

1. Makromoleküle

Makromoleküle: wichtig! Deshalb hier ein paar Grundlagen, mit Angaben der Seitenzahlen zur Lektüre im „Cornelsen, Biologie Oberstufe“:

- Organische Chemie (S.40)
- Fette, Lipide (S.40)
- Kohlenhydrate (Zucker) (S.92-93)
- Aminosäuren / Proteine (S.41-42)
- DNS (RNA) (S.144-145,156-159)

Definition Makromoleküle:

Grosse, kettenförmige Moleküle (=„Polymere“), die aus sich wiederholenden einzelnen Bausteinen (=„Monomeren“) aufgebaut sind. Monomere verbinden sich unter gleichzeitiger Abspaltung von Wasser. Weil Wasser abgespalten wird, nennt man diesen Reaktionstyp Kondensation (Abb. 2). Bei der Spaltung von Polymeren kommt es zu einer Hydrolyse. Bei der Verdauung (=Abbau, Spaltung) von langkettigen Kohlehydratmolekülen geschieht diese Reaktion

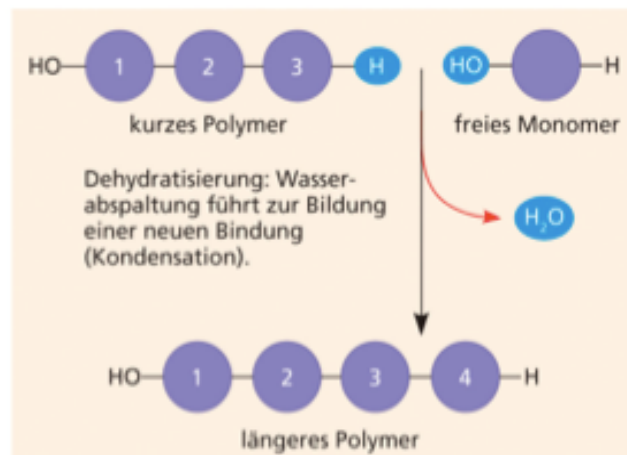


Abb. 2 Kondensation bei der Polymerisierung.

1.0 Organische Chemie

Die organische Chemie der Teil der Chemie, der sich mit Verbindungen des Kohlenstoffs (C) befasst. Die Verbindungen können kleine Moleküle sein wie zum Beispiel Methan: CH_4 , oder sehr grosse Moleküle, welche aus sehr vielen Kohlenstoffatomen aufgebaut sind. Neben C kommen in den organischen Verbindungen unter anderem die Elemente Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Schwefel (S) und Phosphor (P) vor.

C-Atome haben in der äussersten Elektronenschale vier Valenzelektronen, die die Ausbildung von vier kovalenten Bindungen (ein-, zwei- oder dreifach) mit anderen Atomen erlauben. Durch die vier Bindungen können mit C-Atomen viele verschiedene Moleküle aufgebaut werden (Abb. 1). Die unterschiedlichen Moleküle weisen unterschiedliche chemische Eigenschaften auf und haben somit unterschiedliche biologische Funktionen.

Organische Moleküle, die hauptsächlich aus C und H-Atomen aufgebaut sind und somit überwiegend unpolare C-C oder C-H Bindungen aufweisen sind nicht wasserlöslich (=hydrophobe Stoffe). Organische Moleküle, die polare Bindungen zwischen C und z.B. O oder S aufweisen sind wasserlöslich (=hydrophile Stoffe).

Für einen ausführlichen Überblick zur organischen Chemie, insbesondere über die verschiedenen funktionellen Gruppen, verweise ich hier auf den Chemieunterricht.

1.1 Kohlenhydrate (S.92-93, 63)

Viele Stoffe dieser Gruppe schmecken süss, deswegen werden sie auch „Zucker“ genannt.

1.1.1 Monosaccharide:

Kohlenhydrate oder Polysaccharide sind aus Monosacchariden (= 3 bis 7 C-Atome) aufgebaut. Diese sind immer Polyalkohole (= viele OH-Gruppen), womit sie auch gut H₂O-löslich sind.

Summenformel: $C_n (H_2O)_n$ (oftmals, mit Ausnahmen) $n = 3-7$

Beispiele für prüfungsrelevante Zucker:

- Glucose Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$ (Hexose) z.T. als Ring -> Energiespeicherung
- Ribosen $C_5H_{10}O_5$ (Pentose)
- Desoxyribose → O₂-ärmere Form. Wichtiger Nucleinsäure-Bestandteil.

Traubenzucker (Glukose = $C_6H_{12}O_6$; Abb. 3) ist ein bekannter Einfachzucker (Monosaccharid) und eine wichtige Energiequelle für Lebewesen. Die chemischen Namen der Zucker enden oft auf „- ose“. In wässrigen Lösungen kommen die Moleküle oft in ihrer ringförmigen Struktur vor (Abb. 3).

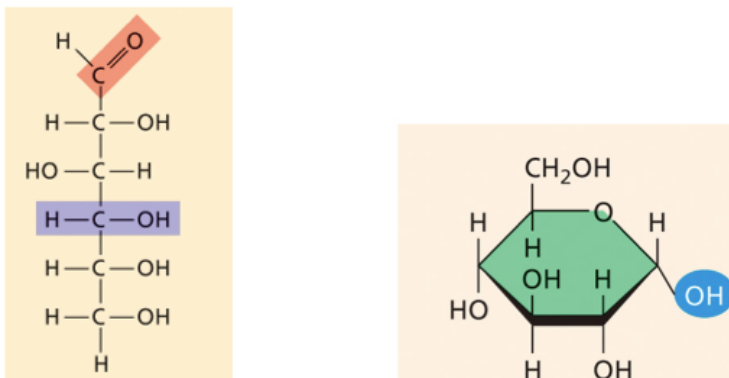


Abb. 3 Lineare (links) und ringförmige Struktur (rechts) der Glukose.

1.1.2 Disaccharide

2 Monosaccharide → 1 Disaccharid unter H₂O-Abspaltung... usw.

Beispiele Disaccharide: Maltose (Malzzucker), Saccharose (Rohrzucker)

Ein Disaccharid, z.B. Maltose (Malzzucker) oder Laktose (Milchzucker), besteht aus zwei verknüpften Monosacchariden. Werden hunderte von Monosacchariden zusammen synthetisiert entstehen Polysaccharide. Die pflanzliche Stärke ist ein Polymer der Glukose. In dieser Form speichern Pflanzen grosse Mengen an Energie. Stärkehaltige Nahrungsmittel (Kartoffeln, Weizen, Reis und damit auch Brot, Pasta etc.) sind für die menschliche Ernährung von grosser Bedeutung. Das Polysaccharid Cellulose ist ein wichtiger Bestandteil der pflanzlichen Zellwände und verantwortlich für die Struktur und Festigkeit der Pflanzen (Abb. 4).

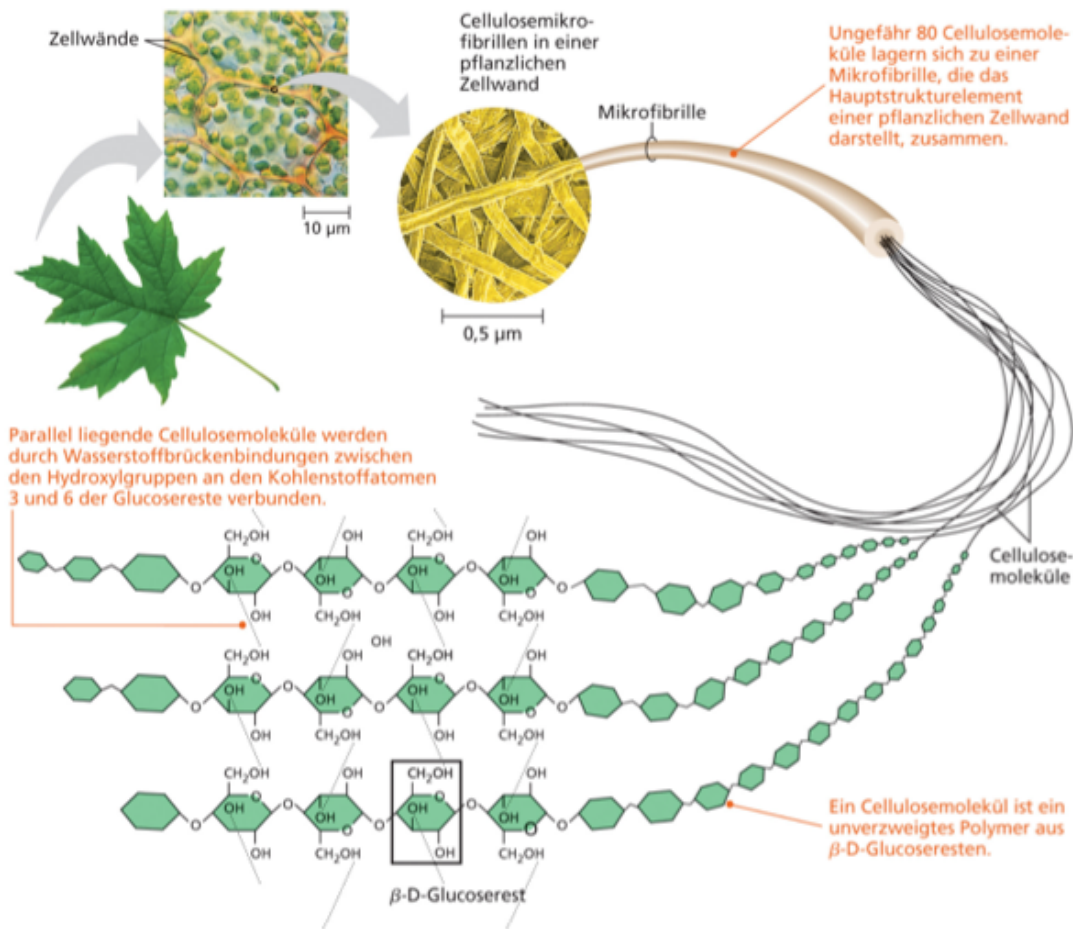


Abb. 4 Die Anordnung der Cellulosemoleküle in den pflanzlichen Zellwänden

1.1.3 Polysaccharide

~100-1000ende von Monosacchariden zusammengeknüpft (kettenförmig)
in kaltem H₂O unlöslich, quellbar, entweder mit Enzymen oder wieder in Monosaccharide Säuren spaltbar.

Zu Polysacchariden gehören:

- Stärke:** Tausende von Glucosemolekülen, Nachweisreaktion: färbt sich mit Jodlösung blau (→ Kartoffel...) α- 1,4 Bindungen
Amylose = unverzweigt; Amylopektin = verzweigt -> „Pektin“ in Lebensmitteln wie Quark, Joghurt, Konfitüren etc. um geleeartige Konsistenz zu erhalten.
- Glykogen:** Reservestoff von Hefen (= Pilz) und Tieren; ähnlich Stärke.
- Cellulose:** häufigste organische Verbindung, Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände. β-1,4 Bindungen aus Glucosemolekülen aufgebaut. Nur Mikroorganismen besitzen Enzyme um diese zu spalten. -> Mikrobiom in den Kuhmägen, spalten Cellulose in den Verdauungsorganen. Symbiosen von Mikroorganismen und Pflanzenfressern sind enorm wichtig.
- Chitin:** Stickstoffhaltiges Polysaccharid in Pilzzellwänden, bei Gliederfüßlern (Arthropoden), Krebsen, Insekten... (Aussenskelett = Exoskelett); Aufbau celluloseähnlich.

1.2 Lipide (S.40)

Lipide sind Stoffe die zu grossen Teilen aus langen C-H-Ketten aufgebaut sind. Die hydrophoben Teile in diesen Stoffen überwiegen, somit sind Lipide meist nicht wasserlöslich.

Ein Fett ist ein Ester aus Glycerin und drei Fettsäuremolekülen (Abb. 5). Die Fettsäuren sind je nach Fett unterschiedlich lang.

- Ungesättigte Fette (z.B. Olivenöl) enthalten Fettsäuren mit Doppelbindungen zwischen C-Atomen.
- Bei gesättigten Fetten (z.B. Butter) liegen keine Doppelbindungen vor und alle C-Atome der Fettsäuren binden mindestens 2 H-Atome.

Der menschliche Körper kann aus Kohlehydraten Fette aufbauen.

Typisch für Lipide ist:

- H_2O -unlöslich (alle längerkettigen Fettsäuren) = Polare Lipide
- Bausteine („Gerüste“) aller biologischen Membranen, diese bestehen aus Lipiddoppelschichten mit eingelagerten Proteinen, die Proteine sind für die meisten biologischen Funktionen verantwortlich
- Beispiel: Cholesterin, dies ist sowohl ein Membranbaustoff wie auch ein Steroidhormon, das im Zusammenhang mit Arterienverkalkung und Bluthochdruck steht.
- generell energiedichteste Nährstoffe: 1g Lipide $\rightarrow$ 9kcal, 1g Zucker $\rightarrow$ 4kcal
- in Tieren: Reservestoffe, Wärmeisolation,
- in Pflanzen: Nährstoffe ($\rightarrow$ Wichtig für die menschliche Ernährung als pflanzliche Öle (Oliven, Raps, Cocos,...Nüsse...!)

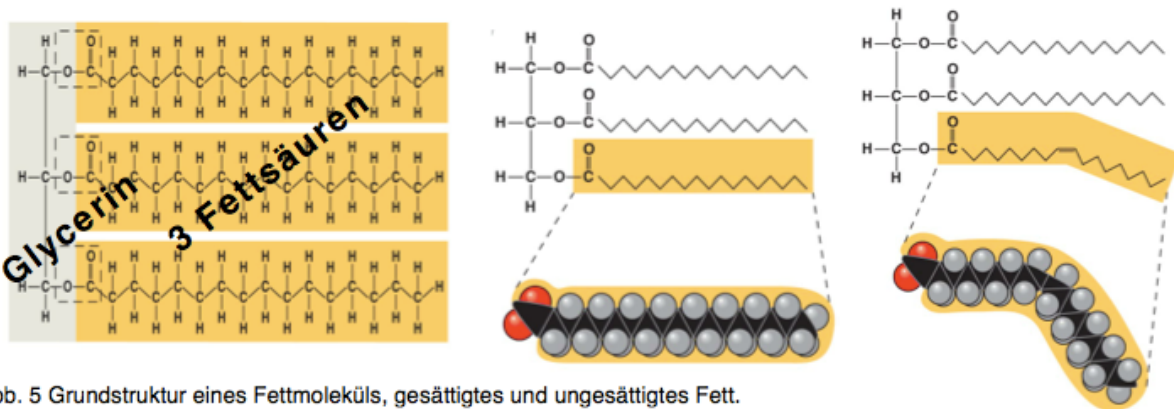


Abb. 5 Grundstruktur eines Fettmoleküls, gesättigtes und ungesättigtes Fett.

Tierische Fette, wie die Butter, sind meist gesättigt. Die Moleküle in gesättigten Fetten lassen sich dichter zusammenpacken, deshalb sind sie bei Zimmertemperatur fest. Pflanzliche Fette sind im Allgemeinen ungesättigt. Durch die abgeknickte C-Kette lassen sich diese weniger dicht packen. Bei Zimmertemperatur sind sie also flüssig. Fette sind wichtige Energiespeicher oder dienen als thermische Isolation im Tierreich (Bsp. Marmot, die sich vor kalten Wintern in den Bergen durch eine dicke Fettschicht unter der Haut schützen).

Phospholipide sind eine zweite Gruppe von Lipiden, sie machen den Hauptbestandteil von biologischen Zellmembranen aus. Bei diesen Molekülen verbindet sich ein Glycerin mit nur zwei Fettsäuren und einer Phosphorsäure, die negativ geladen ist. Auf Grund der negativen Ladung haben Phospholipide einen hydrophilen (= wasserliebend) „Kopf“ und einen langen hydrophoben (= wasserabstossend) „Schwanz“ (Abb. 6). Im Wasser richten sich Phospholipide gemeinsam aus und bilden doppelschichtige Aggregate. Bei

der Zellmembran bildet eine solche Doppellipidschicht die Grenze zwischen einem wässrigen Zellinnenraum und einer wässrigen Umgebung.

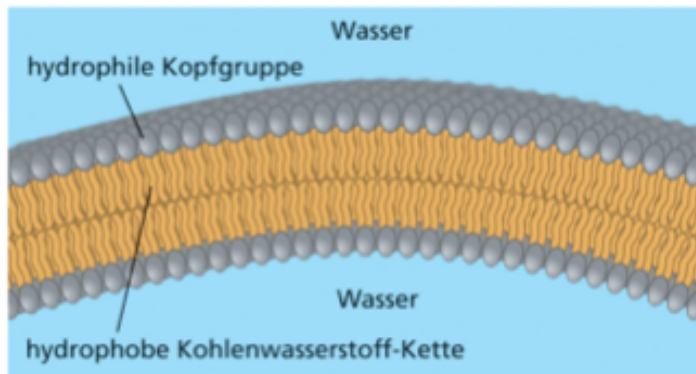


Abb. 6 Lipiddoppelschicht aus Phospholipiden

Steroide sind eine weitere Gruppe von Lipiden, die sich strukturell gut von den Fetten und Phospholipiden unterscheiden lassen. Sie bestehen grundsätzlich aus vier Kohlenstoffringen. Cholesterin ist ein Steroid und ein wichtiger Bestandteil tierischer Zellmembranen. Aus Cholesterin werden auch einige Hormone, Botenstoffe in Organismen, aufgebaut, zum Beispiel Testosteron (= männliches Hormon bei vielen Tieren).

Definition Hormon:

- Stoff, der an einer Stelle im Körper produziert wird und an einer anderen Stelle wirkt
- Bereits kleinste Dosen haben eine hohe Wirkung
- Transport durch Blut
- Wirkungs- und nicht artspezifisch
- Bestehen aus unterschiedlichsten Molekülen
- Zeigen bei unterschiedlichen Zielzellen unterschiedliche Wirkungen. Beispiel Adrenalin: Das Blut wird aus dem Verdauungstrakt abgezogen (Verdauungsleistung sinkt), erhöht Herzleistung, erhöht Durchblutung der Extremitäten, Verminderung der Grosshirnleistung etc. „Fight or Flight Syndrome“.

Definition Pheromon:

- Hormon mit Fernwirkung. Beispiel *Bombyx mori*, bei dem das Männchen Weibchen auf die Luftdistanz von 10km aufgrund weniger Pheromon-Moleküle des Weibchens findet.

1.3 Polypeptide und Proteine (S 41- 43)

Polypeptide oder Proteine sind Makromoleküle, die durch Verknüpfung verschiedener / vieler Aminosäuren entstehen.

Proteine übernehmen im Organismus sehr unterschiedliche Aufgaben. Sie sind bei Transportvorgängen, bei der zellulären Kommunikation, bei der Immunabwehr beteiligt oder können strukturgebende Funktionen (z.B. Kollagene) übernehmen. Eine Gruppe von Proteinen, die Enzyme, beschleunigt oder kontrolliert chemische Reaktionen. Proteine bestehen aus einer oder mehreren Polypeptidketten und weisen ein charakteristische räumliche Struktur auf (Abb. 8). Diese Raumstruktur kann durch niedrige pH-Werte (sauer) oder hohe Temperaturen zerstört werden. In diesem Fall werden die Proteine denaturiert und die biologische Funktion kann nicht mehr ausgeführt werden.

Die meisten Enzyme bestehen ganz oder teilweise aus Proteinen.

Ein Polypeptid ist ein Polymer aus verschiedenen Aminosäuren. Aminosäuren sind organische Moleküle, die immer nach demselben Prinzip aufgebaut sind (Abb. 7): Im Zentrum liegt ein C- Atom, das je eine Verbindung zu einer Aminogruppe ($-\text{NH}_2$), einer Carboxylgruppe ($-\text{COOH}$) und einer unterschiedlichen Seitenkette ($-\text{R}$) eingeht. Diese Seitenketten bestimmen die chemischen Eigenschaften der 20 verschiedenen Aminosäuren. Durch die Kondensation zwischen einer Carboxyl- und einer Aminogruppe können Aminosäuren zu Polymeren verbunden werden.

Grundstruktur einer Aminosäure:

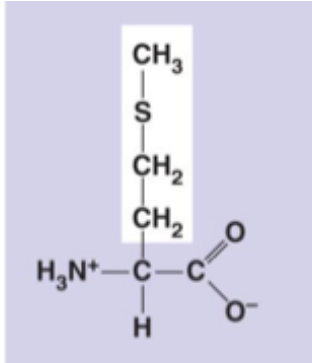
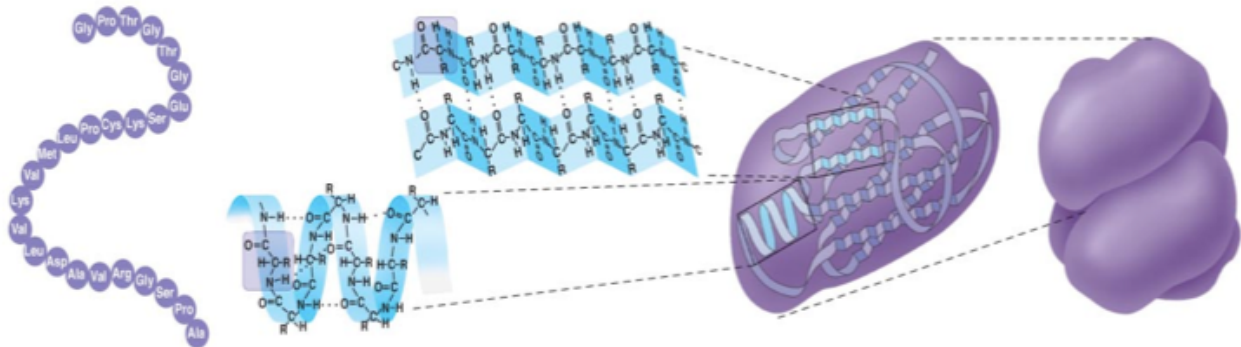


Abb. 7 Grundstruktur einer Aminosäure am Beispiel des Methionins (Met). Die weiss hinterlegte Seitenkette ist zwischen den 20 Aminosäuren verschieden.

Die Peptidbindung liegt in einer Ebene.



In den Proteinen gibt es nur (!) 20 verschiedene Aminosäuren!

1. Primärstruktur ergibt sich aus der Abfolge der verschiedenen Aminosäuren. (Kovalente Bindungen)
2. Sekundärstruktur ergibt sich aus den chemischen Eigenschaften der verschiedenen Aminosäuren und führt zu α -Helix oder β -Faltblatt in Teilen der Aminosäuresequenz. (H-Brücken)
3. Tertiärstruktur beschreibt die gesamte räumliche Struktur des Proteins. (H-Brücken, S-Brücken, Van der Waals Kräfte)
4. Quartärstruktur beschreibt die Wechselwirkungen zwischen mehreren Proteinketten. Diese Proteine bestehen aus verschiedenen Untereinheiten, sind also aus mehreren Polypeptiden zusammengesetzt. (H-Brücken, S-Brücken, Van der Waals Kräfte).

Wichtigstes Beispiel: menschliches Hämoglobin: besteht aus je zwei α - und β -Ketten; an jede ist ein Porphyrinring (= Häm) gebunden.

Was geschieht, wenn man Proteine erhitzt? Durch die Wärmebewegung wird zuerst die Quartär- dann die Tertiär- dann die Sekundär- und zuletzt die Primärstruktur gelöst → Sobald die Tertiär-, z.T. auch Sekundärstruktur zerstört ist, sind Proteine meist biologisch funktionsunfähig (meist irreparabel). Die meisten Proteine werden über 60°C funktionsunfähig. Dies nennt man denaturiert. (Ausnahme: Prionen, siehe Cytologie)

Wichtige Proteine: H₂O-lösliche Albumine (Blut, Pflanzensamen, Serumalbumine)
 H₂O-unlöslich: Globuline (Immunglobuline, Fibrinogen)

1.4 Nukleinsäuren

DNA (Desoxyribonukleinsäure) ist ein Polymer aus vier verschiedenen Nukleotiden. Die Abfolge der Nukleotide codiert die genetische Information.

Ein weitere Nukleinsäuregruppe ist RNA (Ribonukleinsäure). Strukturell ist sie der DNA sehr ähnlich. Verschiedene Formen der RNA übernehmen unterschiedliche Aufgaben bei Expression (Umsetzung) der genetischen Information.

Kommen in allen Zellkernen vor, sind Träger der Erbinformation.
Sind Makromoleküle, also Polynukleotide.

1 Nukleotid besteht aus:

- aus 1 Pentose (5-Zucker)
- Phosphorsäurerest
- N-haltige organische Ringverbindung (leicht basische Reaktion) = „Base“ genannt

→ DNS: Adenin, Guanin, Cytosin, Thymin

→ RNS: Adenin, Guanin, Cytosin, Uracil

DNS = Desoxyribonukleinsäure

RNA = Ribonukleinsäure

Basenpaare: A-T; G-C.

Doppelringsystem: A, G

Einfachringsystem: T, C

DNS codiert Proteine! (S.339, S.359, S.325)

1.5 Proteinbiosynthese:

DNS wird auf RNS umgeschrieben (Transkription) → geht aus dem Kern ins Cytoplasma; Ribosomen heften sich daran → Proteinsynthese (Translation).

Beschriftete Skizze:

DNA und RNA werden im Kapitel Molekulargenetik näher erläutert.

Die vorliegende Zusammenfassung wurde basierend auf dem folgenden Schulbuch erstellt:

N. A. Campbell, J. B. Reece (2011) *Campbell Biologie: Gymnasiale Oberstufe*. Pearson Verlag.

Die verwendeten Bilder stammen aus der umfassenderen Version dieses Buches:

N. A. Campbell et al. (2009) *Biologie*. Pearson Verlag