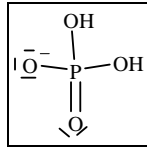


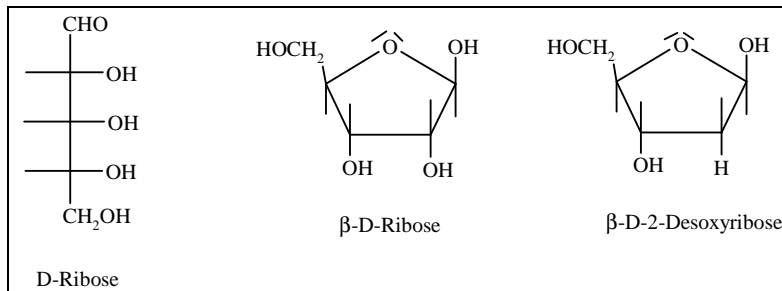
4.4. DNA und Proteinbiosynthese

4.4.1. Bausteine der DNA und RNA

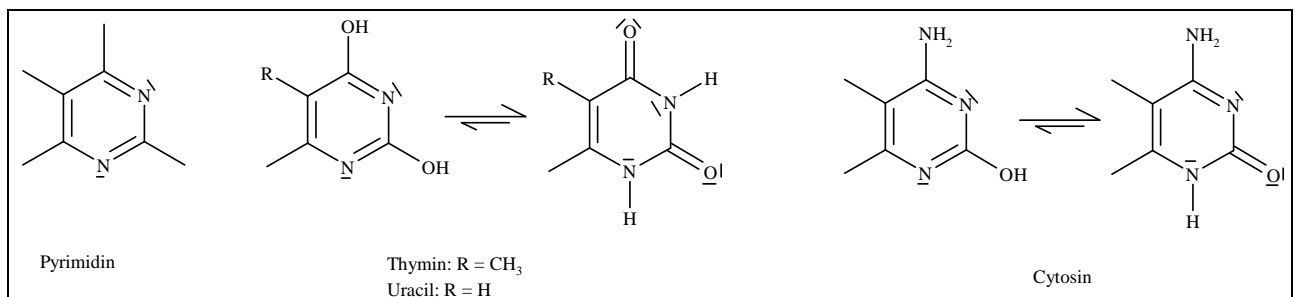
Hydrogenphosphat



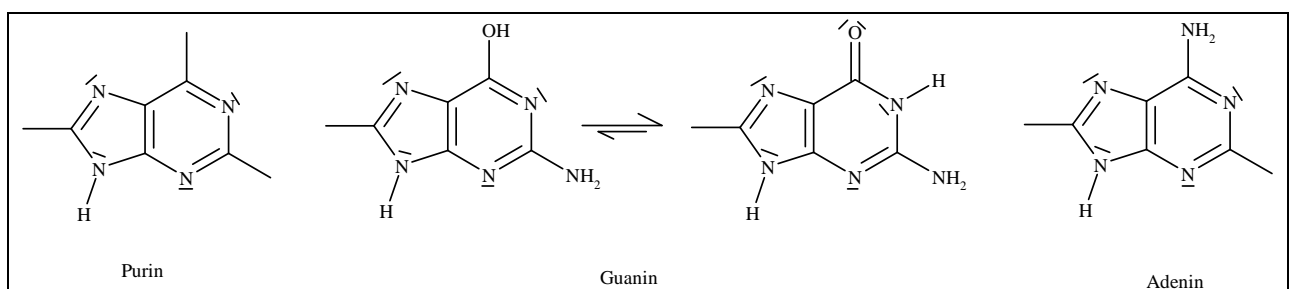
β-D-2-Desoxyribose



Pyrimidinbasen



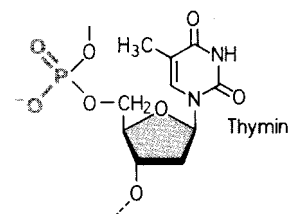
Purinbasen



4.4.2. Primärstruktur und Sekundärstruktur

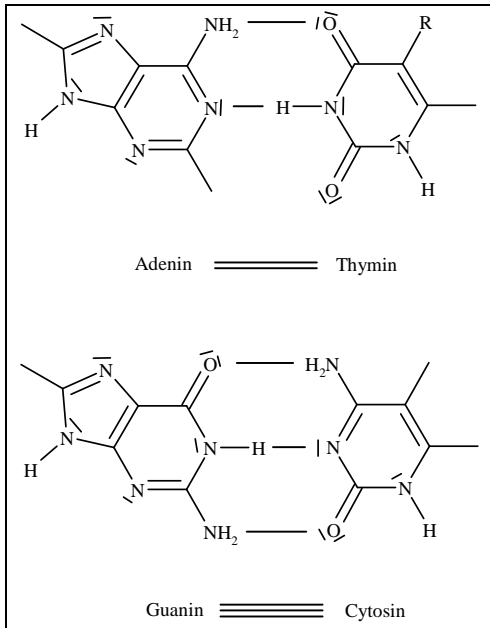
Primärstruktur

Die DNA entsteht durch kettförmige **Veresterung** des Hydrogenphosphats mit der Desoxyribose an C₃ und C₅, wobei jeweils am C₁ noch eine Nukleinbase durch eine **N-glykosidische Bindung** ancondensiert ist. In der RNA sind Desoxyribose durch Ribose und Thymin durch Uracil ersetzt. Eine Einheit aus Hydrogenphosphat, Zucker und Nukleinbase nennt man **Nukleotid**.

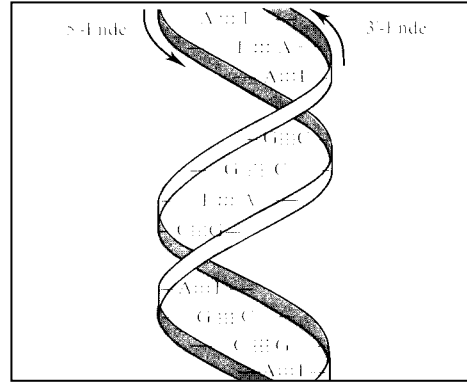


Sekundärstruktur

Die DNA bildet eine **Doppelhelix** aus zwei **antiparallelen, rechtsläufigen** Ketten, die durch jeweils zwei (Adenin = Thymin) bzw. drei (Guanin ≡ Cytosin) H-Brücken verknüpft sind. Die polaren Gruppen der Hydrogenphosphat- und Zuckerguppen sind nach außen gerichtet und gewährleisten die **Löslichkeit** der DNA im wässrigen Milieu des Zellkerns.



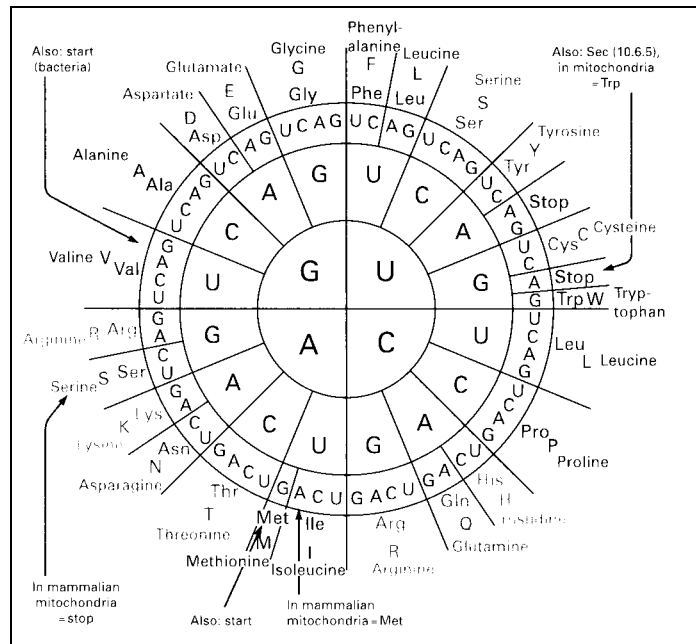
kompletäre Basenpaare



Doppelhelix der DNA

4.4.3. Proteinbiosynthese

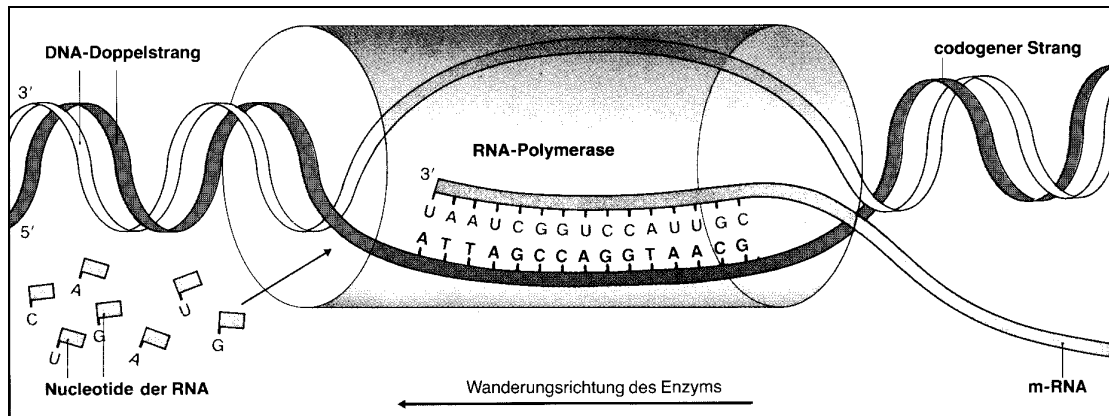
Die DNA enthält die Informationen über den Aufbau aller vom Körper hergestellten **Proteine** in Form ihrer **Basensequenz**. Dabei entspricht jede Aminosäure einem **Codogen** aus drei Basen. Da es 4 Basen gibt, stehen $4^3 = 64$ verschiedenen Codons für 20 Aminosäuren zur Verfügung. Die Basensequenz für ein ganzes Protein nennt man auch **Gen**. Eine DNA-Doppelhelix (**Chromosom**) kann viele Millionen Gene enthalten. Die 64 Chromosomen des Menschen enthalten mehr als 1 Milliarde Nukleotide.



Übersetzung Basensequenz - Aminosäuresequenz

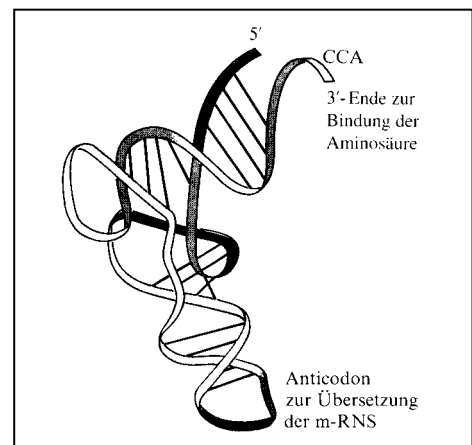
Transkription und m-RNS

Die **messenger-RNA** ist ein **Botenmolekül**, das die genetische Information von der DNA im Zellkern zu den **Ribosomen** im **Cytoplasma** transportiert, wo die Proteinbiosynthese stattfindet. Die Übertragung der **Codogene** auf der DNA auf komplementäre **Codons** der m-RNA durch das Enzym **RNA-Polymerase** im Zellkern nennt man **Transkription**:



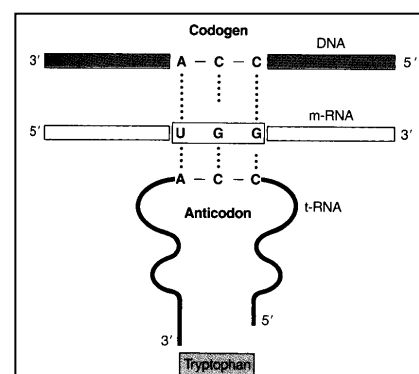
Translation und t-RNA

Die m-RNA wandert durch die Poren des Zellkerns zu den Ribosomen, wo die Übersetzung oder **Translation** der **Basensequenz** der m-RNS in die **Aminosäuresequenz** eines neuen Proteins mit Hilfe der **transfer-RNA** (t-RNA) stattfindet. Für jede der 20 verschiedenen Aminosäuren gibt es eine spezielle t-RNS. Es handelt sich dabei um Nucleinsäuren mit 73 bis 93 Nucleotiden, die alle mit der Basensequenz CCA enden. An der **3'-OH-Gruppe** des endständigen Adenosins A wird dabei die jeweils für die t-RNS spezifische Aminosäure über ihre Carboxylgruppe als **Ester** gebunden. Durch die Veresterung, die von spezifischen Enzymen unter ATP-Verbrauch katalysiert wird, sind die Aminosäure **aktiviert** und können Peptidbindungen eingehen. Die t-RNS enthalten neben doppelhelicalen Bereichen, in denen Basenpaarung auftritt, Schleifen mit einzelnen Ketten. An einer solchen Schleife trägt jede t-RNS ein für die gebundene Aminosäure spezifisches **Anticodon**.



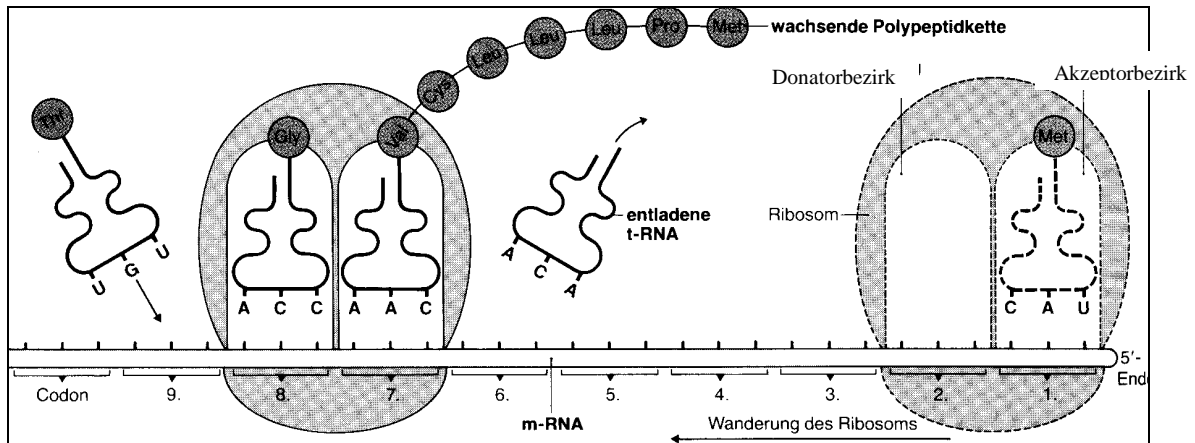
Sekundärstruktur der t-RNA

Das Anticodon der t-RNA ist komplementär zum Codon der m-RNA und entspricht dem Codogen der DNA:



Die Peptidsynthese an den **Ribosomen**, die aus **ribosomaler RNS** und aus **Protein** bestehen, beginnt immer mit einer mit **Formyl-Methionin** beladenen t-RNS, die mit ihrem komplementären Anticodon das **Startcodon** AUG der m-RNS im **Donatorbezirk** besetzt. Im **Akzeptorbezirk** lagert sich am nächsten Codon der m-RNS, die mit Aminosäure beladene t-RNS mit dem passenden Anticodon an. Mit Hilfe des Enzyms **Peptidyl-Transferase** wird dann der Formyl-Methioninrest auf die Aminosäure der Akzeptorstelle unter Bildung einer Peptidbindung übertragen. In der nächsten Phase kommt es zu drei Verschiebungen: Die entladene t-RNS verlässt den Donatorbezirk, die t-RNS mit der Peptidkette wandert vom Akzeptor- zum Donatorbezirk und die m-RNS rückt um ein Codon weiter. Dadurch wird im Akzeptorbereich das nächste Codon zur Besetzung mit einer aminosäurebeladenen t-RNS frei, auf die dann die Peptidkette übertragen wird. Durch Wiederholung der einzelnen Schritte wird die Proteinsynthese so lange fortgesetzt, bis ein Codon (z. B. UGA) kommt, für das es keine t-RNS mit passendem Anticodon gibt. Die Formyl-Gruppe des Methionins vom Synthesebeginn wird am

Ende durch ein besonderes Enzym wieder entfernt. Bei diesem Synthesevorgang werden etwa 10 Aminosäuren pro Sekunde in die wachsende Peptidkette eingebaut.

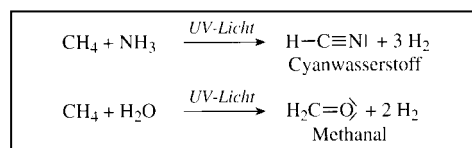


4.4.4. Chemische Evolution

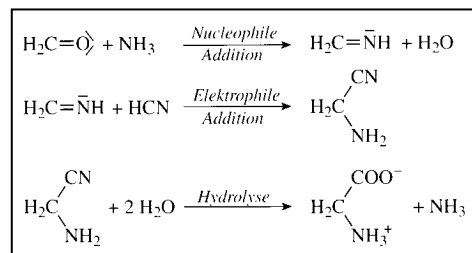
Das Alter der Erde wird aufgrund von Untersuchungen des Zerfalls radioaktiver Isotope in Steinmeteoriten auf etwa 4,6 Milliarden Jahre geschätzt. Die **Uratmosphäre** war reduzierend, sie enthielt also keinen Sauerstoff und bestand im wesentlichen aus **Wasserstoff, Methan, Ammoniak und Wasserdampf**. Die Vorstellung, daß eine reduzierende Atmosphäre die Voraussetzung ist, daß sich aus toter Materie Leben entwickeln kann, wurde zuerst von den Biochemikern OPARIN (1924) und HALDANE (1929) geäußert. Nur in Abwesenheit von Sauerstoff sind die komplizierten organischen Moleküle, mit denen Leben möglich wird, beständig und können sich in Ozeanen ansammeln. Der heute in der Atmosphäre vorhandene Sauerstoff stammt aus der Photosynthese der Pflanzen. Nachdem sich das Leben einmal gebildet hatte, veränderte es die Erde und beseitigte die Bedingungen, unter denen die Entstehung möglich war.

Die Uratmosphäre war der **energiereichen UV-Strahlung** der Sonne voll ausgesetzt, da ihr die schützende **Ozonschicht** der heutigen sauerstoffhaltigen Atmosphäre fehlte. Es ist daher wahrscheinlich, daß mit Hilfe dieser Energie organische Moleküle gebildet wurden. So können Methan und Ammoniak photochemisch zu **Cyanwasserstoff**, Methan und Wasserdampf zu **Methanal** reagieren. Beide Verbindungen sind mögliche Vorstufen für die Bildung von **Aminosäuren, Ribose, Purin- und Pyrimidinbasen** sowie anderen Produkten. Die erste experimentelle Bestätigung für die Bildung organischer Moleküle aus den Gasen der Uratmosphäre erbrachte 1953 der **Modellversuch** von MILLER.

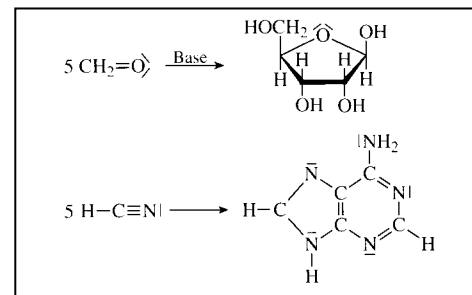
MILLER ließ in einer Apparatur auf eine simulierte Uratmosphäre mehrere Tage lang elektrische Entladungen einwirken und konnte unter den Reaktionsprodukten Aldehyde, Carbonsäuren und Aminosäuren nachweisen. Die elektrischen Entladungen entsprachen natürlichen Gewittern. Ähnliche Ergebnisse erhielt man auch bei der Bestrahlung der Gasmischung mit UV-Licht. In späteren Versuchen wurde auch die Bildung von Adenin und anderen Basen festgestellt. In Gegenwart von Sauerstoff erhielt man keine Aminosäuren. Die Bildung organischer Verbindungen unter den Bedingungen der erdgeschichtlichen Entwicklung, ein wichtiger Schritt bei der Entstehung von Leben, ist im wesentlichen aufgeklärt. Ein Rätsel ist noch immer, wie die ersten Zellen und Organismen entstanden sind.



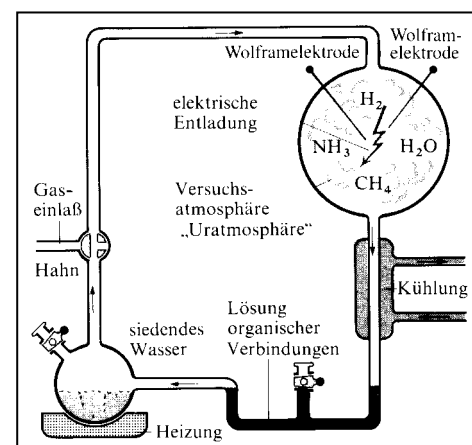
Bildung von Methanal und Cysanwasserstoff



Bildung von Aminosäuren



Bildung von Ribose und Purinbasen



Modellversuch von Miller