

Leseprobe

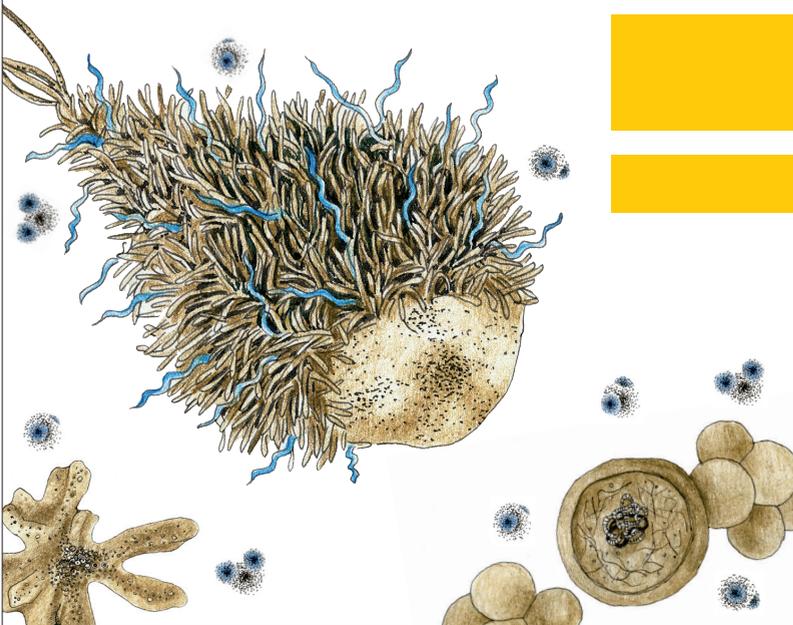
Christiani

seit 1931

Julian Chollet

Mikroben Zellen Moleküle

Ein Lese-Lehrbuch zu Mikro-, Zell- und Molekularbiologie
mit ausführlichem Kompaktwissen für Ausbildung, Schule
und Studium



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

Julian Chollet

Mikroben Zellen Moleküle

Ein Lese-Lehrbuch zu Mikro-, Zell- und Molekularbiologie
mit ausführlichem Kompaktwissen für Ausbildung, Schule und Studium

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

Bestell.-Nr. 105282

ISBN: 978-3-95863-341-4

1. Auflage 2025

© 2025 by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG, Konstanz

Alle Rechte, einschließlich der Fotokopie, Mikrokopie, Verfilmung, Wiedergabe durch Daten-, Bild- und Tonträger jeder Art und des auszugsweisen Nachdrucks, vorbehalten. Nach dem Urheberrecht ist die Vervielfältigung urheberrechtlich geschützter Werke oder von Teilen daraus auch für Zwecke von Unterricht und Ausbildung nicht gestattet, auch nach Einwilligung des Verlages und ggf. gegen Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums. Nach dem Urheberrecht wird mit Freiheitsstrafe bis zu einem Jahr oder mit Geldstrafe bestraft, „wer in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen ohne Einwilligung des Berechtigten ein Werk vervielfältigt ...“

Prolog

Was ist denn ein Lese-Lehrbuch? Nach meinem Verständnis handelt es sich um ein Lehrbuch, das einen nicht mit geballten Fakten erschlägt und sich tatsächlich lesen lässt. Dieses Buch ist ein Experiment: ein Versuch, anspruchsvolles Fachwissen und komplexe Zusammenhänge einfach zu erklären, ohne dabei die Tiefe zu verlieren: Theorie und Praxis der Mikro-, Zell- und Molekularbiologie, gewürzt mit etwas Wissenschaftsgeschichte, erstaunlichen Fakten und gewagten Thesen.

Die Illustrationen von Akvilė Paukštytė ergänzen den Text auf kreative Weise und erwecken ihn visuell zum Leben. Ihr einzigartiger Stil hebt sich deutlich von klassischen Lehrbuchillustrationen ab und macht das Lesen zu einem ästhetischen Erlebnis. Einige der handgezeichneten Darstellungen orientieren sich an mikroskopischen Aufnahmen und dreidimensionalen Molekülmodellen, andere veranschaulichen Arbeitsabläufe oder wichtige Konzepte.

Über die elf Kapitel des Buches sind neun Exkurse verteilt, in denen ich anekdotisch auf die historische Entwicklung eines wichtigen Forschungsfeldes oder einer Technologie eingehe. Diese Geschichten helfen dabei, das jeweilige Thema in einen größeren Kontext einzuordnen und machen es damit greifbarer. Zusätzlich dazu gibt es noch sieben Kästen, die jeweils ein konkretes Konzept oder einen Prozess beleuchten.

Der erste Teil des Buches (Kapitel 1–3) ist als Einführung zu verstehen. Hier geht es um grundsätzliche Fragen der Biologie, unsichtbare Welten und die komplexen Beziehungen der Lebewesen zueinander. Im zweiten Teil (Kapitel 4–6) tauchen wir in das Innere der Zelle, lernen ihren Aufbau kennen und versuchen zu verstehen, wie Genome funktionieren. Außerdem geht es um Biomoleküle, speziell DNA und Proteine, und deren Rolle in den zellulären Prozessen. Der dritte Teil (Kapitel 7–10) widmet sich den Methoden, die verwendet werden, um Zellen zu erforschen und industriell zu nutzen: Gentechnik, Proteinbiochemie und Biotechnologie. Hier geht es um Techniken, die es ermöglichen, in die molekularen Abläufe einzugreifen und sie für medizinische sowie industrielle Anwendungen zu nutzen. Der vierte und letzte Teil (Kapitel 11) schließt den Kreis zum Anfang des Buches – zu dem einen großen Thema, das alle Bereiche der Biologie betrifft: die Evolution.

„Mikroben, Zellen, Moleküle“ hat außerdem den Anspruch, auch für Schule, Ausbildung und Studium relevant zu sein und wird daher durch ein ausführliches *Kompaktwissen* ergänzt. Kurz und knapp werden hier die wissenschaftlichen Grundlagen der Mikro-, Zell- und Molekularbiologie zusammengefasst und wichtige Arbeitsabläufe vorgestellt. Damit eignet sich das Buch sowohl als praktisches Nachschlagewerk als auch für die Prüfungsvorbereitung.

Über den Autor

Seit dem Abschluss seiner Promotion in Molekularbiologie widmet sich Dr. Julian Chollet der Entwicklung und Umsetzung von Bildungsformaten. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Universitäten, Museen, Schulen und anderen Partnern macht er wissenschaftliche Inhalte und Fragestellungen greifbar. Als Gründer des gemeinnützigen Vereins Gesellschaft für mikroBIOMIK (mikrobiomik.org) stellt er unsichtbare Lebewesen ins Rampenlicht und engagiert sich für eine partizipative Kultur in den Naturwissenschaften.

Mikroben Zellen Moleküle

Mikroben, Zellen, Moleküle

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | Die großen Fragen der Biologie | 10 |
| 1.1 | Was ist Leben? | 10 |
| 1.2 | Wie ist das Leben entstanden? | 11 |
| 1.3 | Wie hat sich das Leben entwickelt? | 13 |
| 2 | Unsichtbare Welten | 16 |
| 2.1 | Die Bedeutung von Mikroorganismen | 16 |
| 2.2 | Exkurs 1: Leeuwenhoeks Geheimnis | 17 |
| 2.3 | Biodiversität von Mikroorganismen | 20 |
| 3 | Komplexe Beziehungen | 22 |
| 3.1 | Ökosysteme | 22 |
| 3.2 | Natürliche Sukzession | 24 |
| 3.3 | Das Mikrobiom | 26 |
| 3.4 | Paradoxe Wesen | 27 |
| 4 | Im Inneren der Zelle | 30 |
| 4.1 | Exkurs 2: Schimmelpilzbrühe | 30 |
| 4.2 | Prokaryoten | 31 |
| 4.3 | Eukaryoten | 33 |
| 4.4 | Funktionsweise von Penicillin | 37 |
| 4.5 | Das Problem mit den Resistenzen | 37 |
| 4.6 | Bakteriophagen | 38 |
| 5 | Gene und Genome | 40 |
| 5.1 | Exkurs 3: Die Erbsubstanz | 40 |
| 5.2 | Aufbau und Eigenschaften von DNA | 42 |
| 5.3 | Das Genom | 43 |
| 5.4 | Chromosomen | 44 |
| 5.5 | Transposition | 46 |
| 5.6 | Horizontaler Gentransfer | 46 |
| 6 | Vom Code zum Protein | 48 |
| 6.1 | Zelluläre Multitalente | 48 |
| 6.2 | Exkurs 4: Ein Protein als Medizin | 49 |
| 6.3 | Proteinbiosynthese | 51 |
| 6.4 | Aufbau und Struktur von Proteinen | 53 |
| 6.5 | Konformation von Proteinen | 56 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7 | Klassische Gentechnik | 58 |
| 7.1 | Rekombinante DNA | 58 |
| 7.2 | Polymerase-Kettenreaktion | 58 |
| 7.3 | Schneiden & Kleben | 60 |
| 7.4 | Agarose-Gelelektrophorese | 61 |
| 7.5 | Einschleusen von DNA | 65 |
| 7.6 | Exkurs 5: Medizin aus Bakterien | 65 |
| 8 | Proteinbiochemie | 68 |
| 8.1 | Proteinproduktion | 68 |
| 8.2 | Polyacrylamid-Gelelektrophorese (PAGE) | 68 |
| 8.3 | Blotting und Identifikation | 70 |
| 8.4 | Enzymkinetik | 72 |
| 9 | Genom-Editierung | 74 |
| 9.1 | Exkurs 6: CRISPR/Cas9 | 74 |
| 9.2 | Das bakterielle Immunsystem | 76 |
| 9.3 | Die Genschere | 77 |
| 10 | Biotechnologie | 80 |
| 10.1 | Biologische Verfahrenstechnik | 80 |
| 10.2 | Exkurs 7: Die Kunst des Brauens | 80 |
| 10.3 | Stoffwechsel von Hefen | 82 |
| 10.4 | Wachstums-Dynamiken | 82 |
| 10.5 | Bioreaktoren und Kultivierungsverfahren | 83 |
| 11 | Die Koralle des Lebens | 86 |
| 11.1 | Zurück zur Evolution | 86 |
| 11.2 | Exkurs 8: Die Evolution des evolutionären Denkens | 86 |
| 11.3 | Epigenetik und Lamarckismus | 89 |
| 11.4 | Das Problem mit den Arten | 90 |
| 11.5 | Spezies bei Mikroorganismen | 91 |
| 11.6 | Exkurs 9: Symbiogenese | 92 |
| 11.7 | Endosymbiose und Kleptoplastie | 94 |
| | Epilog | 97 |
| | Referenzen | 98 |
| | Kompaktwissen | 103 |

Mikroben, Zellen, Moleküle

Kästen

| | |
|---------------------------------------|----|
| KASTEN 1: Wasser | 12 |
| KASTEN 2: Biologische Systematik | 15 |
| KASTEN 3: Photosynthese | 25 |
| KASTEN 4: Nichtlineare Systeme | 36 |
| KASTEN 5: Moleküle | 55 |
| KASTEN 6: DNA-Sequenzierung | 63 |
| KASTEN 7: Biotechnologie im Tierreich | 85 |

Abbildungen

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Die Aggregatzustände des Wassers | 12 |
| 2 | Die Koralle des Lebens | 14 |
| 3 | Vorführungs-Mikroskop von Antonie van Leeuwenhoek | 19 |
| 4 | Amöbe auf der Jagd | 21 |
| 5 | Symbiose zwischen Pilzen und Bäumen | 23 |
| 6 | Der „Einzeller“ <i>Mixotricha paradoxa</i> | 28 |
| 7 | Prokaryotische Zellen am Beispiel von <i>Staphylococcus aureus</i> | 32 |
| 8 | Schimmelpilz der Gattung <i>Penicillium</i> | 34 |
| 9 | Vermehrungszyklen von Bakteriophagen | 39 |
| 10 | Das Foto 51 und seine Interpretation | 41 |
| 11 | Struktur der DNA in verschiedenen Stufen der Komprimierung | 45 |
| 12 | Die Struktur des Insulins | 49 |
| 13 | Translation von mRNA zum Protein | 52 |
| 14 | Schema des Ablaufs einer PCR | 59 |
| 15 | Funktionsweise eines Restriktionsenzym am Beispiel <i>EcoRI</i> | 60 |
| 16 | DNA-Fragmente bei einer Agarose-Gelelektrophorese | 62 |
| 17 | Kettenabbruch bei der Sanger-Sequenzierung | 64 |
| 18 | Produktion und Reinigung von rekombinanten Proteinen | 69 |
| 19 | Polyacrylamid-Gelelektrophorese und Western Blot | 71 |
| 20 | Das Enzym Cas9, die „Genschere“ | 77 |
| 21 | Rührkessel-Bioreaktor | 84 |
| 22 | Verbreitungsgebiet der Unterarten von Salamandern der Gattung <i>Ensatina</i> | 91 |
| 23 | Kleptoplastie bei Wimperntierchen und Dinoflagellaten | 95 |

Mikroben, Zellen, Moleküle

1 Die großen Fragen der Biologie

1.1 Was ist Leben?

Philosophen und Wissenschaftler versuchen seit Jahrtausenden, diese Frage zu beantworten, und noch immer gibt es keine allgemein anerkannte Definition für das Phänomen Leben. Bei Mensch und Tier fällt uns die Unterscheidung zwischen lebendig und tot sehr leicht, bei Pflanzen können wir uns schon manchmal täuschen, und bei Insekten wird es zuweilen ziemlich kompliziert. Aber so richtig schwierig wird es erst bei den Mikroorganismen – und das sogar für die Wissenschaft. Manche Bakterien, Pilze und Algen können zum Beispiel Sporen bilden, die Hunderte Jahre lang (vielleicht sogar Millionen¹) nur ein lebloses Staubkörnchen sind, bevor sie plötzlich auskeimen. Und nach wie vor bleibt es eine knifflige Frage, ob Viren lebendig sind, weil sie doch eine Wirtszelle brauchen, um sich zu vermehren. Viele Wissenschaftler betrachten Viren daher nicht als Lebewesen, halten aber Moskitos durchaus für lebendig, obwohl auch diese einen Wirt benötigen, um sich fortzupflanzen.

Eine 2011 veröffentlichte Studie analysiert 123 Definitionen von „Leben“, die in den letzten 200 Jahren in der wissenschaftlichen Gemeinschaft kursierten. Die Autoren versuchen, den essentiellen Kern herauszuarbeiten und ihr Vorschlag lautet: „Leben ist Selbstreproduktion mit Variationen.“² Das ist zwar eine wirklich knackige Definition, aber sie lässt immer noch einen gewissen Spielraum. Der Begriff *Selbst*-Reproduktion bringt uns wieder zurück zu den Viren und Moskitos, die sich eben nicht selbst reproduzieren. Sobald wir diese Definition konsequent anwenden, erkennen wir, dass kein einziges Tier und nur sehr wenige Pflanzen, Pilze und Mikroben in der Lage sind, sich *von selbst* fortzupflanzen. Selbstreproduktion muss demnach eher ganz allgemein als Fortpflanzung verstanden werden, also das Erzeugen von Nachkommen, egal wie und mit wessen Hilfe.

Kommen wir nun zum Begriff der „Variation“. Dieser kann völlig neutral gemeint sein, so wie der kleine Unterschied bei handgefertigten Gegenständen, wie zum Beispiel bei Töpferwaren. Auch der geschickteste Töpfer kann niemals zwei identische Tassen herstellen. Variation kann aber auch „Fehler“ oder „Ungenauigkeit“ bedeuten. Alle Lebewesen machen ständig Fehler, zum Beispiel bei der Zellteilung. Und dafür sollten wir sogar dankbar sein, ist es doch einer der Gründe, warum wir uns weiterentwickeln. Nicht nur die biologische Evolution wird manchmal durch Fehler vorangetrieben, sondern auch die kulturelle Evolution des Menschen ist voller Beispiele, bei denen ein Missgeschick zu neuen Erkenntnissen geführt hat. Man denke nur an Alexander Fleming und seine verschimmelten Petrischalen, die zur Entdeckung des Penicillins führten [Kapitel 4.1].

Der essentielle Kern des Lebens ist also seine Fähigkeit zur *Evolution*. Aber was genau bedeutet das, und wie hat die Geschichte der Lebewesen angefangen?

1 Die großen Fragen der Biologie

1.2 Wie ist das Leben entstanden?

Dies ist ein weiteres großes Rätsel der Biologie, und wir werden abermals keine klare Antwort oder eine allgemein akzeptierte Theorie darüber finden, wie das Leben ursprünglich entstand. Abgesehen von religiösen Erklärungen dreht sich die Frage um die Bedingungen, unter denen sich die ersten *selbstreplizierenden Molekülkomplexe* zusammensetzten und wie sich diese zu zellulären Lebensformen entwickelt haben könnten. Eines ist jedoch klar: Das Leben auf dem Planeten Erde ist sehr, sehr alt. Die ältesten, gut belegten Anzeichen dafür sind Versteinerungen, die in ca. 3,5 Milliarden Jahre alten Ablagerungen in Australien gefunden wurden.³ Schon zu dieser Zeit existierten wohl bereits mehrere verschiedene Arten von Mikroben – ein Hinweis darauf, dass der Ursprung des Lebens noch erheblich weiter zurückliegen muss. Es ist zwar sehr schwierig den Zeitraum genauer einzugrenzen, doch es erscheint durchaus möglich, dass das Leben auf der Erde bereits ein paar Hundert Millionen Jahre nach der Entstehung des Planeten begann.⁴

Aber wie genau hat die Geschichte der Biologie angefangen? Grundbausteine wie Aminosäuren, Fettsäuren und andere Biomoleküle bildeten sich wahrscheinlich schon in den Urmeeren (bzw. in der „Ursuppe“). Zu der Frage über die Art und Weise, wie die ersten lebendigen Systeme entstanden sind, wurden viele Hypothesen vorgeschlagen und diskutiert. Während Blitzeinschläge lange Zeit als Hauptkandidaten für die „Schöpfer“ des Lebens galten, kreisen moderne Theorien meist um eine Art von Material, auf (oder in) dem sich frühe Formen von selbstreplizierenden Molekülkomplexen zusammensetzten. Als Substrat kommen Lehm, Eis, vulkanische Schlote in der Tiefsee und diverse andere Materialien in Frage. Diese Theorien sind attraktiv, weil sie erklären, wie die Moleküle in geeigneter Konzentration zusammen bleiben können, ohne eine schützende Zelle zu benötigen.

Unter welchen Umständen sich die ersten zellulären Lebensformen gebildet haben, werden wir wahrscheinlich niemals vollständig aufklären. Wir können jedoch davon ausgehen, dass sich in ihrem grundlegenden Aufbau und ihrer Funktionsweise bis heute wenig verändert hat. Denn alle Lebewesen sind aus den gleichen Molekülen aufgebaut und codieren ihre genetische Information in derselben „Sprache“ [Kapitel 5.2]. Sie nutzen zwar unterschiedliche Strategien für ihre Energiegewinnung und die Herstellung von Zellbestandteilen, aber auch diese lassen sich auf nur wenige essentielle Stoffwechselwege zurückführen. Doch woher kommt dann diese enorme Vielfalt an Lebensformen?

Mikroben, Zellen, Moleküle

KASTEN 1: Wasser

Wasser ist von grundlegender Bedeutung für alle Lebensformen dieser Erde. Das auf den ersten Blick so einfach aufgebaute Molekül erweist sich bei näherer Betrachtung als extrem vielseitig. H_2O wird üblicherweise als drei Kügelchen dargestellt, ein größeres und zwei kleinere, die in einem V mit einem Winkel von $104,45^\circ$ zueinander angeordnet sind. Solche Modelle haben ihre Berechtigung, sollten jedoch immer mit einer gewissen Skepsis betrachtet werden [KASTEN 5].

Die einzigartigen Eigenschaften des Wassers basieren auf seiner sehr spezifischen ungleichmäßigen Verteilung der elektrischen Ladung. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich Elektronen in der Nähe des Sauerstoffs aufhalten, ist höher, als dass sie sich beim Wasserstoff aufhalten. Sauerstoff trägt hier also eine negative Ladung und Wasserstoff eine positive, was für eine Anziehung zwischen den einzelnen Molekülen sorgt: die *Wasserstoffbrückenbindung*. Diese Wechselwirkung betrifft alle Wassermoleküle, die sich in räumlicher Nähe zueinander befinden, und sorgt für die besondere „Struktur“ des Wassers [Abbildung 1]. Als Eis oder Schnee handelt es sich um einen Kristall mit regelmäßig angeordneten, relativ unbeweglichen Molekülen. In flüssiger Form bilden sich sogenannte *variable Cluster*, also Gruppen von miteinander verketteten Molekülen, die jedoch nur für Bruchteile von Sekunden bestehen und sich dann neu anordnen. Im gasförmigen Zustand wird von Wasserdampf gesprochen. Dann sind die einzelnen Moleküle weit voneinander entfernt, und es wirkt nur noch eine schwache Anziehungskraft. Gasförmiges Wasser ist zudem unsichtbar. Was wir beim Kochen oder bei Nebel sehen können, sind kleine Tröpfchen von flüssigem Wasser, die das Licht streuen. Unsere Temperaturskala richtet sich sinnvollerweise nach den Übergängen der Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) des Wassers.*

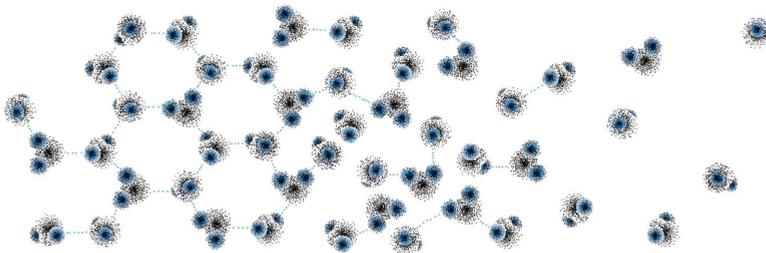


Abbildung 1: Momentaufnahme der drei Aggregatzustände des Wassers. Von links nach rechts: fest, flüssig, gasförmig. Die gestrichelten Linien zwischen den Molekülen deuten an, wo sich gerade Wasserstoffbrückenbindungen ausgebildet haben. Im flüssigen und gasförmigen Zustand sind die Moleküle sehr dynamisch.

* Im Laufe der Geschichte wurden verschiedene Temperaturskalen verwendet. Der Physiker Daniel Fahrenheit definierte den Nullpunkt 1724 anhand des Gefrierpunkts einer Lösung von Ammoniumchlorid und $90^\circ F$ als die durchschnittliche Körpertemperatur des Menschen. Einige Jahre später schlug der Astronom Anders Celsius eine Skala vor, die sich nach dem Gefrierpunkt ($100^\circ C$) und dem Siedepunkt des Wassers ($0^\circ C$) richtete. Diese Einteilung wurde später fast weltweit zum Standard, aus praktischen Gründen jedoch in umgekehrter Form.

1 Die großen Fragen der Biologie

1.3 Wie hat sich das Leben entwickelt?

Unter Wissenschaftlern besteht mittlerweile weitestgehend Konsens: Alle heute existierenden Arten haben sich von gemeinsamen Vorfahren entwickelt. Genau genommen haben einige der vor mehreren Milliarden Jahren entstandenen Zellen niemals aufgehört zu existieren. Sie haben sich geteilt, sind miteinander verschmolzen, haben Organe und Gliedmaßen ausgebildet und sich zu komplexen Ökosystemen organisiert. Neue Zellen sind immer durch Teilung der bereits existierenden Zellen entstanden, und neue Lebensformen sind immer aus älteren hervorgegangen. Um die heute lebenden Organismen besser zu verstehen, versuchen wir genau diese Entwicklungsgeschichte zu rekonstruieren. Direkt beobachten und erforschen können wir jedoch nur die derzeit vorhandenen Lebewesen – Theorien zu ihrer Evolution sind daher grundsätzlich nur schwer zu beweisen. Wir können jedoch den zellulären Aufbau, den Stoffwechsel und die Genetik der Arten miteinander vergleichen und darüber ihre Verwandtschaftsverhältnisse analysieren [KASTEN 2]. Außerdem gibt es zahlreiche Fossilien, die uns einen Einblick in die Biologie früherer Zeiten geben. Darüber hinaus können wir die geologischen sowie klimatischen Veränderungen der Erdkruste über sehr lange Zeiträume relativ gut rekonstruieren.

Wie wir uns den Ablauf der Evolution im Allgemeinen vorstellen und welche Prozesse als besonders wichtig gelten, unterliegt einem ständigen Wandel. Die Evolution der Evolutionstheorie selbst ist also höchst dynamisch: sie wurde ständig überarbeitet, spaltete sich in verschiedene Strömungen auf und erhitze bis heute die Gemüter [Kapitel 11.2]. Ein allgemein anerkanntes Grundprinzip ist die sogenannte *natürliche Selektion* derjenigen Individuen und Kollektive, die am besten an Ihre Umgebung angepasst sind. Dabei sind die Lebewesen jedoch alles andere als passiv, sodass diese „Selektion“ eher als ein sich gegenseitig beeinflussender Prozess der Gestaltung betrachtet werden muss. Lebewesen verändern ihren eigenen Lebensraum und manchmal sogar den gesamten Planeten. Sie erschaffen völlig neue Welten und finden daraufhin Lösungen, um in dieser neuen Realität zurechtzukommen. Ihre Evolution folgt keinen allgemeinen Gesetzen und hat auch keine Richtung. Welche Eigenschaften erfolgreich sind und weiter verbreitet werden, entscheidet die konkrete historische Situation. Manchmal werden Aufbau und Verhalten der Organismen komplexer und manchmal einfacher; manchmal lohnt sich Konkurrenz und manchmal Kooperation. Gelegentlich finden auch sehr radikale Veränderungen statt, die zu einem plötzlichen Entwicklungssprung führen: Zum Beispiel können zwei (oder mehr) Organismen zu einer einzigen neuen Lebensform verschmelzen, was als *Symbiogenese* bezeichnet wird [Kapitel 11.6 und 11.7]. Außerdem tauschen Lebewesen – insbesondere Mikroorganismen – ihre DNA untereinander aus. Nicht nur innerhalb der gleichen Art oder Familie, sondern auch zwischen Pflanzen, Tieren, Mikroben und Menschen findet dieser sogenannte *horizontale Gentransfer* statt [Kapitel 5.6]. Mit all seinen Verzweigungen und Verbindungen sollten wir daher eher nicht von einem Stammbaum, sondern von einem Netz oder einer Koralle des Lebens sprechen.

Kompaktwissen

Kompaktwissen

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Theorie | 107 |
| 1 Zellbiologie | 108 |
| 1.1 Eigenschaften von Lebewesen | 108 |
| 1.2 Aufbau von Zellen | 108 |
| 1.3 Zellorganellen | 109 |
| 1.4 Biomoleküle | 110 |
| 1.5 Aufbau von Membranen | 114 |
| 2 Molekularbiologie | 115 |
| 2.1 Aufbau von Nukleinsäuren | 115 |
| 2.2 Replikation | 116 |
| 2.3 Aufbau von Proteinen | 117 |
| 2.4 Proteinfaltung | 119 |
| 2.5 Funktionen von Proteinen | 120 |
| 2.6 Proteinbiosynthese | 120 |
| 2.7 Posttranslationale Modifikationen | 122 |
| 2.8 Enzymkinetik | 123 |
| 2.9 Hemmung von Enzymen | 125 |
| 2.10 Antikörper | 126 |
| 3 Mikrobiologie | 128 |
| 3.1 Diversität von Mikroorganismen | 128 |
| 3.2 Bewegung | 130 |
| 3.3 Schwarmverhalten | 131 |
| 3.4 Energiegewinnung bei Mikroorganismen | 132 |
| 3.5 Wachstumsbedingungen | 133 |

| | |
|---|-----|
| Praxis | 135 |
| 4 Mikrobiologie | 136 |
| 4.1 Lichtmikroskopie | 136 |
| 4.2 Weitere mikroskopische Techniken | 137 |
| 4.3 Gram-Färbung | 139 |
| 4.4 Kultivierung von Mikroorganismen | 140 |
| 4.5 Bestimmung von Zellzahl und Dichte | 141 |
| 4.6 Identifikation von Mikroorganismen | 144 |
| 4.7 Desinfektion & Sterilisation | 144 |
| 5 Zell- und Molekularbiologie | 146 |
| 5.1 Zellaufschluss | 146 |
| 5.2 Zentrifugation | 146 |
| 5.3 Affinitätschromatographie | 148 |
| 5.4 Polyacrylamid-Gelelektrophorese (PAGE) | 150 |
| 5.5 Blotting-Techniken | 151 |
| 5.6 Messung der Konzentration von Proteinen | 152 |
| 5.7 Massenspektrometrie | 153 |
| 6. Gentechnik | 154 |
| 6.1 Polymerase-Kettenreaktion | 154 |
| 6.2 Restriktionsendonukleasen | 155 |
| 6.3 Plasmide | 156 |
| 6.4 Transformation von Bakterien | 157 |
| 6.5 Selektion von gentechnisch veränderten Organismen | 157 |
| 6.6 DNA-Isolation | 158 |
| 6.7 Agarose-Gelelektrophorese | 158 |
| 6.8 DNA-Sequenzierung | 159 |
| 6.9 Bioinformatik | 160 |

Theorie

Kompaktwissen

1 Zellbiologie

1.1 Eigenschaften von Lebewesen

Es gibt keine allgemein akzeptierte Definition dafür, was Lebewesen sind [Mikroben, Zellen, Moleküle 1.1]. Dennoch lassen sich einige weit verbreitete Merkmale benennen:

- Organisiertheit und Selbstregulation (Homöostase)
- Aufbau aus Zellen
- Fähigkeit zur Reproduktion und Vererbung (Weitergabe von Informationen an ihre Nachkommen)
- DNA als Träger der Erbinformation
- Stoffwechsel (Metabolismus)
- Reaktion auf Umweltreize
- Wachstum, Entwicklung und Anpassungsfähigkeit
- Sterblichkeit

1.2 Aufbau von Zellen

Die meisten Zellen sind sehr klein (<1 mm) und nur mit dem Mikroskop zu sehen. Es gibt jedoch Ausnahmen wie die Eizellen von Wirbeltieren, die mehrere Zentimeter groß sein können. Auch Nervenzellen stellen eine Besonderheit dar, da sie Längen von bis zu 30 Metern erreichen können, zumindest im Rückenmark von Blauwalen. Zellen können in ihrem Aufbau sehr verschieden sein. Nur die Zellmembran, die DNA und die Ribosomen werden als wirklich universelle Bestandteile angesehen.

Prokaryoten

- Zellwand aus Peptidoglykan (Bakterien), Kohlenhydraten, Proteinen o. ä. (Algen & Archaeen)
- Zellmembran aus Phospholipiden
- Zytosol (meist ohne weitere Unterteilungen)
- ringförmiges Chromosom aus DNA als genetisches Material
- häufige Verwendung von Plasmiden zum Austausch von DNA

Eukaryoten

- Zellwand wenn vorhanden meist aus Zellulose (Pflanzen) oder Chitin (Pilze)
- Zellmembran aus Phospholipiden
- Zytosol mit zahlreichen weiteren Unterteilungen (Organellen)
- Zellkern mit doppelter Kernmembran (enthält die DNA)
- Erbinformation liegt linear vor und ist oft in mehreren Chromosomen organisiert

1 Zellbiologie

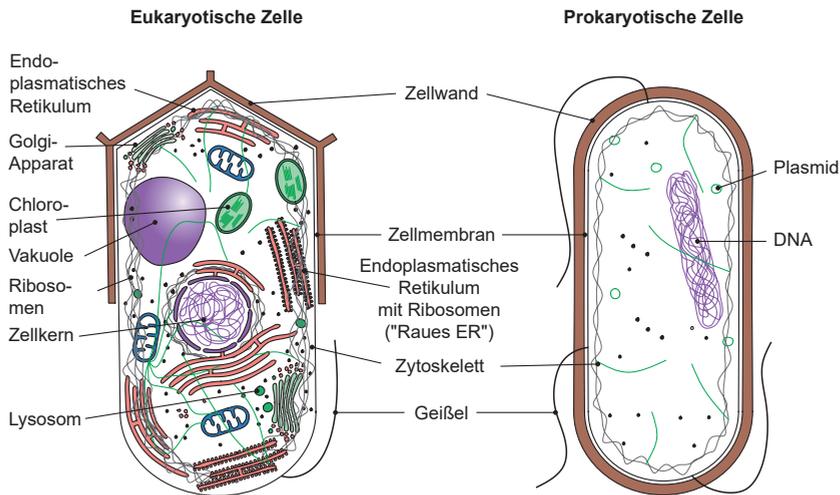


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Zellen von Eukaryoten und Prokaryoten. Tier- und Pflanzenzellen (linke Seite) sowie andere Eukaryoten besitzen einen Zellkern und verschiedene Organellen. Pflanzenzellen enthalten zusätzlich Chloroplasten und eine Zellwand. Pilze (nicht dargestellt) besitzen keine Chloroplasten, und ihre Zellwände bestehen aus Chitin. Prokaryotische Zellen (rechte Seite) haben keinen Zellkern und keine membranumschlossenen Organellen. Bild: Christiani

1.3 Zellorganellen

Die Organellen eukaryotischer Zellen sind von Membranen umgeben, die ihre Funktion regulieren und sie vom Zytosol trennen. Je nach Organismus sind nicht immer alle Organellen vorhanden. Einige Amöben besitzen beispielsweise keine Mitochondrien, und Chloroplasten sind nur in Algen, Pflanzen und manchen Mikroben zu finden. In vielen Lehrbüchern werden auch Ribosomen zu den Organellen gezählt – streng genommen handelt es sich jedoch einfach um große Molekülkomplexe aus RNA und Proteinen. Sie sind nicht von einer Membran umgeben und außerdem auch innerhalb von Mitochondrien und Chloroplasten zu finden.

Mitochondrien

- durch Endosymbiose aus freilebenden Bakterien hervorgegangen
- bestehen aus einer äußeren und inneren Membran (letztere ist stark gefaltet)
- sind für die Energiegewinnung durch Zellatmung zuständig

Zellkern

- durch eine Doppelmembran mit spezialisierten Poren vom Zytosol abgetrennt
- die äußere Kernmembran ist mit dem Endoplasmatischen Retikulum verbunden
- enthält die DNA und den Nukleolus (hier werden die Ribosomen hergestellt)

Kompaktwissen

Endoplasmatisches Retikulum (ER)

- Netzwerk aus von Membranen umschlossenen Säcken mit verschiedenen Funktionen
- das „raue“ ER ist von unzähligen Ribosomen übersät; hier werden Proteine hergestellt, die aus der Zelle ausgeschieden werden sollen (via Golgi-Apparat)
- das „glatte“ ER ist unter anderem an der Synthese von Lipiden und Steroiden, dem Kohlenhydrat-Stoffwechsel und dem Abbau von Giftstoffen beteiligt

Golgi-Apparat

- das Transportsystem der Zelle
- entsteht aus den vom Endoplasmatischen Retikulum abgeschnürten Vesikeln
- die darin enthaltenen Proteine werden modifiziert, sortiert und transportiert

Lysosomen

- Ort der intrazellulären Verdauung (Abbau von Molekülen in den Zellen)
- enthalten Enzyme, die Proteine, Lipide und Kohlenhydrate abbauen
- unter anderem auch für die Entsorgung von defekten Organellen zuständig

Peroxisomen

- Ort für chemische Reaktionen, die aggressive Bedingungen benötigen
- wichtige Rolle im Lipidstoffwechsel (z. B. Metabolisierung langkettiger oder stark verzweigter Fettsäuren)
- verantwortlich für das Abfangen von freien Radikalen und den Abbau von Polyaminen

Chloroplasten

- nur in Pflanzen, Algen und manchen Mikroben zu finden
- durch Endosymbiose aus freilebenden Cyanobakterien hervorgegangen
- Ort der Photosynthese (Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie)

Vakuole

- kommt in Pilz- und Pflanzenzellen sowie in manchen Tieren und Prokaryoten vor
- dient unter anderem der Speicherung von Nährstoffen, Abfallprodukten, Farb- und Giftstoffen
- durch die Kontrolle des Wasserflusses kann ein Überdruck hergestellt werden, der bei krautigen Pflanzen für die aufrechte Haltung notwendig ist (Turgordruck)

1.4 Biomoleküle

Als Biomoleküle werden alle Moleküle bezeichnet, die in Lebewesen vorkommen und eine wichtige Rolle in biologischen Prozessen spielen. Im Folgenden sind Aufbau und Funktion der wichtigsten Biomoleküle zusammengefasst.