** (Abb. 1.1). Die einfachen Zucker enthalten als funktionelle Gruppen mehrere **Hydroxylgruppen** (–OH) sowie eine **Carbonylgruppe**. Di-, Oligo- und Polysaccharide entstehen durch Zusammenlagerung von Monosacchariden.

LERNTIPP

Prägen Sie sich die Strukturen bzw. die Bausteine der verschiedenen Mono-, Di- und Polysaccharide und deren Stereochemie unbedingt genau ein. Sie sind eine wichtige Grundlage und werden in der schriftlichen Prüfung häufig auch als falsche Antworten angeboten. Sie müssen die Strukturen der Zucker auch in einem größeren Molekülkomplex (z. B. in einem Nucleotid) erkennen können.

1.1.1 Monosaccharide

Die Einteilung der Monosaccharide erfolgt anhand unterschiedlicher Kriterien:

- **funktionelle Gruppe:**
 - **Aldose:** Die Carbonylgruppe ist eine Aldehydgruppe am C1-Atom.
 - **Ketose:** Die Carbonylgruppe ist eine Ketogruppe am C2-Atom.
- **Anzahl der C-Atome:** z. B. Triose, Pentose, Hexose mit 3, 5 oder 6 C-Atomen
- **Ringgröße:** Furanose = Fünfring, Pyranose = Sechsring.

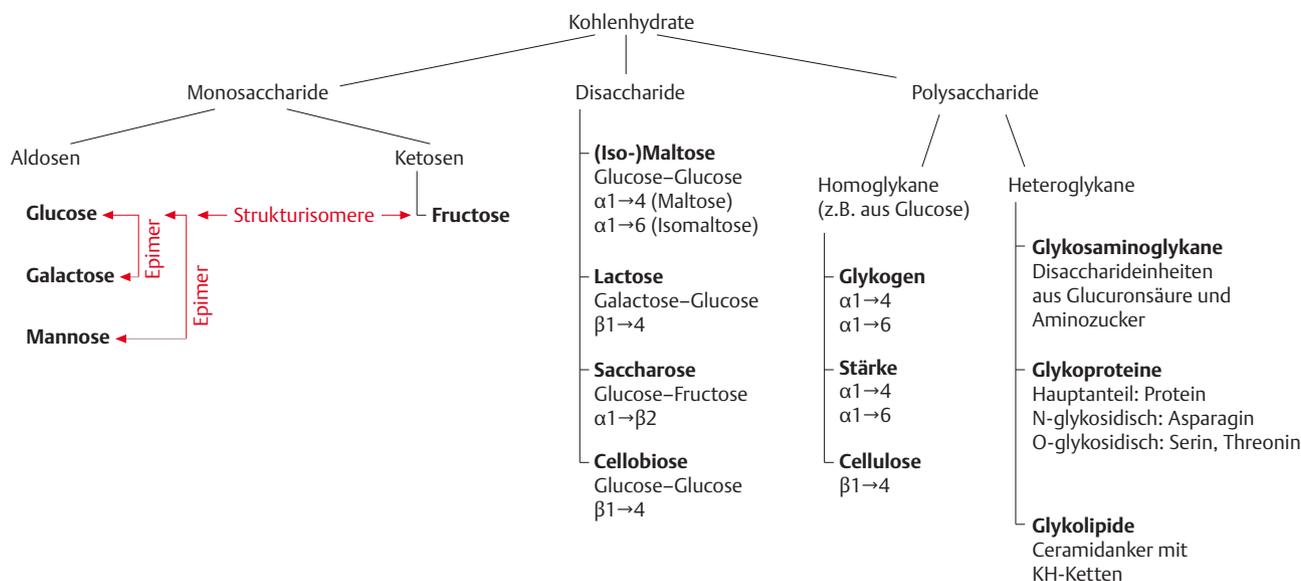


Abb. 1.1 Übersicht über die Kohlenhydrate.

Beispiele

D-Glycerinaldehyd (Abb. 1.2a) ist die einfachste Aldose mit 3 C-Atomen (Triose).

Dihydroxyaceton (Abb. 1.2b) ist die einfachste Ketose.

D-Ribose (Abb. 1.2c, d) ist eine Aldose mit 5 C-Atomen (Pentose).

D-Glucose (Abb. 1.2e) ist eine Aldose mit 6 C-Atomen (Hexose).

LERNTIPP

Sie können sich die Seitenständigkeit der OH-Gruppen an den chiralen Zentren (s. u.) C2 bis C5 der Glucose in der Fischer-Projektion leicht merken: „ta tü ta ta“ steht für rechts, links, rechts, rechts.

D-Mannose (D-Man, Abb. 1.2f) ist eine Aldose mit 6 C-Atomen (Hexose). Merke im Vergleich zu D-Glc: „Der erste Mann ist epimer.“ Das bedeutet, dass das erste chirale Zentrum am C2 spiegelbildlich zur D-Glc ist (s. u.).

α -D-Fructose (D-Frc, Abb. 1.2g) ist ebenfalls eine Hexose, hat die Carbonylgruppe aber am C2-Atom. Sie ist also eine Ketose. Die Fructose ist eine Furanose.

D-Galactose (D-Gal, Abb. 1.2h) ist ebenfalls eine Aldose mit 6 C-Atomen (Hexose) und ein Epimer zur α -D-Glucose (S.8), weil nur eine OH-Gruppe (am C4) zwischen beiden Monosacchariden spiegelbildlich angeordnet ist.

LERNTIPP

Sie können sich die Seitenständigkeit der OH-Gruppen an den chiralen Zentren C2 bis C5 der Galactose in der Fischer-Projektion leicht merken: Die Symmetrie ist wie bei einem „Galaktischen Raumschiff“ (Abb. 1.2h).

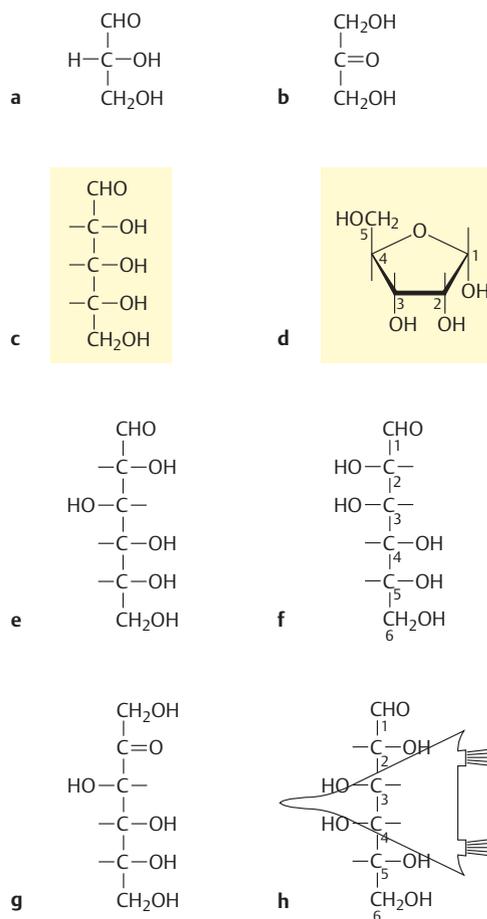


Abb. 1.2 Strukturformeln wichtiger Monosaccharide. a Glycerinaldehyd, b Dihydroxyaceton, c D-Ribose in Fischer-Projektion, d D-Ribose in der Ringform als Haworth-Formel, e D-Glucose in Fischer-Projektion, f D-Mannose in Fischer-Projektion, g D-Fructose in Fischer-Projektion, h D-Galactose in Fischer-Projektion

Schreibweisen und Ringschluss

Monosaccharide können 2 verschiedene Formen annehmen (Abb. 1.3):

- **offenkettige Form:** dargestellt durch die **Fischer-Projektion**
- **Ringform:** dargestellt durch die **Haworth-Formel** (= Ringschreibweise); nach dem Ringschluss sind zwei verschiedene Konformationen möglich (= Konformationsschreibweise):
 - **Sesselkonformation**
 - **Wannenkonformation.**

Fischer-Projektion. Die Strukturformel des Kohlenhydrats wird auf die Papierebene projiziert, sodass die C-Atome senkrecht untereinanderstehen. Das am höchsten oxidierte C-Atom steht oben. Die Substituenten werden nach rechts und links gezeichnet. Die waagerechten Linien zeigen auf den Betrachter zu, die senkrechten vom Betrachter weg. C-Atome mit vier verschiedenen Substituenten werden als **chirale Zentren** oder **chirale C-Atome** bezeichnet.

Haworth-Formel (Ringschreibweise). Die chiralen Zentren der offenen Kette werden aus der Fischer-Projektion in die Ringformel übersetzt. Die **rechtsständige** OH-Gruppe der Kette zeigt nach **unten**.

Im Stoffwechsel liegen die Zucker nur zu einem sehr geringen Anteil offenkettig vor. Durch eine Reaktion zwischen der Aldehydgruppe am C1 und der OH-Gruppe (=Hydroxylgruppe) am C5 derselben Aldose entsteht ein intramolekulares **Halbacetal** (z. B. Glucose zur Glucopyranose; Abb. 1.4a). Hierbei bildet sich ein Sechsring, eine **Pyranose**. Am C1 entsteht ein neues **chirales Zentrum**, das eine Hydroxylgruppe aufweist, die halbacetalisch oder glykosidisch genannt wird. Liegt diese OH-Gruppe unterhalb der Ringebene, ist sie in der α -anomeren Form **konfiguriert**, steht sie nach oben, ist die β -anomere Form dargestellt (**α - β -Anomerie**). (Dies gilt jedoch nur für die D-Reihe.) Beim Umsetzen der Fischer-Projektion in die Ringformel wird eine **rechtsständige** OH-Gruppe zu einer **α -OH-Gruppe**.

Die beiden anomeren Formen α und β wandeln sich in wässriger Lösung ineinander um. Zwischen α -D-Glucose und β -D-Glucose stellt sich ein Gleichgewicht ein ($\beta:\alpha = 2:1$), ein Vorgang, den man **Mutarotation** nennt.

LERNTIPP

Sie können sich leicht merken, welche Stellung die OH-Gruppe in der jeweiligen Konfiguration hat: Schreibt man ein „ α “, wird der Stift von oben **nach unten** geführt – die OH-Gruppe steht also **unten**. Schreibt man ein „ β “, wird der Stift von unten **nach oben** geführt – die OH-Gruppe steht also **oben**.

Halbacetale sind sehr reaktiv und haben reduzierende Eigenschaften. Sie können glykosidische Bindungen mit anderen Molekülen eingehen. Folgende glykosidischen Bindungen kommen vor:

- **O-glykosidisch:** Die halbacetalische, glykosidische OH-Gruppe knüpft eine Verbindung mit einer OH-Gruppe eines anderen Moleküls.
- **N-glykosidisch:** Die halbacetalische, glykosidische OH-Gruppe geht mit einer NH-Gruppe eine Bindung ein.

APROPOS

Die Mutarotation bei D-Glucose lässt sich experimentell durch Messung der spezifischen Drehung der Polarisationssebene linear polarisierten Lichts in wässriger Lösung verfolgen. α -D-Glucose (spezifische Drehung $+112^\circ$) wandelt sich in β -D-Glucose (spezifische Drehung $+19^\circ$) um, bis das Gleichgewicht erreicht ist (spezifische Drehung $+52,7^\circ$).

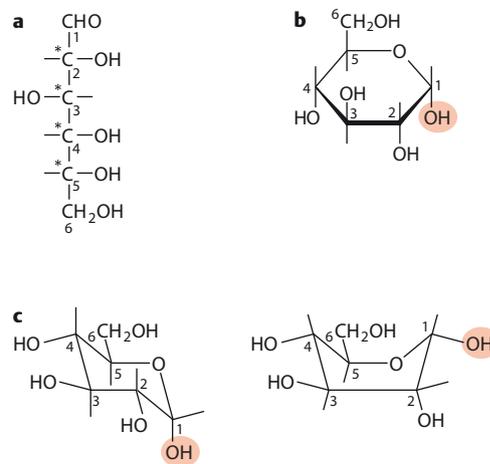


Abb. 1.3 **D-Glucose.** a Fischer-Projektion, * bezeichnen Chiralitätszentren; b Haworth-Formel; c Links Sesselform, rechts Wannenform (zur farbigen Unterlegung siehe Text).

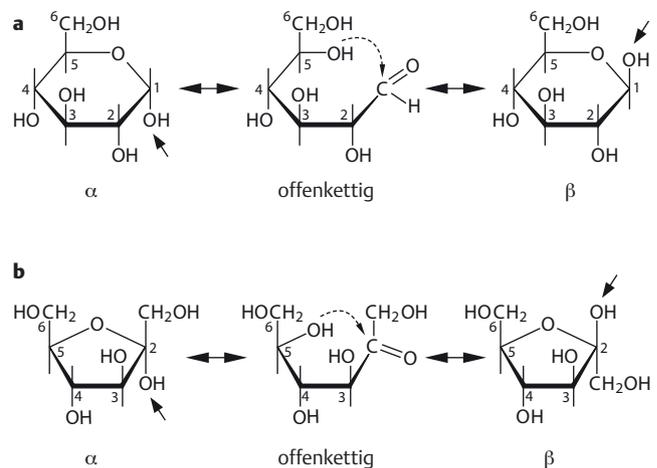


Abb. 1.4 **Beispiele für Halbacetal und Halbketal.** Die Pfeile deuten auf die glykosidischen OH-Gruppen, α und β bezeichnen die anomeren Formen des Moleküls. a **Halbacetalschluss** bei der Glucose zur Glucopyranose; b **Halbketalschluss** bei der Fructose zur Fructofuranose.

Vom **Halbketal** spricht man, wenn die Ketogruppe am C2 mit der OH-Gruppe am C5 reagiert (z. B. Fructose zur Fructofuranose; Abb. 1.4b). Hierbei bildet sich ein Fünfring, eine **Furanose**. Außerdem entsteht auch hier ein neues **chirales Zentrum** und das C2-Atom stellt jetzt das anomere C-Atom dar.

Die Fructofuranose kann mit der Glucopyranose zum Disaccharid **Saccharose** verknüpft werden. Hier entsteht eine Bindung zwischen dem C1 der Glucose und dem C2 der Fructose, sodass beide reaktiven Gruppen miteinander verknüpft sind und dieses Disaccharid **keine** reduzierende Eigenschaft besitzt.

Konformationsschreibweise. Diese Schreibweise zeigt die Konformation des Moleküls, d. h., sie gibt die Winkelverhältnisse wieder und dadurch ein räumliches Bild. Abb. 1.3c zeigt zwei verschiedene **Konformere** der α -D-Glucose – Sessel- und Wannenform. Diese können ineinander umklappen, die Sesselform ist aber thermodynamisch stabiler. Aus der Geometrie der Bindungen ergibt sich, dass an jedem Ring-C-Atom ein Substituent senkrecht zur Ringebene steht (**axial**) und der andere schräg von der Ringebene weg steht (**äquatorial**).