



telekolleg

Biologie



Telekolleg

Biologie

Herausgeberin

Ulrike Dives

unter Mitarbeit von

Wolfgang Hahn

Peter Pondorf

Telekolleg Multimedial

Telekolleg Multimedial wird veranstaltet von den Bildungs- und Kultusministerien von Bayern, Brandenburg und Rheinland-Pfalz sowie vom Bayerischen Rundfunk (BR).

Nähere Informationen zu Telekolleg Multimedial:
www.telekolleg.de

Dieser Band enthält das Arbeitsmaterial zu den vom Bayerischen Rundfunk produzierten Lehrsendungen.

Die Lektionen 4, 5 und 6 orientieren sich inhaltlich an den Lektionen 3, 4, 5 und 6 des Vorgängerbandes.

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

wbg Academic ist ein Imprint der wbg.
© 2019 by wbg (Wissenschaftliche Buchgesellschaft),
Darmstadt

Die Herausgabe des Werkes wurde durch die Vereinsmitglieder der wbg ermöglicht.

Umschlaggestaltung: schreiberVIS, Seeheim

Umschlagabbildung: © Marchu Studio -
stock.adobe.com

Gedruckt auf saurefreiem und alterungsbeständigem
Papier

Printed in Germany

Besuchen Sie uns im Internet:
www.wbg-wissenverbindet.de

ISBN 978-3-534-27186-3

Elektronisch sind folgende Ausgaben erhältlich:

eBook (PDF): 978-3-534-27187-0

eBook (epub): 978-3-534-27188-7

Inhalt

Vorwort	4
1 Ökologie	5
<i>Wolfgang Hahn</i>	
2 Nervensystem und Nervenzelle	18
<i>Peter Pondorf</i>	
3 Gehirn	31
<i>Ulrike Dives</i>	
4 Hormone und Hormonsystem	43
<i>Peter Pondorf</i>	
5 Wovon wir leben	58
<i>Peter Pondorf</i>	
6 Weg der Nahrung	71
<i>Peter Pondorf</i>	
7 Immunsystem	86
<i>Ulrike Dives</i>	
8 Grundlagen der Genetik	98
<i>Ulrike Dives</i>	
9 Humangenetik	111
<i>Ulrike Dives</i>	
10 Biotechnik 1	123
<i>Ulrike Dives</i>	
11 Biotechnik 2	137
<i>Ulrike Dives</i>	
12 Sexualität und Evolution	146
<i>Ulrike Dives</i>	
13 Ökosysteme im Wandel	159
<i>Wolfgang Hahn</i>	
Lösungen	175
Register	187
Bildnachweis	192

Vorwort

„Die Natur ist so gemacht, dass sie verstanden werden kann.“

W. HEISENBERG

Der Mensch existiert seit ca. 200.000 Jahren. Allein die Hälfte seines Wissens hat er im 20. Jahrhundert erworben. Daraus ergibt sich für jeden Einzelnen die Notwendigkeit des lebenslangen Lernens. Gerade im mikroskopischen Bereich der Biologie ist im letzten Jahrhundert ein enormer Wissenszuwachs zu verzeichnen.

Sie haben sich entschlossen, auch im Fach Biologie Ihr Wissen aufzufrischen und zu vergrößern. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den biologischen Abläufen des Menschen, was nicht die Wichtigkeit oder die Faszination der Tier- und Pflanzenwelt in Abrede stellen soll. Vielmehr sind uns naturgemäß die Abläufe beim Menschen näher.

Die ausgewählten Themen stellen eine Zusammenschau wichtiger Aspekte der Biologie dar. Es dreht sich um das Zusammenleben der Lebewesen und den Einfluss des Menschen darauf, aber auch um den Energiehaushalt jedes einzelnen Lebewesens. An Beispielen wie dem Hormonhaushalt und dem Immunsystem wird Ihnen das Grundprinzip der Regulation im menschlichen Körper vertraut werden. Gerade der genetische Bereich zielt darauf ab, sich einen Überblick über die neuen Technologien zu verschaffen, um zukünftige wissenschaftliche Entwicklungen beurteilen zu können. Durch diese Urteilsfähigkeit werden Sie in die Lage versetzt, gesellschaftliche Entscheidungen mit zu gestalten. Aber auch der Eingriff des Menschen in die Biosphäre und die damit einhergehende Klimaveränderung werden in Zukunft eine Herausforderung für uns darstellen. Auch hier soll dieses Buch Ihnen die Möglichkeit geben, sich ein eigenes Urteil über die von den Medien an uns herangetragenen Erkenntnisse zu bilden.

Im Sinne des obigen Zitates wünschen wir Ihnen nun beim Lernen viel Erfolg!

Ulrike Dives, Peter Pondorf, Wolfgang Hahn

1. Ökologie

Der Begriff „**Ökologie**“* wurde 1860 vom Biologen Ernst Haeckel als „die gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt“ umschrieben, später (1870) als die „Lehre von der Ökonomie, von dem Haushalt der thierischen Organismen“. Beide Definitionen sind immer noch gültig. Meist wird Ökologie heute jedoch im Sinne der erstgenannten verstanden; demnach ist sie die **Lehre** von den **Wechselwirkungen** zwischen den **Organismen** und ihrer **Umwelt**. Alle Organismen, sowohl pflanzliche als auch tierische, benötigen je nach Art für ihr Überleben eine ganz bestimmte Umgebung. Diese lässt sich als Summe von Eigenschaften der Umwelt beschreiben. Die Eigenschaften bezeichnet man daher als **Umweltfaktoren** oder **Ökofaktoren**, wobei man unbelebte Eigenschaften, **abiotische Ökofaktoren**, und belebte Eigenschaften, **biotische Ökofaktoren**, unterscheidet.

1.1 Biotop

Begriffe Biotop ♦ abiotische Ökofaktoren ♦ Temperatur ♦ Licht ♦ Wasser

Alltagssprachlich bezeichnet man mit dem Begriff „**Biotop**“ häufig von Menschen angelegte Teiche. Der Ökologe meint damit aber die Gesamtheit der **abiotischen Ökofaktoren** eines abgrenzbaren Lebensraumes.

1.1.1 Abiotische Ökofaktoren

Zu diesen gehören z.B. die Temperatur, das Licht, das Wasser, der Sauerstoff oder die Säuren und Mineralstoffe eines Bodens. Der Biotop ist also eine bestimmte Faktoren-Kombination, die einen Lebensraum kennzeichnet. Dabei beeinflussen die genannten Ökofaktoren sich gegenseitig. So hängt der Sauerstoffgehalt in einem Bach u.a. von der Temperatur des Wassers ab, da sich Gase in warmem Wasser schlechter lösen als in kaltem.

1.1.2 Bedeutung abiotischer Ökofaktoren

Im Folgenden werden die drei Ökofaktoren besprochen, die wegen ihrer jahreszeitlichen Veränderungen entweder eine besondere Anpassung der Lebewesen notwendig machen oder allgemein für bestimmte Lebensvorgänge von herausragender Bedeutung sind.

♦ Temperatur

Gleichwarme Tiere wie Vögel und Säugetiere erhalten eine bestimmte Körpertemperatur aufrecht. Durch erhöhten Stoffwechsel bilden sie eine große Wärmemenge und vermindern gleichzeitig die Wärmeverluste an die Umgebung durch Besonderheiten des **Körperbaues** wie z.B. die Fettschicht der Unterhaut oder die Ausbildung von Haaren bzw. Federn. Eine zu starke Erhitzung des Körpers

* Gr.: *oikos* = Haus, Hauswesen; *logos* = Rede, Begriff

vermeiden viele Säugetiere, indem sie Schweiß abgeben und durch dessen Verdunstung dem Körper Wärme entziehen oder indem sie die Kapillaren der Haut weiten, um das warme Blut aus dem Körperinneren an die Oberfläche zu transportieren, wo es aufgrund der geringeren Umgebungstemperatur gekühlt wird.

Die Temperatur beeinflusst zum einen die Geschwindigkeit der Stoffwechselreaktionen in den Zellen. Zum anderen vermögen viele Moleküle der Zellen (z.B. die Eiweiße) ihre Aufgaben nur dann zu erfüllen, wenn sie in einer bestimmten Molekülstruktur vorliegen. Diese hängt aber von der Temperatur ab. Somit werden gleichwarme Tiere durch die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur in die Lage versetzt, auch bei ungünstigen äußeren Temperaturbedingungen aktiv zu sein.

Viele gleichwarme Tiere, wie z.B. Igel, Fledermäuse und einige Nagetiere, weichen diesem Problem aus, indem sie ihr **Verhalten** anpassen. Sie überdauern den Winter im Zustand des Winterschlafes mit deutlich abgesenkter Körpertemperatur. Daher kann der Stoffwechsel vermindert werden und der Nährstoffverbrauch sinkt. Beim Reh ruht die **Entwicklung** der befruchteten Eizelle nach der sommerlichen Brunft über Monate hinweg, sodass die besonders empfindlichen Jungtiere erst in der warmen Jahreszeit geboren werden.

Wechselwarme Tiere (z.B. Lurche, Kriechtiere) bilden zwar aufgrund ihres Stoffwechsels Wärme, können ihren Körper aber nicht isolieren. Daher schwankt die Körpertemperatur mit der Außentemperatur. Die kalte Jahreszeit überdauern sie in Winterstarre bei abgesenkter Körpertemperatur. Längere Kälteperioden unter dem Gefrierpunkt können sie daher nur an einem frostfreien Ort überleben.

◆ Licht

Das Sonnenlicht ermöglicht in Pflanzen den Aufbau energiereicher Stoffe und ist somit die **wichtigste Energiequelle** für Lebewesen überhaupt. Licht ist außerdem bei vielen Tierarten und den Menschen Voraussetzung für die Synthese von **Vitamin D** in den Zellen. Es ist auch der Reiz des optischen Sinnes und ermöglicht so eine **räumliche Orientierung**.

Aber auch für die **Orientierung in der Zeit** spielt das Licht eine Rolle. So kann die Beleuchtungsstärke des Lichtes im Tageslauf die Aktivität von Tieren steuern. Dies ist z.B. der Fall, wenn Vögel am Morgen bei einer ihrer Art eigenen, bestimmten Helligkeit zu singen beginnen oder Säugetiere nachts aktiv werden. Darüber hinaus ist das Licht ein Indikator für die Jahreszeit, weil sich die tägliche Dauer der Lichteinstrahlung (Photoperiode) im Jahreslauf ändert. Die Zunahme der Tageslänge im Frühjahr löst bei vielen Vogelarten eine hormonelle Umstellung mit gesteigerter Aktivität der Keimdrüsen und damit das Paarungsverhalten aus. Bei vielen Säugetieren wird in umgekehrter Weise (durch Abnahme der Tageslänge) die Winterschlafbereitschaft geschaffen.

◆ Wasser

Von herausragender Bedeutung für alle Lebewesen ist das Wasser. Es ist das **Lösungsmittel** vieler Stoffe und ermöglicht so deren Auf-, Um- und Abbau wie auch den **Stofftransport** im Organismus. Tiere nehmen Wasser durch Trinken, über die Körperoberfläche (z.B. Nacktschnecken, einige Gliedertiere) und zusätzlich mit der Nahrung auf. Jedoch verlieren sie auch ständig Wasser beim Ausatmen, beim Schwitzen oder mit Ausscheidungsprodukten. Diese Verluste können durch Anpassung in **Körperbau** und **Stoffwechsel** vermindert werden.

Reptilien erreichen dies durch die besonders starke Ausbildung einer für Wasser nur in geringem Maße durchlässigen Hornschicht. Insekten verfügen entsprechend über eine Wachsschicht auf dem

Chitinpanzer. Den Säugetieren, die in der Wüste leben, fehlen Schweißdrüsen. Oft liegt ihre Körpertemperatur über der von Säugetieren anderer Klimazonen (beim Kamel bis 41°C am Mittag), wodurch weniger Wasser zur Kühlung des Körpers verdunstet werden muss. Manche Bodentiere passen ihr Verhalten einer Trockenheit dergestalt an, dass sie sich in feuchtere Tiefen eingraben. Viele Säugetiere der Wüsten sind nur nachts aktiv, andere Arten überdauern Trockenperioden in einem besonderen Ruhezustand und verringern so durch ihr Verhalten den Wasserverlust.

1.2 Biozönose

Begriffe Biozönose ♦ biotische Ökofaktoren ♦ Beute ♦ Räuber ♦ Konkurrent ♦ Parasit ♦ Wirt ♦ Symbiose ♦ Symbiont ♦ biologisches/biozönotisches Gleichgewicht

Lebewesen besiedeln einen Biotop nicht allein, sondern in Gemeinschaften. Eine solche Gemeinschaft von Lebewesen verschiedener Arten, welche sich unter den gegebenen Umweltbedingungen in einem abgrenzbaren Raum entwickelt, nennt man **Biozönose**. Innerhalb einer Biozönose kommt es zu vielfältigen Beziehungen.

1.2.1 Biotische Ökofaktoren

Alle Lebewesen, die irgendwie auf bestimmte andere Lebewesen eines Lebensraumes einwirken, bezeichnet man als **biotische Ökofaktoren**.

◆ Räuber und Beute

Wenn Individuen einer Art anderen als Nahrung dienen, spricht man von einer Räuber-Beute-Beziehung. Die **Beute** stellt einen biotischen Umweltfaktor für den **Räuber** (Fressfeind) dar – und umgekehrt.

◆ Konkurrenten

Ernährt sich eine andere Art vom gleichen Beutetier, so stellt diese für den Räuber einen **Konkurrenten** dar. Zwischen verschiedenen Arten gibt es aber vielfältige Möglichkeiten, im gleichen Lebensraum zu existieren, z.B. durch eine Aufteilung des Lebensraumes in Reviere oder ganz einfach dadurch, dass die möglichen Konkurrenten ihre Nahrung an unterschiedlichen Orten suchen bzw. zu anderen Zeiten aktiv sind. In einem solchen Fall spricht man von Konkurrenzvermeidung durch Besetzung verschiedener **ökologischer Nischen**.

◆ Parasit und Wirt

Manche Arten erwerben ihre Nahrung jedoch nicht, indem sie andere Lebewesen fressen, sondern indem sie einem anderen Organismus nach dem Prinzip „leben und leben lassen“ bestimmte Stoffe entziehen. Man bezeichnet sie dann als **Parasiten**, die geschädigte Art als **Wirt**. Alle Läuse leben parasitisch auf Säugetieren und ernähren sich von deren Blut – im Gegensatz zu Räubern jedoch, ohne sie zu töten.

◆ Symbionten

Nutzt eine Beziehung beider beteiligten Arten, spricht man von einer **Symbiose**, die beteiligten Arten sind **Symbionten**. Einige Fischarten fressen auf der Haut anderer Fische befindliche Parasiten und verschaffen diesen damit einen Vorteil. Der Putzerfisch selbst bezieht Nahrung, indem er die Parasiten frisst. Viele Bakterien oder tierische Einzeller besiedeln Körperhöhlen bestimmter Säugetierarten. Im Darm von Unpaarhufern und im Magen von Wiederkäuern leben auf diesen Lebensraum spezialisierte Wimpertierchen. Einige von ihnen wirken bei der Verdauung der Zellulose mit, indem sie diese enzymatisch spalten.

1.2.2 Bedeutung biotischer Ökofaktoren

Wie aus diesen Beispielen hervorgeht befinden sich Lebewesen einer Biozönose in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis. So bestimmt beispielsweise das Fehlen oder Vorhandensein von Großraubtieren (z.B. Wolf) die Anzahl von deren Beutetieren (z.B. Reh). Das Reh stellt also für den Wolf einen wesentlichen biotischen Ökofaktor (Beutetier) dar. Daher bedingen sich beide Arten gegenseitig, sodass Biozönosen zwar ständig Veränderungen unterliegen; auf die Abfolge mehrerer Generationen bezogen bleibt ihre Zusammensetzung aus bestimmten Arten jedoch erhalten. Man spricht dann von einem **biologischen** oder **biozönotischen Gleichgewicht**.

Obwohl jedes biologische Gleichgewicht durch bestimmte Faktoren (z.B. Waldbrand) gestört werden kann, stellt es sich anschließend in der Regel wieder ein. Eine dauerhafte Verschiebung des Gleichgewichts erfolgt lediglich durch die Menschen oder einen Klimawandel (vgl. Lektion 13).

1.3 Ökosystem

Begriffe Ökosystem ◆ Stoffkreislauf ◆ Zellatmung ◆ Produzent ◆ Fotosynthese ◆
Baustoffwechsel ◆ Betriebsstoffwechsel ◆ Konsument ◆ Destruent ◆
Energiefluss ◆ Brutto-Primärproduktion ◆ Netto-Primärproduktion ◆
trophische Stufen

Ein Wald, eine Wiese oder ein Moor beinhalten nun jeweils abiotische *und* biotische Ökofaktoren. Sie setzen sich also aus Biotop und Biozönose zusammen und bilden so ein **Ökosystem**, in dem sich abiotische und biotische Ökofaktoren gegenseitig beeinflussen.

Ein Beispiel hierfür ist die Pflanzengemeinschaft eines Waldes, deren Zusammensetzung ganz wesentlich von der Menge des Niederschlages abhängt, den diese Pflanzen dort erhalten. Umgekehrt verändern auch Lebewesen den Biotop, so wie das z.B. bestimmte Nadelgehölze tun, deren Nadelstreu zu einer Erhöhung des Säuregehaltes im Boden beiträgt. Durch diese gegenseitige Beeinflussung sind belebte und unbelebte Faktoren in einem Ökosystem miteinander verknüpft. Ein solches System ist also nicht nur die Summe von Biotop und Biozönose, sondern deren funktionelle Einheit.

1.3.1 Stoffkreislauf in einem Ökosystem

Alle Lebewesen bauen in den Zellen organische Stoffe auf, verändern diese und bauen sie wieder zu kleineren Bausteinen ab. Ein bekanntes Beispiel ist der Abbau der Nährstoffe durch Verbren-

nung zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Den für diese Verbrennung benötigten Sauerstoff nehmen Menschen, Tiere und Pflanzen über die Atmung auf. Der Abbauvorgang in der Zelle selbst heißt **Zellatmung**. Die dabei freigesetzte Energiemenge ist der Brennwert, welcher auf bestimmten Lebensmitteln sogar angegeben wird.

Diese Verbrennung läuft in tierischen und pflanzlichen Zellen ab. Organische Stoffe aus anorganischen* (nicht-organischen) herzustellen, ist hingegen eine Fähigkeit, die nur Pflanzen besitzen.

◆ **Produzenten (Erzeuger)**

Am Beginn einer jeden Nahrungskette steht als erstes Glied eine **Pflanze als Erzeuger** von organischen Stoffen. Zunächst bilden die Pflanzen aus den anorganischen Stoffen Kohlenstoffdioxid und Wasser den organischen Stoff Traubenzucker (Glucose). Da Traubenzucker einen höheren Energieinhalt besitzt als die anorganischen Ausgangsstoffe, muss jeder Erzeuger Energie aus der Umgebung in Form von Lichtenergie aufnehmen, weshalb der Vorgang auch als **Fotosynthese** bezeichnet wird. Aus dem Traubenzucker werden anschließend andere Kohlenhydrate, Eiweiße, Fette sowie die Erbsubstanz aufgebaut. Für die Synthese von Eiweißen und Erbsubstanz werden zusätzlich zum Traubenzucker Mineralstoffe benötigt, welche die Pflanze in Wasser gelöst aus dem Boden aufnimmt.

Solche Vorgänge, in deren Verlauf die am Aufbau eines Organismus beteiligten organischen Verbindungen aus einfacheren Stoffen hergestellt werden, bezeichnet man als **Baustoffwechsel**. Hierzu zählen neben der Fotosynthese und dem Aufbau von Fetten und Eiweißen u.a. auch die Herstellung von Cellulose, dem Stoff, aus dem die pflanzliche Zellwand besteht.

Baut eine Pflanze – oder ein Tier – die energiereichen Stoffe durch Veratmung ab, so wird dabei die darin enthaltene chemische Energie wieder freigesetzt und kann für energieabhängige Vorgänge genutzt werden. Zu diesen zählen viele Transportvorgänge in der Zelle, viele Synthesen des Baustoffwechsels wie auch die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur bei gleichwarmen Tieren. Diejenigen Stoffumsätze, in denen die vom Organismus benötigte Energie bereitgestellt wird, bezeichnet man als **Betriebsstoffwechsel** oder auch Energiestoffwechsel.

Bau- und Betriebsstoffwechsel sind jedoch nicht getrennt ablaufende Prozesse, sie greifen vielmehr ineinander. Man denke nur an die Fette, welche einerseits wichtige Baustoffe in Zellmembranen sind (s. Abschnitt 1.4.1), andererseits aber in ölhaltigen Früchten oder auch im Fettgewebe des Menschen große Energiemengen speichern.

◆ **Konsumenten (Verbraucher)**

Tiere betreiben keine Fotosynthese. Sie fressen daher andere Lebewesen oder parasitieren auf oder in solchen, um deren organische Stoffe zu nutzen. Hierbei unterscheidet man Pflanzen fressende **Primärkonsumenten** von **Sekundärkonsumenten**, welche räuberisch von anderen Tieren leben. In Abbildung 1.1 sind die Blätter fressende Larve der Eichengallwespe und das Eicheln verzehrende Eichhörnchen Primärkonsumenten. Da die Kohlmeise Insektenlarven frisst und der Habicht Eichhörnchen jagt, zählt man beide zu den Sekundärkonsumenten. Frisst ein Habicht jedoch eine Kohlmeise, so nimmt er die Rolle eines **Tertiärkonsumenten** ein. Oft sind Sekundär- oder Tertiärkonsumenten die letzten Glieder einer Nahrungskette; sie werden dann auch als Endkonsumenten bezeichnet.

* Zur Unterscheidung zwischen anorganischer und organischer Chemie siehe: Telekolleg MultiMedial – Chemie für Biologie, S. 8 ff.

◆ Destruenten (Zersetzer)

Wenn die Blätter der Bäume zu Boden fallen, abgestorbene Äste abbrechen, oberirdische Pflanzenteile absterben oder Vögel Federn verlieren, befinden sich die organischen Stoffe außerhalb der Lebewesen; man bezeichnet sie dann auch als **tote organische Stoffe**. Daneben zählt man auch **Exkrememente** (Kot und Urin) und **Kadaver** (tote Pflanzen und Tiere) zum Bestandesabfall eines Ökosystems. Durch die Tätigkeit der **Destruenten** werden diese organischen Stoffe eines Ökosystems zu anorganischen Stoffen abgebaut.

Die Zersetzung zu anorganischen Stoffen erfolgt jedoch in mehreren Schritten: Regenwürmer und Asseln fressen abgeworfene Blätter. Der von ihnen abgegebene Kot wird von Milben oder Springschwänzen gefressen, sodass man von **Primär- und Sekundärzersettern** spricht. Deren Kot wird schließlich von Bakterien und Pilzen zerlegt, wobei Kohlenstoffdioxid, Wasser und Mineralstoffe entstehen. Bakterien und Pilze bezeichnet man daher auch als **Mineralisierer**. Das freigesetzte Kohlenstoffdioxid, das Wasser und die Mineralstoffe stehen nun wieder den Produzenten zur Verfügung und gelangen so in einen neuen Stoffkreislauf (Abb. 1.1).

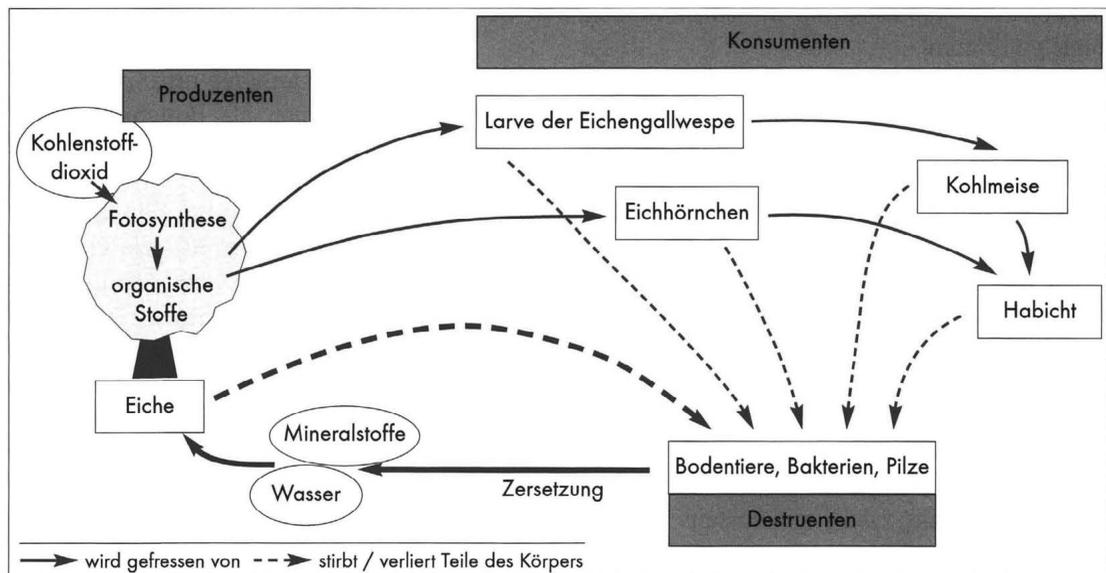


Abb. 1.1 Ausschnitt aus einem Stoffkreislauf

1.3.2 Energiefluss in einem Ökosystem

Von der die Obergrenze der Erdatmosphäre erreichenden **Sonnenstrahlung** kommt nur etwa die Hälfte auf der Erdoberfläche an. Der Rest wird in den Weltraum reflektiert oder in der Atmosphäre gestreut bzw. absorbiert.

Etwa die Hälfte dieser auf der Erdoberfläche ankommenden Sonnenstrahlung ist für die **Fotosynthese** nutzbar. Jedoch geht ein großer Teil der von den Blättern aufgenommenen Lichtenergie verloren, weshalb letztendlich nur 1–5% der Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt wird. Diese ist in den Produkten der Fotosynthese enthalten.

Die Menge, die die Pflanzen eines Ökosystems im Laufe eines Jahres an biologischer Substanz (Biomasse) aufbauen, bezeichnet man als **Brutto-Primärproduktion**.

Etwa die Hälfte dieser Stoffe wird bei der Zellatmung zerlegt (s. Abschnitt 1.3.1), wobei auch Wärme an die Umgebung abgegeben wird und damit ungenutzt verloren geht. Es bleibt somit von der Brutto-Primärproduktion ungefähr die Hälfte als tatsächlicher Zuwachs an pflanzlicher Biomasse. Diesen Anteil nennt man **Netto-Primärproduktion** (= Brutto-Primärproduktion abzüglich des Atmungsverlustes).

Da Pflanzen irgendwann Blätter abwerfen, alte Äste abbrechen und Früchte abfallen oder durch den Wind bzw. Tiere verbreitet werden, verlässt ein großer Teil der Netto-Primärproduktion die Nahrungskette und wird dann von Destruenten abgebaut. Für die Primärkonsumenten bleiben daher nur noch etwa 10–20% der Netto-Primärproduktion nutzbar. Der Rest gelangt in die Abbaukette der Destruenten.

Konsumenten wie auch Destruenten wandeln nun Teile der von den Pflanzen gebildeten organischen Substanz in eigene Körpersubstanz um. Da die Primärkonsumenten ihrerseits einen Teil der aufgenommenen Stoffe für die Atmung nutzen und außerdem Stoffe ausscheiden (Kot, Urin), beträgt ihre Produktion nur 10–20% der Netto-Primärproduktion der Produzenten. Nur dieser Anteil an der Netto-Primärproduktion steht nun den Sekundärkonsumenten zur Verfügung. Natürlich bilden auch diese Bestandesabfall und veratmen einen Teil der aufgenommenen Stoffe. Grob vereinfacht kann man daher formulieren, dass innerhalb der Konsumentenkette immer im Mittel 10% der produzierten Biomasse in Biomasse der nächsten Stufe umgewandelt werden können. Diese Stufen der Nahrungskette bezeichnet man als **trophische Stufen**.

Demzufolge ergibt der Biomassevergleich der trophischen Stufen eines Ökosystems eine Pyramide. Die nebenstehende **Biomassepyramide** zeigt dies für die Nahrungskette Luzerne – Rind – Mensch (Abb. 1.2). Die Luzerne ist eine besonders eiweiß- und mineralstoffreiche Futterpflanze.

Mit den organischen Stoffen der Biomasse gelangt auch die darin enthaltene chemische Energie von einer trophischen Stufe zur nächsten. Zwischen der Weitergabe von Stoffen und der Weitergabe von Energie besteht nun aber folgender Unterschied: Die Produkte der Atmung (Kohlenstoffdioxid und Wasser) werden von den Produzenten wieder aufgenommen und gelangen so zurück in den Stoffkreislauf.

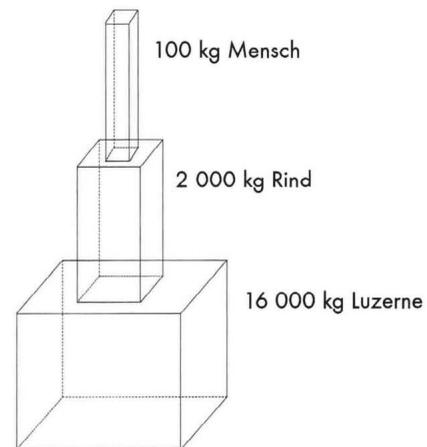


Abb. 1.2 Biomassepyramide

Die bei der Atmung an die Umgebung abgegebene Wärmeenergie ist aber von keinem Lebewesen mehr nutzbar. Es entsteht also kein „Energiekreislauf“, eher könnte man von einer sich verengenden „Einbahnstraße“ der Energie sprechen. Diesen Zusammenhang nennt der Ökologe den **Energiefluss** durch ein Ökosystem.

1.4 Zelle - Gewebe - Organismus

Begriffe Zelle ♦ Zellwand ♦ Zellplasma ♦ Zellmembran ♦ Zellorganelle ♦ Zellkern ♦ Chloroplast ♦ Mitochondrium ♦ Endoplasmatisches Reticulum ♦ Ribosomen ♦ Vakuole ♦ Plasmid ♦ Gewebe ♦ Organ ♦ Organismus

Gemeinsames Merkmal aller Lebewesen ist der Aufbau aus **Zellen**. Dies gilt für Bakterien, Tier und Mensch, Pilze und Pflanzen. Jedoch unterscheiden sich Lebewesen im Aufbau ihrer Zellen sowie in deren Anzahl.

1.4.1 Aufbau von Zellen

♦ Pflanzenzelle

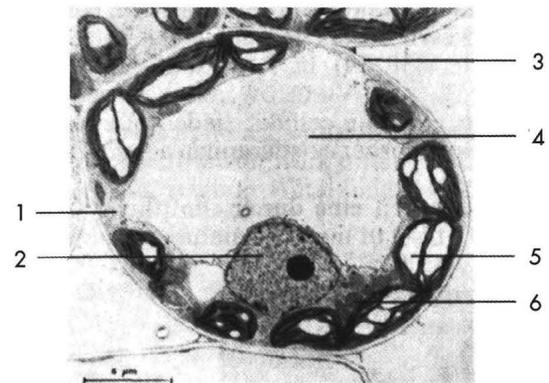
Eine gewöhnliche Pflanzenzelle (Abb. 1.3) wird durchschnittlich etwa 40 μm groß. Sie ist außen von einer **Zellwand**, bestehend aus dem Kohlenhydrat Cellulose, umgeben. Im Inneren der Zelle befindet sich das zähflüssige **Zellplasma (Cytoplasma)**, welches von einer **Zellmembran** aus Eiweißen und Fetten begrenzt wird. Das Zellplasma ist ein Gemisch aus Wasser und darin gelösten Eiweißen, Fetten, Kohlenstoffhydraten, Aminosäuren, Zucker, DNA-Bausteinen und Ionen. In ihm laufen wichtige Stoffwechselvorgänge ab.

Eingelagert in das Cytoplasma sind verschiedene **Zellorganellen**. Dies sind Zellbestandteile, die mittels Membranen vom Rest des Cytoplasmas abgegrenzt sind und ganz bestimmte Aufgaben erfüllen.

Der **Zellkern** enthält die Erbsubstanz DNA (vgl. Lektion 8). Die **Chloroplasten** vermögen mithilfe des grünen Blattfarbstoffes Chlorophyll, Fotosynthese zu betreiben.

Die **Mitochondrien** (Abb. 1.3) machen die in den Nährstoffen vorhandene Energie für die Zellen verfügbar und werden daher auch als „Kraftwerke“ der Zelle bezeichnet.

Eine weitere Organelle der Zelle ist das **Endoplasmatische Reticulum (ER)** (Abb. 1.4). Dies ist ein aus Membranen aufgebautes System von Hohlräumen im Zellplasma. In diesen



- | | | |
|--------------|------------|-----------------|
| 1 Cytoplasma | 3 Zellwand | 5 Chloroplasten |
| 2 Zellkern | 4 Vakuole | 6 Mitochondrium |

Abb. 1.3
Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Pflanzenzelle

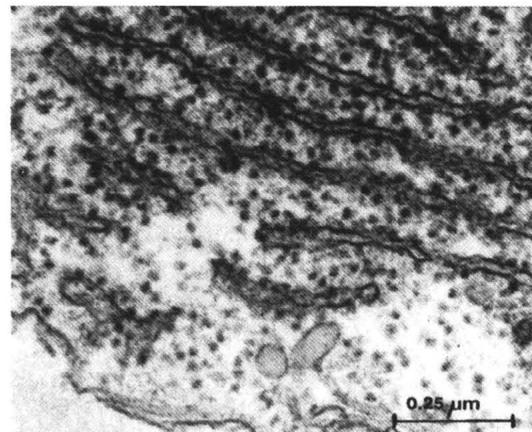


Abb. 1.4
Elektronenmikroskopische Aufnahme:
Schnitt durch das ER mit Ribosomen

werden wichtige Stoffe hergestellt und transportiert – andere wiederum werden im ER abgebaut. **Ribosomen**, kleine membranlose Gebilde, deren äußere Form der eines in der Mitte eingeschnürten Säckchens ähnelt, befinden sich häufig auf den Membranen des ER, kommen aber auch in Mitochondrien und Plastiden (z.B. Chloroplasten) sowie im Zellplasma vor. Stets sind sie Orte der Eiweißsynthese.

Manche Reservestoffe (z.B. Farbstoffe, Gerbstoffe, organische Säuren und Öle) und Endprodukte des Stoffwechsels gelangen in die **Vakuolen** der Pflanzenzelle und werden dort gespeichert. Bei älteren Zellen sind diese Vakuolen oft zu einer einzigen großen Vakuole verschmolzen.

◆ Tierzelle

Tierische und menschliche Zellen unterscheiden sich von Pflanzenzellen dadurch, dass ihnen die Zellwand fehlt. Die äußere Begrenzung ist hier also die Zellmembran. Ebenso verfügen sie weder über Vakuolen noch über Chloroplasten, weshalb sie keine Fotosynthese betreiben können.

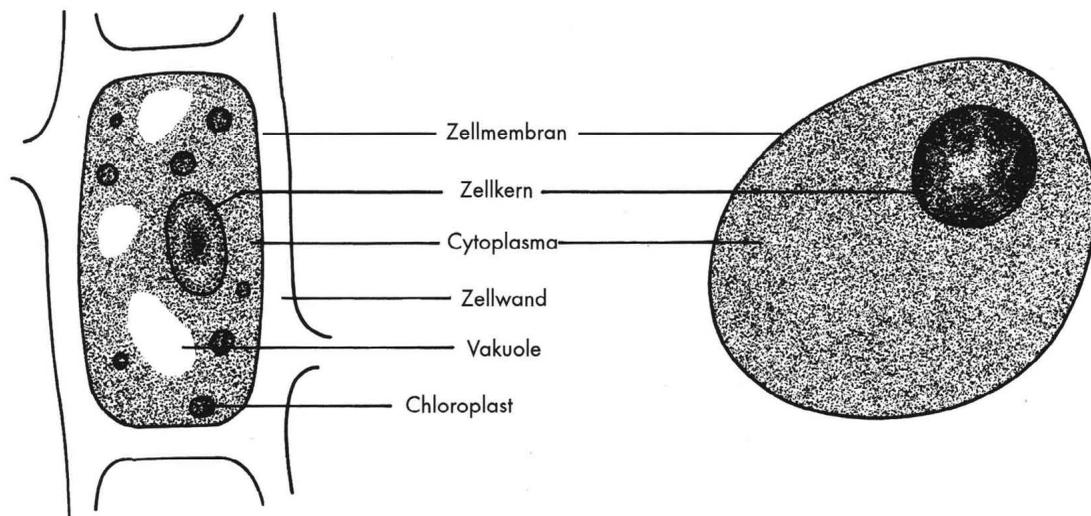


Abb. 1.5 Vergleich von Pflanzenzelle (links) und Tierzelle (rechts)

◆ Pilze

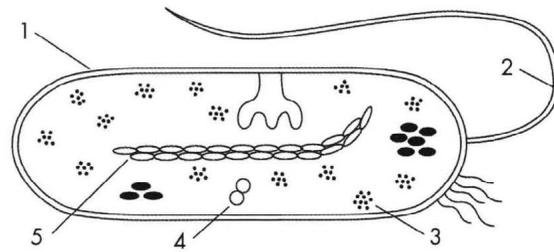
Pilze nehmen eine Sonderstellung ein: Einerseits sind sie keine Pflanzen, da ihnen die pflanzentypischen Chloroplasten fehlen. Außerdem bauen sie ihre Zellwand nicht aus Cellulose, sondern aus dem Stoff Chitin auf, welcher auch das Außenskelett der Insekten bildet. Andererseits sind Pilze aber auch keine Tiere, denn ihre Zellen besitzen im Gegensatz zu diesen eine Zellwand.

◆ Einzeller

Die meisten Pflanzen und Tiere bestehen aus sehr vielen Zellen, bei Menschen sind dies bis zu 10 Billionen. Es gibt aber auch Lebewesen aus nur einer Zelle. Bei diesen Einzellern unterscheidet man pflanzliche Einzeller, wozu Kieselalgen und viele Grünalgen zählen, und tierische, wie die Pantoffeltierchen, die Trompetentierchen oder die Amöben.

◆ Bakterien

Bakterien (Abb. 1.6) unterscheiden sich von Einzellern und allen anderen Lebewesen durch das **Fehlen eines Zellkernes**. Das Erbgut liegt bei ihnen frei im Cytoplasma. Bakterien vermögen sich mit rotierenden Geißeln fortzubewegen. Bei manchen ist nur eine einzige Geißel vorhanden, bei anderen wiederum kommen mehrere Geißeln in Büscheln vor oder es sind viele Geißeln über die gesamte Oberfläche der Zelle verteilt. Geißellose Bakterien hingegen bewegen sich durch gleitende Bewegung fort. Viele Bakterien verfügen über mehrere ringförmige DNA-Elemente, die sich außerhalb der eigentlichen Bakterienerbsubstanz befinden und wesentlich kleiner sind. Sie werden als **Plasmide** bezeichnet. Nach ihrer äußeren Gestalt unterscheidet man kugelförmige Kokken, stäbchenförmige Bakterien (meist Bazillen), gekrümmte Vibrionen und schraubenartig gedrehte Spirillen (Abb. 1.7). Die Zellwand ist eine säckchenartige Hülle. Der Stoff Cellulose, aus dem die Wand der Pflanzenzelle besteht, kommt in der Bakterienhülle jedoch nicht vor.



- | | | |
|---------------|----------|-----------------------------|
| 1 Zellmembran | 2 Geißel | 3 Ribosomen (im Cytoplasma) |
| 4 Plasmid | 5 DNA | |

Abb. 1.6 Aufbau einer Bakterienzelle

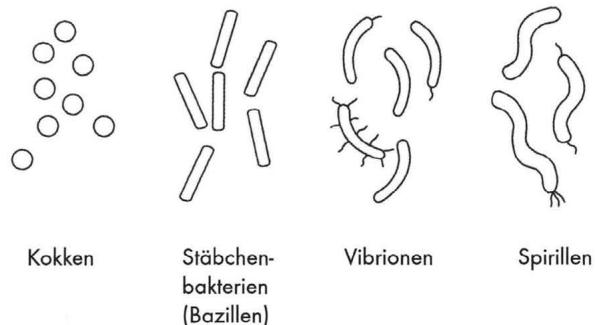


Abb. 1.7 Gestalt der Bakterienzellen

1.4.2 Gewebe

Der beschriebene Aufbau der Pflanzen- und Tierzellen ist jedoch nur eine Art Grundbauplan. Tatsächlich gibt es bedeutende Unterschiede zwischen verschiedenen Tierzellen oder verschiedenen Pflanzenzellen, selbst dann, wenn es sich um Zellen des gleichen Lebewesens handelt. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, dass die Zellen eines Lebewesens in einer Art Arbeitsteilung unterschiedliche Aufgaben ausüben und auf diese auch durch ihren besonderen Aufbau spezialisiert sein müssen.

Nervenzellen, die der Weiterleitung von elektrischen Signalen dienen, sind daher sehr lang, manche von ihnen bis zu einem Meter. Um die für diese Signalleitung notwendigen Verknüpfungen zu anderen Nervenzellen bilden zu können, sind sie an einem Ende bäumchenartig verzweigt. Andere Zellen, wie z.B. die **Epithelzellen** der Oberhaut, unterscheiden sich eindeutig von solchen Nervenzellen, da sie sonst ihre Funktion nicht ausüben können. Sie bedecken und schützen häufig

die Oberflächen eines Körpers, die mit der Außenwelt in Berührung stehen. Das sind sowohl von außen sichtbare Flächen, wie die Haut, aber auch innere, wie der Darm. Oft sind die Zellen daher abgeflacht. Die Zellmembranen benachbarter Zellen sind meist innig verzahnt, sodass keine nennenswerten Zellzwischenräume entstehen.

Solche Verbände gleichartig aufgebauter Zellen, welche miteinander in Kontakt stehen, bezeichnet man als **Gewebe**. Ein Gewebe wird nach der Zellart benannt, aus der es sich zusammensetzt. Nervenzellen bilden das Nervengewebe, Epithelzellen das Epithelgewebe. Auch die Ausbildung des Raumes zwischen den Zellen ist für ein Gewebe typisch. Die Zellen des **Bindegewebes** bilden die dritte Gewebeart bei Tier und Mensch. Unsere Lederhaut und Unterhaut bestehen zu einem großen Teil daraus. Zwischen meist recht weit auseinander liegenden Zellen ist reichlich Zwischenzellsubstanz eingelagert. Beim Knochengewebe, einem besonderen Bindegewebe, befinden sich in dieser Zwischenzellsubstanz große Mengen von Calcium-Salzen. Die Zellen des **Muskelgewebes** schließlich können ähnlich wie die Nervenzellen elektrisch erregt werden. Zusätzlich vermögen sie sich zu verkürzen; diese Fähigkeit ist auf das Vorhandensein bestimmter Eiweißstrukturen zurückzuführen.

1.4.3 Organismus

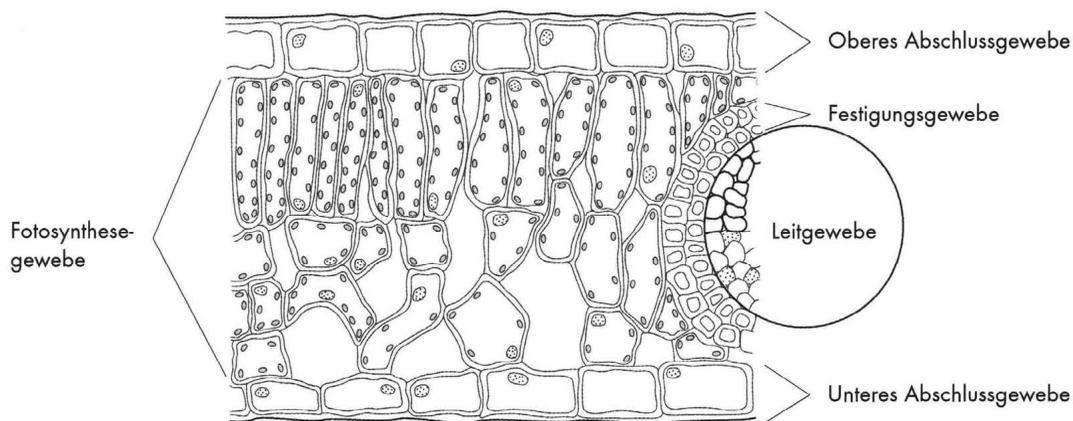


Abb. 1.8 Innerer Bau eines Blattes

Einige verschiedene Gewebe können sich zu einem **Organ** verbinden. Dies sind von ihrer Umgebung klar abgegrenzte Körperteile mit einer bestimmten Funktion.

Die Haut beispielsweise ist ein Organ, in welchem sich Epithel-, Binde-, Muskel- und Nervengewebe befinden. Auch das Herz besteht aus verschiedenartigen Geweben, ebenso die Lunge usw. Pflanzen bestehen ebenfalls aus Organen, und auch bei ihnen setzen diese sich aus mehreren Geweben zusammen, nur sind es eben andere als die Gewebe der Tiere und des Menschen. So besteht z.B. ein Laubblatt aus Abschlussgewebe, Leitgewebe, Festigungs- und Fotosynthesegewebe (Abb. 1.8).

Alle Organe zusammen bilden den **Organismus** – das Lebewesen.

- ◆ Die **Ökologie** als Teilbereich der Biologie beschäftigt sich mit den Wechselwirkungen zwischen den Organismen und deren Umwelt.
Die Gesamtheit der **abiotischen Ökofaktoren** (Umwelteigenschaften) eines Lebensraumes ist der **Biotop**. Dieser wird von einer Gemeinschaft von Lebewesen verschiedener Arten besiedelt – der **Biozönose**. Lebewesen wirken auf andere Lebewesen einer solchen Biozönose ein, sie stellen somit als Räuber, Beutetiere, Parasiten oder Symbionten **biotische Ökofaktoren** dar.

- ◆ Die Gesamtheit aus Biotop und Biozönose ist das **Ökosystem**. In einem solchen Ökosystem werden Stoffe auf- und abgebaut, sodass sie einen fortwährenden Kreislauf durchlaufen.
Produzenten (Erzeuger) stellen organische Stoffe und Sauerstoff durch **Fotosynthese** aus den anorganischen Stoffen Kohlenstoffdioxid und Wasser her.
Konsumenten (Verbraucher) nehmen diese Stoffe mit der Nahrung auf und geben sie innerhalb einer Nahrungskette weiter.
Tote Lebewesen und Teile von Lebewesen werden von **Destruenten** (Zersetzern) zu Kohlenstoffdioxid, Wasser und Mineralstoffen zerlegt, die somit wieder den Produzenten zur Verfügung stehen.

- ◆ Die Weitergabe der organischen Stoffe durch die Kette der Konsumenten beinhaltet auch einen **Energiefluss**, also eine Weitergabe der in diesen Stoffen enthaltenen **Energie**. Da aber alle Lebewesen einen Teil dieser Energie zur Aufrechterhaltung der **Stoffwechselfvorgänge** im Körper verbrauchen und Teile der Lebewesen (abgefallene Blätter, Haare) ohne Nutzung durch Verbraucher von Destruenten zerlegt werden, wird innerhalb der **Nahrungskette** immer nur ein geringer Anteil der Energie an das nächste Glied weitergegeben.

- ◆ Alle Lebewesen bestehen aus **Zellen**. **Pflanzliche Zellen** bestehen aus **Zellwand**, **Zellmembran** und dem **Zellplasma**, in welches der **Zellkern**, die **Chloroplasten**, die **Mitochondrien** sowie die **Ribosomen**, das **Endoplasmatische Reticulum** und die **Vakuolen** eingebettet sind.
Tierischen und **menschlichen Zellen** fehlen Zellwand, Chloroplasten und Vakuolen.
Bakterien unterscheiden sich von allen anderen Lebewesen dadurch, dass ihre Zellen keinen Zellkern enthalten.
Zellen sind auf bestimmte Aufgaben **spezialisiert** und entsprechend aufgebaut. Bei Menschen und Tieren unterscheidet man die **Grundtypen** Epithel-, Binde-, Nerven- und Muskelzellen.
Die Verbände gleichartig aufgebauter Zellen bezeichnet man als **Gewebe**, den Zusammenschluss mehrerer Gewebe zu einem abgrenzbaren Körperteil als **Organ**.

Aufgaben zur Lernkontrolle

Filmfrage: *In welcher Hinsicht ist es sinnvoller, sich von Krill zu ernähren als z.B. Heringe oder Rotbarsch zu verspeisen?*

- 1. Begründen Sie, warum es naturwissenschaftlich falsch ist, wenn ein in einem Garten angelegtes Gewässer als „Biotop“ bezeichnet wird.*
- 2. Zählen Sie die prinzipiellen Möglichkeiten von Lebewesen auf, die Temperatur niedrig und den Verlust von Wasser gering zu halten.*
- 3. Beschreiben Sie drei Beziehungen zwischen Lebewesen verschiedener Arten.*
- 4. Erläutern Sie, warum ein Ökosystem ohne Konsumenten, aber nie ohne Produzenten existieren kann.*
- 5. Im kanadischen Felsengebirge wurden Wölfe in den sechziger Jahren fast vollständig ausgerottet. Danach ging die Anzahl der Weidenbäume (Salix), von denen sich Wapiti-Hirsche ernähren, zurück, ebenso die Anzahl bestimmter Spechtarten und des Bibers. Diskutieren Sie mögliche Zusammenhänge zwischen diesen Veränderungen.*
- 6. Nennen Sie die wichtigsten Bestandteile einer Pflanzenzelle und geben Sie an, welche dieser Bestandteile in einer tierischen Zelle fehlen.*
- 7. Was versteht man unter einem Gewebe? Nennen Sie die Grundtypen des menschlichen Gewebes.*

2. Nervensystem und Nervenzelle

Der Mensch ist gut, nur seine Nerven sind schlecht.
Moscheh Ya'akov Ben-gavriël

Glaubt man diesem Ausspruch, so scheint das Nervensystem eine Art „Achillesferse“ des menschlichen Körpers zu sein. Da gehen uns Dinge „auf die Nerven“, und wer nicht „Nerven wie Drahtseile“ hat, dem liegen die „Nerven blank“. Häufig hat es etwas mit Missfallen, mit Unbehagen zu tun, wenn wir an unsere Nerven denken. Was aber ist ein Nerv eigentlich? Kann er zum „Zerreißen gespannt sein“? Wie ist er aufgebaut? Wie funktioniert er? Und wie ist er in größere Zusammenhänge eingebunden? Diese Fragen werden uns in der folgenden Lektion beschäftigen.

2.1 Überblick über das Nervensystem

Begriffe Neuron ♦ Gliazellen ♦ Rezeptor ♦ Zentralnervensystem (ZNS) ♦
peripheres Nervensystem (PNS) ♦ animalisches (somatisches) Nervensystem ♦
vegetatives (autonomes) Nervensystem ♦ Gehirn ♦ Rückenmark ♦
afferente Leitungsbahnen ♦ efferente Leitungsbahnen ♦ Reiz ♦
elektrischer Impuls ♦ Reaktion

Nervensysteme kommen ausschließlich bei mehrzelligen Tieren und beim Menschen vor. Ihre funktionelle Einheit ist das **Neuron** (Nervenzelle). Daneben sind hauptsächlich Bindegewebszellen, sog. **Gliazellen**, am Aufbau des Nervensystems beteiligt. Sie besitzen vornehmlich eine Stütz- und Ernährungsfunktion für die Nervenzellen. Das Nervensystem zeichnet sich durch die Fähigkeit aus, Reize über **Rezeptoren** aufzunehmen, Erregungen zu bilden, weiterzuleiten, zu verarbeiten, eventuell zu speichern und gegebenenfalls Reize mit einer Reaktion, beispielsweise durch die Aktivierung eines Muskels, zu beantworten.

Das Nervensystem lässt sich nach seinem räumlichen Aufbau in das

- **Zentralnervensystem (ZNS)** und
- das **periphere Nervensystem (PNS)** unterteilen.

Gliedert man das Nervensystem nach der Funktion, so unterscheidet man das

- **animalische** oder **somatische Nervensystem**, das die Wahrnehmung, Verarbeitung und Reaktion auf Umweltreize umfasst und zumindest beim Menschen willentlicher Steuerung unterstellt ist und
- das **vegetative** oder **autonome Nervensystem**: es regelt die Vitalfunktionen, steuert also die inneren Organe und arbeitet weitgehend unbewusst.

2.1.1 Zentralnervensystem

Die Ausbildung des Nervensystems beginnt in der embryonalen Entwicklung bereits sehr früh, nämlich schon ab dem 18. Tag nach der Zygotenbildung. Aus dem Neuralrohr entwickelt sich das **Zentralnervensystem**. Es gliedert sich in **Gehirn** und **Rückenmark**. Im Zentralnervensystem

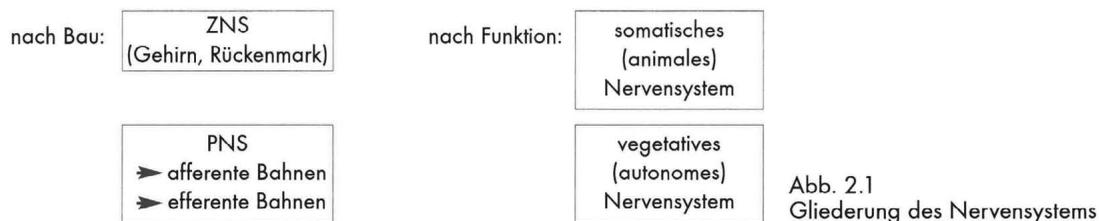
werden Impulse, die von der Peripherie – z.B. den Sinnesorganen – ankommen, empfangen und verarbeitet. Manche Signale werden gespeichert, es werden Reaktionen und Steuerungen entwickelt und die entsprechenden Befehle an die beteiligten Organe geleitet. Darüber hinaus ist das ZNS auch zu einer autonomen Erregungserzeugung in der Lage.

2.1.2 Peripheres Nervensystem

Das **periphere Nervensystem** umfasst alle Nerven, die Erregungen aus der Körperperipherie, z.B. von der Haut oder von inneren Organen, zum Gehirn oder in die entgegengesetzte Richtung leiten. Ist die Leitungsrichtung von der Peripherie zum Zentrum, so spricht man von **afferenten*** oder **sensorischen** (manchmal auch sensiblen) Leitungsbahnen. Nervenstränge, die vom Zentrum in die Peripherie ziehen, nennt man **efferente**** oder **motorische Leitungsbahnen**.

2.1.3 Vegetatives Nervensystem

Das Nervensystem besitzt nicht nur die Aufgabe, sich mit Einflüssen aus der Außenwelt auseinander zu setzen, auf Reize zu reagieren oder selbst initiativ zu werden, wie es Aufgabe des **somatischen Nervensystems** ist. Es muss auch das Funktionieren des eigenen Körpers garantieren. Diese Funktion übernimmt das **vegetative Nervensystem**. Es regelt die Funktionen der inneren Organe wie Atmung, Verdauung, Ausscheidung, usw. Das vegetative Nervensystem arbeitet, ohne dem direkten Willen oder direkten Reizen von außen unterworfen zu sein. Daher wird es auch als **autonomes Nervensystem** bezeichnet. Es arbeitet eng mit anderen Teilen des Nervensystems sowie mit dem Hormonsystem zusammen und kann dadurch die Tätigkeit der Organe unterschiedlichen Situationen anpassen. Aufgrund seiner komplexen Struktur wird in Abschnitt 2.4 noch ausführlicher auf das vegetative Nervensystem eingegangen.



2.1.4 Vom Reiz zur Reaktion

Ein Tennismatch. Der Ball fliegt mit hoher Geschwindigkeit hin und her. Was passiert in diesen Momenten im Körper eines Menschen? Die Augen blicken auf den Ball und melden dem Gehirn ständig seine Lage. Aufgrund der Ausholbewegung des Gegners und auch des Treffergeräusches des Balles auf dessen Schläger wird die voraussichtliche Flugbahn des Balles vorausberechnet und die richtige Position zum Schlag angestrebt. Gleichzeitig führen die Arme die Ausholbewegung aus.

* Lat.: *affere* = zuführen

** Lat.: *effere* = hinaustragen