

Die Chemie des Lebens



In diesem Kapitel

- ▶ Der Kern aller Dinge: das Atom
- ▶ Chemische Reaktionen und Verbindungen
- ▶ Der Stoffwechsel

Wir hören schon die Alarmglocken klingeln. Da dachten Sie nun, Sie könnten einfach lernen, wie der Unterschenkel am Knie hängt. Was hat das nur mit der schrecklichen Chemie zu tun? Auch wenn Sie es nicht gerne hören: Chemie – und da besonders die organische Chemie, also die sogenannte Kohlenstoffchemie, ist die Grundlage allen Lebens. Wenn am Ende aller Tage das ganze Universum zusammenbricht, bleibt nur zweierlei bestehen: *Materie*, die Raum einnimmt und eine bestimmte Masse hat, und *Energie*, die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten oder Veränderungen anzutreiben.

Und am Anfang waren Atome und Elemente

Jede Materie – gleichgültig ob fest, flüssig oder gasförmig – besteht aus *Atomen*. Ein Atom ist die kleinste Einheit der Materie, die noch einem bestimmten *Element* zuzuordnen ist. Ein Element ist eine Substanz, die mit normalen chemischen Reaktionen nicht in verschiedene, einfachere Substanzen aufgetrennt werden kann. Es gibt 92 Elemente, die in der Natur vorkommen und 17 (bis jetzt), die künstlich hergestellt werden können, 109 Elemente also insgesamt. Aber immer noch lässt das Periodensystem, in dem die Elemente mit Namen und Symbol und sortiert nach Atomgewicht und Ordnungszahl aufgeführt werden, Platz für weitere Elemente. Die wichtigsten Elemente der organischen Chemie sind:

- ✓ Wasserstoff mit dem Symbol H
- ✓ Sauerstoff mit dem Symbol O
- ✓ Stickstoff mit dem Symbol N
- ✓ Kohlenstoff mit dem Symbol C



HONC, wie Honkong, oder kommt Ihnen das nicht alles sehr chinesisch vor?

Atome sind allerdings noch aus kleineren Teilchen aufgebaut: *Protonen* und *Neutronen*, die sich im Atomkern befinden, und *Elektronen*, die wie eine Wolke den Atomkern umhüllen. Das Atomgewicht bzw. die Atommasse bilden Protonen und Neutronen. Die Ordnungszahl entspricht der Anzahl der Protonen oder Elektronen. Praktischerweise haben Atome die gleiche

Anzahl Protonen wie Elektronen, daher ist ein Atom elektrisch neutral, da positive und negative Ladungen sich ausgleichen. Gegensätzliche Ladungen ziehen sich an, daher werden die negativ geladenen Elektronen von den positiv geladenen Protonen angezogen. Je mehr Protonen sich im Atomkern befinden, umso stärker ist die positive Ladung des Kerns und umso mehr negativ geladene Elektronen kann der Kern anziehen.

Elektronen umkreisen den Atomkern auf verschiedenen Energieniveaus, die auch als Schalen oder *Orbitale* bezeichnet werden (siehe Abbildung 1.1).

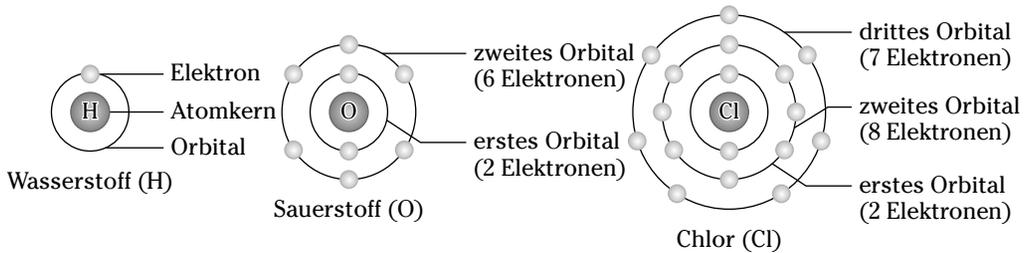


Abbildung 1.1: Elektronen auf den Elektronenschalen oder Orbitalen

Weitere Grundbegriffe der Chemie, die Ihnen den Zugang zur Anatomie und Physiologie erleichtern werden:

- ✓ **Isotope:** Atome eines Elements können eine unterschiedliche Anzahl von Neutronen haben. Dadurch ändert sich ihr Atomgewicht. Isotope sind also andere Zustände des gleichen Atoms, die Anzahl der Protonen ist gleich, nur die Anzahl der Neutronen unterscheidet sich.
- ✓ **Ionen:** Da die Elektronen sich nicht in direkter Nähe des Atomkerns befinden, sind sie anfällig gegenüber Anziehungskräften anderer Atome. Atome, die Elektronen abgegeben oder aufgenommen haben, werden als Ionen bezeichnet. Hat ein Atom ein Elektron aufgenommen, ist es negativ geladen und wird als *Anion* bezeichnet. Hat es ein Elektron abgegeben, ist es positiv geladen und wird als *Kation* bezeichnet.



Um Kationen und Anionen auseinanderhalten zu können, eine kleine Eselsbrücke: Das Anion nimmt Elektronen »an« und wird negativ!

- ✓ **Säure:** Eine Substanz, die beim Lösen ionisiert wird und positive Wasserstoff-Ionen, H^+ -Ionen, abgibt. Eine Säure ist ein Protonenspender. (Sie erinnern sich: Atome haben immer die gleiche Anzahl von Protonen wie Elektronen. Ionen entstehen, wenn Elektronen aufgenommen oder abgegeben werden.)
- ✓ **Base:** Eine Substanz, die beim Lösen im Wasser negativ geladene Hydroxid-Ionen, OH^- -Ionen, abgibt. Basen sind basisch oder alkalisch und nehmen Protonen auf.
- ✓ **pH** (potentia Hydrogenii = Kraft des Wasserstoffs): Eine dimensionslose Zahl auf der Skala von 0 bis 14, die den Säuregrad angibt. Eine Lösung ist neutral, wenn der pH-Wert 7 beträgt. Wasser hat einen pH-Wert von 7. Eine Lösung ist basisch oder alkalisch, wenn der

pH-Wert größer als 7 ist, und sie ist sauer, wenn der pH-Wert kleiner als 7 ist. Interessanterweise liegt der pH-Wert auf unserer Haut im sauren Bereich bei 5. Blut ist hingegen alkalisch mit einem pH-Wert von etwa 7,4.

Beantworten Sie bitte die folgenden Fragen zu Atomen und Elementen:

1. Die vier Schlüsselemente, die die Grundlage der meisten Lebensformen bilden, sind:

- a. Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Phosphor
- b. Sauerstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Stickstoff
- c. Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff
- d. Stickstoff, Kalium, Kohlenstoff und Sauerstoff

2. Folgende subatomaren Teilchen des Atoms besitzen die gleiche Masse:

- a. Neutronen und Elektronen
- b. Protonen und Neutronen
- c. Positronen und Protonen
- d. Neutronen und Positronen

3. Ein Atom mit der Ordnungszahl 19 und einem Atomgewicht von 39 hat insgesamt wie viele Neutronen?

- a. 19
- b. 20
- c. 39
- d. 58

4. Ein Element X hat 14 Elektronen. Wie viele Elektronen sind auf der äußersten Schale?

- a. 2
- b. 6
- c. 14
- d. 4

5. Eine Substanz, die bei Lösung in Wasser sehr viele Hydroxid-Ionen freisetzt, ist eine

- a. schwache Säure
- b. schwache Base
- c. starke Säure
- d. starke Base

6. Ein Hydroxid-Ion besteht aus einem Sauerstoff-Atom

- a. und sonst nichts
- b. und einem zusätzlichen Elektron
- c. und einem Wasserstoff-Atom und einem zusätzlichen Elektron
- d. und einem Wasserstoff-Atom mit einem Elektron weniger

7. – 12. Ergänzen Sie die folgenden Sätze:

Verschiedene Isotope desselben Elements haben die gleiche Anzahl an **7.**_____ und **8.**_____, aber eine unterschiedliche Anzahl an **9.**_____. Isotope unterscheiden sich auch in ihrem Atom-**10.**_____. Ein Atom, das ein Elektron mehr oder weniger besitzt, nennt man ein **11.**_____. Verliert ein Atom ein Elektron, ist sein Ladung **12.**_____.

Chemische Reaktionen und Verbindungen

Atome möchten einen stabilen Zustand erreichen. Das erreichen sie, indem sie ihre äußerste Elektronenschale auffüllen. Sie verbinden sich mit anderen Atomen, um genau das zu erreichen. Eine solche *chemische Verbindung* wird als *Molekül* bezeichnet. Wir unterscheiden zwei Arten von chemischen Verbindungen und noch einige Unterarten:

- ✓ **Ionenbindungen:** Bei Ionenbindungen (siehe Abbildung 1.2) wird ein Elektron von einem Atom an ein anderes abgegeben. Anschließend trägt das eine Ion eine negative Ladung, das andere eine positive. Da sich gegensätzliche Ladungen anziehen, werden die beiden Ionen zu einem Molekül verbunden.
- ✓ **Kovalente Bindungen:** Das ist der häufigste Bindungstyp in organischen Verbindungen. In einer kovalenten Bindung (siehe Abbildung 1.3) teilen sich zwei Atome ein Elektron. Die geteilten Elektronen bilden eine weitere Elektronenschale, die um den Atomkern der beteiligten Atome liegt.

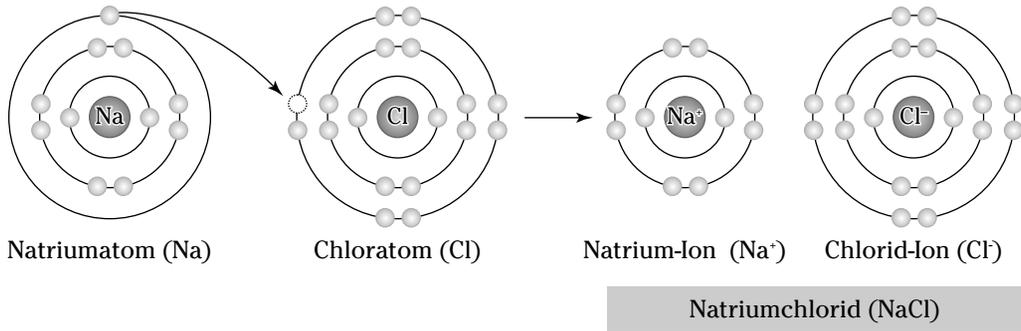


Abbildung 1.2: Ionenbindung

So bilden die Atome ein Molekül. In der Biologie sind besonders zwei Arten von kovalenten Bindungen wichtig:

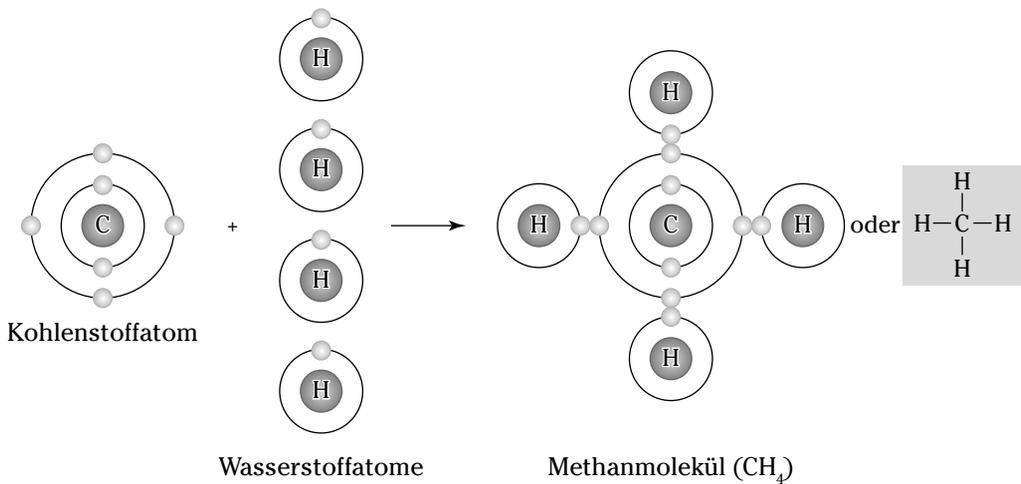


Abbildung 1.3: Kovalente Bindung

- Polare Bindungen:** Zwei Atome, die über eine kovalente Bindung zu einem Molekül werden, können das gemeinsame Elektron unterschiedlich stark anziehen. Das Ergebnis ist dann eine *polare Bindung*, eine Art Zwischending zwischen kovalenter Bindung und Ionenbindung. Dabei ist ein Bereich des Moleküls schwach negativ, der gegenüberliegende schwach positiv geladen. Zwar ist das Molekül als Ganzes neutral, aber bei geringer Entfernung kann die Ladungsverteilung entscheidend sein. Das Wassermolekül ist ein Beispiel für eine polare Bindung: Der Bereich, an dem das Sauerstoffatom sitzt, ist schwach positiv, der Bereich der Wasserstoffatome dagegen schwach negativ. Diese Polarität erklärt, warum manche Substanzen gut in Wasser löslich sind, andere hingegen nicht.

- **Wasserstoffbindungen (Wasserstoffbrückenbindung):** Aufgrund ihrer Polarität können zwei benachbarte Wassermoleküle eine Art Brücke bilden, die als *Wasserstoffbindung* bezeichnet wird. Dabei wird ein positiv polarisiertes Wasserstoffatom von einem negativ polarisierten Sauerstoffatom eines benachbarten Wassermoleküls angezogen. Dadurch bilden die Wassermoleküle vorübergehend eine Art Gitter. Wasserstoffbindungen haben nur etwa ein Zwanzigstel der Kraft einer kovalenten Bindung. Trotzdem ist die Bindung bedeutend, und viele Eigenschaften des Wassers lassen sich auf sie zurückführen, wie etwa die Oberflächenspannung, die spezifische Wärmekapazität oder die Verdampfungswärme. Wasserstoffbindungen sind wichtig für viele biologische Prozesse, wie etwa die Replikation der DNA, und prägen die Form der DNA-Moleküle.

Eine chemische Reaktion ist ein Prozess, der die Anzahl, die Arten oder die Anordnung der Atome eines Moleküls verändert. Die Substanzen, die diesen Prozess durchlaufen, werden als *Reagenzien* bezeichnet, das Ergebnis als *Produkt*.



Chemische Reaktionen werden als Gleichungen aufgeschrieben, ein Pfeil zeigt die Richtung an, in die die Reaktion läuft. Als Beispiel: $A+B \rightarrow AB$. Übersetzt bedeutet das: Atom, Ion oder Molekül A plus Atom, Ion oder Molekül B ergeben das Molekül AB.

Wenn Elemente durch chemische Reaktionen zusammenkommen, gehen sie eine *chemische Verbindung* ein. Enthalten diese Verbindungen Kohlenstoff, bezeichnet man sie als *organische Verbindungen*. Vier große Gruppen organischer Verbindungen mit sehr wichtigen biologischen Funktionen sind:

- ✓ **Kohlenhydrate:** Diese Moleküle bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in einem Verhältnis von ungefähr 1:2:1. Wenn Sie also in einer Prüfungsfrage aufgefordert werden, ein Kohlenhydrat zu erkennen, können Sie die Atome abzählen und einschätzen, ob das Verhältnis in etwa korrekt ist. Kohlenhydrate werden durch *Dehydrierung*, also unter Abspaltung von Wasser, gebildet und durch *Hydrolyse* gespalten, benötigen dazu also Wassermoleküle. Es gibt verschiedene Arten von Kohlenhydraten:
 - *Monosaccharide* sind *Einfachzucker* oder *Monomere*. Sie sind die Bausteine größerer Kohlenhydrate und eine wichtige Energiespeicherform (siehe Abbildung 1.4). Wichtige Einfachzucker sind *Glucose* (der Blutzucker), *Fructose* (der Fruchtzucker) und *Galactose* (auch als Schleimzucker bezeichnet). Alle drei Einfachzucker enthalten sechs Kohlenstoffatome, zwölf Wasserstoffatome und sechs Sauerstoffatome in jedem Molekül. Daher lautet ihre Summenformel $C_6H_{12}O_6$, trotzdem sind ihre Bindungsverhältnisse unterschiedlich, es sind *Isomere*.
 - *Disaccharide* sind *Dimere*, sie bestehen aus zwei Einfachzuckern. Zu ihnen gehören *Saccharose* (Haushaltszucker), *Lactose* (Milchzucker) und *Maltose* (Malzzucker).
 - *Polysaccharide* oder *Polymere* entstehen, wenn viele Monomere zu langen Ketten zusammengesetzt werden. *Glycogen* ist ein besonders wichtiges Polymer im Körper. Es kann in einzelne Glucose-Moleküle zerlegt werden und bildet so eine schnell verfügbare Energiereserve.
- ✓ **Lipide:** Sie werden auch als Fette bezeichnet und enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, außerdem hin und wieder Stickstoff und Phosphor. Sie sind unlöslich in Was-

- c. eine unvollständig gefüllte äußere Elektronenschale hat
- d. acht Neutronen hat

Antwort: Die richtige Antwort ist c. Auch wenn Sie nichts über den Aufbau des Sauerstoffatoms wissen, sollten Sie daran denken, dass jedes Atom das Bestreben hat, sich zu stabilisieren.

13. Bindungen, die über geteilte Elektronen entstehen, werden bezeichnet als

- a. valente Bindungen
- b. kovalente Bindungen
- c. Ionenbindungen
- d. elektrovalente Bindungen

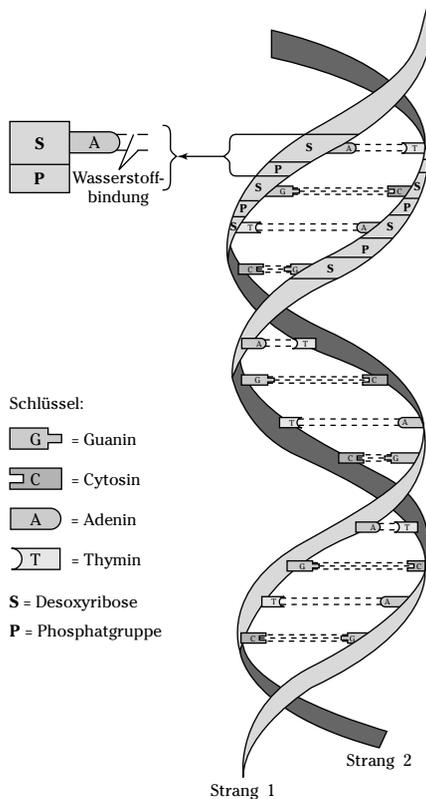


Abbildung 1.7: Die DNA-Doppelhelix

14. Chemische Bindungen beruhen auf dem Bestreben eines Atoms,

- a. leere Plätze auf den Elektronenschalen mit Protonen aufzufüllen
- b. die äußerste Elektronenschale zu stabilisieren
- c. überzählige Neutronen abzugeben
- d. freie Protonen aufzunehmen

15. Welche der folgenden Aussagen über die DNA ist nicht richtig?

- a. Die DNA befindet sich im Zellkern.
- b. Die DNA kann sich selbst replizieren.
- c. Die DNA enthält die Nukleobasen Adenin, Thymin, Guanin, Cytosin und Uracil.
- d. Die DNA bildet eine Doppelhelix.

16. Polysaccharide

- a. können zu Fettsäuren abgebaut werden
- b. enthalten Stickstoff und Phosphor
- c. sind komplexe Kohlenhydrate
- d. enthalten Adenin und Uracil

17. Aminosäuren sind die Bausteine der

- a. Kohlenhydrate
- b. Proteine
- c. Lipide
- d. Nukleinsäuren

Für das Leben: Stoffwechsel

Metabolismus (griechisch *metabolismó*, übersetzt »Stoffwechsel, Umwurf«) ist das eine Wort für Tausende chemische Reaktionen, die im Körper insbesondere im Zuge von Energiegewinnung, -speicherung und -verbrauch stattfinden. Alle Stoffwechselreaktionen sind entweder *katabol* oder *anabol*. Katabole Reaktionen zerlegen Nahrung in Energie (Katastrophen zerlegen Gebäude!) und anabole Reaktionen benutzen diese Energie, um körpereigene Substanzen wieder aufzubauen. Die zugehörigen chemischen Reaktionen werden als *zellulärer Metabolismus* bezeichnet. *Enzyme* katalysieren diese Reaktionen, sie beschleunigen sie oder lenken sie in geordnete Bahnen, ohne selbst dabei verändert zu werden. Die Moleküle, mit denen die Enzyme reagieren, werden als *Substrate* bezeichnet.

Adenosintriphosphat (ATP) ist ein Molekül, das in der Zelle Energie speichert. Wie die Silbe -tri schon vermuten lässt, besteht ein einzelnes Molekül ATP aus einem Adenosin und drei Phosphatgruppen. Die Energie wird durch eine energiereiche Bindung der zweiten und dritten Phosphatgruppe gespeichert. Sie kann über die Abgabe einer oder zweier Phosphatgruppen freigesetzt werden. Dabei entsteht *Adenosindiphosphat* (ADP) oder *Adenosinmonophosphat* (AMP). Beide Moleküle können Sie in Abbildung 1.8 sehen. Eine andere metabolische Reaktion in der Zelle kann Phosphatgruppen an AMP anhängen, so dass wieder ATP als Energiespeichermolekül entsteht.

Redox-Reaktionen (Reduktion-Oxidation) sind ein Reaktionspaar, das beim Stoffwechsel der Kohlenhydrate, der Lipide und der Proteine eine wichtige Rolle spielt. Wenn eine Substanz oxidiert wird, gibt sie Elektronen ab. Wird eine Substanz reduziert, nimmt sie Elektronen auf. Oxidation und Reduktion treten immer gemeinsam auf, ein Reaktionspartner wird oxidiert, der andere reduziert. Der Körper nutzt diese Reaktion, um Energie zu transportieren. Ein solcher Reaktionsweg ist die Atmungskette als eine spezielle Form der *Elektronentransportkette*.

Zum *Kohlenstoffmetabolismus* gehören eine Reihe von Reaktionen, die auch als *Zellatmung* bezeichnet werden. Sie sind in Abbildung 1.9 dargestellt. Alle Nahrungskohlenhydrate können zu Glucose abgebaut werden, der Kohlenhydratmetabolismus ist also ein Glucosestoffwechsel. Die dabei gewonnene Energie wird als ATP gespeichert. Der Oxidationsprozess, bei dem die Energie aus Molekülen wie der Glucose freigesetzt wird und in anderen Molekülen gespeichert wird, wird als *Zellatmung* bezeichnet. Dieser Stoffwechselweg findet in jeder Körperzelle statt und ist die Energiequelle der einzelnen Zelle. Die komplette Oxidation eines Moleküls Glucose wird in Form von 38 Molekülen ATP gespeichert. Die Zellatmung besteht aus drei Schritten: Der *Glykolyse*, dem *Citratzyklus* und der *Atmungskette*.

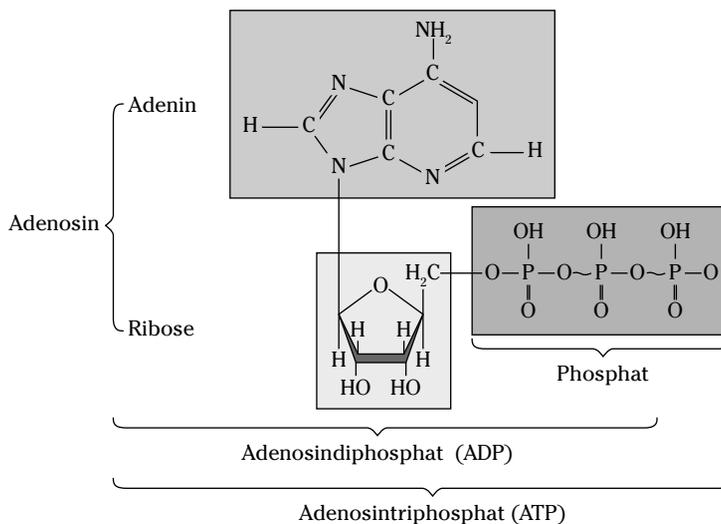


Abbildung 1.8: Die Struktur von ADP und ATP

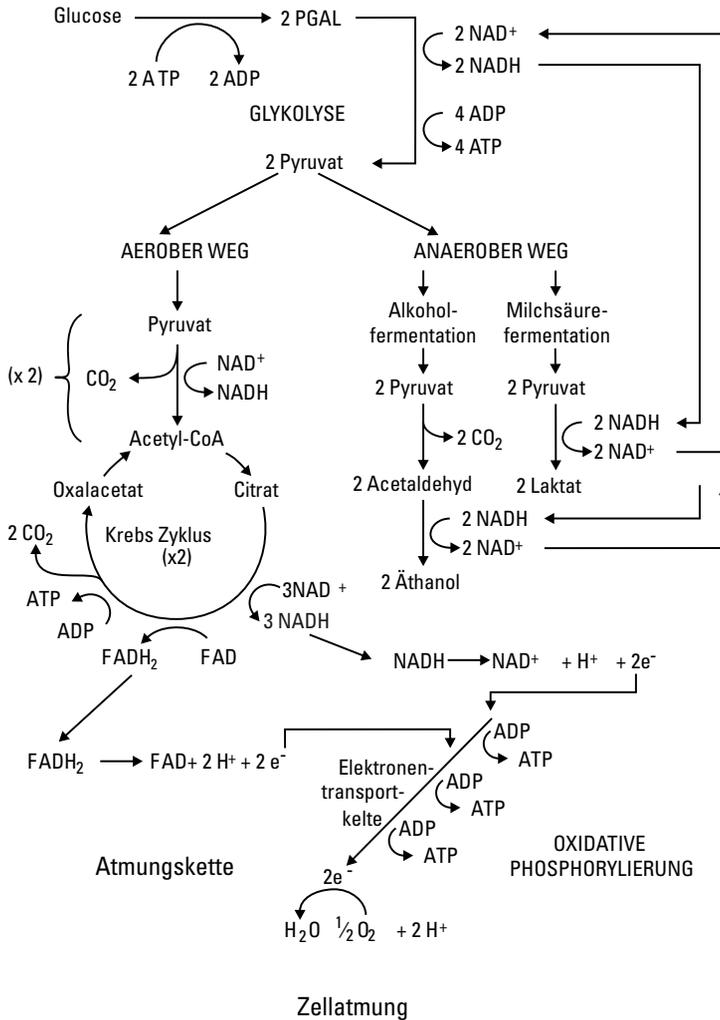


Abbildung 1.9: Zellatmung: Glykolyse, aerobe (Citratzyklus) und anaerobe Zellatmung und oxidative Phosphorylierung sichern die Versorgung der Zelle mit ATP

1. Glykolyse

Aus dem Griechischen von *glyco* (»Zucker«) und *lysis* (»Auflösung«) abgeleitet, ist die Glykolyse der erste Schritt sowohl der *aeroben* (Sauerstoff benötigenden) als auch der *anaeroben* (ohne Sauerstoff ablaufenden) Atmung. Unter Verbrauch von zwei Molekülen ATP und zwei Molekülen NAD⁺ (*Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid*) findet eine *Phosphorylierung* statt, bei der aus einem Molekül des 6er-Zuckers Glucose – des kleinsten Moleküls, das beim Abbau von Kohlenhydraten im Darm entstehen kann – zwei Moleküle *Pyruvat*, einer Verbindung mit drei Kohlenstoffatomen, und außerdem vier Moleküle ATP und zwei Moleküle NADH entstehen. Die Glykolyse findet im *Zytoplasma* statt (siehe Kapitel 2) und

benötigt keinen Sauerstoff. Pyruvat und NADH werden in die *Mitochondrien* der Zelle (siehe Kapitel 2) transportiert. In einem aeroben Prozess (der Sauerstoff benötigt) werden sie dort zur Gewinnung von ATP eingesetzt.

2. Citratzyklus

Sobald das Pyruvat aus der Glykolyse in den Mitochondrien ankommt, kann der auch als *Krebszyklus*, *Zitronensäurezyklus* oder *Tricarbonsäurezyklus* bezeichnete Stoffwechselweg beginnen, bei dem jede Menge Energie frei wird. Vorher muss aber das Pyruvatmolekül noch ein C-Atom an *Acetyl-Coenzym A* (Acetyl-CoA) abgeben. Acetyl-CoA verbindet sich dann mit einem Molekül mit vier Kohlenstoffatomen (*Oxalacetat*) zu *Citrat*, einem Molekül mit sechs Kohlenstoffatomen, das in den Citratzyklus eingeschleust wird. Coenzym A wird wieder freigesetzt und verbindet sich erneut mit einer Acetyl-Gruppe. Zwei Kohlenstoffatome werden bei diesem Prozess in Form von CO_2 freigesetzt und die Zelle gewinnt Energie. Jedes Mal, wenn ein Molekül Acetyl-CoA gespalten wird, kann ein Molekül ATP als Energiereserve gebildet werden. Insgesamt umfasst der Citratzyklus acht Schritte, dabei werden aus Citrat verschiedene Zwischenprodukte gebildet, sogenannte *Ketosäuren*. Citrat wird *decarboxyliert* (verliert Kohlenstoffatome) und oxidiert, um drei Moleküle NADH, ein Molekül FADH_2 (*Flavin-Adenin-Dinukleotid*) und ein ATP zu gewinnen. In der Atmungskette können daraus weitere ATP gebildet werden. Oxalacetat wird wieder in den Citratzyklus eingeschleust und das freiwerdende CO_2 wird über die Lunge abgeatmet.

3. Atmungskette

Die Atmungskette ist eine Abfolge chemischer Reaktionen, die alle an der inneren Membran der Mitochondrien stattfinden. Dabei spielen die *Cytochrome* als Elektronenüberträger eine herausragende Rolle. Die Cytochrome sind Proteine mit einer Häm- oder Eisen-Gruppe. Wasserstoff bindet an die Coenzyme und reduziert molekularen Sauerstoff (O_2) zu Wasser (H_2O). Die dabei freiwerdende Energie nutzt die Zelle, um anorganische Phosphate an ADP zu binden und so weitere ATP-Moleküle zu bilden.

Bei Spaltung des NADH können Elektronenpaare in die Atmungskette eingeschleust werden und ermöglichen die Bildung von drei Molekülen ATP. Aus FADH_2 können auf ähnlichem Weg zwei Moleküle ATP gewonnen werden. Diese Phosphorylierungsreaktion von ADP zu ATP ist so wichtig, weil sie Energie für die Zelle nutzbar macht. Am Ende der Atmungskette reagieren zwei H^+ -Ionen mit zwei Elektronen und einem Sauerstoffatom zu Wasser – H_2O .

Der Lipidmetabolismus teilt einige Schritte mit dem Kohlenhydratmetabolismus. Etwa 99 Prozent der im Körper gespeicherten Energie liegt in Form von Fetten vor. Sie können während der Mahlzeit verstoffwechselt werden, aber häufig landet das Fett – umgangssprachlich gesprochen – bei einigen gleich auf den Hüften und dient als Fettgewebe der Speicherung von Energie für schlechte Zeiten. Will der Körper das gespeicherte Fett verwenden, werden in einer Reihe kataboler Reaktionsschritte jeweils zwei Kohlenstoffatome vom Ende der Fettsäure »abgeschnitten«, um daraus Acetyl-CoA zu bilden. Das geht so lange weiter, bis die komplette Fettsäure zerlegt ist.

Aufgabe des Proteinmetabolismus ist es in erster Linie, dem Körper Aminosäuren für die Synthese körpereigener Proteine zur Verfügung zu stellen (siehe Abbildung 1.10). Aber neben Elektronen, die aus der Aufspaltung des Nahrungsproteins abfallen und in die Atmungskette eingeschleust werden können, entstehen auch Verbindungen wie Ammonium oder Ketonkörper. Ammonium wird in der Leber in Harnstoff umgewandelt, der über die Blutbahn zur Niere transportiert und dort über den Urin ausgeschieden wird. Ketonkörper werden zu Pyruvat umgebaut und in den Citratzyklus eingeschleust.

Noch eines zum Schluss: Schmerzen und Ziehen in den Muskeln, der sogenannte Muskelkater nach ungewohnter Belastung, entsteht durch einen erhöhten Laktat Spiegel nach anaerobem Stoffwechselweg. Die Glykolyse kann auch ohne Sauerstoffzufuhr ablaufen, aber sie benötigt NAD^+ , das bei ausreichender Sauerstoffversorgung in der Atmungskette aus der Spaltung von NADH entsteht. Fehlt aber NADH , wählt der Körper einen anderen Weg, die Milchsäurefermentation. Dabei entsteht aus einem Molekül Pyruvat und einem Molekül NADH ein Molekül Laktat (Milchsäure).

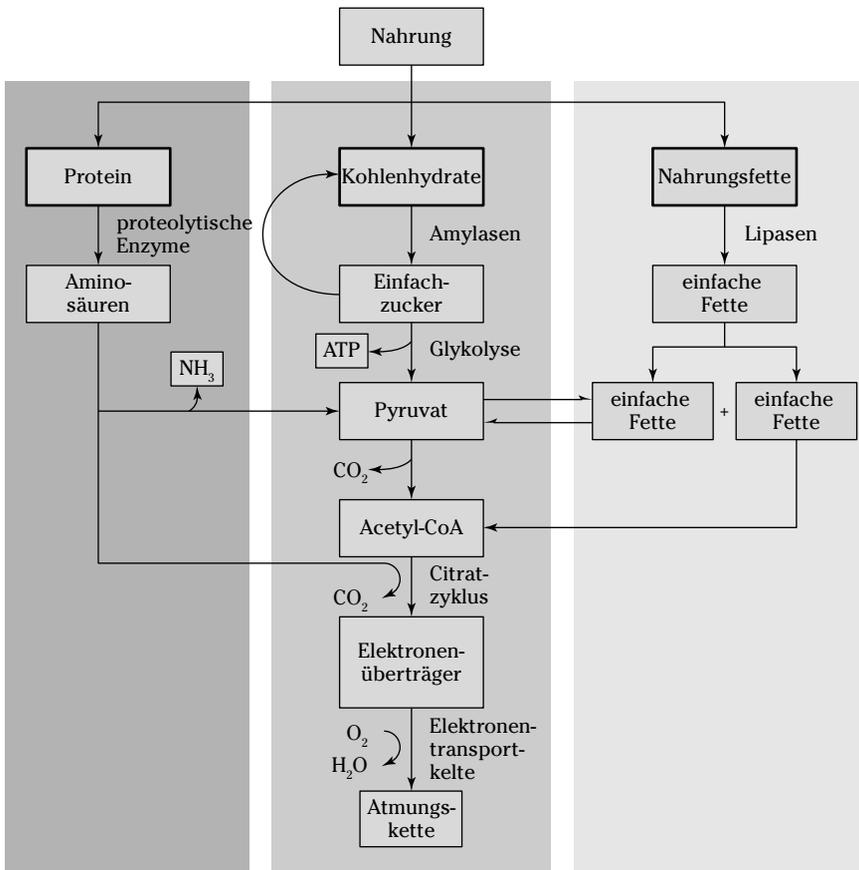


Abbildung 1.10: Protein-, Kohlenhydrat- und Fettmetabolismus



Lösen Sie die Beispielaufgabe:

Frage: Zellen gewinnen ATP, indem sie die Energie aus folgenden Grundnährstoffen gewinnen:

- Kohlenhydraten
- Proteinen
- Fetten
- alle drei richtig

Antwort: Die richtige Antwort ist d. Zwar liefern Kohlenhydrate die am schnellsten verfügbare Energie, aber auch aus Proteinen und Fetten gewinnt die Zelle ATP.

18. Ein Molekül Glucose wird zu Pyruvat in welchem Stoffwechselweg abgebaut?

- Glykolyse
- Citratzyklus
- Atmungskette
- Oxidative Phosphorylierung

19. Pyruvat wird in die Mitochondrien transportiert und abgebaut zu

- Glucose
- Acetyl-CoA
- Wasser
- Protein

20. Aus einem Molekül Glucose können wie viele Moleküle ATP entstehen?

- 2
- 3
- 38
- 45

21. Eine Stoffwechselreaktion, bei der körpereigene Substanzen gebildet werden, bezeichnet man als

- eine katabole Reaktion
- Zellatmung
- eine anabole Reaktion
- Oxidation

22. Metabolische Prozesse, die keinen Sauerstoff benötigen, bezeichnet man als

- a. anaerob
- b. aerob
- c. Fermentation
- d. Kohlenstoffdioxination

23. Welche beiden metabolischen Reaktionen der Zellatmung finden in den Mitochondrien statt?

- a. Glykolyse und Citratzyklus
- b. Glykolyse und Atmungskette
- c. Citratzyklus und Atmungskette
- d. Citratzyklus und anaerobe Zellatmung

24. Kohle ist das Gleiche für den Strom wie Glucose für

- a. ATP
- b. Pyruvat
- c. Wasserstoff
- d. Glykolyse

25. Die primären Produkte des Proteinmetabolismus sind

- a. ATP-Moleküle
- b. Aminosäuren
- c. Fette
- d. Kohlendioxidmoleküle

26. Fette werden primär durch welchen Stoffwechselweg metabolisiert?

- a. Glykolyse
- b. Milchsäurefermentation
- c. Körperliche Belastung
- d. Citratzyklus

Antworten zu den Biochemie-Fragen

Hier kommen die Antworten zu den Fragen von Kapitel 1.

1. Die vier Schlüsselemente, aus denen die meisten biochemischen Substanzen bestehen, sind **c. Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff**. Wir haben die Reihenfolge absichtlich so abgewandelt, dass die Anfangsbuchstaben nicht HONC, sondern HNOC ergeben. Aber Sie sind sicher trotzdem darauf gekommen, oder?

2. Die beiden subatomaren Teilchen des Atoms, die das gleiche Gewicht haben, sind **b. die Protonen und die Neutronen**. Daher zählt man auch diese beiden Teilchen, um das Atomgewicht zu ermitteln.

3. Ein Atom mit der Ordnungszahl 19 und dem Atomgewicht 39 hat **b. 20 Neutronen**. Die Ordnungszahl entspricht der Anzahl der Protonen. Ein Atomgewicht von 39 gibt die Anzahl der Protonen + der Neutronen an: $39 - 19 = 20$.

4. Ein Element X hat 14 Elektronen. Wie viele Elektronen befinden sich auf der äußersten Elektronenschale? **d. 4**. Die erste Schale enthält maximal zwei Elektronen, die zweite enthält maximal acht Elektronen. Das sind also zehn Elektronen auf dem ersten und zweiten Orbital, macht vier Elektronen auf dem dritten Orbital.

5. Eine Substanz, die bei Lösung in Wasser sehr viele Hydroxid-Ionen freisetzt, ist **d. eine starke Base**. Je mehr Hydroxid-Ionen freigesetzt werden, umso stärker ist die Base.

6. Ein Hydroxid-Ion besteht aus **c. einem Wasserstoff-Atom und einem weiteren Elektron**. Der Wortstamm »hydro« gibt den wichtigen Hinweis auf den Wasserstoff. Hydroxid-Ionen sind negativ geladen, also wird ein weiteres Elektron benötigt.

7. bis 12. Ergänzen Sie die folgenden Sätze:

Verschiedene Isotope desselben Elements haben die gleiche Anzahl von **7. Elektronen/Protonen** und **8. Elektronen/Protonen**, aber eine unterschiedliche Anzahl von **9. Neutronen**. Isotope unterscheiden sich auch in ihrem **10. Atomgewicht**. Ein Atom, das ein Elektron aufnimmt oder abgibt, bezeichnet man als **11. Ion**. Gibt es ein Elektron ab, wird seine Ladung **12. positiv**.

13. Bindungen, die über geteilte Elektronen entstehen, bezeichnet man als **b. kovalente Bindungen**. Verliert ein Atom ein Elektron oder nimmt es ein zusätzliches auf, ist von einer Ionenbindung die Rede.

14. Die Bildung chemischer Verbindungen beruht auf dem Bestreben der Atome, **b. ihre äußerste Elektronenschale** zu stabilisieren. Das trifft sowohl zu, wenn ein Atom ein Elektron aufnimmt, als auch wenn es eines abgibt oder eines gemeinsam mit einem anderen Atom nutzt.

15. Welche der folgenden Aussagen über die DNA ist nicht richtig? **c. DNA enthält die Nucleobasen Adenin, Thymin, Guanin, Cytosin und Uracil**. Das stimmt nicht, da Uracil nur in der RNA enthalten ist.

16. Polysaccharide sind **c. komplexe Kohlenhydrate**. Die Vorsilbe *poly* bedeutet »viele«, das ist hier gleichbedeutend mit »komplex«. Die Vorsilbe *mono* bedeutet in diesem Zusammenhang »einfach«, wie zum Beispiel im Wort »Einfachzucker«.

17. Aminosäuren sind die Bausteine der **b. Proteine**. So große Moleküle wie die Proteine werden aus Bausteinen aufgebaut, die selbst bereits Moleküle sind.
18. Glucose wird in der **a. Glykolyse** zu Pyruvat abgebaut. Denken Sie daran, dass Glucose zu Pyruvat abgebaut sein muss, um in den Citratzyklus eingeschleust zu werden.
19. Pyruvat gelangt in die Mitochondrien und wird dort zu **b. Acetyl-CoA**. Vergessen Sie nicht, dass der Citratzyklus in den Mitochondrien stattfindet.
20. Wie viele Moleküle ATP können aus einem Molekül Glucose entstehen? **c. 38**. Netto sind das zwei Moleküle ATP aus der Glykolyse, zwei aus dem Citratzyklus und 34 aus der Atmungskette.
21. Stoffwechselreaktionen, bei denen körpereigene Substanz aufgebaut wird, bezeichnet man als **a. anabole Reaktionen**. Der Abbau körpereigener Substanzen wird als katabole Reaktion bezeichnet.
22. Eine Stoffwechselreaktion, die keinen Sauerstoff benötigt, wird als **a. anaerob** bezeichnet. Kleine Eselsbrücke: Beim Aerobic benötigen Ihre Muskeln Sauerstoff, das Gegenteil ist »anaerob«.
23. Welche beiden metabolischen Reaktionen der Zellatmung finden in den Mitochondrien statt? **c. der Citratzyklus und die Atmungskette**. Die anderen Antworten sind falsch: Die Glykolyse findet im Zellplasma statt und die anaerobe Zellatmung ist nicht Teil der Zellatmung.
24. Kohle ist das Gleiche für den Strom wie Glucose für **a. ATP**. Genauso wenig wie eine Glühlampe mit einem Stück Kohle angetrieben werden kann, kann die Zelle Glucose direkt nutzen. Kohle muss in elektrischen Strom umgewandelt werden und Glucose in ATP.
25. Die primären Produkte des Proteinmetabolismus sind **b. Aminosäuren**. Zwar entsteht auch ein wenig ATP durch den Abbau von Proteinen, aber in erster Linie ist der Körper auf die Aminosäuren angewiesen, die beim Proteinabbau entstehen.
26. Fette werden primär im **d. Citratzyklus** metabolisiert. Nur dieser Stoffwechselweg kann Acetyl-CoA nutzen, das durch den Fettabbau entsteht.