

UNTERRICHTS MATERIALIEN

Chemie



Die DNA – ein Datenspeicher im Wandel der Zeit
Grundlegende und vertiefende Aufgaben zur DNA

Kompetenzprofil

- Niveau: vertiefend
- Fachlicher Bezug: Nukleinsäuren, Peptide
- Methode: Einzelarbeit, Partnerarbeit, Übungsaufgaben
- Basiskonzepte: Struktur-Eigenschaft-Basiskonzept, Konzept der chemischen Reaktion
- Erkenntnismethoden: auf Teilchenebene interpretieren
- Kommunikation: Fließschema erstellen
- Bewertung/Reflexion: Kriterien für ein geeignetes Speichermedium entwickeln
- Inhalt in Stichworten: Nukleinsäuren, Nukleotide, Säuren und Basen, Struktur-Eigenschaft-Basiskonzept, DNA, PNA, chemische Evolution, Reduktion, Chiralität, Datenspeicherung.

M 1 Die Desoxyribonucleinsäure – der Speicher unserer Erbinformationen

Den Hauptteil der lebenden Zellen bilden vier Verbindungsklassen: Lipide (Fette), Kohlenhydrate, Proteine und Nucleinsäuren. Die Desoxyribonucleinsäure (DNA) ist wohl der berühmteste Vertreter der Nucleinsäuren. So sind in ihr die genetischen Informationen (die Erbinformationen) gespeichert. Um die Funktionsweise dieses Speichers zu verstehen, müssen wir zunächst die Struktur der Nucleinsäuren verstehen.

Nucleinsäuren bestehen allgemein aus langen Ketten, die als Monomere die Nucleotide besitzen. Ein Nucleotid besteht aus einem zentralen Zuckermolekül, an dem sich sowohl ein Phosphat-Rest als auch eine Nucleobase befinden. Im Fall der DNA handelt es sich bei dem zentralen Zuckermolekül um die Desoxyribose – eine Ribose, bei der die Hydroxygruppe am C2'-Atom der Ribose fehlt.

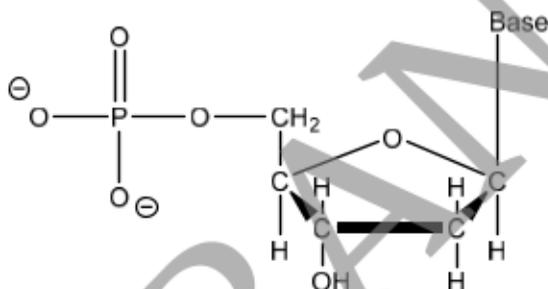


Abb. 1: Der allgemeine Aufbau eines Nucleotids der DNA

Die einzelnen Nucleotide sind über die Phosphatreste miteinander verknüpft. Ein Phosphat-Rest verknüpft dabei das C3'-Atom eines Nucleotids mit dem C5'-Atom eines anderen. Ohne diese Phosphatgruppe spricht man von Nucleosiden. – Am C1'-Atom befindet sich eine Nucleobase. Im Fall der DNA handelt es sich hauptsächlich um Adenin (A), Guanin (G), Thymin (T) und Cytosin (C). Adenin und Guanin gehören zur Stoffklasse der Purine, Cytosin und Thymin zur Stoffklasse der Pyrimidine.

M 2 Chemische Evolution – die (mögliche) Entstehung der DNA

Die vielseitige Funktionsweise der DNA ist faszinierend. In einem hochkomplexen Molekül sind durch vier Nukleobasen alle Informationen für unser Leben gespeichert. Um diese Informationen auslesen zu können, sind zahlreiche Nukleinsäuren beteiligt – wie in M 1 dargestellt ist. Wissenschaftler stellen sich daher die berechtigte Frage, wie ein solches Wirkungsgefüge aus verschiedenen Nukleinsäuren entstehen konnte. Diese Wissenschaftler beschäftigen sich mit der sogenannten chemischen Evolution. Unter der chemischen Evolution versteht man alle Prozesse, die zur Entstehung von Leben aus den vorhandenen Stoffen auf der Erde beigetragen haben. Dieser Prozess ist heute nicht vollständig geklärt und hier kann nur ein kurzer Einblick in die Forschungsarbeiten gegeben werden.

Auf der Grundlage geologischer Erkenntnisse hat man sich zunächst Gedanken über die Bedingungen auf der Erde vor Milliarden von Jahren gemacht. Die Mischung aus anorganischen und organischen Substanzen, die auf der Erde vorlag, wird als Ursuppe bezeichnet. Weiterhin geht man davon aus, dass damals eine reduzierende Atmosphäre vorgelegen hat. Die Uratmosphäre enthielt also keinen Sauerstoff, sondern bestand aus Methan, Ammoniak, Wasser, Schwefeldioxid, kleineren Mengen Kohlenstoffmonoxid und möglicherweise Wasserstoff. So wird vermutet, dass aus diesen Bausteinen durch Blitzeinschläge die ersten komplexeren Moleküle entstanden sind.

1953 untersuchten die Chemiker Miller und Urey in den nach ihnen benannten Experimenten genau diese Theorie. Dazu simulierten sie die Uratmosphäre und führten dieser durch einen Lichtbogen gezielt elektrische Energie zu. Auf diese Weise konnten einfache organische Verbindungen wie Aminosäuren, einfache Zucker (wie die Ribose) sowie Nukleobasen synthetisiert werden. In zahlreichen Versuchen variierten sie dazu die Zusammensetzung der Gasgemische. Ora schaffte es bereits 1961, die Bildung von ATP unter den vermuteten Bedingungen der Erde vor Milliarden von Jahren zu zeigen.