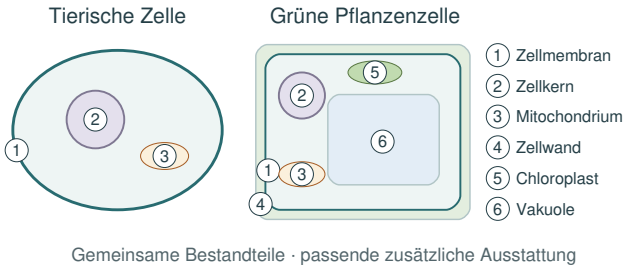
01 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Die Zelle als lebendes System

Ein Blatt und deine Haut sehen verschieden aus. Unter dem Mikroskop erkennst du bei beiden einen Aufbau aus Zellen. Ihre gemeinsame Grundstruktur hilft dir, Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu verstehen.



Tierische Zelle und grüne Pflanzenzelle mit ausgewählten Bestandteilen. Gleiche Zahlen bezeichnen vergleichbare Strukturen. Vereinfachte Modelle; Größen und Mengen sind schematisch.

1 · Zellen sind die Grundeinheiten des Lebens

Alle Lebewesen bestehen aus einer oder mehreren **Zellen**. In einer Zelle laufen die chemischen Vorgänge ab, die Leben ermöglichen. Neue Zellen entstehen aus vorhandenen Zellen. Viele Zellen sind so klein, dass ihre Umrisse und größere Bestandteile erst im Lichtmikroskop erkennbar werden.

Ein mikroskopisches Bild zeigt eine bestimmte Ansicht und Vergrößerung. Je nach Präparat, Beleuchtung und Färbung werden verschiedene Strukturen sichtbar. Ein übersichtliches Lernmodell verbindet diese Beobachtungen mit Erkenntnissen aus weiteren Untersuchungen.

2 · Eine Grenze ermöglicht Austausch

Die **Zellmembran** umschließt das Zellinnere. Sie besteht vor allem aus einer dünnen Lipiddoppelschicht mit eingelagerten Proteinen. Bestimmte Stoffe gelangen direkt hindurch; andere werden über Kanäle oder Transportproteine bewegt. So hält die Zelle passende innere Bedingungen aufrecht.

Das **Cytoplasma** umfasst die Grundsubstanz und die darin liegenden Zellbestandteile außerhalb des Zellkerns. Hier laufen viele Reaktionen ab. Über Rezeptoren kann die Membran außerdem Signale von außen aufnehmen und Reaktionen im Inneren auslösen.

3 · Gemeinsamkeiten und besondere Ausstattung

Tier- und Pflanzenzellen besitzen unter anderem Zellkern, Membran, Ribosomen und Mitochondrien. Die grünen Pflanzenzellen des Modells haben zusätzlich Chloroplasten, eine große Vakuole und eine feste Zellwand. Die Zellwand unterstützt und schützt die Zelle.

Die Vakuole speichert Stoffe und Wasser und trägt zum Innendruck bei. Chloroplasten ermöglichen Photosynthese. Sie kommen besonders in grünen Pflanzenteilen vor; zahlreiche Wurzelzellen besitzen andere Plastiden. Die Ausstattung einer Zelle passt zu ihrer Aufgabe im Organismus.

Das gehört zusammen: Zellen grenzen einen Innenraum ab und tauschen Stoffe und Signale aus. Gemeinsame Grundbestandteile übernehmen dabei zusammenhängende Aufgaben.

Wähle im „Zellmodell“ zuerst „Tierische Zelle“, danach „Pflanzliche Zelle“. Tippe Zellmembran, Zellkern und Mitochondrium an und vergleiche ihre Steckbriefe.

01 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Grenzen und Innenräume machen Zusammenarbeit möglich

Drei Grenzen mit verschiedenen Aufgaben

Zellmembran
Begrenzt jede Zelle und regelt den Stoffaustausch.

Zellwand
Stützt Pflanzenzellen außerhalb der Zellmembran.

Organellmembran
Schafft einen eigenen Reaktionsraum im Zellinneren.

Die Elemente werden nach ihrer Aufgabe verglichen. Die Zeichnung zeigt keine maßstäblichen Membrandicken.

Eine Zelle benötigt zugleich **Abgrenzung und Austausch**. Ohne Grenze würden sich viele Stoffe unkontrolliert mit der Umgebung vermischen. Eine völlig undurchlässige Grenze wäre ebenfalls ungeeignet: Die Zelle muss Stoffe aufnehmen, Produkte abgeben und Signale empfangen. Ihre Membran ist deshalb selektiv durchlässig. Kleine ungeladene Teilchen können teilweise durch die Lipidschicht gelangen. Für viele geladene oder größere Teilchen sind passende Proteine nötig. Die Membran ist keine starre Wand mit beliebigen Löchern, sondern eine bewegliche, geordnete Struktur mit unterschiedlichen Aufgaben.

Im Inneren besitzen viele Organellen ebenfalls Membranen. Dadurch können unterschiedliche Bedingungen in benachbarten Räumen bestehen. Ein Abbauraum kann beispielsweise saurer sein als das Cytoplasma. In einem anderen Bereich werden Stoffe hergestellt oder verändert. Diese Aufteilung heißt **Kompartimentierung**: Die Zelle trennt Vorgänge räumlich und verbindet sie durch geregelte Transporte. Bei der Pflanzenzelle kommt außen die Zellwand hinzu. Sie verleiht Stabilität, ersetzt aber nicht die Zellmembran. Die große Vakuole kann Wasser aufnehmen und zum Innendruck beitragen. Im Modell vergleichst du deshalb nicht nur, welche Teile vorhanden sind, sondern auch, welche Grenze welche Aufgabe erfüllt.

Bei der **Osmose** bewegt sich Wasser durch eine selektiv durchlässige Membran. Sind auf einer Seite mehr gelöste, nicht durchgängige Teilchen vorhanden, fließt unter passenden Bedingungen netto Wasser zu dieser Seite. Pflanzenzellen können dadurch Innendruck aufbauen. Verlieren sie viel Wasser, sinkt dieser Druck; Blätter können welken. Austauschvorgänge erklären somit sichtbare Veränderungen einer ganzen Pflanze.

Eine Pflanzenzelle erklären
Eine Blattzelle besitzt Zellwand und Zellmembran zugleich. Die Zellwand trägt zur Festigkeit bei. Die Membran steuert den Austausch mit dem Inneren. Wenn du im Modell beide auswählst, verbinde daher jede Beschriftung mit einer eigenen Aufgabe. Zwei Grenzen bedeuten nicht, dass eine davon überflüssig wäre.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Die Zellwand übernimmt bei Pflanzen alle Aufgaben der Zellmembran.
So stimmt es: Auch Pflanzenzellen brauchen eine Zellmembran. Die Zellwand gibt zusätzlichen Halt; der geregelte Austausch über Membranproteine bleibt eine Aufgabe der Membran.

02 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Wie die Zelle ein Protein herstellt

Eine Drüsenzelle bildet ein Protein, das nach außen abgegeben werden soll. Seine Herstellung und sein Transport verbinden mehrere Zellbestandteile. Diesen Weg kannst du in der Werkstatt Schritt für Schritt verfolgen.



Beispiel eines Proteins für die Abgabe nach außen: Information, Herstellung und Transport. Die DNA bleibt im Zellkern; die Protein-Fracht wird in Vesikeln weitertransportiert. Vereinfachter Ablauf.

4 · Information wird für eine Aufgabe genutzt

Im **Zellkern** liegt ein großer Teil der Erbinformation als DNA. Ein benötigter Abschnitt kann als RNA abgeschrieben werden. Die passende, verarbeitete **mRNA** bringt diese Information zu einem Ribosom.

Ein **Ribosom** verknüpft Aminosäuren in einer durch die mRNA vorgegebenen Reihenfolge. So entsteht zunächst eine Kette, die sich zu einer räumlichen Struktur faltet. **Proteine** können beispielsweise als Enzyme Reaktionen ermöglichen, Stoffe transportieren oder Zellen stabilisieren. Zellkern und Ribosom übernehmen dabei verschiedene, aufeinander abgestimmte Aufgaben.

5 · ER und Golgi bearbeiten eine Fracht

Proteine für die Abgabe nach außen werden an Ribosomen des **rauen endoplasmatischen Retikulums**, kurz raues ER, hergestellt und in sein Inneres geleitet. Dort werden sie gefaltet und teilweise verändert. Das glatte ER übernimmt unter anderem Aufgaben beim Aufbau von Lipiden.

Kleine Membranbläschen, die **Vesikel**, transportieren Fracht zum **Golgi-Apparat**. Dieser verändert und sortiert passende Stoffe für ihren Zielort. Neue Vesikel können mit der Zellmembran verschmelzen und ihren Inhalt nach außen abgeben. Andere Fracht wird in Membranen eingebaut oder zu Abbauräumen gebracht.

6 · Aufbau und Abbau gehören zusammen

Viele Proteine entstehen an freien Ribosomen und wirken direkt im Cytoplasma. Ihr Ziel hängt von ihrer Ausstattung und von Erkennungssignalen ab. Der dargestellte ER-Golgi-Weg zeigt daher eine wichtige Gruppe möglicher Transporte.

Zellen erneuern außerdem laufend ihre Bestandteile. Enzyme zerlegen verbrauchte Stoffe; geeignete Bausteine werden erneut genutzt. In tierischen Zellen übernehmen Lysosomen einen Teil dieser Abbauarbeit, in Pflanzenzellen übernimmt die Vakuole entsprechende Aufgaben. Herstellung, Transport, Nutzung und Wiederverwertung bilden ein zusammenhängendes System.

Das gehört zusammen: DNA liefert Information, Ribosomen bauen Proteine, ER und Golgi bearbeiten und verteilen passende Fracht. Abbau liefert wieder verwendbare Bausteine.

Öffne „Proteinweg · einfacher Überblick“. Verfolge zuerst die ganze Reihenfolge. Unter der Vertiefung „ER · Golgi · Transport“ kannst du verschiedene Ziele der Proteinfracht vergleichen.

02 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Eine Proteinfracht verfolgen und ihren Zielort erklären

Weg eines nach außen abgegebenen Proteins

1. Raues ER
Ribosomen bauen die Kette; das Protein gelangt ins ER.

→

2. Transportvesikel
Eine Membranhülle bringt die Fracht zum Golgi-Apparat.

→

3. Golgi-Apparat
Die Fracht wird weiterbearbeitet und zum Ziel sortiert.

→

4. Zellmembran
Ein Vesikel verschmilzt; der Inhalt wird nach außen abgegeben.

Gezeigt ist ein wichtiger Sekretionsweg. Proteine mit anderen Aufgaben können andere Wege nehmen.

Bei einer Proteinfracht musst du **Information und Material** unterscheiden. Die mRNA übermittelt die Reihenfolge für den Aufbau. Sie wird dabei nicht selbst zum Protein. Aminosäuren sind die Bausteine, aus denen am Ribosom eine neue Kette entsteht. Bei einem Protein für die Abgabe nach außen beginnt ein Transportweg über raues ER, Vesikel und Golgi-Apparat. Das Protein wird unterwegs gefaltet und bearbeitet. Die Membranen schaffen passende Innenräume und verhindern, dass sich jede Fracht beliebig im Cytoplasma verteilt. Ein Vesikel ist deshalb mehr als ein Transportpfeil: Es besitzt eine eigene Membranhülle.

Der Zielort ergibt sich aus **Erkennungssignalen** der Fracht und den beteiligten Transportvorgängen. Manche Proteine werden nach außen abgegeben. Andere bleiben in einer Membran oder gelangen in einen Abbauraum. Beim Verschmelzen eines Vesikels mit der Zellmembran wird seine Hülle Teil der Membran; sein gelöster Inhalt kann nach außen gelangen. So verbindet ein einziger Vorgang Transport und Erneuerung der Zellgrenze. Ein freies Ribosom kann dagegen Proteine herstellen, die im Cytoplasma bleiben. Nicht jedes Protein muss deshalb den gesamten ER-Golgi-Weg durchlaufen. Die passende Route hängt von seiner späteren Aufgabe ab.

Zellen brauchen außerdem **Qualitätskontrolle und Recycling**. Fehlerhaft gefaltete oder verbrauchte Proteine können abgebaut werden. Enzyme zerlegen sie in kleinere Stücke und Aminosäuren, die erneut für den Aufbau verfügbar sind. Lysosomen beziehungsweise lytische Vakuolen übernehmen einen Teil dieser Arbeit. Auch andere Abbauwege existieren. Erneuerung bedeutet deshalb nicht nur Herstellung, sondern ebenso geregelten Abbau.

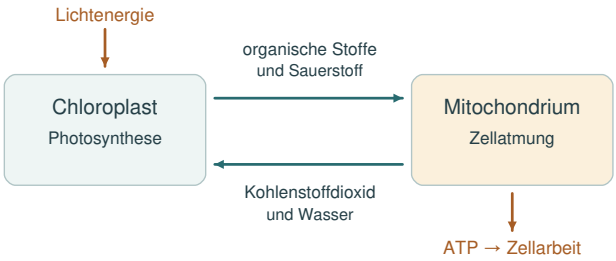
Ein Enzym nach außen abgeben
Eine Drüsenzelle kann ein Verdauungsenzym herstellen und abgeben. Das Ribosom baut dessen Aminosäurekette. ER und Golgi helfen bei Verarbeitung und Transport. Ein Vesikel liefert das fertige Protein an die Zellmembran. Die DNA bleibt währenddessen im Zellkern; sie wird nicht mit der Fracht ausgeschüttet.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Im Golgi-Apparat wird die DNA in ein Protein verwandelt.
So stimmt es: Die DNA liefert Information, bleibt aber erhalten. Ribosomen verknüpfen Aminosäuren. Der Golgi-Apparat bearbeitet und sortiert passende Fracht, nachdem sie hergestellt wurde.

03 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Energie, Austausch und Zusammenarbeit

Auch eine Pflanzenzelle benötigt Tag und Nacht Energie für ihre Vorgänge. Photosynthese und Zellatmung erklären, wie Stoffe aufgebaut und Energie für die Arbeit der Zelle nutzbar gemacht wird.



Vereinfachter Zusammenhang in grünen Pflanzenzellen: Photosynthese baut organische Stoffe auf; Zellatmung macht Energie für Zellarbeit nutzbar. Die Pfeile zeigen Stoffbeziehungen, keine vollständigen Reaktionswege.

7 · ATP verbindet Energie mit Zellarbeit

Zellen benötigen Energie für den Aufbau von Stoffen, für Bewegung und für bestimmte Transporte. **ATP** ist ein Molekül, über das viele solcher Vorgänge mit energieliefernden Reaktionen gekoppelt werden. Die Zelle stellt ATP laufend neu bereit.

Bei der **Zellatmung** werden energiereiche organische Stoffe schrittweise umgesetzt. Bei der aeroben Zellatmung wird Sauerstoff verbraucht; Kohlenstoffdioxid und Wasser entstehen. Mitochondrien sind an zentralen Schritten beteiligt. Dabei wird Energie auf ATP übertragen und auch als Wärme abgegeben.

8 · Chloroplasten nutzen Lichtenergie

In Chloroplasten ermöglicht **Photosynthese** den Aufbau organischer Stoffe aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mithilfe von Lichtenergie. Sauerstoff wird dabei freigesetzt. Der grüne Farbstoff Chlorophyll beteiligt sich an der Aufnahme des Lichts.

Die aufgebauten Stoffe dienen unter anderem als Baustoffe und als Ausgangsstoffe für die Zellatmung. Pflanzenzellen besitzen daher sowohl Chloroplasten, sofern sie photosynthetisch aktiv sind, als auch Mitochondrien. Lichtaufnahme, Stoffaufbau und nutzbare Energie hängen miteinander zusammen.

9 · Vom Zusammenarbeiten zum Wachstum

In vielzelligen Lebewesen übernehmen Zellen verschiedene Aufgaben. Ihre Stoffe, Signale und Kontakte verbinden sie zu Geweben. Eine Muskelzelle benötigt eine andere Ausstattung als eine Zelle auf der Blattoberfläche.

Für Wachstum und Erneuerung entstehen durch Zellteilung neue Zellen. Vor einer gewöhnlichen Zellteilung wird die DNA verdoppelt. Bei der Mitose werden die Kopien geordnet auf zwei Zellkerne verteilt. Die anschließende Teilung des Zellinneren erzeugt meist zwei Tochterzellen. So verbindet sich der Aufbau einer einzelnen Zelle mit Wachstum und Erhaltung des gesamten Lebewesens.

Das gehört zusammen: Information steuert den Aufbau von Stoffen. Stoffwechsel stellt Energie bereit. Membranen und Transport verbinden diese Vorgänge zu einer arbeitenden Zelle.

Fachbücher und Quellen stehen auf Seite 7. Die Onlinefassung verlinkt außerdem die passenden Lehrbuchkapitel.

03 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Ein Gefälle liefert Energie für ATP

ATP wird laufend neu bereitgestellt

1. Energie zuführen
Nährstoffabbau ermöglicht den Aufbau eines H^+-Gefälles.

→

2. ATP bilden
H^+-Rückfluss durch ATP-Synthase koppelt ADP und Phosphat.

→

3. Zellarbeit unterstützen
ATP wird umgesetzt; ADP und Phosphat entstehen wieder.

Zurück zum Ausgangspunkt: Der Ablauf beginnt erneut.

Der Kreis zeigt die Wiederverwendung von ATP-Bausteinen. Energie kommt hinzu und wird teilweise als Wärme abgegeben; sie läuft nicht verlustfrei im Kreis.

Das Mitochondrium stellt ATP nicht aus dem Nichts her. Energie aus dem Nährstoffabbau ermöglicht zunächst, **H^+-Ionen** auf eine Seite der inneren Membran zu transportieren. Dadurch entsteht ein Unterschied zwischen beiden Seiten: ein elektrochemisches Gefälle. Die Membran hält diesen Unterschied aufrecht. Wenn H^+ durch die **ATP-Synthase** zurückfließt, kann dieses Protein die Bildung von ATP aus ADP und Phosphat ermöglichen. Die Reihenfolge ist entscheidend: Energieübertragung baut ein Gefälle auf; der Rückfluss ermöglicht anschließend ATP-Bildung. Ohne nutzbares Gefälle reicht die bloße Anwesenheit der ATP-Synthase nicht aus.

Sauerstoff wird am Ende der mitochondrialen Atmungskette benötigt. Fehlt er, kann diese Kette kein neues Gefälle aufbauen. Ein bereits vorhandenes Gefälle kann noch kurz genutzt werden. Außerdem gibt es andere Wege der ATP-Bildung, etwa die Glykolyse im Cytoplasma. Beim Verwenden von ATP für Zellarbeit entstehen wieder ADP und Phosphat. Diese Stoffe werden erneut eingesetzt; die dafür benötigte Energie muss weiter zugeführt werden. **Stoffe werden wiederverwendet, Energie wird umgewandelt.** Auch Pflanzen besitzen Mitochondrien. Ihre Chloroplasten ergänzen dieses System: Lichtenergie ermöglicht dort den Aufbau organischer Stoffe, aus denen andere Zellvorgänge Energie gewinnen können.

Die **innere Membran** eines Mitochondriums besitzt viele Falten. Dadurch steht auf kleinem Raum eine große Oberfläche für Atmungskette und ATP-Synthase zur Verfügung. Besonders energiebedürftige Zellen besitzen häufig viele Mitochondrien. So passen Zellbau und Aufgabe zusammen. Das verbindet die einzelne chemische Reaktion mit einem Organ, etwa einem Muskel, der fortlaufend arbeiten muss.

Den Ablauf unterbrechen
Baue im Modell zuerst ein Gefälle auf. Schalte danach Sauerstoff aus. Prüfe, ob sich noch ATP aus dem vorhandenen Gefälle bilden lässt und ob ein neues Gefälle aufgebaut werden kann. Damit trennst du einen bereits gespeicherten Unterschied von seiner laufenden Erneuerung.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Ohne Sauerstoff verschwindet jedes vorhandene ATP sofort. **So stimmt es:** Vorhandenes ATP bleibt zunächst verfügbar. In der gezeigten Atmungskette kann ohne Sauerstoff kein neues Gefälle aufgebaut werden. Weitere ATP-Wege der Zelle sind im Modell nur erwähnt.

Wissen anwenden und weiterdenken

Drei ergänzende Entdeckeraufträge. Erkläre deine Beobachtungen mit den Zusammenhängen aus dem Wissenstext.

1 · Zellmodell

Ausprobieren: Wechsle von „Tierische Zelle“ zu „Pflanzliche Zelle“. Wähle Zellmembran, Zellwand und Vakuole nacheinander aus.

Beobachten: Vergleiche Lage und Aufgabe der drei Bestandteile.

Erklären: Warum braucht eine Pflanzenzelle trotz Zellwand weiterhin eine Zellmembran?

Modellgrenze: Das Modell zeigt ausgewählte Zellbestandteile stark vergrößert. Mengen, Größen und ihre ständige Bewegung sind vereinfacht.

2 · ER · Golgi · Transport

Ausprobieren: Öffne die Vertiefung „ER · Golgi · Transport“. Verfolge die Proteinfracht schrittweise und vergleiche die angebotenen Ziele.

Beobachten: Achte darauf, welche Stationen gemeinsam sind und wo sich die Transportwege unterscheiden.

Erklären: Weshalb ist der Zielort ebenso wichtig wie die Herstellung des Proteins?

Modellgrenze: Zielsignale, Qualitätskontrollen und viele zusätzliche Transportstationen sind in der kurzen Lernfolge zusammengefasst.

3 · ATP im Mitochondrium

Ausprobieren: Öffne die Vertiefung „ATP im Mitochondrium“. Nutze „Atmungskette: Gefälle aufbauen“, danach „H^+ zurückfließen lassen → ATP“ und „ATP für Zellarbeit nutzen“.

Beobachten: Verfolge Gefälle, ATP sowie ADP und Phosphat bei jedem Schritt.

Erklären: Warum muss die Zelle ständig Energie zuführen, obwohl sie ADP und Phosphat wiederverwendet?

Modellgrenze: Die Symbole zeigen qualitative Zusammenhänge. Ihre Anzahl entspricht keiner realen ATP-Ausbeute pro Nährstoffmolekül.

Interaktive Werkstatt öffnen →

Fachliche Quellen und weiterführende Literatur

Biology 2e

Campbell Biologie · Gymnasiale Oberstufe