

Warum die Biochemie so wichtig ist

Bestandteile einer tierischen Zelle und deren Funktion

Die Unterschiede zwischen Tier- und Pflanzenzellen

Kapitel 1

Biochemie: Was Sie darüber wissen sollten – und wozu

Wenn Sie sich bereits für einen Biochemiekurs an der Universität eingeschrieben haben, können Sie dieses Kapitel vermutlich gleich überspringen und zu den Abschnitten weiterblättern, in denen es um diejenigen Themen geht, die Ihnen noch Probleme bereiten. Wenn Sie allerdings noch darüber nachdenken sollten, einen Kurs zu belegen, oder einfach mehr über die Biochemie wissen wollen, lesen Sie ruhig weiter. In diesem Kapitel erläutern wir unterschiedliche Zelltypen und den Zellaufbau – zwei extrem wichtige Themen für alle biochemischen Vorgänge, mit denen wir uns noch befassen werden.

Viele Menschen neigen gelegentlich dazu, sich zu sehr mit technischen Details zu beschäftigen und den Gesamtzusammenhang aus den Augen zu verlieren, doch in diesem Kapitel müssen wir uns mit eben diesen Details befassen, um eine Basis für alle weiteren Diskussionen zu schaffen.

Warum interessieren Sie sich für Biochemie?

Die Antwort auf diese Frage könnte lauten: »Wieso denn nicht?« oder »Na ja, weil es im Studium verlangt wird!«

Die erste Antwort ist eigentlich gar nicht so schlecht und zeigt zumindest ein gewisses Interesse an diesem spannenden Thema. Egal ob wir Vorgänge in der Natur oder uns selbst betrachten – alle Lebewesen wachsen, vermehren sich, altern, sterben, und jeder dieser Prozesse ist biochemischer Natur. Vielleicht sitzen Sie gelegentlich abends auf dem Sofa und denken über die Komplexität des Lebens nach. Allein die Tatsache, dass Sie auf dem Sofa

sitzen und über Ihre Existenz nachdenken können, erfordert eine Unmenge chemischer Reaktionen, die permanent im Körper ablaufen und perfekt zusammenwirken müssen. Als ich mich zum ersten Mal mit den minimalen strukturellen Unterschieden zwischen Stärke und Zellulose befasst habe, war ich völlig verblüfft: Nur ein winziger Unterschied in der chemischen Bindung zwischen den ansonsten identischen Untereinheiten zweier Substanzen ist dafür verantwortlich, dass eine Kartoffel essbar und nicht hart und trocken wie Holz ist. Ich wollte mehr über die Chemie der lebenden Dinge wissen, und so entstand im Endeffekt auch dieses Buch. Wenn Sie sich für die Biochemie interessieren, müssen Sie zwar auch die Details lernen, doch manchmal sollten Sie trotzdem einfach den Blick über den Bücherrand schweifen lassen und sich an der Vielfalt und Schönheit des Lebens erfreuen. Die Biochemie ist ohne Zweifel eine sehr lebendige Wissenschaft.

Was genau ist eigentlich Biochemie?

Die *Biochemie* ist die Chemie der lebendigen Dinge. Biochemiker befassen sich mit den chemischen Reaktionen, die auf molekularer Ebene in allen Organismen ablaufen. Normalerweise wird die Biochemie als Teil der Chemie betrachtet, mitunter wird sie jedoch auch als Teilgebiet der Biologie eingestuft oder in anderen Hochschulen von der Biologie und Chemie völlig getrennt gelehrt.

Die Biochemie ist etwas Besonderes, da sie die verschiedenen Aspekte vieler anderer Teilgebiete der Chemie in sich vereint. Da alles Leben (zumindest auf der Erde) auf Kohlenstoff basiert, spielt die *organische Chemie* natürlich eine besondere Rolle in der Biochemie. Sehr oft wollen Biochemiker wissen, wie schnell chemische Reaktionen ablaufen – mit diesem Thema beschäftigt sich die *physikalische Chemie*. Häufig spielen Metalle eine wichtige Rolle in biochemischen Strukturen (so wie das Eisen im Hämoglobin) – ganz klar ein Fall für die *anorganische Chemie*, oder Biochemiker verwenden komplizierte Apparaturen und Verfahren, um die Zusammensetzung und Struktur von Stoffen zu entschlüsseln – eine Aufgabe, die in den Bereich der *analytischen Chemie* fällt. Die Biochemie ist eng mit der *Molekularbiologie* verwandt, die sich ebenfalls mit lebenden Systemen auf molekularer Ebene befasst, doch die Biochemie konzentriert sich dabei eher auf die einzelnen chemischen Reaktionen.

Biochemiker können den Elektronentransport innerhalb einer Zelle verfolgen oder sich mit den Verdauungsabläufen im Darm befassen. Egal, um welche Prozesse des Lebens es sich auch immer handelt – Biochemiker interessiert vor allem, *wie* Leben funktioniert.

Pro- und eukaryotische Zelltypen

Alle lebenden Organismen bestehen aus Zellen – sofern man jedenfalls Viren außer Acht lässt, die sich nicht eindeutig lebenden oder nicht lebenden Organismen zuordnen lassen und auch keine Zellen sind. Eine Zelle ist so etwas Ähnliches wie eine mittelalterliche Stadt. Die Arbeitsmaschinerie der Zelle steckt quasi »hinter Mauern« – auch als *Zellmembran* bezeichnet. Und ebenso wie die Stadtbürger mit der Außenwelt kommunizieren müssen, ist auch der Inhalt einer Zelle nicht vollständig von der Umwelt abgeschottet. Alle Bürger sind

hungrig, daher müssen Nahrungsmittel in die Stadt hineintransportiert und die Abfallstoffe entsprechend beseitigt werden. Ebenso wie die Bürger einer Stadt arbeiten, um Produkte für die Gesellschaft der Außenwelt als Tauschobjekte herzustellen, produzieren auch die »Bewohner« einer Zelle Stoffe, die für das Leben außerhalb der Zelle bestimmt sind.

Es gibt zwei grundsätzliche Arten von Zellen: prokaryotische und eukaryotische Zellen. (Noch mal zur Erinnerung: Viren teilen zwar einige Eigenschaften mit Zellen, werden aber von vielen Wissenschaftlern nicht zu den Lebewesen gezählt.) Die Prokaryoten sind die einfachsten und evolutionsbiologisch ältesten Zellen, während die Eukaryoten eher so etwas wie das komplexer aufgebaute »Nachfolgemodell« darstellen. Alle Bakterien und die Archaeen (urtümliche Einzeller, die oft extreme Temperaturen oder Salzkonzentrationen vertragen können und die in Bezug auf ihre Eigenschaften irgendwo zwischen prokaryotischen und eukaryotischen Zellen liegen) sind Prokaryoten, da sie keinen echten Zellkern haben.



Wie sich pro- und eukaryotische Zellen unterscheiden, steckt bereits im Namen. Prokaryoten haben keinen Zellkern (»pro-«, also vor, oder »eu-«, mit echtem *karyon* oder Zellkern). Die Eukaryoten besitzen einen membranumhüllten Zellkern, während das genetische Material bei Prokaryoten einfach so in der Zelle herumliegt. Doch das ist nur einer von vielen Unterschieden ...

Prokaryoten

Zu den *Prokaryoten* zählen die Bakterien, die Blaualgen, die gar keine Algen, sondern Photosynthese betreibende Bakterien sind, und die bereits oben erwähnten Archaeen oder Archebakterien. Obwohl den Prokaryoten ein echter Zellkern fehlt, gibt es einige typische Strukturen im Inneren dieser Zellen. Die Abgrenzung der Zelle nach außen besteht meistens aus drei Komponenten: einer relativ stabilen Zellwand, einer äußeren Membran (nur bei gramnegativen Prokaryoten) und einer innen liegenden Plasmamembran. Während die Zellwand vor allem für Festigkeit und Struktur der Zelle sorgt (so wie die Mauer einer Festung) und die äußere Membran viele Stoffe, aber eben nicht alles passieren lässt (und vielleicht am ehesten mit einem Wassergraben zu vergleichen ist), kontrolliert die innere Membran sehr genau (wie die Zugbrücken an den Stadttoren), welche Stoffe in die Zelle hinein- oder aus der Zelle heraustransportiert werden dürfen. Alles, was in die Zelle gelangt, landet in einer Art Suppe, dem *Zytoplasma*, das die ganze Zelle ausfüllt. Abbildung 1.1 zeigt die stark vereinfachte Darstellung einer prokaryotischen Zelle.

Eukaryoten

Eukaryoten sind Tiere, Pflanzen, Pilze und viele Einzeller (also auch Sie, lieber Leser!). Eukaryotische Zellen sind in der Evolution erst später entstanden und sehr viel komplizierter aufgebaut als die Prokaryoten. Sie besitzen neben einem echten Zellkern verschiedene, von Membranen umschlossene Kompartimente (die Organellen). Eukaryoten können ein- oder mehrzellig sein und enthalten deutlich mehr und sehr viel komplizierter verpacktes genetisches Material als Prokaryoten.

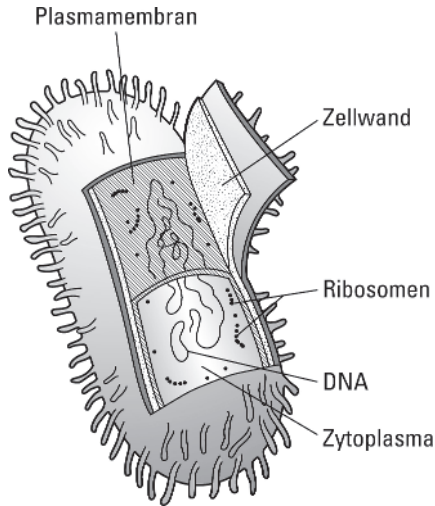


Abbildung 1.1: Vereinfachte Darstellung einer prokaryotischen Zelle

Typische Bestandteile einer Tierzelle

Alle tierischen Zellen (die, wie Sie jetzt wissen, immer Eukaryoten sind) besitzen eine Reihe klar definierter innerer Strukturen, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen und in den meisten Fällen zu den Organellen zählen. Die wichtigsten Organellen sind im Folgenden aufgelistet. Abbildung 1.2 zeigt ein vereinfachtes Schema einer tierischen Zelle. Pflanzenzellen haben noch weitere Bestandteile wie beispielsweise Chloroplasten, die Orte der Photosynthese.

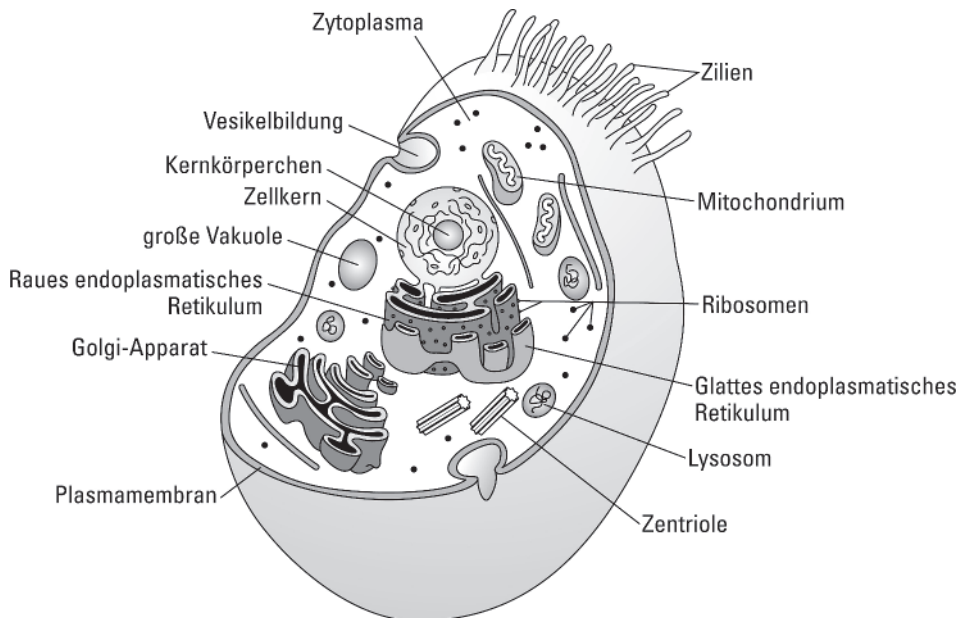


Abbildung 1.2: Vereinfachte Darstellung einer Tierzelle

- ✓ Plasmamembran
- ✓ Endoplasmatisches Retikulum
- ✓ Lysosomen
- ✓ Nukleus (Zellkern) und Nukleolus (Kernkörperchen)
- ✓ Zentriolen
- ✓ Golgi-Apparat
- ✓ Mitochondrien
- ✓ Ribosomen

Die wichtigsten Bestandteile einer tierischen Zelle sind:

- ✓ **Die Plasmamembran** (auch Zytoplasmamembran genannt) trennt alle Komponenten innerhalb einer Zelle von der Außenwelt. Die Flüssigkeit in der Zelle wird als *Plasma* oder *Zytoplasma* bezeichnet. Für eine uneingeschränkte Zellfunktion ist es sehr wichtig, dass diese Flüssigkeit nicht verloren geht. Gleichzeitig müssen allerdings lebensnotwendige Stoffe in der Lage sein, die Plasmamembran zu passieren. Andere Substanzen, die während des Stoffwechsels anfallen und nicht mehr benötigt werden, müssen aus der Zelle in die Außenwelt abgegeben werden können (sonst wäre die Zelle irgendwann eine ziemliche Müllhalde).



Der Transport von Nähr- oder Abfallstoffen durch eine Membran kann entweder aktiv oder passiv erfolgen. Beim *aktiven Transport*, der immer gegen ein Konzentrationsgefälle stattfindet, ist eine Art Fahrschein erforderlich, damit ein Stoff in die Zelle hinein- (oder aus der Zelle heraus-) geschleust wird. Die Währung, mit der die Zelle diesen Fahrschein bezahlt, ist Energie. Der *passive Transport* erfordert hingegen keinen Energieaufwand der Zelle, da die Stoffe hier in Richtung eines Konzentrationsgefälles befördert werden, wie beispielsweise bei der Diffusion, der Osmose oder der Filtration.

- ✓ **Die Zentriolen** sind so etwas Ähnliches wie die »Zugführer« einer Zelle. Sie organisieren die Ausrichtung von bestimmten zellulären Strukturkomponenten wie den Mikrotubuli, die während der Zellteilung dafür sorgen, dass sich jeweils ein halber Satz der Chromosomen nach der Zellteilung in jeder der beiden Tochterzellen befindet.
- ✓ **Das endoplasmatische Retikulum** oder ER ist eine Art Röhrensystem. Sie können sich eine Zelle wie eine kleine Fabrik vorstellen, die von einem weit verzweigten System aus Gängen durchzogen ist. Das *raue* endoplasmatische Retikulum (RER, englisch rough = rau) ist mit Ribosomen besetzt, den Orten der Proteinsynthese (mehr über Ribosomen und ihre Funktion erfahren Sie weiter hinten in diesem Kapitel), und dient quasi als Montagehalle dieser Minifirma. Das *glatte* endoplasmatische Retikulum (SER, englisch smooth = glatt) ist eher eine Art Lagerhalle für beispielsweise Calcium, hier werden jedoch auch Hormone produziert und Abfallstoffe für die Entsorgung durch die Müllabfuhr vorbereitet.

- ✓ **Der Golgi-Apparat** ist so etwas wie das Postsystem der Zelle. Er sieht ein bisschen wie ein winziger Irrgarten aus, in dessen Inneren von der Zelle produzierte Substanzen in kleine, membranumschlossene Säckchen, die Vesikel, verpackt werden. Diese Vesikel werden dann wie Pakete an andere Organellen geschickt oder zur Plasmamembran transportiert, wenn sie Exportartikel beinhalten, die außerhalb der Zelle benötigt werden. Die Zellmembran ist gespickt mit »Zollstationen« (kleine Kanäle), durch die die Vesikel ihren Inhalt kontrolliert in die Außenwelt abgeben und so für andere Zellen oder Organe verfügbar machen können.
- ✓ **Die Lysosomen** sind die Müllabfuhr der Zelle. Sie enthalten Verdauungsenzyme, die potenziell zellschädigende Substanzen in harmlosere Stoffe zerlegen (in Kapitel 6 finden Sie weitere Infos über Enzyme). Die Produkte dieses Verdaus können dann gefahrlos wieder in die Zelle entlassen werden. Lysosomen verdauen auch »tote« Organellen. Dieser Gedanke mag Sie vielleicht etwas beunruhigen, doch auch die *Autodigestion* (so heißt dieser Vorgang) ist ein normaler Prozess im Leben jeder Zelle, der wohl eher in die Kategorie »Recycling« als unter »Kannibalismus« fallen dürfte.
- ✓ **Die Mitochondrien** (Einzahl: das Mitochondrium) sind die Energie produzierenden Kraftwerke der Zelle. Mitochondrien nutzen Nährstoffe, speziell das Kohlenhydrat *Glukose*, um Energie in Form von Adenosintriphosphat (ATP – siehe auch Kapitel 13) zu produzieren.
- ✓ **Nukleus und Nukleoli:** Jede Zelle besitzt einen Zellkern (*Nukleus*), in dessen Inneren das oder die Kernkörperchen (*Nukleolus* beziehungsweise die *Nukleoli*) liegen. Zellkern und Kernkörperchen fungieren zusammen als Kontrollzentrum der Zelle und sind der Ursprung aller zukünftigen Zellgenerationen. Der Nukleus ist von einer doppelwandigen *Zellmembran* umhüllt. Im Allgemeinen enthält der Nukleus eine Substanz, die *Chromatin* genannt wird und die aus Erbgut mit einer Verpackung in Form von Proteinen besteht. Wenn die Zelle ein Stadium erreicht, an dem sie sich teilen möchte, verdichtet sich das Chromatin zu den *Chromosomen*, der Transportform des Erbgutes.

Neben der Aufgabe, genetisches Material für zukünftige Generationen zur Verfügung zu stellen, werden im Zellkern zwei weitere wichtige Substanzen produziert, um die genetische Information in eine für den Stoffwechsel lesbare Form zu übersetzen – so ähnlich wie ein 3-D-Drucker digitale Informationen nutzt, um daraus irgendeinen Gegenstand herzustellen. Die *Messenger-Ribonukleinsäure* (mRNA, englisch *messenger* = der Bote) und die *Transfer-Ribonukleinsäure* (tRNA) sorgen gemeinsam dafür, dass die im Erbgut hinterlegte Information in ein Protein übersetzt wird. Im Zellkern wird noch ein weiterer Ribonukleinsäuretyp produziert, die *ribosomale Ribonukleinsäure* (rRNA), die für den Aufbau der Ribosomen benötigt wird. (In Kapitel 9 finden Sie alles zu Nukleinsäuren.)

- ✓ **Ribosomen** sind kleine, kugelige Strukturen aus Proteinen und Ribonukleinsäuren (rRNA) – Miniproduktionsanlagen, an denen die einzelnen Aminosäuren zu Proteinen zusammengesetzt werden. Viele dieser am Ribosom synthetisierten Proteine sind Enzyme, die für fast alle Stoffwechselprozesse in einem Organismus benötigt werden, andere Proteine bauen beispielsweise als Strukturproteine Muskeln, Bindegewebe oder Haare auf oder dienen als Transportmoleküle für Sauerstoff, Eisen oder Fette im Blut. (Teil II dieses Buches ist den Aminosäuren, Proteinen und Enzymen gewidmet.)

Ein kurzer Blick in eine Pflanzenzelle

Pflanzenzellen sind ähnlich aufgebaut wie Tierzellen, zusätzlich besitzen sie jedoch eine feste *Zellwand*, eine deutlich größere *Vakuole* als Tierzellen sowie in den meisten Fällen *Chloroplasten* für die Energiegewinnung. Abbildung 1.3 veranschaulicht den Aufbau einer typischen Pflanzenzelle.

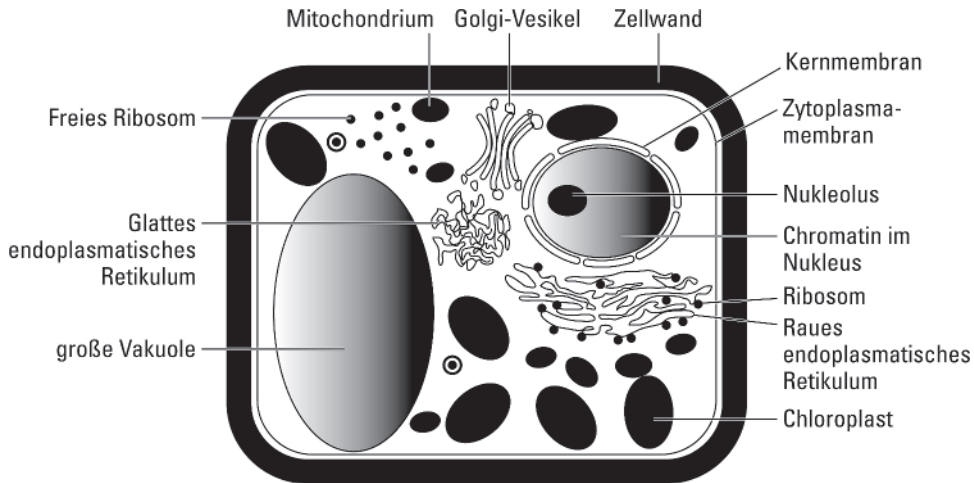


Abbildung 1.3: Vereinfachte Darstellung einer Pflanzenzelle

Die *Zellwand* besteht aus Zellulose, die genau wie Stärke ein Polymer aus Hunderten bis Tausenden von Glukoseeinheiten ist. Die Zellwand sorgt für Struktur und Stabilität.

Die *große Vakuole* einer Pflanzenzelle dient als eine Art Lager für die »sperrigen« Stärkemoleküle. Glukose, ein Zucker, der während der Photosynthese entsteht, wird in das lagerfähige Polymer Stärke umgewandelt, indem zahlreiche Moleküle Glukose aneinandergeheftet werden. Zu einem späteren Zeitpunkt kann die Stärke dann erneut als Energiequelle dienen und wieder in ihre Bestandteile zerlegt werden. (In Kapitel 7 dreht es sich hauptsächlich um Glukose und andere Kohlenhydrate.)

Chloroplasten sind hoch spezialisierte chemische Fabriken. Hier findet die Photosynthese statt, bei der der Blattfarbstoff *Chlorophyll* die Energie des Sonnenlichts einfängt und nutzt, um aus Kohlenstoffdioxid und Wasser Glukose herzustellen und Sauerstoff freizusetzen.



Die grüne Farbe vieler Pflanzen wird durch die magnesiumhaltige Verbindung Chlorophyll verursacht, die an der Photosynthese beteiligt ist.

Nun wissen Sie, wie typische pro- und eukaryotische Zellen aussehen – und damit können wir endlich zur Biochemie übergehen!

