

Zur Verwendung des Buches

Dieses Buch ist für Lehramtsstudierende des Faches Biologie geschrieben, was aber nicht bedeutet, dass es für andere Leser*innen nicht hilfreich und geeignet wäre.

Innerhalb des Lehramtsstudiums Biologie ist die Humanbiologie ein sehr bedeutender Inhaltsbereich, da humanbiologische Themen in den Bildungsplänen aller Schularten stark verankert sind. Je nach der Ausrichtung des Studiengangs (Sonderpädagogik, Lehramt für Primarstufe, Sekundarstufe I oder Sekundarstufe II) sind die geforderten inhaltlichen Tiefen im Bereich „Humanbiologie“, die für die spätere berufliche Tätigkeit notwendig sind, sehr unterschiedlich.

Damit Sie dieses Buch Ihrem Studiengang und Ihrer Interessenslage entsprechend einsetzen können, um sich in die Humanbiologie einzuarbeiten, ist es so aufgebaut, dass es für die Aneignung von drei unterschiedlichen inhaltlichen Tiefen (Überblickwissen, Grundwissen, vertieftes Wissen) verwendet werden kann. Sie können also ganz nach Ihren individuellen Ansprüchen dieses Buch nutzen.

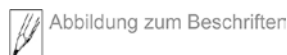
Ob Sie hierbei die inhaltlichen Tiefen bei den unterschiedlichen Themen (Kapiteln) variieren oder ob Sie alle Themen in einer inhaltlichen Tiefe bearbeiten, können Sie Ihren Ansprüchen entsprechend entscheiden.

■ Verwendung des Buches bei der Aneignung eines „Überblickwissens“

Lesen Sie sich die Inhalte des Buches ohne „Vertiefungen“ (kursiv geschriebener Text) durch. Verwenden Sie anstelle der „Abbildungen zum Beschriften“ die Lösungen im Buch (► Kap. 12 „Lösungen: Abbildungen zum Beschriften“). Die „Abbildungen zum Beschriften“ sind mit einem Bleistiftsymbol gekennzeichnet (■ Abb. 1). Hilfreiche Animationen, Filmclips und Anleitungen zum Bau von Modellen, die im Buch Beschriebenes verdeutlichen, sind auf der Produktseite des Verlags zu diesem Buch verfügbar: ► <https://lehrbuch-biologie.springer.com/humanbiologie-f%C3%BCr-lehramtsstudierende>.

■ Verwendung des Buches bei der Aneignung eines „Grundwissens“

Lesen Sie die Inhalte des Buches ohne „Vertiefungen“ (kursiv geschriebener Text), verwenden Sie bei Bedarf Zusatzliteratur. Bearbeiten Sie die „Abbildungen zum Beschriften“. Verwenden Sie hierzu Literatur (geeignet ist: Faller A & Schünke M (1999) Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion. Thieme, Stuttgart). Die „Abbildungen zum Beschriften“ sind mit einem Bleistiftsymbol gekennzeichnet (■ Abb. 1). Lösungen zur Kontrolle sind am Ende des Buches vorhanden. Bearbeiten Sie die Aufgaben 1 („Erklären/definieren Sie die folgenden Begriffe“) und 2 („Wiederholungsfragen und Wiederholungsaufgaben“) am Ende jedes Kapitels. Für die Aufgaben müssen Sie unter Umständen teilweise Zusatzliteratur einbeziehen. Lösungen für die Aufgaben 1 und 2 sind am Ende des Buches vorhanden (verwenden Sie das Glossar als Lösung für Aufgabe 1). Hilfreiche Animationen, Filmclips, Zu-



■ Abb. 1 Symbol: Abbildungen zum Beschriften

satzübungen und Anleitungen zum Bau von Modellen, die im Buch Beschriebenes verdeutlichen, sind auf der Produktseite des Verlags zu diesem Buch verfügbar:

► <https://lehrbuch-biologie.springer.com/humanbiologie-f%C3%BCr-lehramtsstudierende>.

■ **Verwendung des Buches bei der Aneignung eines „vertieften Wissens“**

Lesen Sie die Inhalte des Buches, die „Vertiefungen“ (kursiv geschriebener Text) und die „Zusatzinformationen“, verwenden Sie unbedingt Zusatzliteratur (Anregungen für geeignete Literatur sind im Buch gegeben). Bearbeiten Sie die „Abbildungen zum Beschriften“. Verwenden Sie hierzu Literatur (geeignet ist: Faller A & Schünke M (1999) Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion. Thieme, Stuttgart oder ein Anatomielexikon mit deutschen Namensbezeichnungen). Die „Abbildungen zum Beschriften“ sind mit einem Bleistiftsymbol gekennzeichnet (■ Abb. 1). Lösungen zur Kontrolle sind am Ende des Buches vorhanden. Bearbeiten Sie die Aufgaben 1 („Erklären/definieren Sie die folgenden Begriffe“), 2 („Wiederholungsfragen und Wiederholungsaufgaben“) und 3 („Vertiefung und Vernetzung mit Zoologie und Botanik“) am Ende jedes Kapitels. Für die Beantwortung der Fragen müssen Sie Zusatzliteratur einbeziehen. Die Lösungen für die Aufgaben 1 und 2 sind am Ende des Buches vorhanden (verwenden Sie das Glossar als Lösung für Aufgabe 1). Für das „vertiefte Wissen“ gehören die Lösungen des „Grundwissens“ und die des „vertieften Wissens“ zusammen. Die Lösungen von Aufgabe 3 obliegen den Leser*innen. Hilfreiche Animationen, Filmclips, Zusatzübungen und Anleitungen zum Bau von Modellen, die im Buch Beschriebenes verdeutlichen, sind auf der Produktseite des Verlags zu diesem Buch verfügbar: ► <https://lehrbuch-biologie.springer.com/humanbiologie-f%C3%BCr-lehramtsstudierende>.

1.1 Die Zelle

Unser gesamter Körper ist aus kleinen „Bausteinen“ zusammengesetzt, den Zellen. Der Körper eines erwachsenen Menschen besteht aus ca. 100 Billionen dieser „Bausteine“.

Zellen mit gleicher oder ähnlicher Funktion bilden im Verband ein Gewebe. Gewebe sind wiederum die Bauelemente von Organen, die in Organsystemen den Körper bilden.

Ganz egal, um welche Art von Zelle es sich auch handelt, alle haben einen ähnlichen Aufbau. Lediglich zwischen Bakterien-, Pflanzen- und Tierzellen gibt es einen gravierenden Unterschied.

1.1.1 Anatomie der (tierischen) Zelle

Alle tierischen Zellen bestehen aus denselben Grundelementen und Zellorganellen (■ Abb. 1.1). Eine Zelle ist aus Membranen (z. B. Zellmembran, Membranen, die den Golgi-Apparat bilden), membranumgebenen Zellorganellen (z. B. Zellkern, Mitochondrien), nicht membranumgebenen Strukturen (z. B. Ribosomen, Nucleolus) und dem Cytoplasma (Zellplasma) zusammengesetzt. Das Cytoplasma setzt sich aus dem Cytosol (wässrige Lösung), gelösten Proteinen und dem Cytoskelett zu-

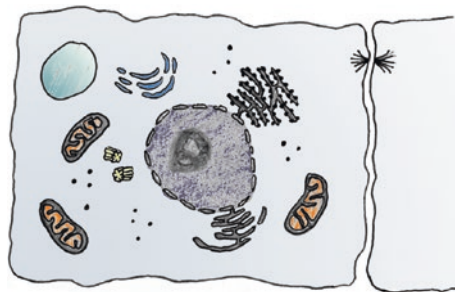


Abbildung zum Beschriften
Benennen Sie die Bestandteile

■ Abb. 1.1 Aufbau einer Zelle (Kopierrecht: Armin Baur)

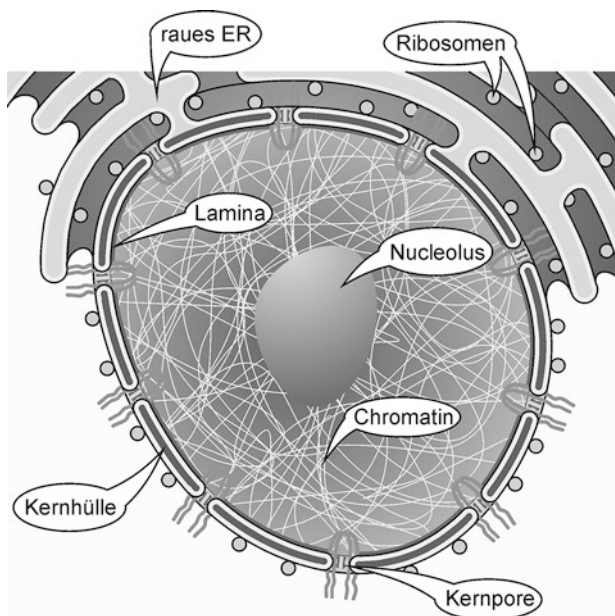
sammen. Zellorganellen sind abgegrenzte Bereiche in einer Zelle, die eine Funktionseinheit bilden. Ein Zellorganell ist je nach Literatur sehr unterschiedlich definiert. Die neuere Definition bezieht nur noch membranumgebene Strukturen ein. Nachfolgend werden, entsprechend der älteren Definition, alle Funktionseinheiten (abgegrenzte Bereiche) der Zelle als Zellorganell bezeichnet.

1.1.2 Funktionen der Zellorganellen

Die verschiedenen Zellorganellen haben unterschiedliche Aufgaben und Funktionen.

■ (A) Zellkern

Der Zellkern (Nucleus) enthält den größten Teil des genetischen Materials. Beim Menschen 46 Chromosomen. Eine Körperzelle ist im Gegensatz zu einer Keimzelle diploid; dies bedeutet, sie besitzt im Zellkern einen doppelten Chromosomensatz (22-mal zwei gleichwertige Chromosomen (= 44 Stück) plus zwei Geschlechtschromosomen). Im Zellkern findet die Transkription statt. Die mRNA, die bei der Transkription entsteht, verlässt den Zellkern und bewirkt an den Ribosomen den Aufbau von Proteinen (Translation). Der Zellkern enthält nicht die komplette DNA, da auch manche Zellorganellen, in der tierischen Zelle Mitochondrien, eigene DNA-Stränge besitzen (siehe Zusatzinformationen: Endosymbiontentheorie). Der Zellkern ist von einer doppelten Membran (Kernmembran) umgeben. Die Doppelmembran trennt den Kerninhalt vom Cytoplasma ab. In die innere Membran sind viele Proteine integriert, die Bindungsstellen für die Chromosomen (Chromatin) und Anker für die Kernlamina bieten (■ Abb. 1.2). Die Kernlamina (Geflecht aus Filamenten) stützt



■ Abb. 1.2 Der Zellkern (aus Müller-Esterl 2017)

die Kernhülle und gibt Form. Die äußere Membran ist mit der Membran des endoplasmatischen Reticulums verbunden. Alle Stoffe, die in den Zellkern hinein oder aus ihm hinaus wandern, müssen die Poren der Kerndoppelmembran passieren.

Im Nucleolus, einem Bestandteil des Zellkerns, werden die beiden Untereinheiten der Ribosomen gebildet (die Untereinheiten werden aus rRNA, entstanden durch Transkription, und Proteinen aufgebaut). Der Zusammenbau der beiden Untereinheiten der Ribosomen erfolgt jedoch im Cytoplasma.

■ (B) Ribosomen

An den Ribosomen werden körpereigene Proteine synthetisiert. Man unterscheidet **freie** und **membrangebundene Ribosomen**. Die freien Ribosomen befinden sich im Cytoplasma, an ihnen werden Proteine gebildet, die in der Zelle selbst verwendet werden. Membrangebundene Ribosomen werden während der bereits laufenden Proteinbiosynthese (Translation) an die Membran des rauen endoplasmatischen Reticulums oder an die Kernmembran befördert und dort eingebaut. Am rauen endoplasmatischen Reticulum synthetisieren sie Proteine in das Lumen des rauen endoplasmatischen Reticulums, die entweder in die Zellmembran eingebaut oder aus der Zelle ausgeschleust werden (die Proteine haben eine Funktion außerhalb der Zelle). Die Ribosomen der Kernmembran synthetisieren Proteine, die im Zellkern benötigt werden.

■ (C) Endoplasmatisches Reticulum

Das endoplasmatische Reticulum (ER) ist mit der Kernhülle verbunden. Man unterscheidet das **glatte endoplasmatische Reticulum** (ohne Ribosomen) vom **rauen endoplasmatischen Reticulum** (mit Ribosomen). Das glatte endoplasmatische Reticulum produziert unter anderem Fettsäuren (► Abschn. 8.4.1) und Fette (Lipide). In manchen Zellen wird hierin auch Glykogen gespeichert (► Abschn. 8.3). Im rauen endoplasmatischen Reticulum werden Proteine produziert, die mit einem Membranbläschen (Vesikel) aus der Zelle transportiert werden.

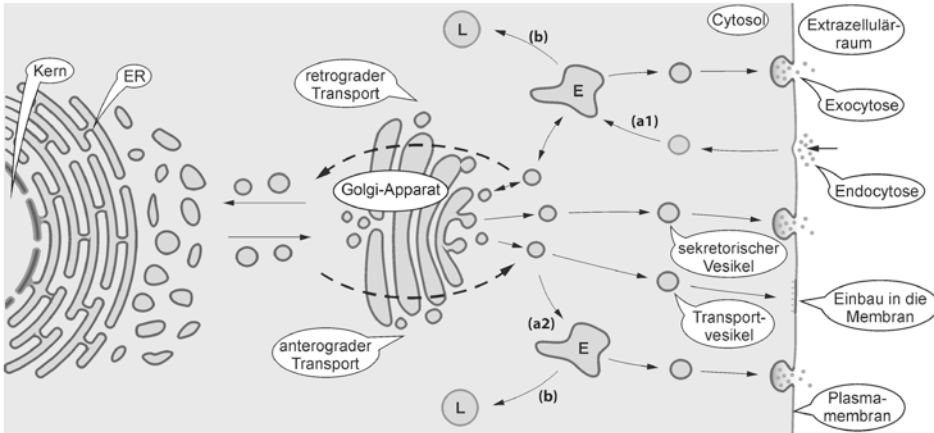
■ (D) Golgi-Apparat

Der Golgi-Apparat ist aus vielen membranumgebenen Zisternen gebildet (eine Zisterne wird Dictyosom genannt). Die Zisternen liegen wie Teller aufeinander gestapelt. Der Golgi-Apparat erhält an der zum Reticulum gelegenen Seite (**cis**-Seite) über Vesikel (Transportbläschen) Produkte (z. B. Proteine) des glatten oder rauen endoplasmatischen Reticulums. Diese Stoffe werden im Golgi-Apparat gespeichert oder abgewandelt (modifiziert) und über die zur Zellmembran gelegene Seite (**trans**-Seite) weiterbefördert (■ Abb. 1.3). Es gibt aber auch den umgekehrten Transport (retrograder Transport) vom Golgi-Apparat hin zum endoplasmatischen Reticulum (z. B. Transport von Lipiden und extrazellulären Proteinen).

■ (E) Mitochondrien

In den Mitochondrien finden verschiedene Vorgänge der inneren Atmung statt (► Kap. 8). Ziele sind die Endoxidation der Nährstoffe und der Aufbau von ATP. Ohne Mitochondrien wäre die ATP-Ausbeute sehr gering.

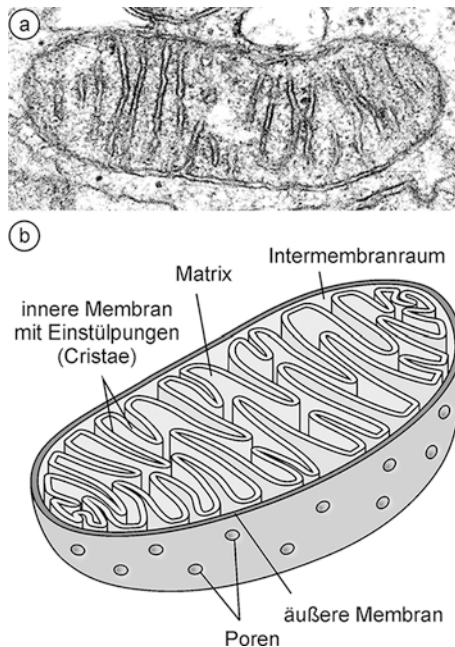
***Vertiefung:** Das Mitochondrium ist von zwei unterschiedlichen Zellmembranen (innere und äußere Membran) umgeben (■ Abb. 1.4). Beide Membranen sind für die Funktion der Mitochondrien bedeutend, da sie zwei unterschiedliche Räume bilden. Im Inneren eines Mitochondriums befindet sich, von der inneren Membran umschlossen, die*



E: Endosom (Frühe Endosomen: Membranbläschen, die durch Endocytose oder Aufnahme zelleigenen Materials entstehen; Späte Endosomen: gereifte frühe Endosomen, in ihnen haben sich die aufgenommenen Stoffe verändert)
L: Lysosom
(a1): Endosom wird bei der Endocytose gebildet; **(a2):** Endosom wird durch Aufnahme zelleigenen Materials (z. B. tote Zellorganellen) gebildet
(b): Endosom kommt mit Lysosom zusammen und verschmilzt mit diesem



■ **Abb. 1.3** Das Endomembransystem (verändert nach Müller-Esterl 2017) (► <https://doi.org/10.1007/000-546>)



■ **Abb. 1.4** Aufbau eines Mitochondriums. (a) Elektromikroskopisches Foto, (b) schematische Darstellung (aus Müller-Esterl 2017)

Matrix. Zwischen der inneren und äußeren Membran liegt der Intermembranraum. Die Matrix enthält eine Lösung, in der sich viele Enzyme befinden (z. B. Enzyme für die Oxidation von Pyruvat und Fettsäuren). Die innere Membran ist stark gefaltet (Ober-

flächenvergrößerung) und bildet hierdurch die Cristae. In die innere Membran sind die Proteine der Atmungskette eingebaut. Während des Elektronentransports entlang der Proteine der Atmungskette werden Wasserstoffprotonen (H^+) aus der Matrix in den Intermembranraum gepumpt. Hierdurch entsteht ein Konzentrationsgefälle bezüglich H^+ zwischen Intermembranraum und Matrix. Strömt H^+ zurück in die Matrix, wird aus ADP und P_i ATP hergestellt (► Abschn. 8.3.3).

■ (F) Cytoskelett

Ein Netzwerk aus Proteinfilamenten bildet das Cytoskelett. Das Cytoskelett erfüllt die Funktionen der Stabilisierung, Befestigung von Zellorganellen, aktiven Bewegung und des Transports von Vesikeln in der Zelle. Auch die Centriolen gehören zum Cytoskelett. An den Centriolen entstehen bei der Zellteilung die Spindelfasern, die die Chromosomen voneinander trennen.

Vertiefung: Man kann bei den Proteinfilamenten des Cytoskeletts drei Typen unterscheiden:

Intermediärfilamente: Proteine, die eine hohe Zugfestigkeit haben und dadurch ein Auseinanderreißen der Zelle bei Dehnung verhindern. Intermediärfilamente bilden ein Netzwerk um den Zellkern und sind in der Zellmembran an den Desmosomen (Zellverbindungen) verankert.

Mikrotubuli: Mikrotubuli sind sehr lange und steife Proteinröhren. Sie zerfallen immer wieder und werden neu aufgebaut. Die Mikrotubuli verlaufen vom Centrosom (Region im Cytoplasma in der Nähe des Zellkerns) hin zur Zellmembran und bilden ein „Schienennetz“. An den Mikrotubuli entlang werden von Motorproteinen Vesikel gezogen. Motorproteine sind Kinesine (transportieren Vesikel Richtung Zellmembran) und Dyneine (transportieren Vesikel von der Membran ins Zellinnere). An den Mikrotubuli sind aber auch Zellorganellen befestigt. Mikrotubuli haben somit eine stützende, verankernde und transportierende Funktion.

Actinfilamente: Actinfilamente ermöglichen Formänderungen und Zellbewegungen (► Abschn. 4.3.3).

■ (G) Vesikel

Vesikel (Membranbläschen) umschließen Stoffe, die in der Zelle transportiert werden. Sie dienen als Transportbehältnisse und grenzen den Inhalt vom Cytoplasma ab.

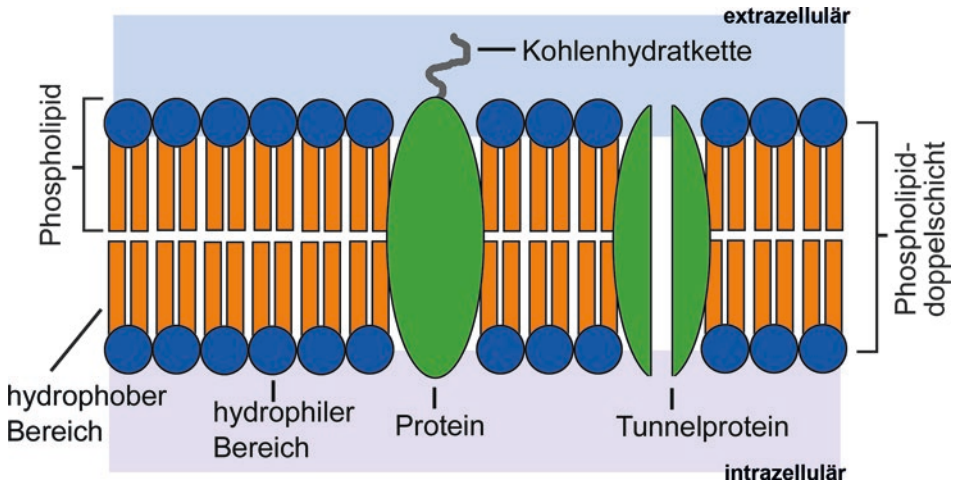
■ (H) Lysosomen

Die Lysosomen sind spezielle Vesikel („Organellen“) zur Verdauung von abgestorbenen Zellbestandteilen oder von aufgenommenen Substanzen (z. B. Verdauung von aufgenommenen Pathogenen bei Fresszellen des Immunsystems).

Vertiefung: Der Golgi-Apparat produziert ein primäres Lysosom. Nach der Aufnahme von zellfremden Substanzen, z. B. durch Phagozytose in die Zelle, verschmilzt das primäre Lysosom mit dem Phagozytosebläschen (spezielles Endosom) zum Phagolysosom (Endolysosom). Im Phagolysosom wird nun der Inhalt des Phagozytosebläschens verdaut und die frei werdenden Nährstoffe werden an das Cytoplasma abgegeben.

■ (I) Zellmembran

Die Zellmembran umschließt die Zelle und ist für den Austausch von Stoffen in die und aus der Zelle zuständig. Der Austausch kann über einfache Diffusion, Osmose, erleichterte Diffusion (Diffusion durch Tunnelproteine = Kanäle), aktiven Trans-



■ Abb. 1.5 Aufbau der Zellmembran (Kopierrecht: Armin Baur)

port (Pumpen), Exo- oder Endocytose erfolgen. Die Zellmembran ist aus Phospholipiden und Proteinen (■ Abb. 1.5) aufgebaut, die nicht fest an ihrem Platz verankert, sondern immer in Bewegung sind. Die Viskosität (Zähflüssigkeit) der Zellmembran ist mit der Viskosität von Speiseöl vergleichbar. Die Membran besteht aus zwei Lagen Phospholipiden und wird daher Phospholipiddoppelschicht genannt.

Bei manchen Zellen gibt es feine fingerförmige Ausstülpungen der Zellmembran, die eine Oberflächenvergrößerung bedeuten und dadurch einen besseren Austausch mit dem Zellumfeld ermöglichen. Diese Ausstülpungen heißen Mikrovilli (► Abb. 8.2).

■ (J) Zellkontakte

Die einzelnen Zellen sind oft miteinander verbunden. Hierzu gibt es drei verschiedene Zellkontaktarten.

1. Desmosomen (■ Abb. 1.6): verankern die Zellen miteinander, um ein Auseinanderreißen zu verhindern.

Vertiefung: Desmosomen als Zellverbindungen kommen bei Zellen mit hoher mechanischer Belastung (z. B. Epithelzellen) vor. An verschiedenen Stellen der Zellmembranen sind gegenüberliegende Scheiben ausgebildet, von denen ins Innere Keratinfilamente und nach außen Cadherine (Glykoproteine) abgehen. Die Cadherine der beiden anliegenden Zellen sind miteinander verbunden. Die Keratinfilamente stehen mit dem Cytoskelett der Zelle in Verbindung.

2. Gap junctions (■ Abb. 1.7): bilden Cytoplasmakanäle, über die Salze, Zucker, Aminosäuren und kleine Moleküle ausgetauscht werden können. Gap junctions werden für die Kommunikation und die Erregungsleitung verwendet. Sie finden sich beispielsweise in den Glanzstreifen der Herzmuskulatur (► Abschn. 3.1.1). An den Glanzstreifen wird Na^+ übertragen und dadurch die benachbarte Herzmuskelzelle zur Kontraktion gebracht.