

Aufbau und Struktur organischer Verbindungen

Inhalt

- 12.1 Kohlenhydrate
- 12.2 Aminosäuren, Peptide und Proteine
- 12.3 Nucleinsäuren

Schlüsselbegriffe

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| ■ Saccharide | ■ Glykoside | ■ Enzyme |
| ■ cyclische Halbacetale | ■ proteinogene Aminosäure | ■ Nucleotide |
| ■ Epimere | ■ isoelektrischer Punkt | ■ Nucleinbasen |
| ■ Furanose | ■ Amidbindung | ■ Watson-Crick-Paarung |
| ■ Pyranose | ■ Peptide | ■ Proteinbiosynthese |

Literatur zur Vor- und Nachbereitung:



Chemie für Mediziner

Schmuck, Engels, Schirmeister, Fink
ISBN: 978-3-8273-286-4

Kapitel 12: Seite 589 – 700

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

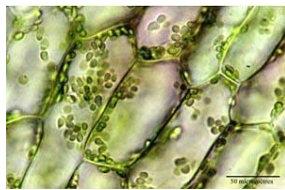
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

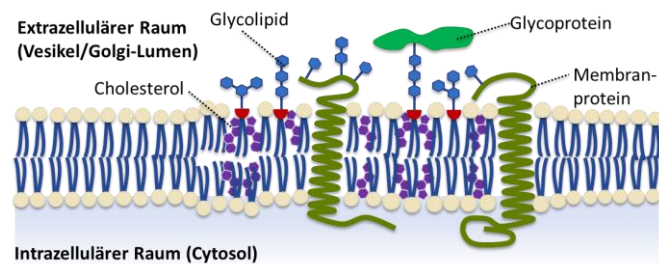
Kohlenhydrate

Funktionen von Kohlenhydraten:

- **Energiequelle:** Hauptenergielieferanten im Stoffwechsel
- **Strukturelle Komponente:** Festigkeit und Form von grünen Pflanzen
- **Erkennungsbausteine:** auf Zelloberflächen als Erkennungsstellen für andere Zellen
(→ Zell-Zell-Kommunikation; Infektion von Zellen durch Bakterien und Viren)
- Ausgangsstoff für Biosynthesen: z.B. Vitamin C, Nucleoside (= Bestandteile der DNA und RNA)



Cellulose



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

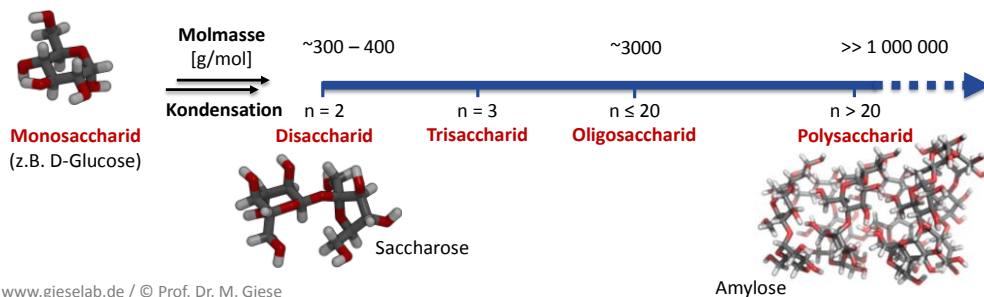
Einteilung der Kohlenhydrate

- Kohlenhydrate = Polyhydroxyaldehyde oder –ketone und abgeleitete Verbindungen
- Namen enden häufig auf die Endsilbe „-ose“

Man unterscheidet:

- einfache Kohlenhydrate (= **Monosaccharide**) = Polyhydroxyaldehyde (**Aldosen**) oder Polyhydroxyketone (**Ketosen**). Natürliche Monosaccharide: drei bis zu neun C-Atome
- Komplexe Kohlenhydrate aus zwei oder mehr verknüpften Monosacchariden:

Disaccharide (2 Monosacchariden), **Oligosaccharide** (3-20 Monosaccharide) und **Polysaccharide** (mehr als 20 Monosaccharide) → Hydrolyse komplexer Kohlenhydrate führt zu Monosacchariden



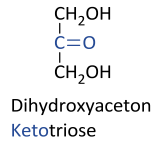
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

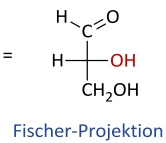
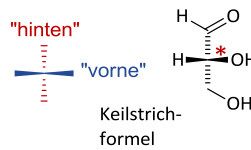
Monosaccharide - Triosen

- zwei Triosen: Glycerinaldehyd und Dihydroxyaceton → Konstitutionsisomere



In der Natur kommen bei fast allen Kohlenhydraten nur die **D-Formen** vor.

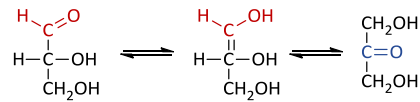
- Glycerinaldehyd besitzt ein stereogenes Zentrum und ist daher chiral.



OH zeigt nach rechts

 \Rightarrow D

Aldosen und Ketosen stehen über ein Endiol miteinander im Gleichgewicht:



gilt für alle Zucker

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

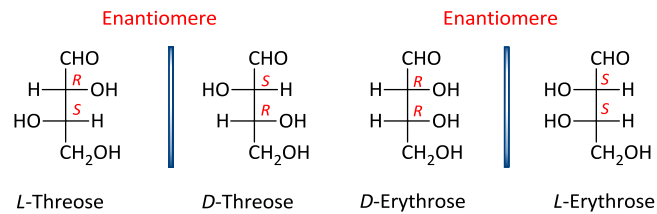
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

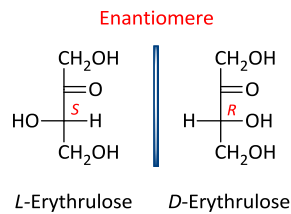
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Tetrosen

- Aldotetrosen besitzen zwei Stereozentren, es existieren daher $2^2 = 4$ Stereoisomere
- unterschiedliche Diastereomere tragen einen Trivialnamen: **Threose** und **Erythrose**



- Ketosen haben immer ein Stereozentrum weniger als die entsprechende Aldose
→ nur zwei stereoisomere **Ketotetrosen**, die Enantiomere der **Erythrulose**



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

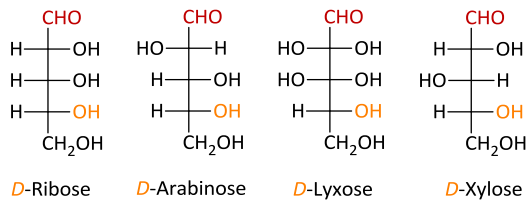
Pentosen

- Pentosen besitzen $2^3 = 8$ stereoisomere Aldopentosen und $2^2 = 4$ Ketopentosen

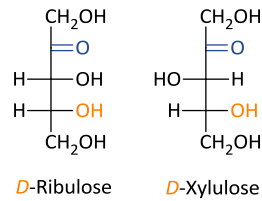
Natürlich vorkommende Kohlenhydrate sind fast immer *D*-konfiguriert.

⇒ im Folgenden werden nur noch die *D*-Enantiomere gezeigt
Es gibt somit sechs *D*-Pentosen:

Aldopentosen



Ketopentosen



vier zueinander diastereomere *D*-Aldopentosen und
zwei dazu konstitutionsisomere *D*-Ketopentosen

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

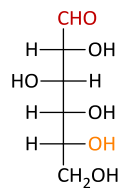
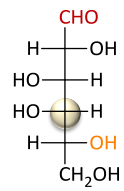
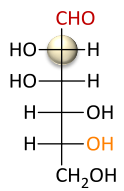
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

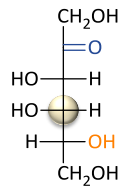
Hexosen

- wichtigste Gruppe der Monosaccharide mit der Summenformel $C_6H_{12}O_6$
→ acht *D*-Aldohexosen und vier *D*-Ketohehexosen
- 4 Hexosen besonders relevant

Aldohexosen

*D*-Glucose*D*-Galactose*D*-Mannose

Ketohehexosen

*D*-Fructose

D-Glucose → häufigste Monosaccharid (Monomerbaustein der Stärke, Cellulose und des Glycogens)
Galactose und Mannose sind **Epimere** der Glucose, Fructose ist ein Konstitutionsisomer.

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

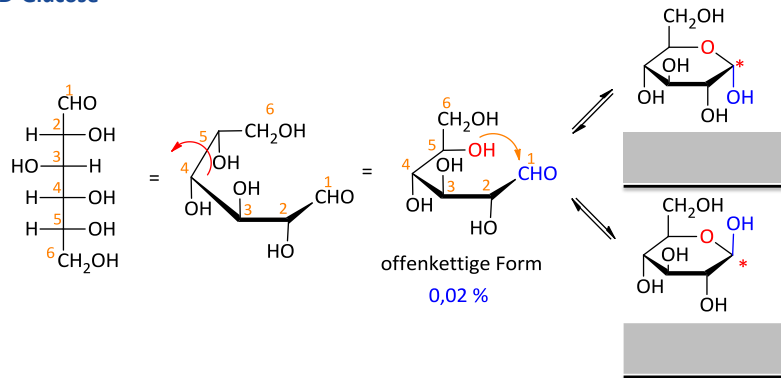
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Bildung cyclischer Halbacetale

- Pentosen und Hexosen liegen in Lösung in ihrer cyclischen Halbacetal-Form vor
- Halbacetal wird durch intramolekulare Reaktion der Carbonylgruppe mit einer Alkoholgruppe gebildet

Beispiel: D-Glucose



Es entsteht ein neues Stereozentrum an C1 (**anomerer C-Atom**)
 → 2 Diastereomere: α - und β -Form (sogenannte **Anomere**)

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

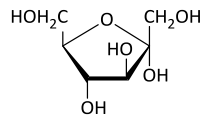
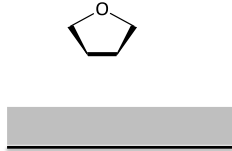
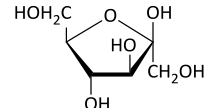
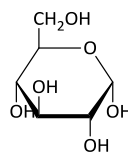
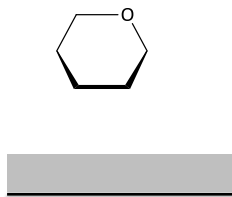
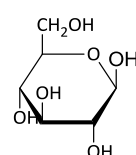
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Cyclische Halbacetale aus Hexosen

- Halbacetalbildung kann zu Fünfringen (**Furanosen**) oder Sechsringen (**Pyranosen**) führen

 α -D-Fructofuranose β -D-Fructofuranose α -D-Glucopyranose β -D-Glucopyranose

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

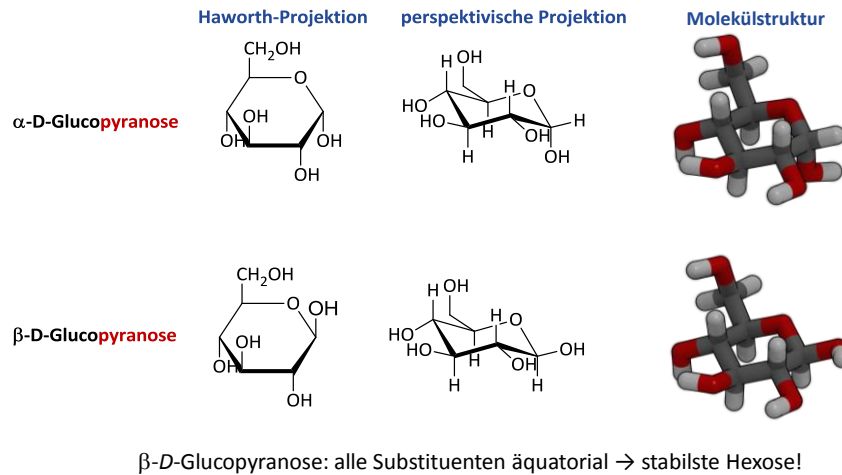
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Konformation der Zucker

- Pyranosen liegen in **Sesselkonformation** vor (vgl. Cyclohexan)



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

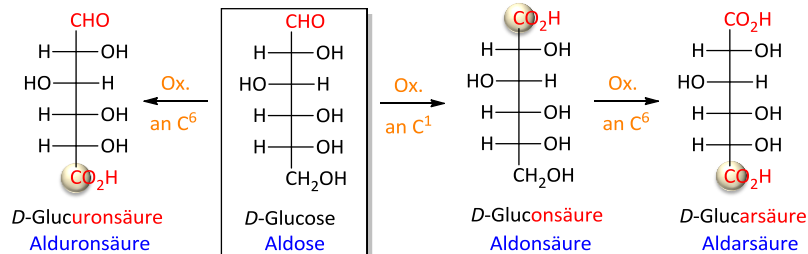
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

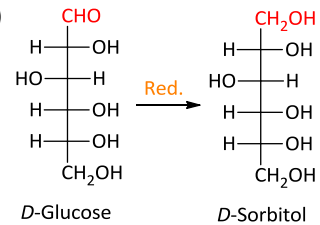
Redoxreaktionen der Monosaccharide

- Aldehydgruppe in Aldosen lässt sich zu einer **Aldonsäure** oxidieren
→ Unterscheidung von Ketosen und Aldosen (Fehling-Probe, Tollens-Reagenz)
- stärkere Oxidationsmitteln oxidieren einzelne OH-Gruppen



- Reduktion der Carbonylgruppe führt zu **Zuckeralkoholen** (= **Alditole**)

wichtige Zuckerersatzstoffe
(Sorbit, Xylit, Mannit)



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

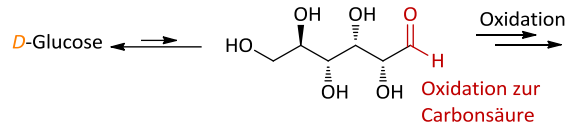
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

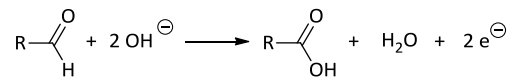
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Nachweisreaktionen für Monosaccharide

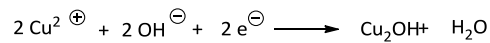
- **Fehling- und Tollens-Probe** zur Unterscheidung von Ketosen und Aldosen



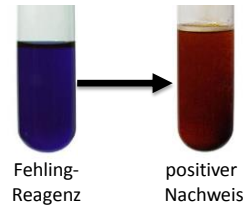
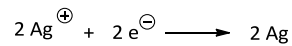
Oxidation



Reduktion: Fehling-Probe



Reduktion: Tollens-Probe



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

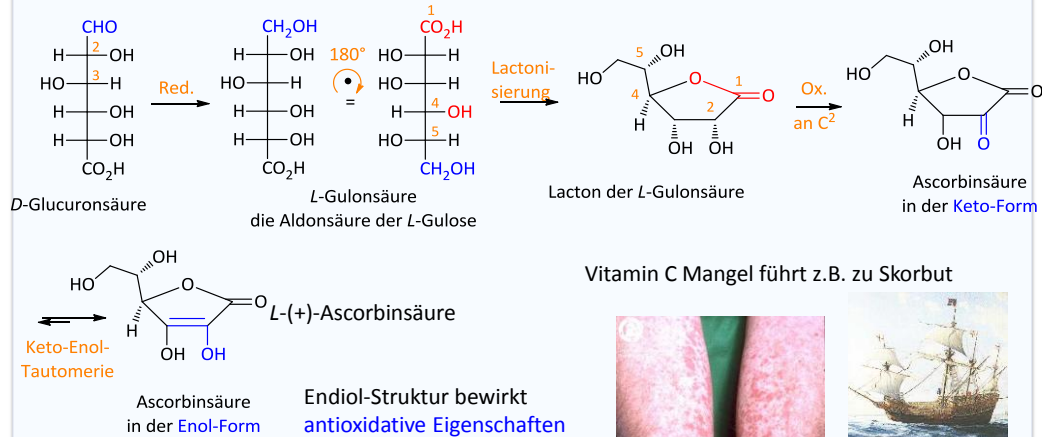
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Exkurs Vitamin C (Ascorbinsäure) – ein Oxidationsprodukt der Glucose

- Ascorbinsäure kann von Primaten nicht selbst synthetisiert (Aufnahme mit Nahrung erforderlich)
- Biosynthese ausgehend von D-Glucose bzw. deren Oxidationsprodukt D-Glucuronsäure.



Vitamin C Mangel führt z.B. zu Skorbut



kleinfleckige Kapillarblutungen

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

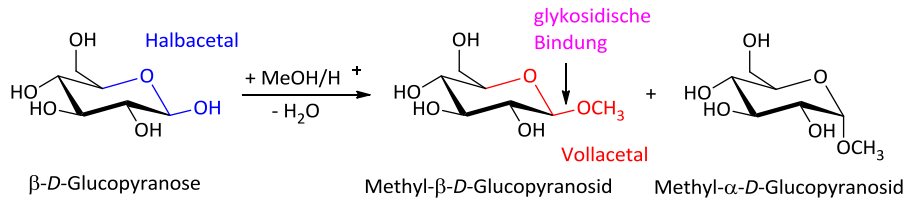
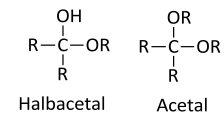
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Glycosidbildung

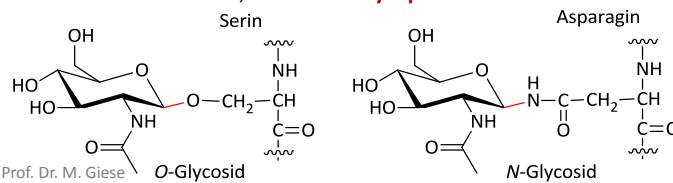
- Pyranosen und Furanosen sind cyclische Halbacetale

→ Reaktion mit Alkoholen führt zu Vollacetalen → **O-Glycosid**



- Glycoside zeigen nicht mehr die typischen Eigenschaften der Aldosen (z.B. nicht-reduzierend) und

Analog wird mit einem Amin ein Aminoal gebildet (**N-Glycosid**). Stammt die Alkohol- oder Aminkomponente aus einem Protein, entstehen **Glycoproteine**.



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

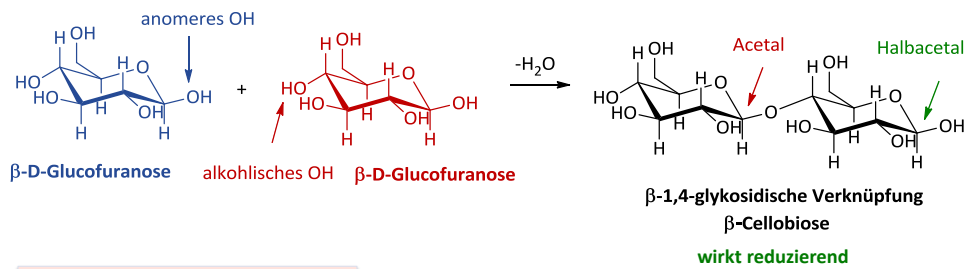
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Disaccharide

- Reaktion des Halbacetal eines Zuckers mit einer Alkoholgruppe eines zweiten Monosaccharid führt zur Glycosidbildung → Bildung eines Disaccharid.

**Merke** Kondensation

Verknüpfung zweier Moleküle unter Abspaltung eines kleineren Moleküls (z.B. Wasser).

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

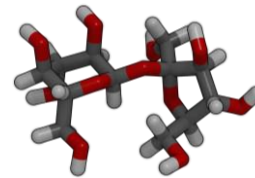
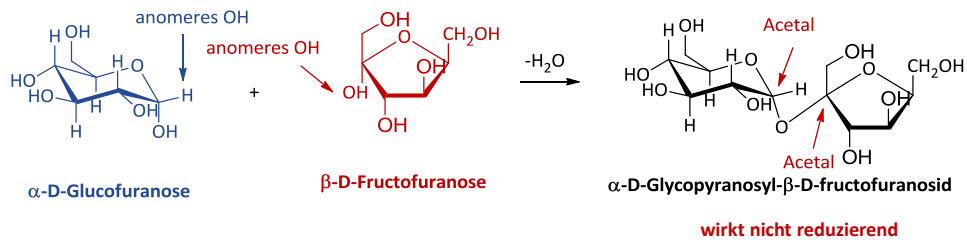
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Nichtreduzierende Disaccharide

- Glycosidbildung zwischen den beiden **anomeren OH-Gruppen** der Zucker
- Bildung von **Vollacetalen** → **nichtreduzierendes Disaccharid**

„Haushaltszucker“



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

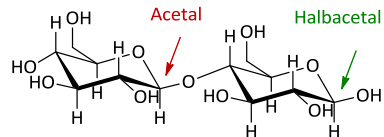
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Reduzierende und Nichtreduzierende Disaccharide - Vergleich

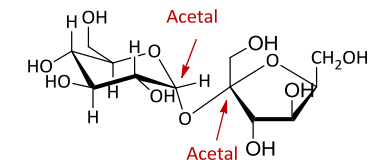
- Glycosidbildung zwischen einer **anomeren** und einer **alkoholischen OH-Gruppen** der Zucker
→ Bildung eines **Halbacetals** → **reduzierender Zucker**
- Glycosidbildung zwischen den beiden **anomeren OH-Gruppen** der Zucker
→ Bildung von **Vollacetalen** → **nichtreduzierendes Disaccharid**



β -1,4-glykosidische Verknüpfung
 β -Cellobiose

wirkt **reduzierend**

positive Fehling-Probe



α -D-Glucopyranosyl- β -D-fructofuranosid

wirkt **nicht reduzierend**

negative Fehling-Probe



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

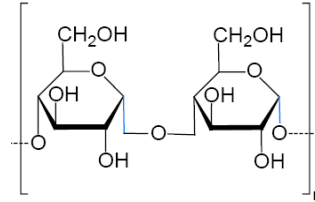
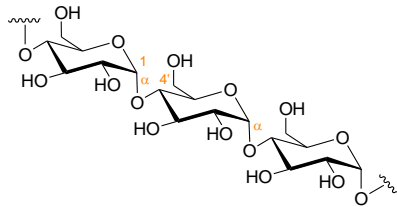
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Polysaccharide: Amylose

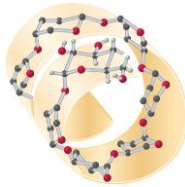
- **Polysaccharide** entstehen durch Glycosidbindungen zwischen Monosacchariden
- drei wichtigsten Polysaccharide sind Stärke, Glycogen und Cellulose



Amylose (= löslicher Bestandteil der **Stärke**): α -D-Glucosemoleküle, die **1,4- α -glycosidisch** verknüpft sind

→ **Iod-Stärke Reaktion**
(Einbau von I_2 in die Helix gibt blaue Farbe)

linearer Strang, der
eine Helix bilden



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

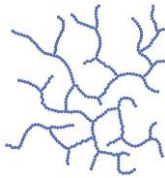
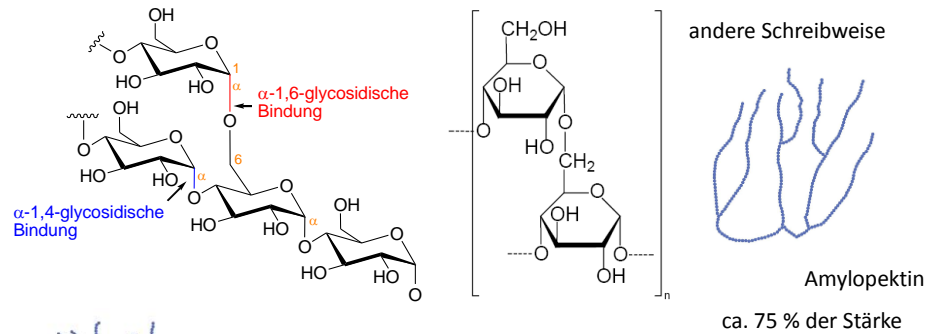
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Polysaccharide: Amylopektin und Glycogen

- alle 25-30 Glucoseeinheiten ist Stärke **verzweigt** durch eine α -1,6-glycosidische Bindung
- verzweigtes Polysaccharid wird als **Amylopektin** bezeichnet



Glycogen

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Menschen und Tiere verwenden nicht Stärke als Reservekohlenhydrat sondern **Glycogen** (= Speicherform von Glucose z.B. in der Leber und in Muskelzellen)
→ analoge Struktur, aber noch stärker verzweigt

Notizen:

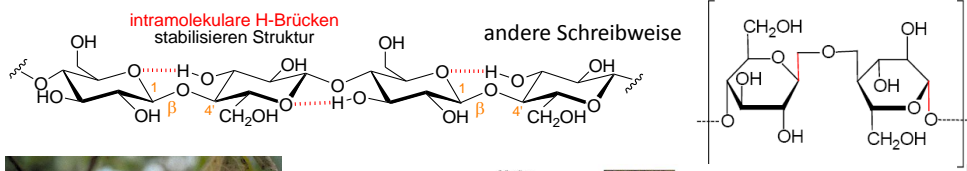
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

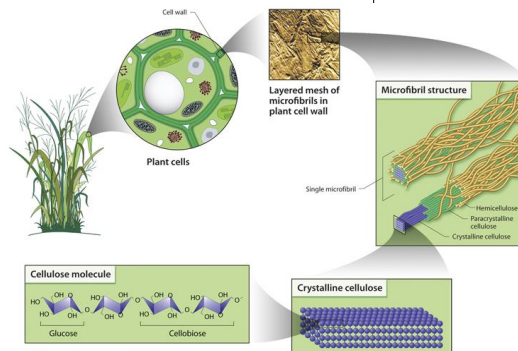
Offen im Denken

Polysaccharide: Cellulose

- Cellulose ist struktureller Baustein aller höheren Pflanzen
- Cellulose ist ein lineares Polysaccharid aus β -1,4-glycosidisch verknüpften β -D-Glucoseeinheiten



Baumwolle ist nahezu
reine Cellulose



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

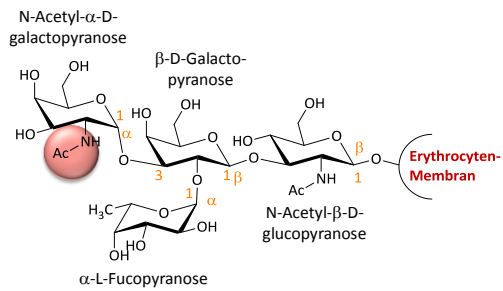
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

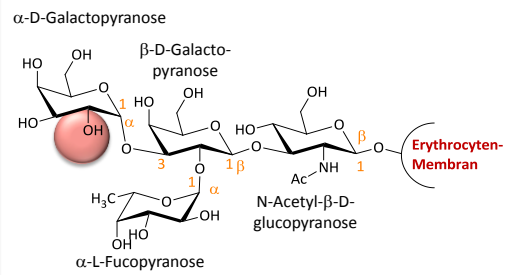
Glycosylierte Strukturen

- Kohlenhydrate sind an Zell-Zell-Erkennungsprozessen beteiligt
- Spezifität beruht auf glycosylierten Peptiden und Lipiden
- Blutgruppenspezifität ergibt sich aus der Tetrasaccharidstruktur auf der Erythrocytenmembran

Blutgruppe A-Spezifität



Blutgruppe B-Spezifität



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

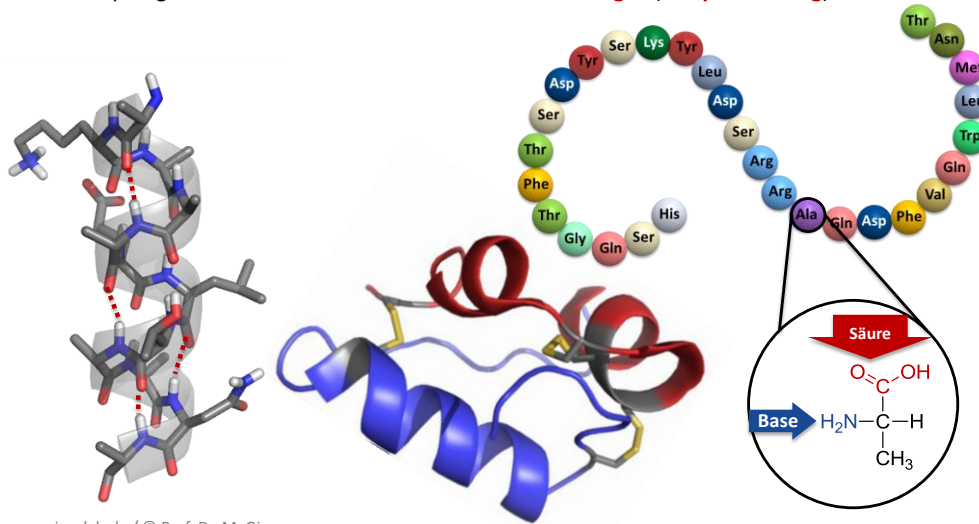
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Aminosäuren, Peptide und Proteine

- **Peptide** und **Proteine** sind Oligomere bzw. Polymere von **Aminosäuren**
- Verknüpfung der einzelnen Aminosäuren über **Amidbindungen** (= **Peptidbindung**)



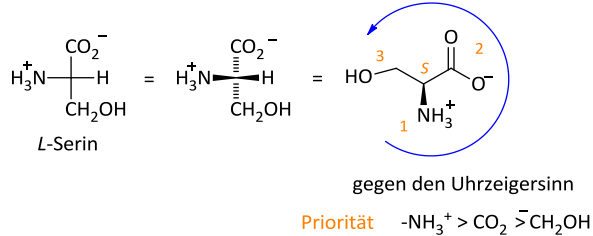
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Aminosäuren

- Proteine sind lineare Polymere aus α -Aminosäuren.
- α -Aminosäuren sind **chiral** (Ausnahme Glycin, R = H)
- es gibt 20 proteinogene Aminosäuren

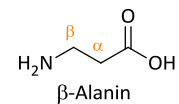
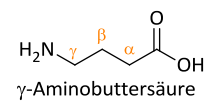
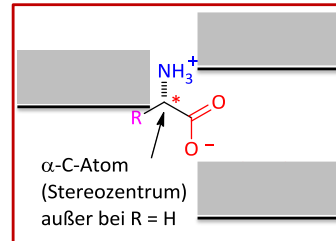


In Proteinen kommen
nur die **L-Aminosäuren** vor.

diese sind alle S-konfiguriert
(Ausnahme Cystein)

Außerdem kommen in der Natur noch weitere Aminosäuren: z.B.
nichtproteinogene α -Aminosäuren oder β - und γ -Aminosäuren

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese



Neurotransmitter
im Gehirn

Notizen:

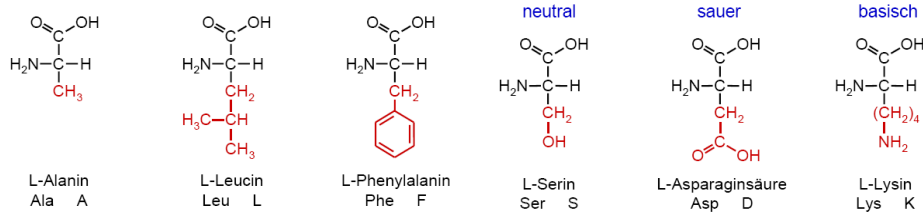
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Einteilung der Aminosäuren

Seitenkette R bestimmt die chemische Eigenschaften, daher unterscheidet man:

- Aminosäuren mit **unpolaren Seitenketten**
aliphatischen (Glycin, Alanin, Leucin, Valin, Isoleucin, Methionin, Prolin) oder aromatischen Resten (Phenylalanin, Tryptophan, Tyrosin, Histidin).
- Aminosäuren mit **polaren, ungeladenen Seitenketten**
mit OH- (Serin, Threonin), SH- (Cystein) oder Carboxamid-Gruppe (Asparagin, Glutamin)
- Aminosäuren mit **polaren**, unter physiologischen Bedingungen **geladenen Seitenketten**
mit **sauren** (Asparaginsäure, Glutaminsäure) oder mit **basischen** Resten (Lysin, Arginin)



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

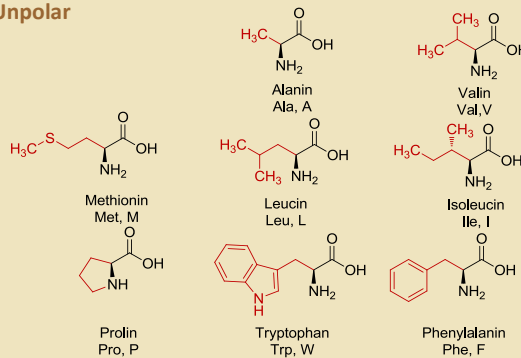
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

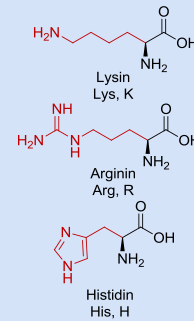
Übersicht der Aminosäuren

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

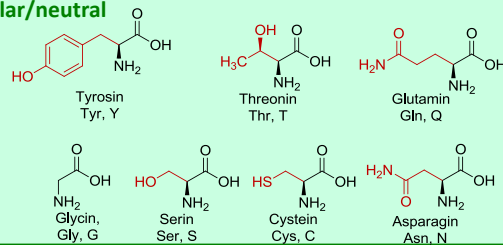
Unpolar



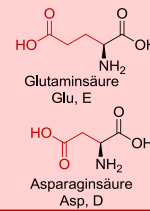
Basisch



Polar/neutral



Sauer



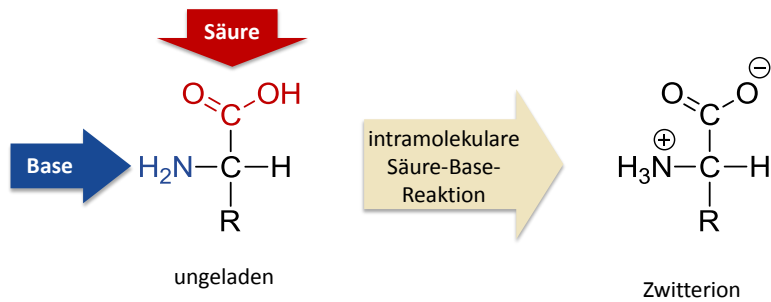
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Säure-Base-Eigenschaften der Aminosäuren

- Jede Aminosäure enthält eine Säuregruppe und eine basische Aminogruppe → **Ampholyte**



Unter physiologischen Bedingungen liegen Aminosäuren daher als Zwitterionen vor.

Allerdings besitzen einige Aminosäuren zusätzlich noch saure oder basische Gruppen in der Seitenkette, die ebenfalls protoniert (Lys, Arg) oder deprotoniert (Asp, Glu) vorliegen.

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

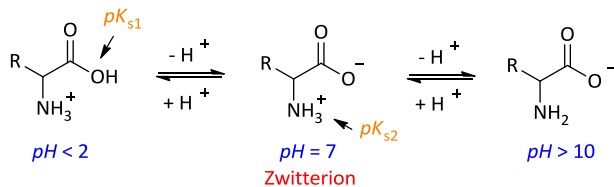
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

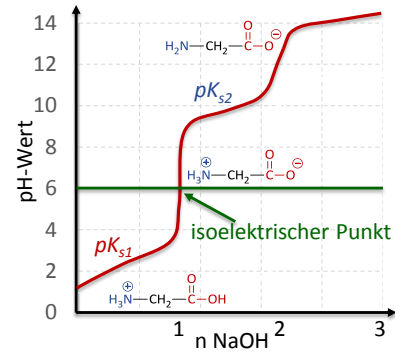
Isoelektrischer Punkt

- jede Aminosäure hat genau einen pH-Wert, bei dem die Aminosäure als Zwitterion vorliegt (= **isoelektrischer Punkt** IEP (pH_I, pI))
- isoelektrischer Punkt entspricht dem Mittelwert der beiden pKs-Werte



$$pH_{IP} = \frac{1}{2}(pK_{s1} + pK_{s2})$$

IEP ist für jede Aminosäure unterschiedlich
 ⇒ charakteristische Stoffkonstante



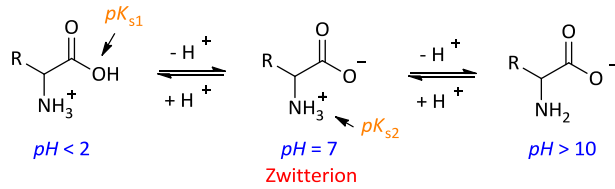
www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

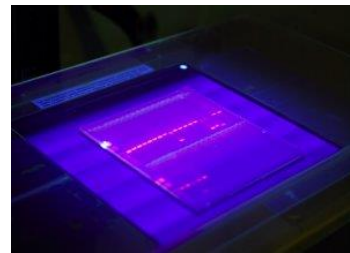
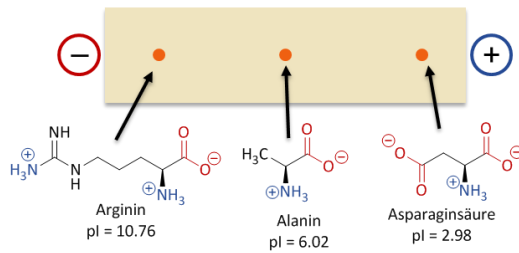
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Trennung von Aminosäuren - Gelelektrophorese



$$pH_{IP} = \frac{1}{2}(pK_{s1} + pK_{s2})$$

Trennung von Aminosäuren mittels Elektrophorese



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Auswertung eines Elektrophorese-Gels unter UV-Licht.

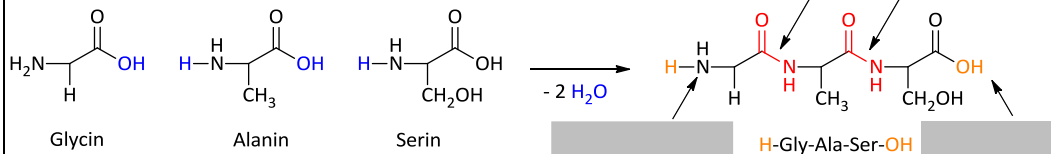
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Peptide

- Peptid = lineares Polymer aus α -Aminosäuren, die über **Amidbindungen** verknüpft sind



Primärstruktur = Aminosäuresequenz
(aufgeschrieben vom N- zum C-Terminus)

Achtung: Ein Peptidstrang besitzt eine definierte Richtung.



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

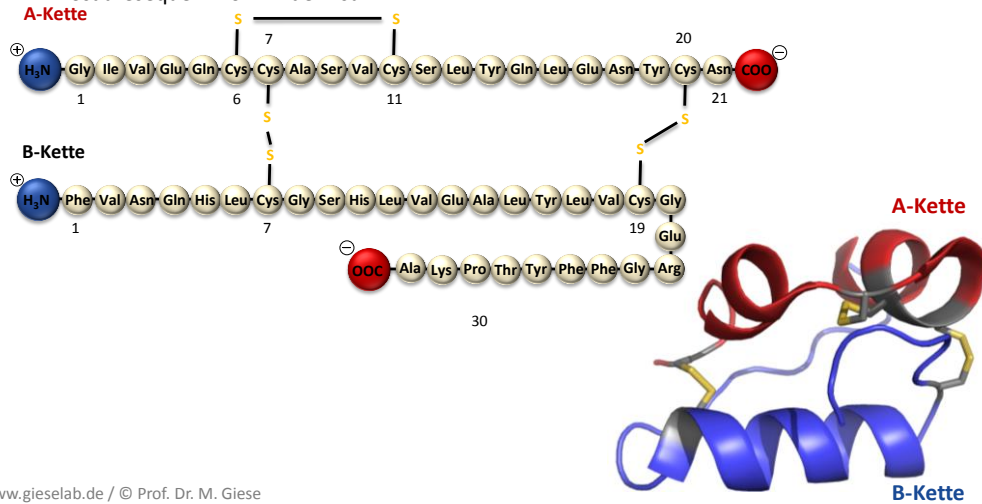
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Primärstruktur von Peptiden

- Abfolge der Aminosäuren (Aminosäuresequenz)

Aminosäuresequenz von Rinderinsulin



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

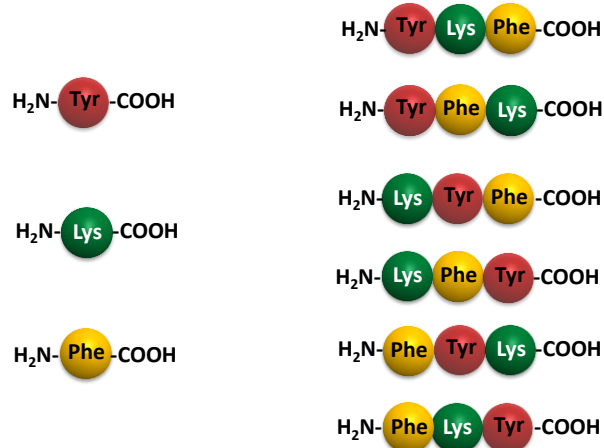
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Konstitutionsisomere Tripeptide

- drei Aminosäuren $\rightarrow 3! = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$ konstitutionsisomere Tripeptide in denen alle drei Aminosäuren einmal vorkommen



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

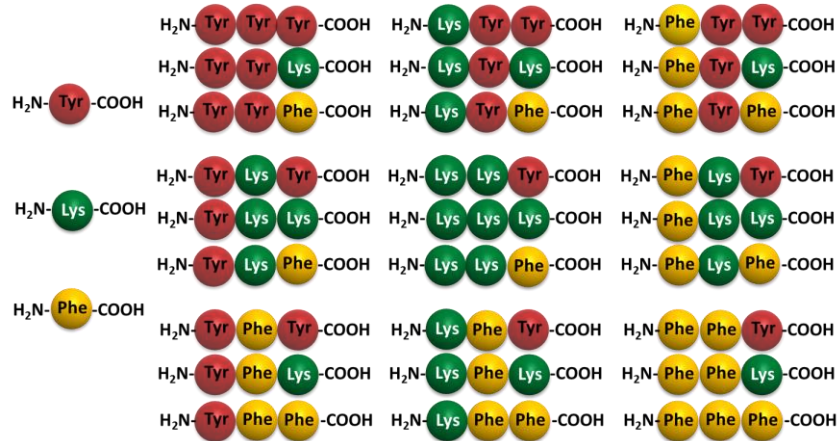
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Tripeptide

- können die Aminosäuren zudem mehrfach auftauchen $\rightarrow 3^3 = 27$ Tripeptide



Achtung: Diese sind natürlich nicht mehr alle Konstitutionsisomer zueinander.

Peptide wie H-Ala-Ala-Ala-OH und H-Ala-Ala-Met-OH sind überhaupt keine Isomere.

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

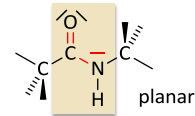
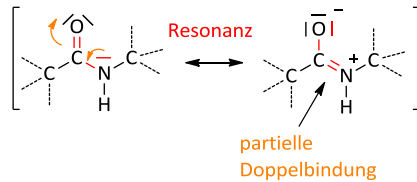
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

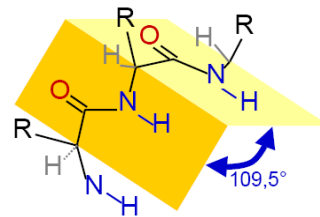
Besonderheiten der Amidbindung

- Peptide weisen relativ **starre Struktur** auf → Amidbindung besitzt ~40% **Doppelbindungscharakter**



- Amidgruppe ist **planar**
- keine freie Drehbarkeit** um die C-N-Bindung
- Amidbindung ist sehr **stabil**
- Stickstoff ist **nicht** mehr **basisch**

Planarität der einzelnen Amidgruppen schränkt die möglichen Konformationen einer Peptidkette stark ein
⇒ nur wenige stabile **Sekundärstrukturen**



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

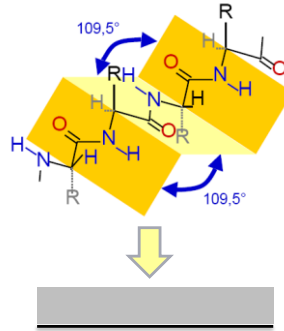
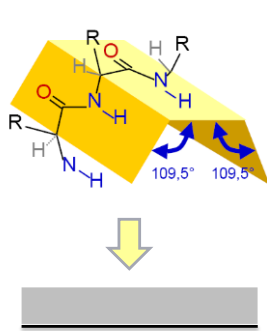
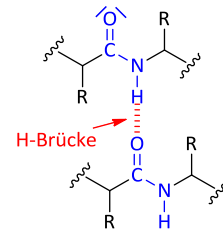
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Sekundärstruktur von Peptiden

- Peptidkette = Aneinanderreihung von *trans*-konfigurierten Amidbindungen
- 109°-Verdrehung entweder in die gleiche oder in entgegengesetzte Richtungen

Aminosäuresequenz
bestimmt Faltung

⇒ Zwei **Sekundärstrukturelemente**
die durch Wasserstoffbrücken zwischen weiter entfernten Amidgruppen
entlang der gefalteten Kette stabilisiert werden.

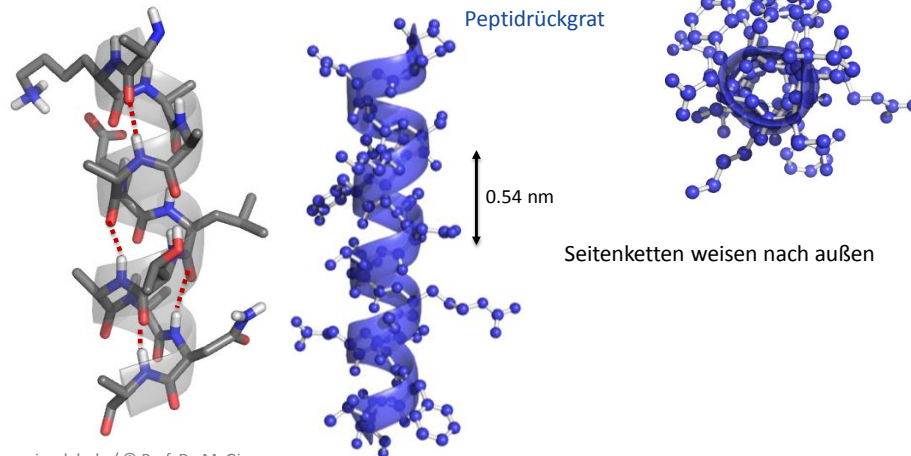
www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken **α -Helix**

- planaren Amidgruppen in gleicher Richtung verdreht
- rechtsgängige Helix
- Ganghöhe 3,6 Aminosäuren (= 0,54 nm)
- H-Brücken zwischen den Aminosäuren i und i+4



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

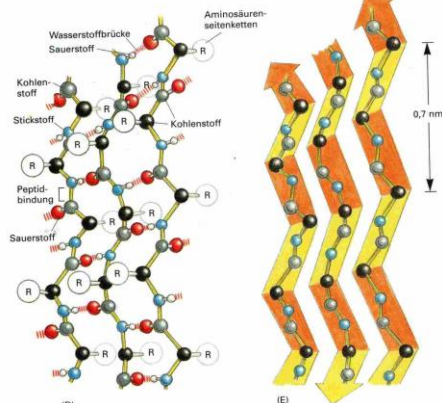
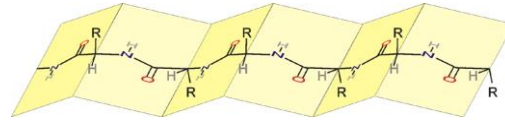
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

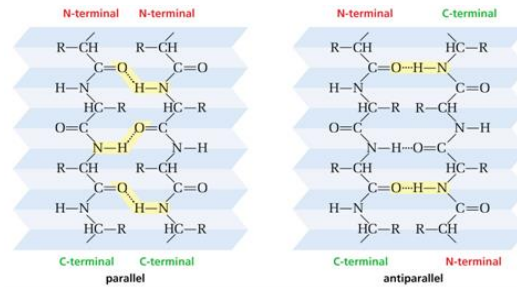
Offen im Denken

 β -Faltblatt

- planaren Amidgruppen in entgegengesetzte Richtung verdreht
- flache, gefaltete, zickzackartige Bandstruktur
- H-Brücken zwischen benachbarten Bändern
- Bänder können parallel oder antiparallel angeordnet sein



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese



Seitenketten R zeigen von der Ebene des Faltblattes abwechselnd nach oben und unten

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

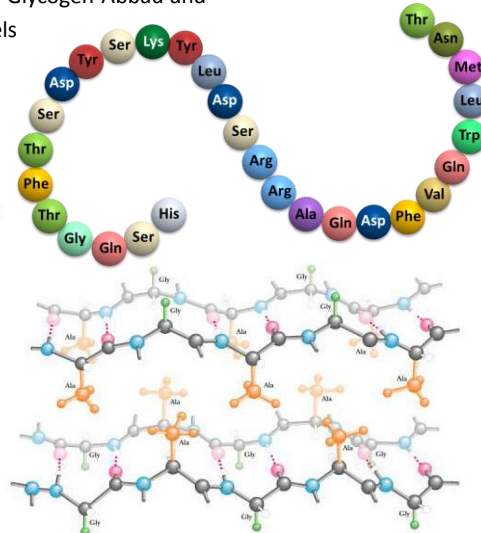
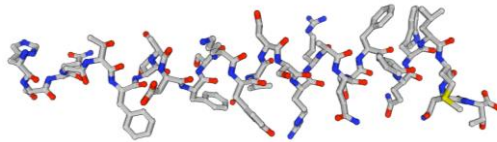
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Peptide mit eindeutiger Sekundärstruktur

Glucagon

- Pankreas-Hormon: Antagonist des Insulins: steigert Glycogen-Abbau und Gluconeogenese → Erhöhung des Blutzuckerspiegels
- 29 Aminosäuren, ausschließlich α -Helix



Seidenproteine

- β -Keratin, ausschließlich β -Faltblatt



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

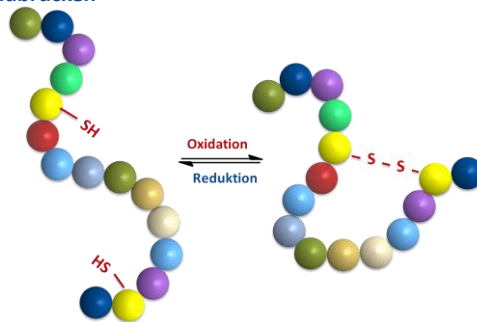
Tertiärstruktur eines Proteins

Tertiärstruktur = dreidimensionale Struktur des gesamten Proteins

Abfolge der Sekundärstrukturelemente (α -Helix, β -Faltblattstruktur) und ihre relative Anordnung zueinander

Die meisten Proteine enthalten sowohl α -Helices als auch β -Faltblätter sowie Schleifen (Loops) und ungeordneten Bereiche.

Disulfidbrücken



Die Aminosäuresequenz (Primärstruktur) bestimmt die Faltung eines Proteins.

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

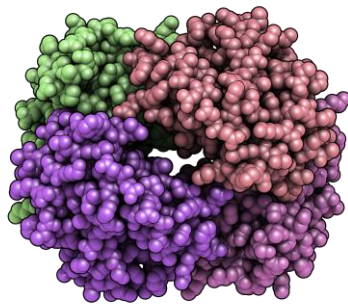
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

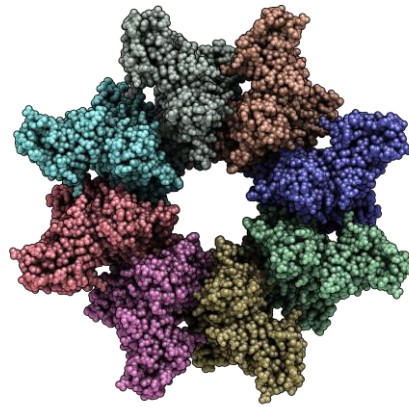
Quartärstruktur eines Proteins

Häufig lagern sich auch mehrere Proteine zu einem funktionellen Komplex zusammen →

Quartärstruktur



Hämoglobin (Tetramer)



Anthrax Toxin (Octamer)

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

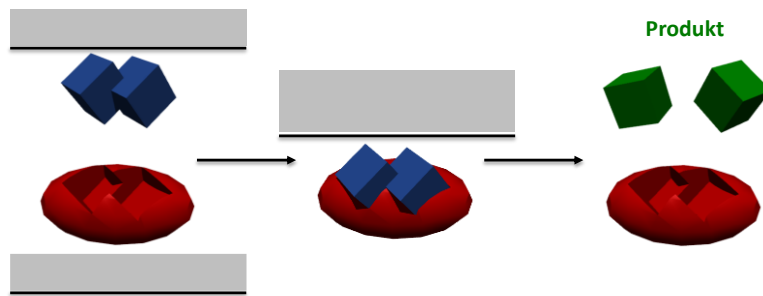
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Enzyme

- Enzyme sind meistens Proteine die als Biokatalysatoren fungieren
- kleine Moleküle wie ATP, NADH oder Hämgruppen dienen als Cofaktoren (= **Coenzyme**)
- im **aktiven Zentrum** findet die chemische Reaktion statt
- Substrat und aktives Zentrum müssen komplementär zueinander sein → **Schlüssel-Schloss-Prinzip**



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

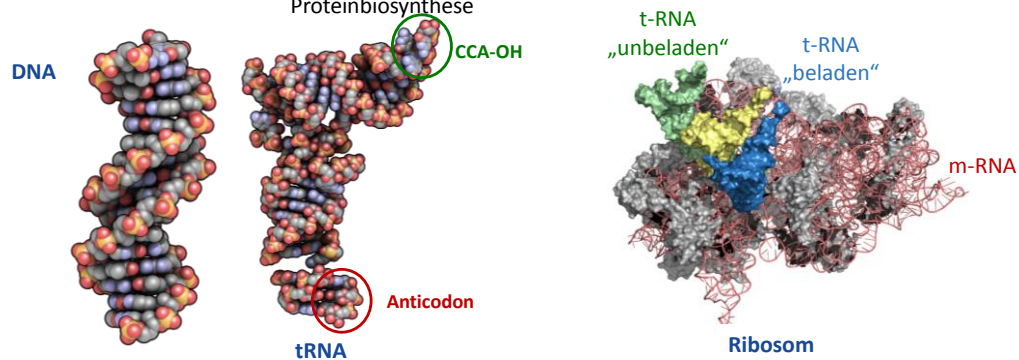
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Nucleinsäuren

Nucleinsäure tragen Informationen:

- **Desoxyribonucleinsäure (DNA)** = Erbinformation eines Lebewesens
 - Gesamtheit der DNA = **Genom** bezeichnet
 - Einzelne Abschnitte der DNA codieren Informationen zur Biosynthese von Proteinen oder RNA-Molekülen → Abschnitte = **Gene**
- **Ribonucleinsäuren (RNA)** = Übermittlung der Information der DNA, Unterstützung der Proteinbiosynthese



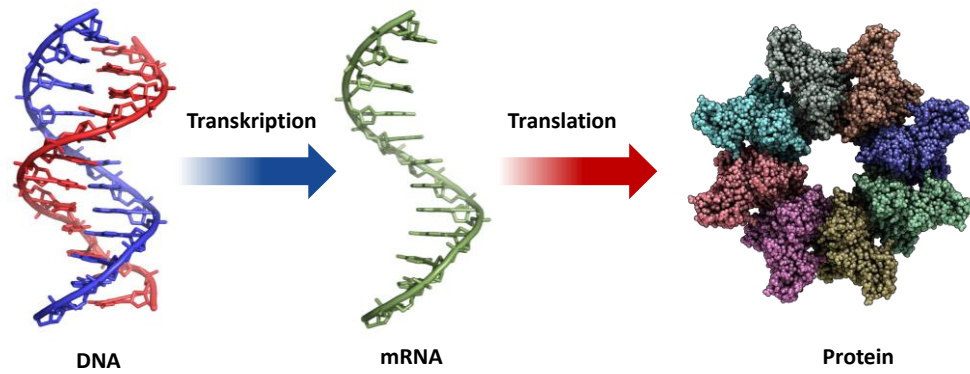
www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Zentrales Dogma der Molekularbiologie



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

F. Crick (1958)

Notizen:

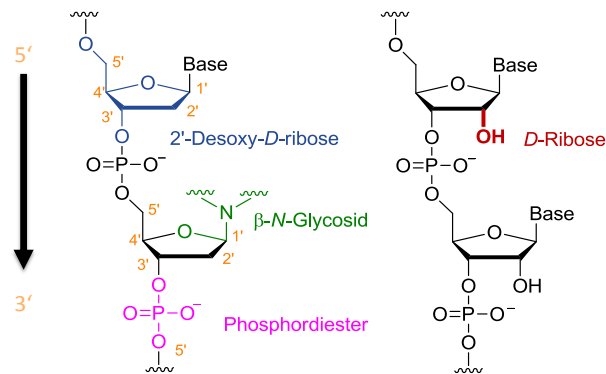
Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Aufbau der Nucleinsäuren

DNA und RNA sind analog aufgebaut:

- lineares Polymer von **Zuckerbausteinen**, verknüpft über **Phosphordiesterbindungen**
- **Nucleinbase** (= aromatischer Heterocyclus) am anomeren C-Atom (β -N-glycosidisch gebunden)
- Unterschied: DNA (Zucker = **2'-Desoxy-D-ribose**), RNA (Zucker = **D-Ribose**)



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

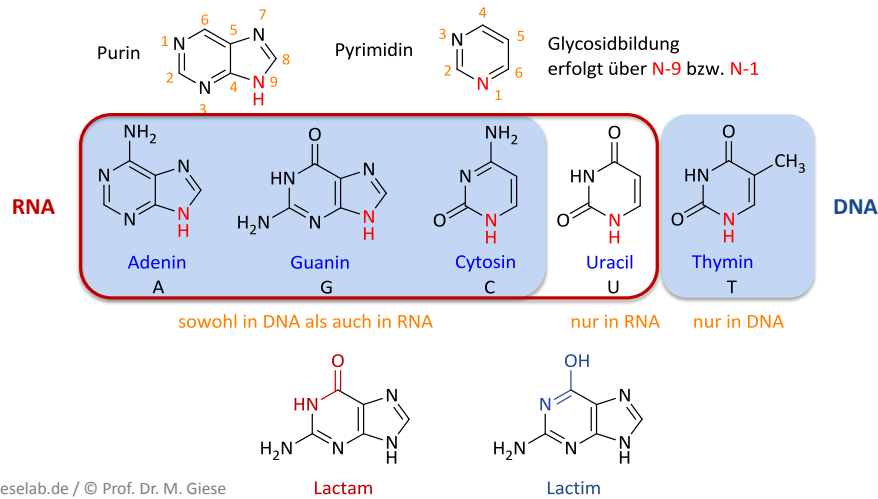
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Die Basen der Nucleinsäuren

- DNA und RNA enthalten je vier heterocyclische Nucleinbasen
- Nucleinbasen sind β -N-glycosidisch an Zucker
- Zwei Nucleinbasen leiten sich vom **Purin** und zwei vom **Pyrimidin** ab



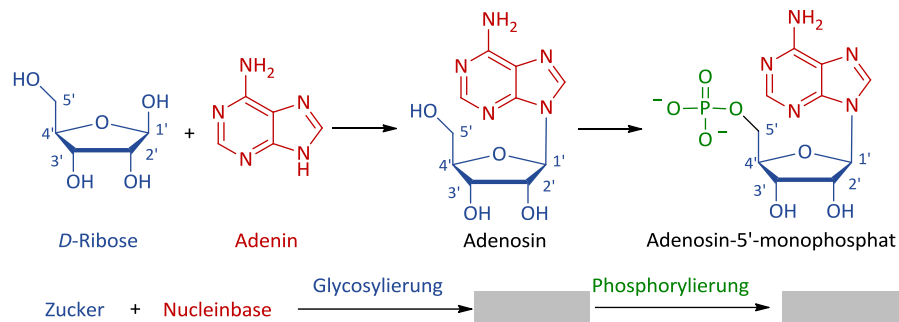
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Aufbau eines Nucleotids

- Zucker + Nucleinbase = **Nucleosid**
- Phosphorylierung führt zum **Nucleotid** (= Ester der Phosphorsäure)
- Polykondensation führt zur Nucleinsäure (= **Polynucleotid**)



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

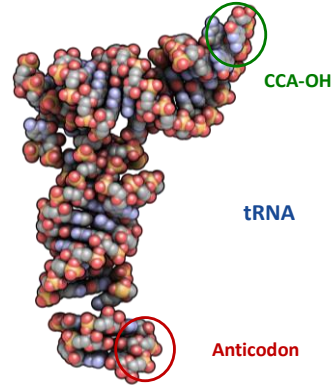
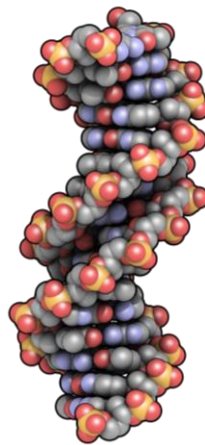
Struktur der Nucleinsäuren

- **DNA** = langes Polynucleotid (> 100.000 Nucleotide), Doppelhelix, chemisch sehr stabil
- **RNA** = relativ kurz (einige Tausend Nucleotide), Einzelstrang, instabil, hydrolysiert leicht



Bakteriophage T2 mit DNA

DNA Doppelstrang



CCA-OH

tRNA

Anticodon

- RNA kommt fast nur als Einzelstrang vor
- viele verschiedene Strukturen bekannt

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

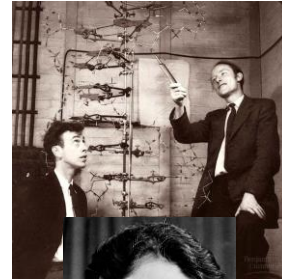
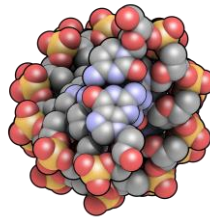
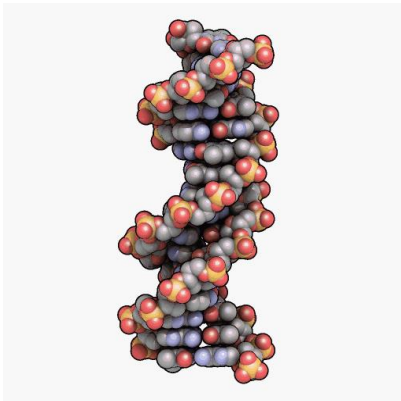
Offen im Denken

DNA-Doppelstrang

- unter physiologischen Bedingungen bilden zwei Stränge der Desoxyribonucleinsäure eine rechtsgängige Doppelhelix (B-Form) aus
- Nucleinbasen zeigen nach innen
- Zucker-Phosphat-Rückgrat zeigt nach außen

Watson und Crick (1953)

Nobelpreis für Physiologie und Medizin, 1962



Rosalind Franklin

www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

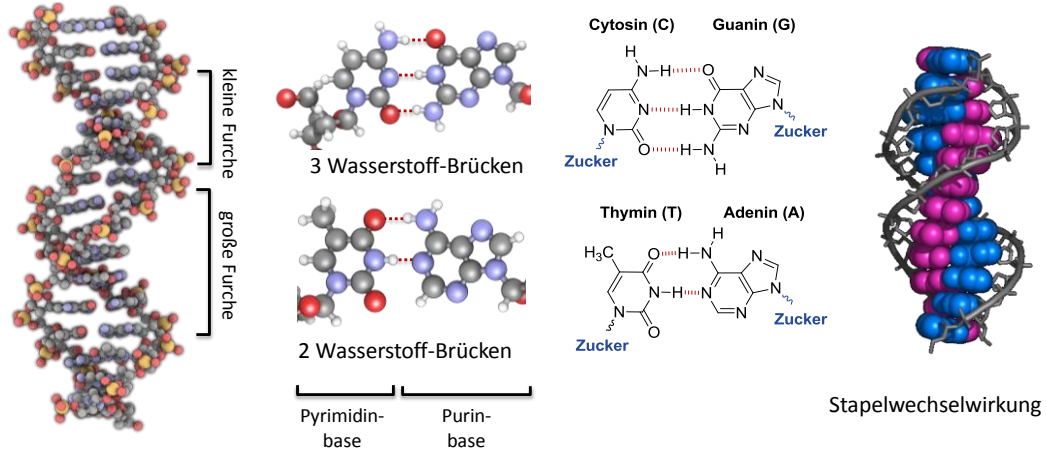
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Basenpaarung

- nur bestimmte Basenpaare möglich: Adenin + Thymin (**A-T**) und Guanin + Cytosin (**G-C**)
- Wasserstoffbrücken** halten Basenpaare zusammen
- zusätzliche Stabilisierung der Doppelhelix durch **Stapelwechselwirkung** der aromatischen Basen



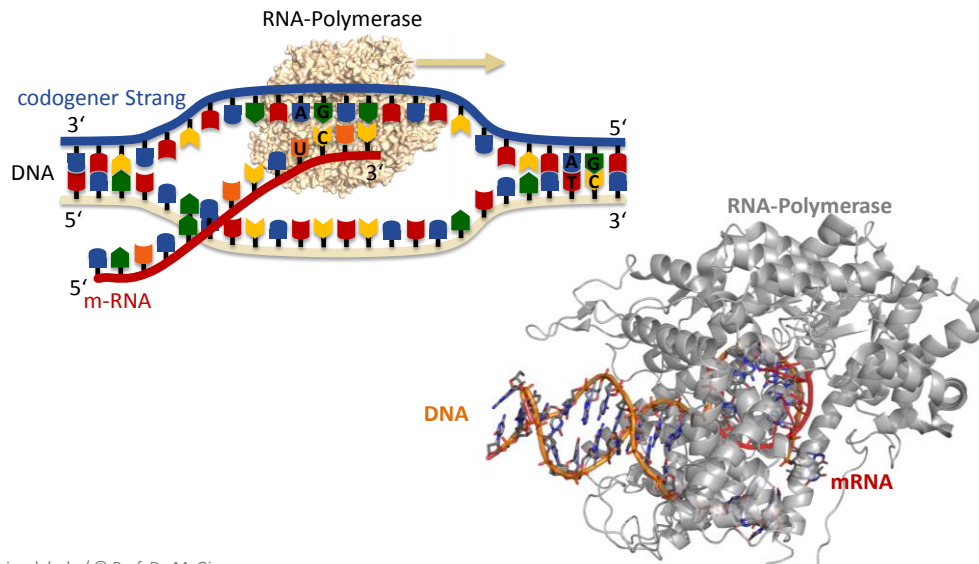
www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

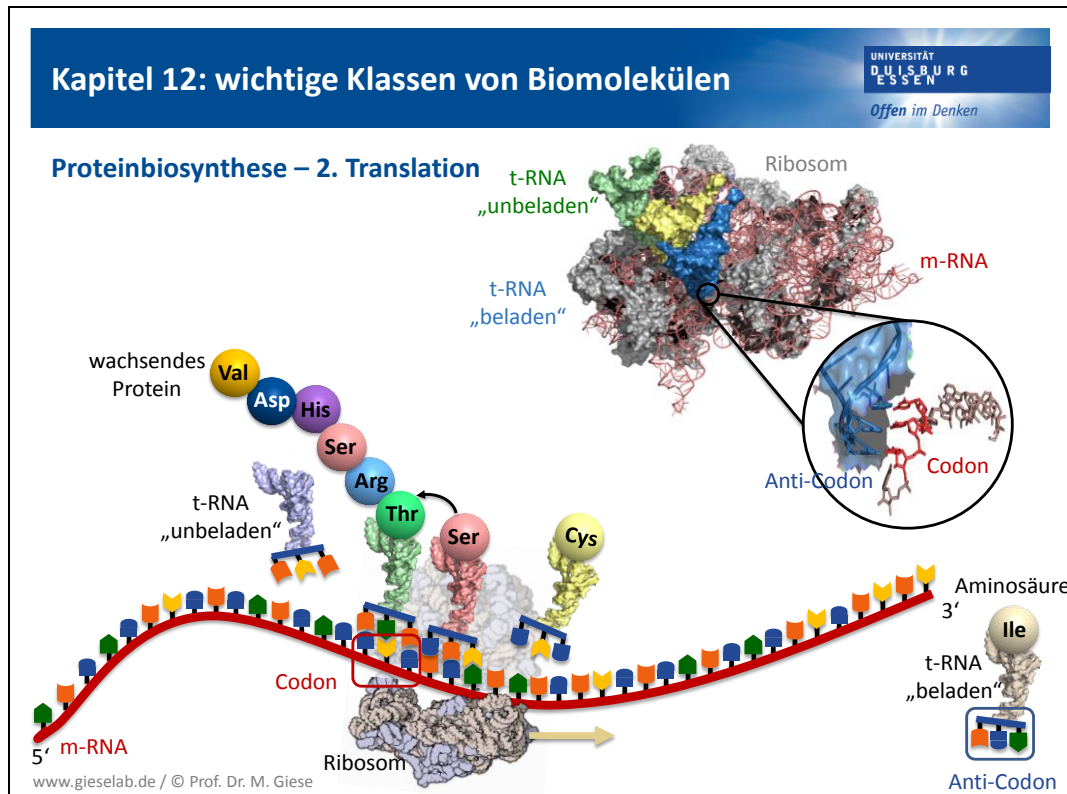
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Proteinbiosynthese – 1. Transkription



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:



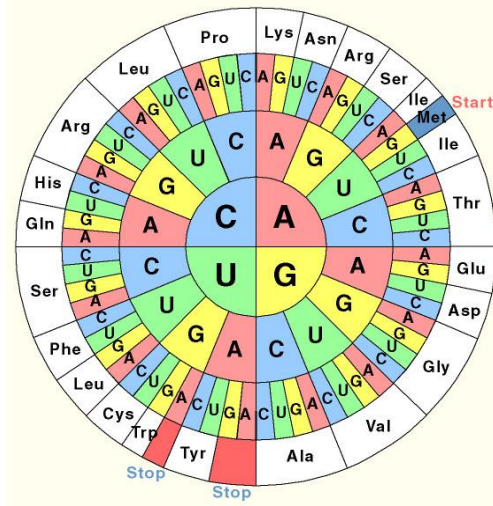
Notizen:

Kapitel 12: wichtige Klassen von Biomolekülen

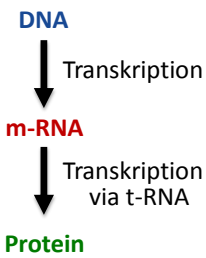
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

Der genetische Code

- DNA enthält die Aufbauanleitung für die Synthese der Proteine.
- Drei DNA-Basen (= Codon) stehen jeweils für eine Aminosäure

insgesamt $4^3 = 64$ verschiedene Codons

pro Aminosäure jeweils mehrere Codons



www.gieselab.de / © Prof. Dr. M. Giese

Notizen:

Zusammenfassung

- **Kohlenhydrate** (Saccharide) sind **Polyhydroxycarbonylverbindungen** und deren Derivate
- man unterscheidet: **Aldosen** und **Ketosen**
- Monosaccharide werden nach der Anzahl ihrer C-Atome klassifiziert: Triosen, Tetrosen, Pentosen, Hexosen
- **D-Glucose** ist das wichtigste Monosaccharid
- D-Mannose und D-Galactose sind weitere wichtige Monosaccharide und **Epimere** der D-Glucose
- Monosaccharide weisen chemische Eigenschaften von Alkoholen und Carbonylverbindungen auf
→ reduzierende Eigenschaften von Aldosen dienen als Zuckernachweis
- Pentosen und Hexosen liegen in wässriger Lösung als **cyclische Halbacetale** vor
→ Fünfring (**Furanosen**) oder Sechsring (**Pyranosen**)
→ neues Stereogenes Zentrum führt zu zwei Diastereomere: α und β -**Anomere**
- Reaktion eines Nucleophils mit der anomeren OH-Gruppe führt zu einem **Glycosid**
- Bausteine der Proteine und Peptide sind **α -Aminosäuren**
- man unterscheidet **21 proteinogene L-Aminosäuren**:
 - Aminosäure mit unpolaren Resten (Ala, Val, Leu, Ile, Met, Pro)
 - Aminosäure mit aromatischen Resten (Phe, Tyr, Trp)
 - Aminosäure mit polaren, ungeladenen Resten (Ser, Cys, Thr, Asn, Gln, Sec)
 - Aminosäuren mit basischen Resten (Lys, Arg, His)
 - Aminosäuren mit sauren Resten (Asp, Glu)
- Aminosäuren sind Ampholyte und besitzen einen charakteristischen **isoelektrischen Punkt** ($pI = \frac{1}{2} \cdot (pK_{S1} + pK_{S2})$)
- Aminosäuren sind durch **Amidbindungen** zu Peptiden oder Proteinen verknüpft
- man unterscheidet:
 - **Primärstruktur** (Abfolge der Aminosäuren)
 - **Sekundärstruktur** (α -Helix oder β -Faltblatt)
 - **Tertiärstruktur** (3-dimensionale Gesamtstruktur eines Proteins)
 - **Quartärstruktur** (Zusammenlagerung mehrerer Proteine)
- **Enzyme** (meist Proteine) sind biochemische Katalysatoren
- **Nucleinsäuren** sind **Polynucleotide** und tragen die Erbinformation
- **Nucleotide** bestehen aus einem an der 3'- oder 5'-OH-Gruppe phosphorylierten **Nucleosid** (Zucker + Nucleinbase)
- Zucker der Nucleoside sind: **D-Ribose** (RNA) oder **2'-Desoxy-D-ribose** (DNA)
- **Nucleinbasen** sind: **Adenin** und **Guanin** (Purinbasen) und **Cytosin**, **Thymin** und **Uracil** (Pyrimidinbasen)
- in der DNA bilden die Nucleinbasen Paare aus, die durch Wasserstoffbrückenbindungen verknüpft sind (**Watson-Crick-Paarung**):
 - Adenin und Thymin bilden 2 H-Brücken aus
 - Guanin und Cytosin bilden 3 H-Brücken