



# Wissensspeicher

---

# Biologie

|                                                       |   |              |            |           |
|-------------------------------------------------------|---|--------------|------------|-----------|
| <b>Grundbegriffe</b>                                  | ■ | <b>Seite</b> | <b>7</b>   | <b>1</b>  |
| <b>Einteilung der Organismen</b>                      | ■ | <b>Seite</b> | <b>13</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Überblick über wichtige Gruppen der Organismen</b> | ■ | <b>Seite</b> | <b>21</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Bau der Organismen</b>                             | ■ | <b>Seite</b> | <b>95</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Stoffliche Struktur der Organismen</b>             | ■ | <b>Seite</b> | <b>173</b> | <b>5</b>  |
| <b>Stoff- und Energiewechsel</b>                      | ■ | <b>Seite</b> | <b>197</b> | <b>6</b>  |
| <b>Reiz- und Bewegungsphysiologie</b>                 | ■ | <b>Seite</b> | <b>221</b> | <b>7</b>  |
| <b>Fortpflanzung, Entwicklung und Wachstum</b>        | ■ | <b>Seite</b> | <b>235</b> | <b>8</b>  |
| <b>Vererbungsvorgänge</b>                             | ■ | <b>Seite</b> | <b>259</b> | <b>9</b>  |
| <b>Stammesgeschichtliche Entwicklung</b>              | ■ | <b>Seite</b> | <b>283</b> | <b>10</b> |
| <b>Ökologie</b>                                       | ■ | <b>Seite</b> | <b>307</b> | <b>11</b> |
| <b>Landeskultur</b>                                   | ■ | <b>Seite</b> | <b>337</b> | <b>12</b> |
| <b>Biologie und Gesellschaft</b>                      | ■ | <b>Seite</b> | <b>355</b> | <b>13</b> |
| <b>Anhang</b>                                         | ■ | <b>Seite</b> | <b>375</b> | <b>A</b>  |
| <b>Register</b>                                       | ■ | <b>Seite</b> | <b>407</b> | <b>R</b>  |



# Wissensspeicher Biologie

Das Wichtigste bis zum Abitur  
in Stichworten und Übersichten



2. Auflage



Volk und Wissen

Volkseigener Verlag Berlin

1981

**Autoren:**

Prof. Dr. G. Dietrich (A.1 und A.2.)

Prof. Dr. R. Hundt (11)

Dr. G. Kopprasch (6, 7, 8, A. 3.)

G. Kummer (1, 13, A.4.)

Dr. K. Lobeck † (12)

Dr. I. Meincke (2, 3.1. bis 3.11., 4.5, 5)

R. Stade (9, 10)

H. Theuerkauf (3.12. bis 3.18., 4.1. bis 4.4.)

Die Entwicklung des Manuskripts wurde von zahlreichen Fachwissenschaftlern, Methodikern und Lehrern unterstützt;

besondere Hilfe gaben Prof. Dr. K. Müntz für die Kapitel 5 und 6 sowie Prof. Dr. R. Hagemann für das Kapitel 9.

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1979

2. Auflage

Lizenz-Nr. 203 · 1000/81 (DN 01 17 12-2)

LSV 1307

Redaktion: Ute Püschel, Gertrud Kummer

Zeichnungen: Hans-Joachim Behrendt, Jutta Wolff

Ausstattung: Manfred Behrendt, Prisma

Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden

Printed in the German Democratic Republic

Schrift: 9/10 p Gill-Monotype

Redaktionsschluß: 19. 1. 1981

Bestell-Nr.: 707 055 9

DDR 12,80 M

---

# Inhalt

---

|                                                            |        |          |
|------------------------------------------------------------|--------|----------|
| <b>Grundbegriffe</b>                                       | ➡ 1    | Seite 7  |
| Allgemeines                                                | ➡ 1 1  | Seite 7  |
| Biologische Systeme                                        | ➡ 1 2  | Seite 8  |
| Wissenschaftsbereiche der Biologie                         | ➡ 1 3  | Seite 9  |
| Beziehungen der Biologie zu anderen<br>Naturwissenschaften | ➡ 1 4  | Seite 12 |
| <b>Einteilung der Organismen</b>                           | ➡ 2    | Seite 13 |
| Ordnungsprinzipien                                         | ➡ 2 1  | Seite 13 |
| System der Organismen                                      | ➡ 2 2  | Seite 14 |
| Systematik                                                 | ➡ 2 3  | Seite 19 |
| <b>Überblick über wichtige Gruppen der Organismen</b>      | ➡ 3    | Seite 21 |
| Viren                                                      | ➡ 3 1  | Seite 21 |
| Spaltpflanzen                                              | ➡ 3 2  | Seite 24 |
| Grünalgen                                                  | ➡ 3 3  | Seite 26 |
| Geißelalgen                                                | ➡ 3 4  | Seite 28 |
| Braunalgen                                                 | ➡ 3 5  | Seite 28 |
| Rotalgen                                                   | ➡ 3 6  | Seite 29 |
| Pilze                                                      | ➡ 3 7  | Seite 30 |
| Flechten                                                   | ➡ 3 8  | Seite 32 |
| Moose                                                      | ➡ 3 9  | Seite 34 |
| Farnpflanzen                                               | ➡ 3 10 | Seite 36 |
| Samenpflanzen                                              | ➡ 3 11 | Seite 39 |
| Urtierchen                                                 | ➡ 3 12 | Seite 50 |
| Hohltiere                                                  | ➡ 3 13 | Seite 53 |
| Plattwürmer                                                | ➡ 3 14 | Seite 57 |
| Rundwürmer                                                 | ➡ 3 15 | Seite 60 |
| Gliedertiere                                               | ➡ 3 16 | Seite 61 |

|             |   |      |          |
|-------------|---|------|----------|
| Weichtiere  | ➡ | 3 17 | Seite 75 |
| Chordatiere | ➡ | 3 18 | Seite 78 |

## **Bau der Organismen ➡ 4 Seite 95**

|                                       |   |     |           |
|---------------------------------------|---|-----|-----------|
| Zelle                                 | ➡ | 4 1 | Seite 95  |
| Einzellige und vielzellige Organismen | ➡ | 4 2 | Seite 99  |
| Körperbau bei Tieren                  | ➡ | 4 3 | Seite 101 |
| Organsysteme bei Tieren               | ➡ | 4 4 | Seite 103 |
| Bau der Pflanzen                      | ➡ | 4 5 | Seite 148 |

## **Stoffliche Struktur der Organismen ➡ 5 Seite 173**

|                                                                  |   |     |           |
|------------------------------------------------------------------|---|-----|-----------|
| Übersicht über chemische Verbindungen und Elemente in Organismen | ➡ | 5 1 | Seite 173 |
| Eiweiße und ihre Bedeutung im Organismus                         | ➡ | 5 2 | Seite 176 |
| Kohlenhydrate und ihre Bedeutung im Organismus                   | ➡ | 5 3 | Seite 186 |
| Fette und Lipide                                                 | ➡ | 5 4 | Seite 193 |
| Nukleotide und Nukleinsäuren                                     | ➡ | 5 5 | Seite 194 |
| Pyrrolverbindungen                                               | ➡ | 5 6 | Seite 196 |

## **Stoff- und Energiewechsel ➡ 6 Seite 197**

|                                                     |   |     |           |
|-----------------------------------------------------|---|-----|-----------|
| Grundvorgänge des Stoff- und Energiewechsels        | ➡ | 6 1 | Seite 197 |
| Assimilation                                        | ➡ | 6 2 | Seite 198 |
| Dissimilation                                       | ➡ | 6 3 | Seite 205 |
| Gärung                                              | ➡ | 6 4 | Seite 209 |
| Zusammenwirken der Stoffwechselvorgänge             | ➡ | 6 5 | Seite 211 |
| Stofftransport, Stoffspeicherung, Stoffausscheidung | ➡ | 6 6 | Seite 215 |

## **Reiz- und Bewegungsphysiologie ➡ 7 Seite 221**

|                                    |   |     |           |
|------------------------------------|---|-----|-----------|
| Reizbarkeit                        | ➡ | 7 1 | Seite 221 |
| Erregung und Erregungsleitung      | ➡ | 7 2 | Seite 226 |
| Erregungsverarbeitung und Reaktion | ➡ | 7 3 | Seite 229 |



|                                                |            |           |
|------------------------------------------------|------------|-----------|
| <b>Fortpflanzung, Entwicklung und Wachstum</b> | <b>➡ 8</b> | Seite 235 |
| Grundbegriffe                                  | ➡ 8 1      | Seite 235 |
| Ungeschlechtliche Fortpflanzung                | ➡ 8 2      | Seite 238 |
| Geschlechtliche Fortpflanzung                  | ➡ 8 3      | Seite 239 |
| Generationswechsel                             | ➡ 8 4      | Seite 245 |
| Individualentwicklung                          | ➡ 8 5      | Seite 249 |

|                                                |            |           |
|------------------------------------------------|------------|-----------|
| <b>Vererbungsvorgänge</b>                      | <b>➡ 9</b> | Seite 259 |
| Grundbegriffe                                  | ➡ 9 1      | Seite 259 |
| Die stoffliche Natur des genetischen Materials | ➡ 9 2      | Seite 260 |
| Realisierung der Erbinformation                | ➡ 9 3      | Seite 263 |
| Weitergabe und Verteilung der Erbanlagen       | ➡ 9 4      | Seite 267 |
| Veränderungen der Struktur der Erbanlagen      | ➡ 9 5      | Seite 274 |
| Vererbungsvorgänge beim Menschen               | ➡ 9 6      | Seite 280 |

|                                                 |             |           |
|-------------------------------------------------|-------------|-----------|
| <b>Stammesgeschichtliche Entwicklung</b>        | <b>➡ 10</b> | Seite 283 |
| Entstehung des Lebens auf der Erde              | ➡ 10 1      | Seite 283 |
| Evolutionen Faktoren                            | ➡ 10 2      | Seite 287 |
| Phylogenetische Entwicklungstendenzen           | ➡ 10 3      | Seite 291 |
| Entwicklung der Organismen in den Erdzeitaltern | ➡ 10 4      | Seite 296 |
| Stammesentwicklung des Menschen                 | ➡ 10 5      | Seite 301 |
| Geschichte der Abstammungslehre                 | ➡ 10 6      | Seite 305 |

|                                                  |             |           |
|--------------------------------------------------|-------------|-----------|
| <b>Ökologie</b>                                  | <b>➡ 11</b> | Seite 307 |
| Lebensraum und Umwelt                            | ➡ 11 1      | Seite 307 |
| Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt       | ➡ 11 2      | Seite 310 |
| Ökologische Potenz                               | ➡ 11 3      | Seite 318 |
| Vergesellschaftung von Organismen                | ➡ 11 4      | Seite 322 |
| Ökosystem als Einheit von Biozönose und Biotop   | ➡ 11 5      | Seite 326 |
| Beeinflussung von Ökosystemen durch den Menschen | ➡ 11 6      | Seite 333 |

|                                                             |          |               |
|-------------------------------------------------------------|----------|---------------|
| <b>Landeskultur</b>                                         | ➡ 12     | Seite 337     |
| Natur und Gesellschaft                                      | ➡ 12 1   | Seite 337     |
| Sozialistische Landeskultur                                 | ➡ 12 2   | Seite 342     |
| <br><b>Biologie und Gesellschaft</b>                        | <br>➡ 13 | <br>Seite 355 |
| Die Wissenschaft Biologie als gesellschaftliche Erscheinung | ➡ 13 1   | Seite 355     |
| Biologie und gesellschaftliche Praxis                       | ➡ 13 2   | Seite 356     |
| Mißbrauch biologischer Erkenntnisse                         | ➡ 13 3   | Seite 367     |
| Aufgaben der Biologie im Sozialismus                        | ➡ 13 4   | Seite 373     |
| <br><b>Anhang</b>                                           | <br>➡ A  | <br>Seite 375 |
| Erkenntnismethoden                                          | ➡ A 1    | Seite 375     |
| Biologische Arbeitsverfahren                                | ➡ A 2    | Seite 377     |
| Einheiten, Größen und energetische Beziehungen              | ➡ A 3    | Seite 395     |
| Zeittafel                                                   | ➡ A 4    | Seite 397     |
| <br><b>Register</b>                                         | <br>➡ R  | <br>Seite 407 |

### Zeichenerklärung

|       |                                                                          |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| ■     | Beispiel                                                                 |
| ↗     | siehe                                                                    |
| ♂     | männlich                                                                 |
| ♀     | weiblich                                                                 |
| ♂♀    | zwittrig                                                                 |
| ▼     | geschützte Pflanzen und Tiere                                            |
| ➡ 4 1 | Hinweis auf Unterabschnitte,<br>steht jeweils in der äußeren oberen Ecke |

## 1.1. Allgemeines

### Biologie

Biologie ist die Wissenschaft vom Leben, seinen Gesetzmäßigkeiten und Erscheinungsformen, seiner Ausbreitung in Zeit und Raum. Sie erforscht Ursprung, Wesen, Entwicklung, Komplexität und Vielfalt der Lebenserscheinungen.

Die Biologie ist Teil der Naturwissenschaften, welche Aufbau und Bewegung der Natur untersuchen.

### Leben

Leben ist eine Daseinsform der Materie, die sich in einem geordneten, komplexen System von Wechselwirkungen hochorganisierter chemischer Verbindungen (makromolekulare Stoffe) untereinander und mit einfacheren Substanzen ausdrückt. Dieses System ist durch Selbstreproduktion und Selbstregulation gekennzeichnet. Leben ist in einer bestimmten Etappe der historischen Entwicklung der Materie entstanden, es ist auf der Erde immer an Eiweiße und Nukleinsäuren gebunden und existiert in Gestalt von Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren und des Menschen.

↗ Biologische Systeme, S. 8 f.

↗ Entstehung des Lebens auf der Erde, S. 283 ff.

### Evolution

Die biologische Evolution umfaßt Prozeß und Verlauf der Stammesgeschichte der Organismen von den einfachsten Organisationsstufen bis zu den heute lebenden, teilweise hochorganisierten Formen.

↗ Stammesgeschichtliche Entwicklung, S. 283 ff.

### Ontogenese

Ontogenese (Individualentwicklung) ist die Gesamtheit aller Entwicklungsprozesse der Individuen von der Ausgangszelle (■ Zygote, Spore) bis zum natürlichen Tod. Sie umfaßt mehrere Phasen (■ Jugendphase, Reifephase, Alternsphase).

↗ Phasen der Individualentwicklung bei Mensch und Tieren, S. 249

## Phylogenese

Phylogenese ist die Stammesentwicklung, die Veränderung von Organismengruppen, Populationen und Arten in der Aufeinanderfolge der Generationen unter dem Einfluß äußerer und innerer Faktoren.

↗ Stammesgeschichtliche Entwicklung, S. 283 ff.

## 1.2. Biologische Systeme

### Allgemeines

Die moderne Biologie betrachtet auf Grund der Erkenntnisse aus vielen Spezialgebieten die lebende Natur als eine **enkaptische Hierarchie** (ineinander geschachtelte Stufenfolge) sich entwickelnder und miteinander in Wechselwirkung stehender materieller Systeme verschiedener Ordnung (Innerorganismische Systeme: ■ Zelle, Moleküle; außerorganismische Systeme: ■ Population, Biostroma).

### Organismus

Ein Organismus (Lebewesen) ist ein einheitliches, räumlich und zeitlich geordnetes System, das aus der Gesamtheit einzelner, miteinander und aufeinander wirkender Organe oder Organelle besteht und das nur in ständigem Stoff- und Energieaustausch mit der Umwelt existiert. Ein Organismus ist durch die Fähigkeit zur Selbstreproduktion und zur Selbstregulation gekennzeichnet.

↗ Bau der Organismen, S. 95 ff.

### Pflanze

Pflanzen sind ein- oder vielzellige Organismen, die überwiegend autotroph leben. Sie sind in der Regel nicht frei beweglich, sie haben meist durch Zellulose verstärkte Zellwände; ihr Wachstum ist zeitlich unbegrenzt.

↗ Bau der Pflanzen, S. 148 ff; ↗ Autotrophe Assimilation, S. 198

### Tier

Tiere sind ein- oder vielzellige Organismen, die immer heterotroph leben. Die meisten Tiere sind frei beweglich; sie führen aktiv ortsverändernde Bewegungen aus. Tiere haben ein zeitlich begrenztes Wachstum. Ihre Zellen sind ohne Zellwand.

↗ Körperbau bei Tieren, S. 101 ff.

↗ Heterotrophe Assimilation, S. 203

**Art**

Die Art ist die wichtigste taxonomische Einheit des Systems der Organismen. Sie wird als natürliche Grundeinheit aufgefaßt und umfaßt die Gesamtheit aller Individuen oder Populationen, die einer potentiellen Fortpflanzungsgemeinschaft angehören, eine gemeinsame Stammesgeschichte aufweisen, in Bau und Leistungen in wesentlichen Merkmalen übereinstimmen und ein charakteristisches Verbreitungsgebiet haben.

↗ Systematische Kategorien, S. 15

**Individuum**

Ein Individuum ist ein Einzelebewesen, das in Entwicklung, Bau und Funktion einmalige Exemplar einer Art. Es ist ein Organismus von typischer Form und Gestalt, bestimmter Größe und spezifischer stofflicher Zusammensetzung.

**Biosphäre**

Die Biosphäre ist der Teil der Erdoberfläche, in dem das Leben existiert, sie ist eine durch die Organismen und deren Beziehungen zueinander und zur Gesteins-, Wasser- und Lufthülle der Erde gebildete spezifische Erdhülle.

**Biostroma**

Das Biostroma ist ein Teil der Biosphäre, in ihm sind die nebeneinander existierenden Organismengruppen verschiedener Lebensstätten (Biozönosen) durch Stoff- und Energieaustausch miteinander verbunden.

## 1.3. Wissenschaftsbereiche der Biologie

**Allgemeines**

Mit der Zunahme des Erkenntnisgewinns vollzog und vollzieht sich in der Biologie eine stärkere Differenzierung in spezielle Wissenschaftsbereiche. Die vielfältigen Erscheinungen der Organismenwelt werden von den einzelnen Biowissenschaften mit unterschiedlichen Zielstellungen und Methoden untersucht, um im Zusammenwirken immer tiefer in das Wesen der Erscheinungen der lebenden Natur eindringen zu können.

**Anthropologie**

Die Anthropologie untersucht alle den Menschen betreffenden biologischen Fragen: seine Stammes- und Individualentwicklung, Bau und Funktion der Organe (■ Stoff- und Energiewechsel, Reizaufnahme und Reizreaktion, Fortpflanzung, Vererbung).

Die Anthropologie hat für verschiedene Bereiche Bedeutung (■ Medizin, Pädagogik, Industrie) und steht in enger Beziehung zu den Gesellschaftswissenschaften.

## Botanik

Die Botanik (Pflanzenkunde) untersucht Bau, Lebensweise und Verbreitung der Pflanzen. Dabei stehen in der **allgemeinen** Botanik der Bau der Organismen sowie Bau und Funktionen der Organe im Mittelpunkt (■ Morphologie, Physiologie); die **spezielle** Botanik untersucht die Stellung der Sippen im System sowie die Vergesellschaftung und Verbreitung der Pflanzen (■ Taxonomie, Pflanzensoziologie, Pflanzengeographie).

## Zoologie

Die Zoologie (Tierkunde) untersucht Bau, Lebensweise und Verbreitung der tierischen Organismen. Die **allgemeine** Zoologie untersucht in erster Linie den Bau der Organismen sowie Bau und Funktionen der Organe (■ Anatomie, Physiologie, Embryologie), die **spezielle** Zoologie untersucht die Stellung der Sippen im System sowie die Vergesellschaftung und Verbreitung der Tiere (■ Taxonomie, Tiergeographie).

## Mikrobiologie

Die Mikrobiologie erforscht Bau, Lebensweise, Verbreitung und taxonomische Stellung der Viren und Mikroorganismen (Bakterien, tierische und pflanzliche Einzeller) sowie ihre Bedeutung für den Stoffkreislauf in der Natur und für den Menschen.

↗ Viren, S. 21 ff.; Spaltpflanzen, S. 24 ff.

↗ Wichtige Gruppen der Organismen, S. 26, 28, 30 und 50

## Ökologie

Die Ökologie ist die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen den Organismen und ihrer Umwelt. Umwelt umfaßt dabei die Gesamtheit der auf einen Organismus einwirkenden biotischen und abiotischen Faktoren.

↗ Umweltfaktoren, S. 307

## Paläontologie

Die Paläontologie ist die Wissenschaft von den Organismen in den verschiedenen Erdzeitaltern. Sie untersucht Fossilien, die Zeugen vom Leben in der erdgeschichtlichen Vergangenheit darstellen.

↗ Fossilien, S. 296

## Systematik

Die Systematik (Taxonomie) verfolgt das Ziel, die Gesamtheit der lebenden und der ausgestorbenen Organismen zu beschreiben, zu vergleichen, zu benennen, sie in natürliche Gruppen zu ordnen und nach dem Grad ihrer Verwandtschaft zu einem natürlichen System zusammenzufassen.

↗ Systematik, S. 19 f.

## Ethologie

Die Ethologie (Verhaltenswissenschaft) untersucht das Verhalten der Tiere und seine physiologischen Grundlagen. Der Mensch wird in die vergleichende Verhaltensforschung mit einbezogen.

## Anatomie

Die Anatomie ist die Lehre vom Bau und von der Lage der Gewebe und Organe eines Organismus sowie von der Zergliederung des Organismus. Die Anatomie ist Teilgebiet der Morphologie.

## Morphologie

Die Morphologie (Gestalts- und Formenlehre) ist die Lehre von der äußeren Körpergestalt und dem Aufbau der Organismen sowie von der Lage und den Lagebeziehungen der Organe.

## Zytologie

Die Zytologie (Zellenlehre) erforscht Struktur und Funktion der Zellen und ihrer Organellen.

↗ Zelle, S. 95 ff.

## Physiologie

Die Physiologie erforscht die Funktionen und Leistungen der Zellen, Gewebe, Organe und Organsysteme der Organismen mit dem Ziel, die kausalen Zusammenhänge der Lebensvorgänge untereinander und ihre Abhängigkeit von den Umweltverhältnissen aufzuklären (■ Stoff- und Energiewechsel, Reizbarkeit, Entwicklung).

## Genetik

Die Genetik (Vererbungslehre) untersucht die Vorgänge der Weitergabe von Merkmalsanlagen von Eltern auf die Nachkommen sowie die materiellen Strukturen, die diese Weitergabe (Vererbung) ermöglichen.

## Abstammungslehre

Die Abstammungslehre (Phylogenie) untersucht die Entstehung der heute existierenden Organismenarten. Sie weist nach, daß die Entstehung der Arten ein langer Entwicklungsprozeß ist, sie untersucht Ursachen und Verlauf dieser Entwicklung.

## 1.4. Beziehungen der Biologie zu anderen Naturwissenschaften

### Allgemeines

Mit dem zunehmend rascheren Erkenntnisgewinn in allen Bereichen der Wissenschaft vollzieht sich auch in den Naturwissenschaften einerseits eine immer stärkere Spezialisierung innerhalb jeder Wissenschaft, andererseits wird eine immer engere Verflechtung der verschiedenen Naturwissenschaften notwendig, um tiefer in das Wesen der Erscheinungen der lebenden und nichtlebenden Natur einzudringen.

Zwischen der Biologie und anderen Wissenschaftsdisziplinen haben sich verschiedene Grenzwissenschaften herausgebildet (■ Biochemie, Biophysik, Bionik).

### Biochemie

Die Biochemie erforscht die biochemischen Grundlagen der Lebenserscheinungen mit chemischen Methoden an biologischen Objekten.

### Biophysik

Die Biophysik erforscht die elementaren biologischen Strukturen, Funktionen und Verhaltensweisen der Organismen mittels physikalisch-chemischer Methoden.

### Bionik

Die Bionik befaßt sich mit der Erforschung der Statik und Bewegungsweisen bei Organismen sowie ihrer Mechanismen zur Aufnahme, Übertragung und Verarbeitung von Informationen mit dem Ziel, die dabei gewonnenen Erkenntnisse zur Verbesserung vorhandener oder zur Entwicklung neuer technischer Systeme (■ Maschinen, Bauweisen, Computer) anzuwenden.

### Biogeographie

Die Biogeographie erforscht die Verteilung und Ausbreitung der Organismen auf der Erde.



## 2.1. Ordnungsprinzipien

### Allgemeines

Organismen gibt es seit etwa 3,5 Milliarden Jahren. In dieser Zeit haben sie sich zu großer Formenmannigfaltigkeit entwickelt. Heute sind etwa 1,5 Millionen Arten bekannt. Zum Erfassen der Formenfülle in der lebenden Natur sowie zur Auf-  
findung allgemeiner biologischer Gesetzmäßigkeiten ist eine Einteilung der Organismen nach ausgewählten Ordnungsprinzipien erforderlich.

### Übersicht über einige Ordnungsprinzipien

Zur Festlegung von Ordnungsprinzipien können — entsprechend dem Zweck, den die Einteilung hat — unterschiedliche Merkmale der Organismen verwendet werden.

| Einteilung der Organismen nach verschiedenen Ordnungsprinzipien |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ordnungsprinzip                                                 | Gruppen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| äußerer und innerer Bau                                         | ■ Einzeller – Vielzeller<br>Radiata – Bilateria<br>Tiere mit Außenskelett – Tiere mit<br>Innenskelett<br>Kräuter – Holzgewächse                                                                                                                                                                                                                       |
| Ernährung,<br>Fortpflanzung<br>oder andere Lebensfunktionen     | ■ Autotrophe Organismen – Heterotrophe<br>Organismen<br>Pflanzenfresser – Fleischfresser –<br>Allesfresser<br>Getrenntgeschlechtliche Organismen –<br>Zwitter<br>Gleichwarme Tiere – wechselwarme<br>Tiere<br>Tiere mit direkter Entwicklung –<br>Tiere mit indirekter Entwicklung<br>Pflanzen mit Selbstbestäubung –<br>Pflanzen mit Fremdbestäubung |

| Einteilung der Organismen nach verschiedenen Ordnungsprinzipien |                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ordnungsprinzip                                                 | Gruppen                                                                                                                                                                 |
| Verhalten der Organismen gegenüber der Umwelt                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lichtpflanzen – Schattenpflanzen</li> <li>■ Kurztagspflanzen – Langtagspflanzen</li> <li>■ Xerophyten – Hygrophiten</li> </ul> |
| Lebensraum                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Landtiere – Wassertiere</li> <li>■ Trockenlufttiere – Feuchtlufttiere</li> <li>■ Süßwasseralgen – Meeresalgen</li> </ul>       |
| Verhalten der Organismen                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nesthocker – Nestflüchter</li> </ul>                                                                                           |
| Bedeutung für den Menschen                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nützlich – Schädlich</li> <li>■ Nutzpflanzen – Unkraut</li> </ul>                                                              |
| Verwandschaftliche Beziehungen und Abstammungsverhältnisse      | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grünalgen – Farne – Samenpflanzen</li> <li>■ Fische – Lurche – Kriechtiere</li> </ul>                                          |

### Einteilung der Organismen nach verwandschaftlichen Beziehungen

Die verwandschaftlichen Beziehungen der Organismen lassen sich aus dem Auftreten bestimmter übereinstimmender Merkmale erschließen. Diese werden der Erforschung stammesgeschichtlicher Zusammenhänge zugrunde gelegt. Die verwandschaftlichen Beziehungen sind ein wichtiges Ordnungsprinzip für die Aufstellung eines natürlichen Systems, das die Organismen in Abstammungsgemeinschaften ordnet.

**Abstammungsgemeinschaft.** Eine Abstammungsgemeinschaft bilden alle Individuen, die sich im Verlaufe der Evolution aus gleichen Vorfahren entwickelt haben.

↗ Stammesgeschichtliche Entwicklung, S. 283 ff.

## 2.2. System der Organismen

### Allgemeines

Das System der Organismen stellt eine Klassifikation der Organismen nach einem Komplex von übereinstimmenden Merkmalen dar. Es liefert damit zugleich eine für die praktische Arbeit in der biologischen Wissenschaft notwendige Ordnung der Mannigfaltigkeit der Lebewesen.

## Künstliches und natürliches System

Nach der Auswahl der Einteilungsmerkmale und Ordnungsprinzipien unterscheidet man künstliche und natürliche Systeme.

| Systemformen                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| künstliche Systeme                                                                                                                                                                                        | natürliche Systeme                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Die Einteilung erfolgt nach mehr oder weniger willkürlichen, meist einzelnen, leicht erkennbaren Merkmalen, die nichts über den Verwandtschaftsgrad der Sippen aussagen.</p> <p>■ System von LINNÉ</p> | <p>Die Einteilung erfolgt nach einem Komplex übereinstimmender Merkmale, die auf gleiche Abstammung und Verwandtschaft der Organismen hinweisen oder nach Merkmalen, die gleiche Organisationshöhe ausdrücken.</p> <p>■ Systeme von JUSSIEU, DE CANDOLLE, WETTSTEIN</p> |

**Linnésches System.** LINNÉ (1707—1778) ordnete in seinem Hauptwerk „Systema naturae“ die damals bekannten Pflanzen- und Tierarten auf Grund einzelner Merkmale (■ Anzahl der Staubgefäße, Vorhandensein roter Blutkörperchen).

**Natürliches System.** Die Ausarbeitung natürlicher Systeme begann vor allen Dingen nach der Darlegung der Abstammungslehre durch LAMARCK, DARWIN und HAECKEL. Durch neue Erkenntnisse wird das natürliche System der Organismen ständig verbessert und damit immer mehr den realen verwandtschaftlichen Verhältnissen der Organismen angenähert.

## Systematische Kategorien

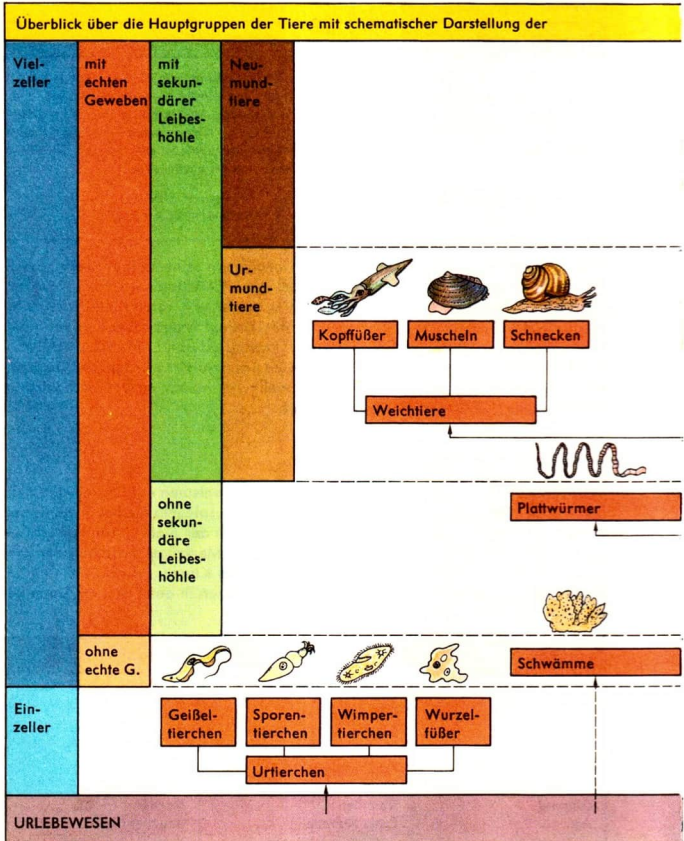
Systematische Kategorien stellen Gruppen von Organismen mit übereinstimmenden Merkmalen dar. Die systematischen Kategorien spiegeln die bei Organismen vorhandene abgestufte Ähnlichkeit wider. Innerhalb der niedrigeren Kategorien (■ Art, Gattung) gibt es mehr übereinstimmende Merkmale zwischen den Organismen als innerhalb der höheren Kategorien (■ Klasse, Stamm).

**Sippe.** Eine Verwandtschaftsgruppe wird bei Pflanzen in der Regel als Sippe bezeichnet, unabhängig von der Höhe der Kategorie.

| Kategorie  | ■ Pflanzen                 | ■ Tiere      |
|------------|----------------------------|--------------|
| Reich      | Pflanzen                   | Tiere        |
| Stamm      | Samenpflanzen              | Chordatiere  |
| Unterstamm | Bedecktsamige Pflanzen     | Wirbeltiere  |
| Klasse     | Zweikeimblättrige Pflanzen | Säugetiere   |
| Ordnung    | Asternartige               | Raubtiere    |
| Familie    | Korbblütengewächse         | Marderartige |
| Gattung    | Kamille                    | Marder       |
| Art        | Echte Kamille              | Baummarder   |

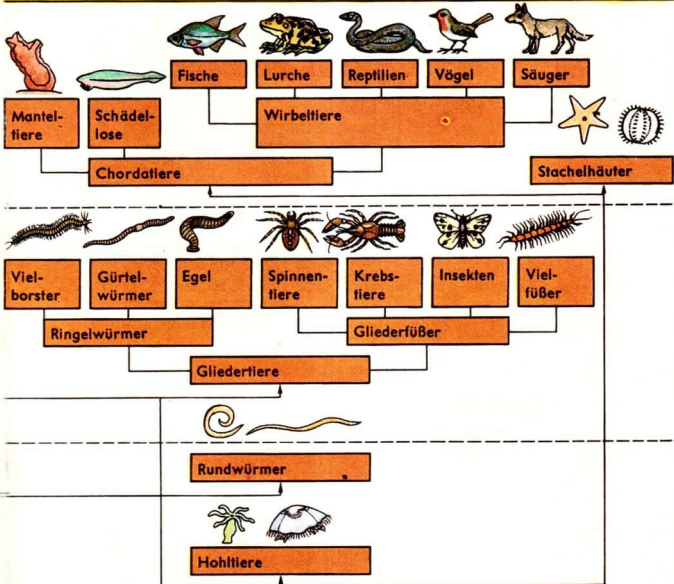
## Systemdarstellungen

Systemdarstellungen können unterschiedlich sein. Werden die Organismengruppen nacheinander aufgezählt, stehen die stammesgeschichtlich ältesten Gruppen in der Regel am Anfang.



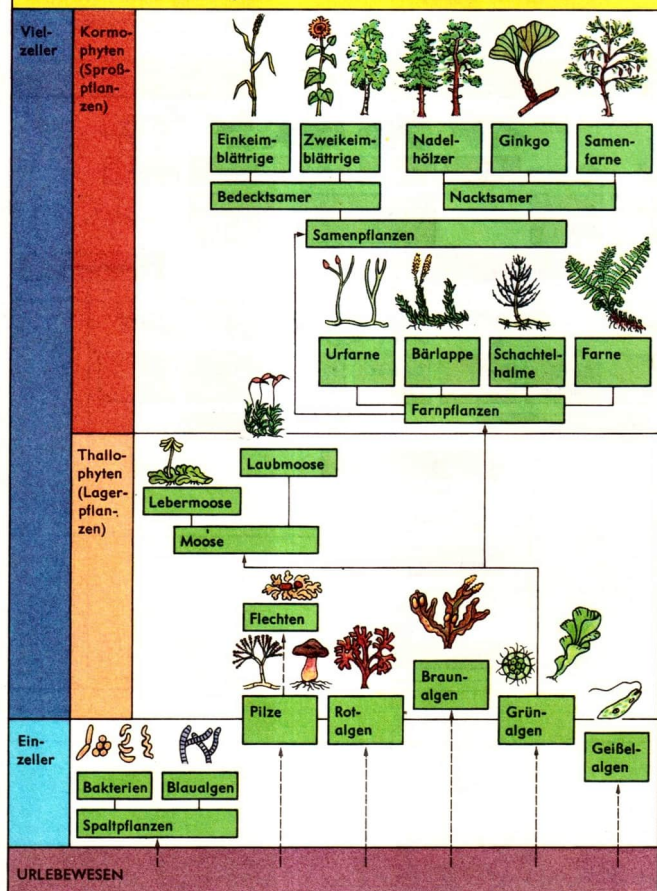
Vielfach werden stammesgeschichtliche Zusammenhänge durch Verbindungslinien angedeutet (■ Stammbäume); dann stehen in der Darstellung die stammesgeschichtlich ältesten Gruppen meist unten.

### verwandtschaftlichen Beziehungen



URLEBESSEN

Überblick über die Hauptgruppen der Pflanzen mit schematischer Darstellung der verwandtschaftlichen Beziehungen.





## 2.3. Systematik

### Gegenstand und Aufgaben der Systematik

Die Systematik oder Taxonomie erfaßt die in der lebenden Natur existierenden verwandtschaftlichen Zusammenhänge zwischen den mannigfaltigen Erscheinungsformen der Organismen und ordnet diese in ein System ein. Sie bedient sich dazu der Stufenfolge der systematischen Kategorien.

Die Aufgaben der Systematik bestehen in

- einer möglichst vollständigen Erfassung und natürlichen Ordnung der Formenfülle der Organismen,
- einer Abgrenzung, Beschreibung und Benennung aller fossil und rezent bekannten Organismensippen,
- der Aufdeckung der Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung in der lebenden Natur und damit der Vervollkommenung des wissenschaftlichen Weltbildes des Menschen,
- der Schaffung einer Arbeitsgrundlage für alle anderen Teildisziplinen der Biologie und der angewandten Wissenschaftsbereiche.

✂ Systematische Kategorien, S. 15

### Arbeitsweise in der Systematik

Um verwandtschaftliche Beziehungen zwischen den Organismen zu erkennen, muß ein ganzer Komplex von Merkmalen einer Sippe untersucht werden, es müssen dazu aus vielen biologischen Teildisziplinen Forschungsergebnisse ausgewertet werden. Das Schwierigste dabei ist, zu erkennen, welche Merkmale nur auf Grund gleicher Umweltverhältnisse ähnlich ausgebildet sind, aber nicht aus gemeinsamer Abstammung resultieren.

#### ■ Überblick über einige taxonomisch verwertbare Merkmale einer Pflanzensippe (Merkmalskomplex)

| Merkmale                                     | Beispiele                                                                     |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| morphologische und anatomische, zytologische | Ausbildung bestimmter Organe<br>Bau der Zellen und Gewebe                     |
| biochemische                                 | Vorhandensein bestimmter Inhaltsstoffe<br>(■ Farbstoffe, Eiweiße, Giftstoffe) |
| physiologische                               | Art der Assimilation<br>Art der Fortpflanzung                                 |

| Überblick über einige taxonomisch verwertbare Merkmale einer Pflanzensippe (Merkmalskomplex) |                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Merkmale                                                                                     | Beispiele                                                   |
| embryologische                                                                               | Differenzierung der Gewebe in der Keimpflanze               |
| genetische                                                                                   | Chromosomenzahlen, Chromosomenstruktur                      |
| ökologische, biogeographische                                                                | Ansprüche an den Lebensraum<br>Verbreitung in der Biosphäre |
| paläontologische                                                                             | Ähnlichkeit mit fossilen Vorfahren                          |

↗ Homologe Organe, S. 293

↗ Analoge Organe, S. 294

## Benennung der Organismen

Die Benennung der Organismen erfolgt nach international gültigen Regeln mit einem Fachnamen, der meist aus der lateinischen oder altgriechischen Sprache entnommen wurde. Jede Art wird mit zwei Namen, dem Art- und dem Gattungsnamen, benannt (binäre Nomenklatur). Der Name des Autors der Erstbeschreibung wird dem Namen der Art zugefügt.

| Benennung einer Art  |                               |                    |                            |
|----------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------|
| deutsche Bezeichnung | wissenschaftliche Bezeichnung |                    |                            |
|                      | Gattung                       | Art dieser Gattung | Autor der Erstbeschreibung |
| ■ Hausmaus           | <i>Mus</i>                    | <i>musculus</i>    | LINNÉ                      |
| ■ Winter-Linde       | <i>Tilia</i>                  | <i>cordata</i>     | MILLER                     |

Auch die höheren systematischen Kategorien werden mit wissenschaftlichen Bezeichnungen benannt, wobei die Endung des Namens die Kategorie ausdrückt (■ in der Botanik „-ales“ für Ordnung, „-aceae“ für Familie). Die Benennung der Organismen muß häufig korrigiert werden, wenn auf Grund neuerer Forschungsergebnisse eine Sippe taxonomisch anders zugeordnet werden muß.



## 3.1. Viren

### Allgemeines

Viren sind Partikel, die einige Merkmale des Lebens zeigen, wenn sie sich in lebenden Zellen befinden. Über die Entstehung der Viren gibt es heute drei Hypothesen:

- Viren sind Vorstufen des Lebens.
- Viren sind hochgradig rückgebildete Parasiten.
- Viren sind selbständig gewordene Zellbestandteile.

Die erste Hypothese ist am wenigsten wahrscheinlich, da die Viren auf lebende Zellen angewiesen sind.

### Bau der Viren

Viren sind stäbchen-, faden- oder kugelförmige Partikel; sie bestehen aus einer Eiweißhülle und einem DNS- oder RNS-Molekül. Ihre Größe schwankt zwischen 10 nm und 400 nm. Viele Viren sind von Lipoproteidmembranen umschlossen (■ Pockenvirus). Viren, die diese Hülle nicht haben, sind nackte Viren (■ Poliomyelitisvirus). Viren können sich zu Kristallverbänden zusammenschließen, die schon im Lichtmikroskop erkennbar sind.

| Virusformen                                                                                                   |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                 |                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| nacktes stäbchenförmiges Virus                                                                                | kugeliges Virus mit Hülle                                                                                                                 | nacktes kubisches Virus                                                                                                                         | Bakteriophage                                                                                        |
|  <p>■ Tabakmosaikvirus</p> |  <p>■ Grippevirus<br/>Masernvirus<br/>Tollwutvirus</p> |  <p>■ Poliomyelitisvirus<br/>Maul- und Klauenseuchevirus</p> |  <p>■ T-Phage</p> |

↗ Nukleinsäuren, S. 195 und 260

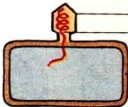
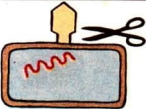
## Lebensweise der Viren

Viren zeigen Lebenserscheinungen nur, wenn sie sich in lebenden Zellen befinden.

| Merkmale des Lebens                              | Vorhandensein bei Viren |
|--------------------------------------------------|-------------------------|
| Fortpflanzung                                    | nur in lebenden Zellen  |
| Wachstum                                         | nur in lebenden Zellen  |
| Entwicklung                                      | nur in lebenden Zellen  |
| Weitergabe genetischer Informationen (Vererbung) | nur in lebenden Zellen  |
| Individualität                                   | begrenzt vorhanden      |
| Reizbarkeit                                      | nicht vorhanden         |
| Bewegung                                         | nicht vorhanden         |
| Stoff- und Energiewechsel                        | nicht vorhanden         |

Viren kommen in Wirtszellen nur als freie Nukleinsäuren vor, ihr Eindringen kann unterschiedlich erfolgen: die Proteinhüllen werden nach dem Eindringen in das Zytoplasma durch meist zelleigene Enzyme der Wirtszelle aufgelöst (■ Tabakmosaikvirus), oder die Viren zerstören durch ein Enzym die Zellwand von außen und entleeren ihre Nukleinsäure in die Zelle, die Hüllen verbleiben außerhalb (■ Bakteriophagen).

Die Lebenserscheinungen der Viren lassen sich besonders an der Vermehrung der Phagen deutlich machen.

| Phasen der Vermehrung eines Phagen                                                                                                                                      |                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anheftung des Phagen an der Wirtszelle mit Fortsätzen. Auflösen der Zellwand der Bakterienzelle unter Einfluß des Phagen. Eintritt der Phagen-DNS in die Bakterienzelle |  <p>Phagenhülle<br/>Phagen DNS<br/>Bakterienzelle</p> |
| Phagen-DNS steuert mit Hilfe der Wirtszelle die Ausbildung von Proteinen, die die Bakterien-DNS in ihrer Aktivität blockieren                                           |                                                      |

| Phasen der Vermehrung eines Phagen                                                                                         |                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Phagen-DNS wird unter dem Einfluß von aus dem Stoffwechsel der Wirtszelle gebildeten phagenspezifischen Enzymen repliziert |  |
| Phagen-DNS steuert die Bildung phagen-spezifischer Hülleproteine                                                           |  |
| Es bilden sich 50 bis 200 Tochterphagen, die aus der platzenden Bakterienzelle frei gesetzt werden                         |  |

↗ Vermehrung des genetischen Materials, S. 262

## Bedeutung der Viren

Viren können den Stoffwechsel der befallenen Zellen erheblich schädigen und die Zelle abtöten. Sie sind Erreger von zahlreichen Erkrankungen bei Mensch, Tier und Pflanze.

| Überblick über einige Viruskrankheiten (Virosen) |             |              |                    |
|--------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------------|
| bei Menschen                                     |             | bei Tieren   | bei Pflanzen       |
| Pocken                                           | Windpocken  | Rinderpest   | Blattrollkrankheit |
| Masern                                           | Mundfäule   | Schweinepest | Mosaikkrankheit    |
| Grippe                                           | Gürtelrose  | Geflügelpest | Strichelkrankheit  |
| Schnupfen                                        | Ziegenpeter | Maul- und    | Obstbaumvirosen    |
| Kinderlähmung                                    |             | Klauenseuche |                    |
| Röteln                                           |             | Tollwut      |                    |

Viren stellen wichtige Forschungsobjekte in der Genetik dar, an ihnen wurden wesentliche Erkenntnisse über Struktur und Funktionen der Nukleinsäuren gewonnen.

- ↗ Hauptaufgaben der medizinischen Forschung in der DDR, S. 366
- ↗ Übertragung von Erbinformationen bei Bakterien, S. 273

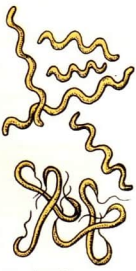
## 3.2. Spaltpflanzen

### Allgemeines

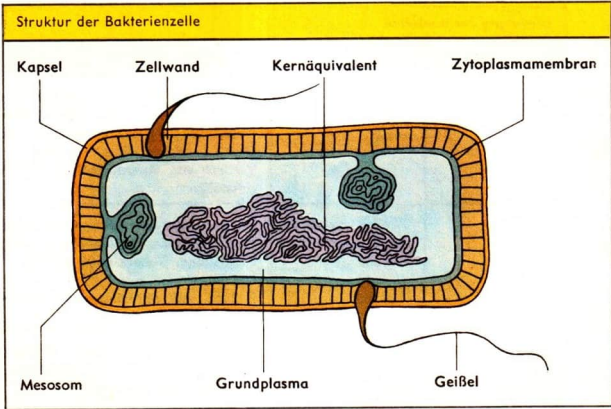
Die Spaltpflanzen (*Schizophyta*) sind sehr einfache einzellige Organismen ohne abgegrenzten Zellkern. Sie vermehren sich durch Spaltung. Stammesgeschichtliche Zusammenhänge mit anderen Pflanzengruppen lassen sich nicht nachweisen. Spaltpflanzen werden in Bakterien und Blaualgen unterteilt. Bakterien sind fast überall auf der Erde verbreitet.

### Bau der Bakterien

Bakterien sind einzellige, sehr kleine Organismen, einige bilden durch Aneinanderreihung einzelner Zellen fadenförmige Zellverbände. Die Zellgröße schwankt zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 5  $\mu\text{m}$ , sehr kleine Formen sind nur 0,2  $\mu\text{m}$ , sehr große Formen bis 100  $\mu\text{m}$  groß.

| Bakterienformen                                                                                                                          |                                                                                                                                                       |                                                                                                                            |                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| kugelförmig                                                                                                                              | stäbchenförmig                                                                                                                                        | kommaförmig                                                                                                                | schraubenförmig                                                                                                              |
| <p>Kokken</p>  <p>■ Eitererreger<br/>Streptokokken</p> | <p>Stäbchen</p>  <p>■ Tuberkelbakterium<br/>Diphtheriebakterium</p> | <p>Vibrionen</p>  <p>■ Cholera-vibrio</p> | <p>Spirillen</p>  <p>■ Jauchespirillum</p> |

Die Bakterienzelle besteht aus einer starren Zellwand, die in der Regel keine Zellulose enthält, der Zytoplasmamembran und dem Zytoplasma. Sie enthält Nukleinsäuren als Kernäquivalent (ohne abgrenzende Membran), mitochondrienähnliche Mesosome sowie bei einigen Arten Farbstoffe (■ Bakteriochlorophyll). Die Bakterienzelle ist meist von einer Kapsel aus Polysacchariden umgeben.



### Lebensweise der Bakterien

**Ernährung.** Die meisten Bakterien leben heterotroph als Saprophyten oder Parasiten von organischen Kohlenstoffverbindungen. Einige Bakterien leben autotroph und assimilieren Kohlendioxid. Die notwendige Energie beziehen sie durch chemische Reaktionen (■ Chemosynthese bei Schwefelbakterien) oder aus dem Sonnenlicht (■ Photosynthese bei Purpurbakterien). Bakterien leben aerob (unter Anwesenheit von Luftsauerstoff) oder anaerob (ohne Luftsauerstoff). Sie gewinnen lebensnotwendige Energie oft durch Gärungsprozesse.

**Fortpflanzung.** Die Fortpflanzung der Bakterien erfolgt durch Spaltung, die bei günstigen Umweltverhältnissen in sehr rascher Folge abläuft. Die Tochterzellen bleiben oft mit Schleimhüllen untereinander verbunden. Dadurch entstehen Bakterienkolonien.

**Überdauerung.** Bei einer Reihe von Arten können die Bakterienzellen das Zytoplasma einkapseln und dadurch in Form von Dauersporen ungünstige Lebensbedingungen überstehen.

↗ Gärung, S. 209 ff.

↗ Chemosynthese, S. 202 f.

↗ Spaltung, S. 238

### Bedeutung der Bakterien

Bakterien haben große Bedeutung für den Stoffkreislauf in der Natur und für den Menschen. Ihre vielseitigen Wirkungen sind auf Stoffwechselprozesse zurückzuführen.

| Bedeutung der Bakterien      |                                                                                            |                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bakteriengruppe              | Wirkung                                                                                    | Bedeutung für den Menschen                                                                                                                                                                      |
| Saprophyten                  | Zersetzung organischer Substrate                                                           | Mineralisierung organischer Stoffe im Boden (Humusbildung) und im Wasser (Selbstreinigung der Gewässer – biologische Reinigung von Abwässern)<br>Verderb von Nahrungsmitteln und Vorratsstoffen |
| Parasiten                    | Bildung von für den Wirt giftigen Stoffwechselprodukten (Toxinen)                          | Erreger vieler Erkrankungen bei Mensch, Tier und Pflanze (■ Diphtherie, Lungenentzündung, Tuberkulose, Typhus, Milzbrand)<br>Bildung von Antikörpern in befallenen Zellen (Immunisierung)       |
| Stickstoffbindende Bakterien | Bindung des elementaren Stickstoffes der Luft                                              | Anreicherung des Bodens mit Stickstoff, zum Teil über Symbiose mit Schmetterlingsblütengewächsen                                                                                                |
| Gärungserreger               | Bildung von Gärprodukten durch Abbau organischer Substrate<br>■ Milchsäure<br>■ Essigsäure | Konservierung von Lebensmitteln, Herstellung von Molkereiprodukten, Futtersilage, Herstellung von Speiseessig<br>Verderb von Lebensmitteln                                                      |
| Schwefelbakterien            | Abbau von Schwefelwasserstoff                                                              | Selbstreinigung von Gewässern, biologische Reinigung von Abwässern                                                                                                                              |

↗ Gärung, S. 209 ff.; ↗ Kreislauf des Stickstoffs in der Natur, S. 214

↗ Immunität, S. 186; ↗ Symbiose, S. 317

### 3.3. Grünalgen

#### Allgemeines

Grünalgen (*Chlorophyta*) sind eine formenreiche, phylogenetisch sehr alte Pflanzengruppe. Sie stellen wahrscheinlich die Vorfahren der grünen Landpflanzen dar, da sie mit ihnen eine Reihe gleichartiger Stoffe aufweisen (■ Chlorophyll, Karotin, Stärke und Zellulose). Grünalgen leben vorwiegend im Süßwasser, einige Arten in den Küstengewässern der Meere oder auf feuchten Böden. Rezente Grünalgen zeigen modellhaft, wie sich in der Evolution der Übergang vom Einzeller zum Vielzeller innerhalb pflanzlicher Organismen vollzogen haben kann.



## Bau der Grünalgen

Grünalgen kommen als Einzeller, als Kolonien oder als Vielzeller vor. Ihre Zellen besitzen einen Zellkern, vielgestaltige Chloroplasten mit Chlorophyll und Karotinoiden und sind von einer Zellulosewand umgeben. Einzeller und Kolonien sind meist durch Geißeln frei beweglich, mehrzellige faden- und flächenförmige Grünalgen haften oft mit einer Rhizoidzelle am Untergrund.

| Grünalgenformen                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einzeller                                                                                                                                                                                                | Kolonien                                                                                                                                                                                                 | Vielzeller                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                   |
| begeißelt<br><br> <i>Chlamydomonas</i> | begeißelt<br><br> <i>Pandorina</i>     | Kugelform<br><br> <i>Volvox</i>   |                                                                                                                                                                                                   |
| unbegeißelt<br><br> <i>Chlorella</i>   | unbegeißelt<br><br> <i>Scenedesmus</i> | Fadenform<br><br> <i>Ulothrix</i> | Flächenform<br><br> <i>Ulva</i> |

↗ Thallus, S. 149

## Lebensweise der Grünalgen

**Ernährung.** Grünalgen ernähren sich autotroph.

**Fortpflanzung.** Die Fortpflanzung erfolgt bei einzelligen Grünalgen durch Zellteilung, bei mehrzelligen ungeschlechtlich durch Bildung von freibeweglichen Sporen (Zoosporen) oder geschlechtlich durch Verschmelzung von Gameten.

↗ Gametogamie, S. 240

## Bedeutung der Grünalgen

Grünalgen haben im Stoffkreislauf der Natur und zum Teil auch für den Menschen große Bedeutung:

- Sie sind wichtige Produzenten von Biomasse in Gewässern und stellen daher den Anfang vieler Nahrungsketten dar;
- sie liefern durch Sauerstoffproduktion günstige Lebensbedingungen für aerobe Mikroorganismen und fördern dadurch die biologische Selbstreinigung der Gewässer;
- Grünalgen besitzen einen hohen Eiweiß- und Vitamingehalt und lassen sich bei der zusätzlichen Gewinnung von Nährstoffen für Tier und Mensch nutzen;
- Grünalgen besitzen auf Grund ihrer einfachen Struktur große Bedeutung als Forschungsobjekte in der Stoffwechselforschung.



## 3.4. Geißelalgen

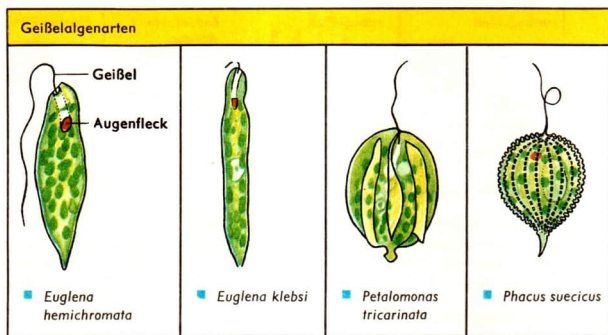
### Bau der Geißelalgen

Geißelalgen (*Euglenophyta*) sind einzellige Organismen mit stern-, band- oder scheibenförmigen Chloroplasten. Sie besitzen in einer Plasmavertiefung an einem Ende des meist schraubig gedrehten Zellkörpers eine oder zwei Geißeln.

### Lebensweise der Geißelalgen

Geißelalgen ernähren sich in der Regel autotroph. Sie können aber bei Chloroplastenverlust oder im Dunklen zu heterotropher Ernährung übergehen. Einige Arten haben kein Chlorophyll und ernähren sich stets heterotroph. Geißelalgen sind im Süßwasser weit verbreitet.

Geißelalgen vermehren sich durch Längsteilung.



## 3.5. Braunalgen

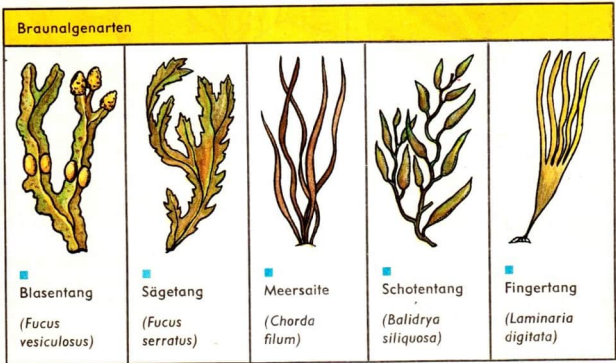
### Bau der Braunalgen

Braunalgen (*Phaeophyta*) sind vielzellige Organismen. Sie enthalten neben Chlorophyll verschiedene gelbliche und braune Farbstoffe, die das Chlorophyll im Erscheinungsbild überdecken. Braunalgen bilden einfache und verzweigte Zellfäden, manche Arten bilden aber auch reich gegliederte Vegetationskörper von beachtlicher Größe aus (■ Beerentang bis 70 m lang), die dem Untergrund fest aufsitzen. Die großen Formen heißen Tange. Verwandtschaft zu anderen Algengruppen ist noch nicht nachgewiesen.

## Lebensweise der Braunalgen

Braunalgen ernähren sich autotroph. Sie sind vorwiegend Meeresbewohner. Braunalgen vermehren sich geschlechtlich. Die Gameten entstehen in meist differenzierten Gametangien.

↗ Organartige Differenzierungen des Thallus, S. 150



## Bedeutung der Braunalgen

Einige Braunalgen haben wirtschaftliche Bedeutung als Nahrungsquelle für Tier und Mensch. Sie werden als organische Düngemittel verwendet. Sie liefern Alginsäuren, die als Geliermittel dienen.

## 3.6. Rotalgen

### Bau der Rotalgen

Rotalgen (*Rhodophyta*) sind selten einzellige, meist vielzellige Organismen mit großer Formenmannigfaltigkeit. Die Zellen enthalten neben Chlorophyll rote und blaue Farbstoffe.

### Lebensweise der Rotalgen

Rotalgen ernähren sich autotroph. Sie sind meist festsitzende Meeresbewohner, nur wenige kommen im Süßwasser vor. Rotalgen stellen eine stammesgeschichtlich isolierte Algengruppe dar.

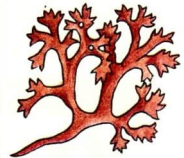
Rotalgenarten



■ Blutroter Seeampfer  
(*Delesseria sanguinea*)



■ Gemeiner Horntang  
(*Ceramium rubrum*)



■ Gabeltang  
(*Furcellaria fastigiata*)

### Bedeutung der Rotalgen

Aus Rotalgen können Schleim- und Gelierstoffe für die Nahrungsmittel- und pharmazeutische Industrie gewonnen werden. Aus Rotalgenarten wird Agar zur Bereitung von Nährböden in der Mikrobiologie gewonnen; einige Arten werden in Ostasien als Nahrungsmittel kultiviert.

## 3.7. Pilze

### Allgemeines

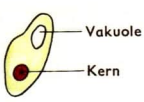
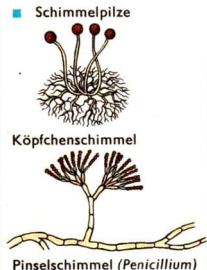
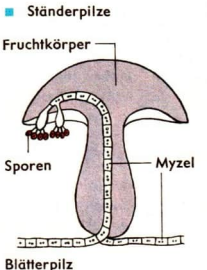
Pilze (*Mycophyta*) sind eine stammesgeschichtlich und morphologisch uneinheitliche Pflanzengruppe. Sie sind meist landbewohnende Organismen, nur wenige Arten kommen im Süßwasser vor.

Pilze ernähren sich heterotroph; sie haben als Saprophyten und Parasiten große Bedeutung im Stoffkreislauf der Natur.

### Bau der Pilze

Pilze sind selten einzellig, meist treten sie als mehrzellige fadenförmige Thallophyten auf. Die Zellen sind meist von einer chitinhaltigen Zellwand umgeben, sie enthalten einen oder mehrere Zellkerne; Plastiden und Assimilationsfarbstoffe fehlen. Als Reservestoffe treten in den Zellen Fett und Glykogen auf; es wird keine Stärke gebildet.

Bei den mehrzelligen Arten bilden viele Zellen teilweise durch Zellwandverschmelzungen einfache oder verzweigte Zellfäden (Hyphen). Viele Hyphen vereinigen sich zu geflechtartigen Myzelien, die auch die Fruchtkörper der höheren Pilze bilden (■ Champignon). Pilze haben keine echten Gewebe.

| Thallusformen bei Pilzen                                                                                                     |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| einzellige Pilze                                                                                                             | mehrzellige Pilze                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                  |
| <p>■ Hefepilze</p>  <p>Vakuole<br/>Kern</p> | <p>■ Schimmelpilze</p>  <p>Köpfchenschimmel<br/>Pinselschimmel (<i>Penicillium</i>)</p> | <p>■ Ständerpilze</p>  <p>Fruchtkörper<br/>Sporen<br/>Myzel<br/>Blätterpilz</p> |

↗ Thallus, S. 149

## Lebensweise der Pilze

**Ernährung.** Alle Pilze ernähren sich heterotroph als Saprophyten oder Parasiten. Sie zersetzen organische Substanzen und sind wichtige Reduzenten im natürlichen Stoffkreislauf. Manche Pilze leben mit autotrophen Algen in Symbiose.

**Fortpflanzung.** Pilze vermehren sich ungeschlechtlich durch Zellteilung (■ Sprossung, Sporenbildung) oder geschlechtlich durch Gametenbildung. Dabei kann Iso-, Aniso- oder Oogamie auftreten.

↗ Stoffstrom, S. 329

↗ Symbiose, S. 317

↗ Gametogamie, S. 240

## Bedeutung der Pilze

Pilze spielen auf Grund ihres Stoffwechsels eine große Rolle als

- Reduzenten im Stoffkreislauf der Natur;
- Schädlinge an Vorratsstoffen (■ Schimmelpilze);
- Parasiten bei Mensch, Tier und Pflanze (■ Brandpilze, Erreger der Knollenfäule);
- Gärungserreger bei der alkoholischen Gärung (■ Backhefe, Weinhefe, Bierhefe);
- Produzenten von Antibiotika (■ *Penicillium*-arten);
- Produzenten von organischen Säuren und Vitaminen sowie Aromastoffen für die Käseindustrie;
- Nahrungs- und Gewürzpflanzen (■ Pfifferling, Champignon).

### 3.8. Flechten

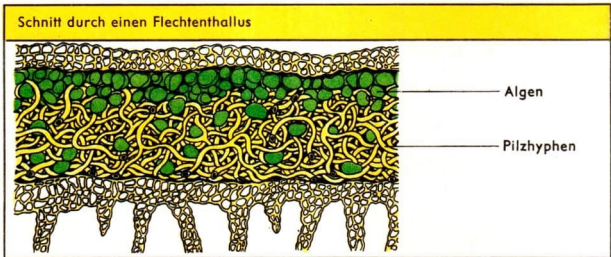
#### Allgemeines

Flechten (*Lichenophyta*) sind Thallophyten, die eine morphologische und physiologische Einheit aus zwei nicht miteinander verwandten Organismengruppen bilden.

In Flechten leben Pilze und Algen in Symbiose. Flechten sind stammesgeschichtlich keine einheitliche Gruppe.

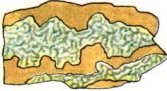
#### Bau der Flechten

Die Pilzkomponente einer Flechte sind Schlauch- oder Ständerpilze, die ein mehr oder weniger festes Myzel bilden, in dessen Hohlräumen Grün- oder Blaualgen eingelagert sein können. Zum Teil dringen die Pilzhypen auch in die Algenzelle ein. Beide Komponenten können getrennt existieren, sie bilden dann aber nicht den typischen Flechtenthallus mit seinen charakteristischen physiologischen und ökologischen Merkmalen aus.



Die äußere Gestalt der Flechten wird in der Regel von der Pilzkomponente bestimmt. Nach ihr lassen sich verschiedene Wuchsformen bei Flechten unterscheiden.

| Wuchsformen bei Flechten                                                                                           |                                            |                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <p><b>Laubflechte</b><br/>Blattförmig, fächerförmig ausgebreiteter Thallus mit dem Untergrund locker verbunden</p> |                                            |                                           |
|                                                                                                                    | <p>■ Schüsselflechte (<i>Parmelia</i>)</p> | <p>■ Schildflechte (<i>Peltigera</i>)</p> |

| Wuchsformen bei Flechten                                                                                                         |                                                                                                                                           |                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Strauchflechte</b><br>Strauchartig;<br>verzweigter Thallus,<br>der dem Untergrund<br>locker aufsitzt                          | <br>■ Isländisches Moos<br>( <i>Cetraria islandica</i> ) | <br>■ Becherflechte<br>( <i>Cladonia</i> )         |
| <b>Bartflechte</b><br>Hängender, stark<br>verzweigter fädiger<br>Thallus, an der Basis<br>mit dem Untergrund<br>fest verbunden   | <br>■ Bartflechte<br>( <i>Usnea</i> )                    |                                                                                                                                     |
| <b>Krustenflechte</b><br>Krustenartiger Thallus,<br>der dem Untergrund<br>fest aufsitzt oder in den<br>Untergrund eingesenkt ist | <br>■ Wandflechte<br>( <i>Xanthoria parietina</i> )      | <br>■ Schriftflechte<br>( <i>Graphis scripta</i> ) |

### Lebensweise der Flechten

**Ernährung.** Die Algen in einer Flechte sind autotroph, der heterotrophe Pilz entnimmt ihnen organische Nährstoffe. Wahrscheinlich entnimmt die Alge dem Pilz Wasser und Nährsalze. Dadurch können die Algen auf trockenen Standorten und die Pilze auf anorganischem Substrat gedeihen.

**Fortpflanzung.** Flechten pflanzen sich vorwiegend vegetativ durch abgetrennte Thallusstücke fort.

**Vorkommen.** Flechten sind weit verbreitet, besonders häufig sind sie in Gebieten mit hoher Luftfeuchtigkeit. Sie wachsen auf nährstoffarmen Böden, Baumrinden und totem Gestein. Sie können lange Trocken- und Kälteperioden überdauern.

↗ Symbiose, S. 317

### Bedeutung der Flechten

Flechten sind oft Erstbesiedler auf Gestein, sie sind an der biologischen Verwitterung beteiligt und haben daher maßgeblichen Anteil an der Bodenbildung. Sie stellen die Hauptnahrung für pflanzenfressende Tiere in der Tundra dar und werden vom Menschen zum Teil in der Blumenbinderei verwendet (■ Isländisches Moos).



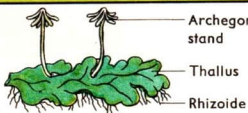
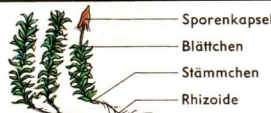
## 3.9. Moose

### Allgemeines

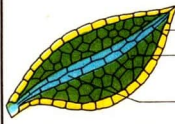
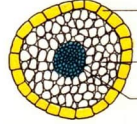
Moose (*Bryophyta*) sind meist Landpflanzen, die sehr wahrscheinlich aus Grünalgen hervorgingen. Sie sind unvollkommen an das Landleben angepaßt, auf Grund ihres unterschiedlichen Baues ist die Zuordnung zu Thallophyten oder Kormophyten noch umstritten. Moose besiedeln vorwiegend feuchte Standorte (■ Waldboden, Moore, Baumrinden). Einige Arten kommen im Süßwasser vor.

### Bau der Moose

Moose sind mit Rhizoiden im Boden verankert; sie haben thallusartige Vegetationskörper, oder sie bestehen aus einfachen Stämmchen und Moosblättchen. Echte Wurzeln treten nicht auf.

| Äußerer Bau der Moospflanzen                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| thallusartiges Moos                                                                                                                                             | kormusartiges Moos                                                                                                                                                     |
|  <p>Archegonienstand<br/>Thallus<br/>Rhizoide</p> <p>■ Brunnenlebermoos, ♀</p> |  <p>Sporenkapsel<br/>Blättchen<br/>Stämmchen<br/>Rhizoide</p> <p>■ Frauenhaarmoss</p> |

Die Gewebedifferenzierung ist bei Moosen noch wenig ausgeprägt. Echte Leit- und Festigungsgewebe sowie eine Kutikula sind nicht ausgebildet. Dadurch können Moose noch mit der ganzen Oberfläche Wasser aufnehmen. Die Gewebe sind in erster Linie Assimilations- und Speichergewebe, einige Zellen übernehmen Leitungsfunktionen.

| Innerer Bau eines Mooses                                                                                                                                                |                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Moosblättchen (Draufsicht)                                                                                                                                              | Moosstämmchen (Querschnitt)                                                                                                                              |
|  <p>Blattrandzellen<br/>Assimilationszellen<br/>zentrale Zellen mit Leitfunktion</p> |  <p>Randzellen (Epidermis)<br/>Speichergellen<br/>leitende Zellen</p> |

- ↗ Organartige Differenzierungen des Thallus, S. 150
- ↗ Pflanzliche Gewebe, S. 152 ff.



## Lebensweise der Moose

**Ernährung.** Moose ernähren sich autotroph.

**Fortpflanzung.** Bei der Fortpflanzung der Moose tritt ein Generationswechsel auf, bei dem die Moospflanze den Gametophyten darstellt und der Sporophyt im wesentlichen aus dem Sporangium besteht, das auf dem Gametophyten wächst.

**Vorkommen.** Moose besiedeln als Moospolster, seltener als Einzelpflanzen feuchte Standorte. Sie können Trockenzeiten im Zustand herabgesetzten Stoffwechsels überdauern, bei erneuter Durchfeuchtung setzen die Lebensabläufe wieder voll ein. Moose können viel Wasser aufnehmen, sie dienen daher als Wasserspeicher in Biozönosen. Moose sind oft ausgezeichnete Zeigerpflanzen für bestimmte Standortverhältnisse. Sie können auf geringsten Mengen organischen Materials keimen und sind daher häufig Erstbesiedler.

↗ Generationswechsel bei Pflanzen, S. 245

↗ Zeigerarten, S. 320

## Einteilung der Moose

Moose umfassen etwa 25 000 Arten.

| Stamm Moose (Bryophyta)                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                                                                                                                                                                                  | Merkmale                                                                                                                                                                                            |
| <p>Lebermoose</p>  <p>■ Brunnenlebermoos, ♀</p> <p>■ Muschel-lebermoos</p> <p>■ Hornmoos</p> <p>■ Jungermannsmoos</p> | <p>Bei Lebermoosen werden thallöse und solche, die in Stämmchen und Blätter gegliedert sind, unterschieden. Die Blätter besitzen keine Mittelrippe und sind zweizeilig am Stämmchen angeordnet.</p> |
| <p>Laubmoose</p>  <p>■ Gabelzahnmoos</p> <p>■ Frauenhaarmoos</p> <p>■ Torfmoos</p> <p>■ Weißmoos</p>                 | <p>Laubmoose sind meist in Stämmchen und Blättchen gegliedert. Die Blättchen enthalten eine Mittelrippe und sind meist spiralgig am Stämmchen angeordnet.</p>                                       |

### 3.10. Farnpflanzen

#### Allgemeines

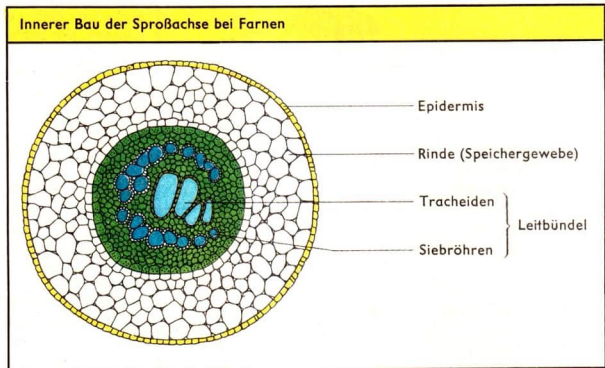
Farnpflanzen (*Pteridophyta*) sind echte Kormophyten. Sie sind krautige, selten verholzte Pflanzen, die durch stärkere Gewebedifferenzierung gut an das Leben auf dem Land angepaßt sind. Die Farnpflanzen stammen wahrscheinlich von Grünalgen ab und haben im Silur als erste Pflanzengruppe den Übergang vom Wasser- zum Landleben vollzogen. Den größten Formenreichtum entwickelten die Farnpflanzen im Karbon.

#### Bau der Farnpflanzen

**Äußerer Bau.** Farnpflanzen sind in Wurzel, Sproßachse und Blätter gegliedert. Sie besitzen oft unterirdische Rhizome. Die Sporen werden an der Unterseite assimilierender Blätter oder an anders gestalteten chlorophyllfreien Blattabschnitten oder Blättern gebildet. Die Grundorgane zeigen bei den verschiedenen Klassen der Farnpflanzen unterschiedliche Ausbildungsformen.

**Innerer Bau.** Der innere Bau der Farnpflanzen zeigt deutliche Anpassungserscheinungen an das Landleben:

- In den oberirdischen Sproßteilen ist eine Epidermis mit Spaltöffnungen und Kutikula ausgebildet;
- alle Pflanzenteile werden von Leitbündeln durchzogen, die aus verholzten Tracheiden und Siebröhren bestehen;
- die Leitbündel liegen meist zentral in der Sproßachse, sie sind von Festigungsgewebe umgeben.

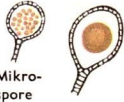


✍ Innerer Bau der Sproßachse, S. 158

## Lebensweise der Farnpflanzen

**Vorkommen.** Farnpflanzen sind auf Grund ihres äußeren und inneren Baus relativ unabhängig vom Wasser und können auch trockenere Standorte besiedeln.

**Fortpflanzung.** Farnpflanzen pflanzen sich geschlechtlich fort. Es tritt ein Generationswechsel auf, bei dem die Farnpflanze den Sporophyten darstellt und das Prothallium den Gametophyten. Die Befruchtung durch die begeißelten Spermatozoiden ist noch an Wasser gebunden. Nach der Differenzierung der Sporen unterscheidet man isospore und heterospore Farne. Der Gametophyt der heterosporen Farne ist reduziert. Diese Reduktion setzt sich in der Entwicklung zu den Samenpflanzen weiter fort.

| Vergleich isosporer und heterosporer Farne                                                             |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gruppe                                                                                                 | Ausbildung der Sporen                                                                                                                    | Ausbildung des Gametophyten                                                                                                                                   |
| Isosporer Farn<br>    | gleichartige Sporen<br>                                 | Gametophyt ist selbständig<br>                                               |
| Heterosporer Farn<br> | ungleichartige Sporen<br><br>Mikrospore      Makrospore | Gametophyt ist reduziert, bleibt bei einigen Arten mit Spore verbunden.<br> |

↗ Generationswechsel bei Pflanzen, S. 245 ff.

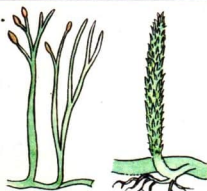
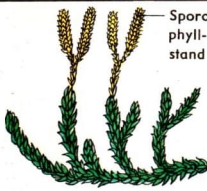
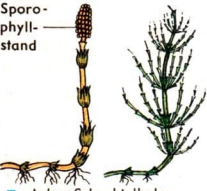
## Bedeutung der Farnpflanzen

Farnpflanzen aus der Karbonzeit bildeten die Grundlage für die Steinkohlenlagerstätten der Erde.

Rezente Farne haben keine wesentliche wirtschaftliche Bedeutung.

## Einteilung der Farnpflanzen

Die Farnpflanzen umfassen etwa 12000 fossile und rezente Arten; sie werden in vier Klassen eingeteilt.

| Stamm Farnpflanzen (Pteridophyta) |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                            |                                                                                                                                                           | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Urfarne                           |  <p>■ Rhynia    ■ Asteroxylon</p>                                        | <p>Urtümliche Farnpflanzen aus dem oberen Silur und Devon, die stellen die ältesten Landpflanzen dar.</p> <p>Kräuter mit gabelteiligen assimilierenden Sproßachsen, endständigen Sporangien und zum Teil kleinen Blättern.</p>                                                                 |
| Bärlappe                          |  <p>■ Schlangenbärlapp Moosfarn    ■ Keulen-Bärlapp</p>                  | <p>Krautige, immergrüne Arten mit gabelteiligen Sprossen und kleinen, fast nadelförmigen Blättern. Die oft kriechenden Sproßachsen wurzeln im Boden.</p> <p>Sporangien werden an ähri-gen Sporophyllständen ausgebildet.</p> <p>Fossile Arten: Siegel- und Schuppenbäume</p>                   |
| Schachtelhalme                    |  <p>■ Sumpfschachtelalm Wiesen-Schachtelalm    ■ Ackerschachtelalm</p>  | <p>Krautige Arten mit längsgerieften Sproßachsen. An den Knoten der Sproßachsen sitzen schuppenförmige kleine Blätter, die zu einer Scheide verwachsen sind.</p> <p>Sporangien werden an ähri-gen Sporophyllständen ausgebildet.</p> <p>Fossile Arten: Kalamiten</p>                           |
| Farne                             |  <p>■ Adlerfarn Tüpfelfarn Hirschzunge Schwimmpfarn    ■ Wurmfarne</p> | <p>Meist krautige, in den Tropen auch holzige, baumförmige Arten. Blätter als große, oft fiederteilige Wedel ausgebildet, die in jungem Zustand eingerollt sind.</p> <p>Sporangien entstehen meist an der Unterseite der Blätter, sonst an gesonderten Blattabschnitten oder Sporophyllen.</p> |

## 3.11. Samenpflanzen

### Allgemeines

Samenpflanzen (*Spermatophyta*) sind die höchstentwickelten und stammesgeschichtlich jüngsten Kormophyten. Ihre Geschlechtszellen werden in Blüten gebildet (Blütenpflanzen). Die Übertragung der männlichen Geschlechtszellen auf die Eizellen ist nicht mehr an das Wasser gebunden. Der sich aus der befruchteten Eizelle entwickelnde Keimling ist im Samen eingeschlossen. Samenpflanzen gingen am Ende der Karbonzeit aus Farnpflanzen hervor. Sie besiedeln fast alle Lebensräume der Erde. Samenpflanzen haben als Produzenten organischer Stoffe im Stoffkreislauf der Natur und als Kulturpflanzen für den Menschen sehr große Bedeutung.

↗ Kormus, S. 152

### Einteilung der Samenpflanzen

Die Samenpflanzen umfassen etwa 250000 Arten. Sie werden in die stammesgeschichtlich älteren Nacktsamer und die davon abgeleiteten Bedecktsamer eingeteilt.

| Merkmale von Nacktsamern und Bedecktsamern                    |                                                                           |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Nacktsamer                                                    | Bedecktsamer                                                              |
| Holzgewächse                                                  | Holzgewächse und Kräuter                                                  |
| Samenanlagen liegen frei auf der Fruchtschuppe (Samenschuppe) | Samenanlagen liegen in dem aus den Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten |
| Blüte meist ohne Schauapparat                                 | Blüte mit oder ohne Schauapparat                                          |
| keine Fruchtbildung                                           | Ausbildung einer Frucht                                                   |

### Nacktsamer

Nacktsamer (*Gymnospermae*) sind vielgestaltige, meist immergrüne Holzgewächse, die ihre Samenanlagen frei auf den Samenschuppen tragen. Nacktsamer haben sich aus Farnpflanzen entwickelt und wiesen im Erdmittelalter großen Formenreichtum auf. Die rezenten Arten der Nacktsamer gehören fast alle zur Klasse der Nadelhölzer.

## Bau der Nacktsamer

Die Sproßachse ist holzig; sie enthält in den Leitbündeln ein Kambium, Tracheiden sowie Siebröhren ohne Geleitzellen. Die Blätter der Nacktsamer sind meist immergrün. Sie sind bei rezenten Arten meist schuppen- oder nadelförmig, können aber auch flächig ausgebildet sein.

| Blattformen bei Nacktsamern                                                                                      |                                                                                                           |                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| schuppenförmig                                                                                                   | nadelförmig                                                                                               | flächig                                                                                                     |
|  <p>■ Lebensbaum, Weißzeder</p> |  <p>■ Fichte, Kiefer</p> |  <p>■ Ginkgo, Palmfarn</p> |

Die Blüten sind eingeschlechtige Zapfenblüten. An der Blütenachse stehen mehrere Staubblätter oder (ein bis mehrere) Samenschuppen („Fruchtblätter“). Bei manchen Arten bilden mehrere ♀ Blüten einen Blütenstand. Die Samenanlagen liegen frei auf den Samenschuppen. Es erfolgt keine Fruchtbildung.

↗ Bau der Blüten, S. 166    ↗ Samen, S. 170 f.

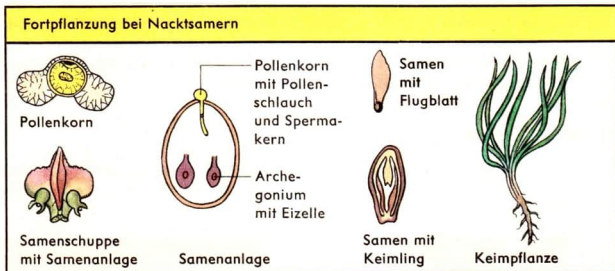
| Ausbildung der Blüten bei Kiefern                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| männliche Blüte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | weibliche Blüte (Blütenstand)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|  <p>Blüte mit vielen Staubblättern</p>  <p>Staubblatt mit Pollen</p>  <p>Pollenkorn mit vegetativer und generativer Zelle</p> |  <p>♀ Zapfenblütenstand mit vielen Blüten</p>  <p>♀ Blüte mit Deckschuppe und Samenschuppe mit 2 Samenanlagen</p>  <p>Samenschuppe mit Eizelle</p> |



## Lebensweise der Nacktsamer

**Fortpflanzung.** Nacktsamer pflanzen sich geschlechtlich fort. Die Übertragung des Pollens mit den Spermakernen erfolgt durch den Wind direkt auf die Samenanlage; dort bildet das Pollenkorn einen Pollenschlauch aus, durch den die Spermakerne ohne Beteiligung von Wasser in die Eizelle gelangen. Nacktsamer haben einen Generationswechsel, bei dem der stark reduzierte Gametophyt ständig mit dem Sporophyten verwachsen ist und im Pollenkorn oder in der Samenanlage eingeschlossen bleibt.

Der Generationswechsel der Nacktsamer zeigt die Ableitung der Nacktsamer von den heterosporen Farnen.



| Merkmale von heterosporen Farnen und Nacktsamern                                                                       |                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Heterosporer Farn                                                                                                      | Nacktsamer                                                                                                                                                                                  |
| Mikrosporen und Makrosporen lösen sich von der Pflanze                                                                 | Nur Mikrosporen (Pollen) werden frei. Makrosporen (Embryosack) bleiben im Makrosporangium (Samenanlage) eingeschlossen auf der Mutterpflanze                                                |
| Männliche Gameten verlassen Mikrosporen und schwimmen in einem Tropfen Wasser zu den Archegonien                       | Männliche Gameten (Spermakerne) werden nicht frei; sie gelangen durch den Pollenschlauch an die weiblichen Geschlechtsorgane                                                                |
| Die Eizelle entwickelt sich nach der Befruchtung ohne Pause zur neuen Pflanze (Sporophyt). Es gibt keine Samenbildung. | Die befruchtete Eizelle entwickelt sich zum Keimling, der, in den Samen eingeschlossen, sich von der Mutterpflanze trennt und nach einer Ruhepause zur neuen Pflanze (Sporophyt) auswächst. |

**Vorkommen.** Nacktsamer sind Landpflanzen, die über die ganze Erde verbreitet sind. Einige Sippen (■ Palmfarne) kommen nur in den Tropen vor; die meisten Arten besiedeln die nördliche Halbkugel und bilden hier große Wälder.



## **Bedeutung der Nacktsamer**

Als Vertreter der Nacktsamer haben besonders die Kieferngewächse bedeutenden Anteil an der Bildung unserer Wälder, sie sind in landeskultureller und wirtschaftlicher Hinsicht wichtig

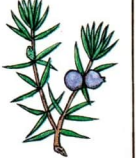
- für die Beeinflussung des Klimas (Herabsetzung der Windgeschwindigkeiten, Erhöhung der Luftfeuchtigkeit);
- für die Regulierung des Wasserhaushaltes der Landschaft durch Speicherung von Wasser und Hebung des Grundwasserspiegels;
- für die Beeinflussung der Atmosphäre durch Freisetzen von Sauerstoff und Reinigung der Luft von Staub und Abgasen;
- als Erholungsgebiete für den Menschen;
- als Rohstoffquelle für die Industrie (■ Gewinnung von Holz, Harz und Gerbstoffen).

Aus den zum großen Teil aus Nadelhölzern bestehenden Wäldern der Tertiärzeit sind viele Braunkohlenlagerstätten entstanden.

## **Einteilung der Nacktsamer**

Die Nacktsamer werden in 7 Klassen eingeteilt, von denen drei nur durch fossile Arten bekannt sind, vier Klassen umfassen zahlreiche fossile und etwa 800 rezente Arten.

| Klassen der Nacktsamer ( <i>Gymnospermae</i> ) |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                         |                                                                                                                            | Merkmale                                                                                                                                                                                                               |
| Samenfarne                                     |  <p>■ <i>Tetraastichia</i></p>           | <p>Größtes Vorkommen im oberen Karbon bis in die Permzeit, starben dann aus; stellen eine Übergangsform zwischen Farnpflanzen und Samenpflanzen dar; besaßen farnähnliche Blätter, bildeten aber bereits Samen aus</p> |
| Ginkgo-ähnliche                                |  <p>■ Ginkgo (<i>Ginkgo biloba</i>)</p> | <p>Besonders während Trias und Kreide mit vielen Arten verbreitet; rezent nur noch eine Art in Südostasien, bei uns zuweilen in Parkanlagen, mit sommergrünen, flächenförmigen gabelnervigen Blättern</p>              |

| Klassen der Nacktsamer                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Merkmale                                                                                                                                                                                                    |
| Kiefern-<br>ähnliche<br>Eiben-<br>ähnliche | <br>■ Tanne <br>■ Fichte <br>■ Eibe <br>■ Wacholder | Reizte Arten,<br>meist Bäume, selten Sträu-<br>cher, Blätter nadel- oder<br>schuppenförmig, meist im-<br>mergrün, xeromorph;<br>eingeschlechtige Zapfen-<br>blüten,<br>große wirtschaftliche Bedeu-<br>tung |

### Bedecktsamer

Bedecktsamer (*Angiospermae*) sind krautige oder holzige Kormophyten, deren Samenanlagen in einem aus Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten eingeschlossen sind.

Bedecktsamer haben sich in der Kreidezeit aus bestimmten Gruppen von Nacktsamern entwickelt und zeichnen sich heute durch große Artenvielfalt aus.

### Bau der Bedecktsamer

Die Bedecktsamer weisen gegenüber den Nacktsamern weitere Differenzierungen im äußeren und inneren Bau auf. Die Sproachse ist holzig oder krautig; sie enthält Kambiumzellen; in den Leitbündeln sind außer Tracheiden auch Tracheen ausgebildet sowie Siebröhren, die von Geleitzellen umgeben sind. In allen Pflanzenteilen können Sekret- und Drüsenzellen, Milchsaftröhren oder Schleimdrüsen auftreten.

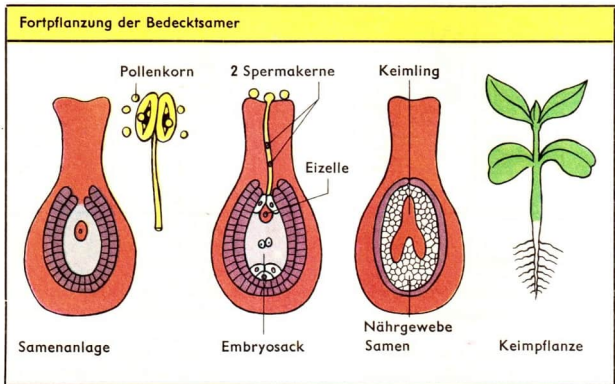
Die Blüten sind meist zwittrig, zum Teil eingeschlechtig, sie sind meist von einer Blütenhülle umgeben. Die Samenanlage ist in den Fruchtknoten eingeschlossen, der sich zur Frucht weiterentwickelt und die Samen enthält.

↗ Pflanzliche Gewebe, S. 152 ff.

↗ Fortpflanzungs- und Verbreitungsorgane, S. 166 ff.

## Lebensweise der Bedecktsamer

**Fortpflanzung.** Bedecktsamer haben einen Generationswechsel, bei dem der Gametophyt noch stärker reduziert ist als bei den Nacktsamern. Die Übertragung des Pollenkorns mit den Spermakernen auf die Narbe erfolgt durch den Wind (■ bei Hasel), durch Tiere (■ Insekten, Vögel) oder bei Wasserpflanzen durch Wasser (■ bei Seegras). Das Pollenkorn keimt aus zum Pollenschlauch, durch den die beiden Spermakerne an den Embryosack in der Samenanlage gelangen. In dem meist achtkernigen Embryosack liegt die Eizelle, sie wird von einem der Spermakerne befruchtet. Der zweite Spermakern verschmilzt mit zwei Kernen des Embryosacks, aus denen durch Zellteilungen das Nährgewebe für den Keimling entsteht. Dieser Vorgang ist eine doppelte Befruchtung, er kommt nur bei Bedecktsamern vor.



✓ Befruchtung, S. 243

**Vorkommen.** Bedecktsamer besiedeln sehr unterschiedliche Lebensräume. Sie kommen in allen Vegetationszonen der Erde und allen Höhenstufen vor. Viele Vertreter leben im Süß- und Brackwasser.

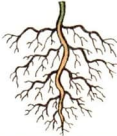
## Bedeutung der Bedecktsamer

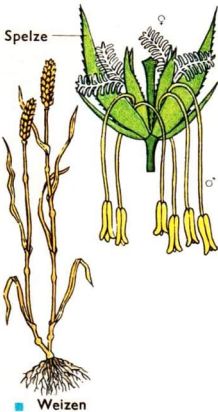
Bedecktsamer bilden neben den Nacktsamern den Hauptanteil der Vegetation. Sie haben im Stoffkreislauf der Natur große Bedeutung durch die Primärproduktion von Biomasse und durch die Abgabe von Sauerstoff. Der Mensch nutzt und kultiviert zahlreiche Arten und versucht ständig, die Leistungsfähigkeit der Kulturpflanzen zu steigern oder weitere Pflanzenarten zu Kulturpflanzen zu züchten.

✓ Kulturpflanzen, S. 360 f.

## Einteilung der Bedecktsamer

Die Bedecktsamer bilden die artenreichste Pflanzengruppe. Sie umfassen etwa 250000 Arten, die in die Gruppen der einkeimblättrigen und der zweikeimblättrigen Pflanzen eingeteilt werden.

| Merkmale bei einkeimblättrigen und zweikeimblättrigen Pflanzen                                                                                                      |                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einkeimblättrige Pflanzen                                                                                                                                           | Zweikeimblättrige Pflanzen                                                                                                                               |
|  <p>ein Keimblatt, meist als Saugorgan zur Aufnahme der Nährstoffe ausgebildet</p> |  <p>zwei Keimblätter, meist als Nährstoffspeicher ausgebildet</p>       |
|  <p>sproßbürtige Wurzeln</p>                                                       |  <p>meist Hauptwurzeln mit Nebenwurzeln</p>                             |
|  <p>meist paralleladrig ganzrandige Laubblätter</p>                                |  <p>meist netz- oder fiederadrig, oft geteilte Laubblätter</p>          |
|  <p>Leitbündel in der Sprossachse über den Querschnitt verstreut angeordnet</p>   |  <p>Leitbündel in der Sprossachse regelmäßig ringförmig angeordnet</p> |
|  <p>Blüten meist dreizählig</p>                                                  |  <p>Blüten vier-, fünf- oder mehrzählig</p>                           |

| Familien einkeimblättriger Pflanzen                                                                                                                          |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Familie                                                                                                                                                      |                                                                                                                 | Wichtige Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>Süßgräser</b></p> <p>■ Roggen<br/>Weizen<br/>Gerste<br/>Hafer<br/>Mais<br/>Reis<br/>Hirse<br/>Glatthafer<br/>Wiesen-<br/>Lieschgras<br/>Knäuelgras</p> |  <p>Spelze</p> <p>■ Weizen</p> | <p>Blüten einzeln oder zu mehreren in Ährchen;<br/>meist mit drei weit aus der Blüte herausragenden Staubblättern und zwei federförmigen Narben, Fruchtknoten oberständig;<br/>Hüllblätter als Spelzen ausgebildet.<br/>Krautige Pflanzen mit hohlen Sprossachsen (Halme).<br/>Viele wertvolle Futtergräser, Getreidearten</p> |
| <p><b>Liliengewächse</b></p> <p>■ Spargel<br/>Zwiebel<br/>Lauch<br/>Lilien<br/>Tulpe<br/>Maiglöckchen<br/>Milchstern<br/>Szilla</p>                          |  <p>■ Tulpe</p>               | <p>Blüten meist einzeln;<br/>mit 6 kronblattartigen Hüllblättern;<br/>Fruchtknoten oberständig;<br/>Frucht eine Kapsel oder Beere.<br/>Meist Stauden mit Zwiebeln, Knollen oder Wurzelstöcken.<br/>Gemüse-, Gewürz- und viele Zierpflanzen</p>                                                                                 |

## Familien zweikeimblättriger Pflanzen

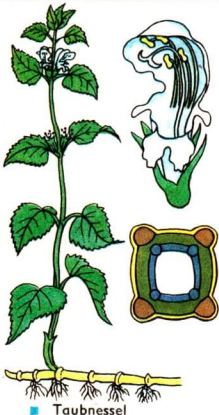
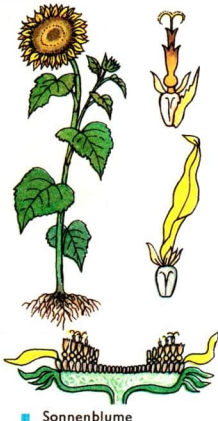
| Familie                                                                                                                                                                                                                                                                 | Wichtige Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Kreuzblütengewächse</p>  <p>■ Kohl<br/> Retlich<br/> Radieschen<br/> Meerrettich<br/> Senf<br/> Raps<br/> Goldlack<br/> Levkoje<br/> Silberblatt<br/> Blaukissen</p> <p>■ Raps</p>  | <p>Blüten in traubigen Blütenständen;<br/> Blüten mit je 4 kreuzweise stehenden Kelch- und Kronblättern, 4 langen und 2 kurzen Staubblättern und 1 Stempel aus zwei Fruchtblättern;<br/> Fruchtknoten oberständig;<br/> Frucht: Schote oder Schötchen.<br/> Kräuter und Stauden.<br/> Viele Kulturpflanzen</p>                            |
| <p>Schmetterlingsblütengewächse</p>  <p>■ Erbse<br/> Bohne<br/> Linse<br/> Lupine<br/> Luzerne<br/> Klee<br/> Robinie<br/> Goldregen<br/> Blauregen<br/> Duftwicke</p> <p>■ Erbse</p> | <p>Blüten einzeln oder zu mehreren;<br/> schmetterlingsförmig, fünfzählig, 10 Staubblätter, alle oder nur 9 zu einer Röhre verwachsen;<br/> Stempel aus einem Fruchtblatt;<br/> Frucht: Hülse.<br/> Blätter meist gefiedert oder dreizählig.<br/> Kräuter, Stauden, Holzgewächse.<br/> Viele Gemüse- und Futterpflanzen, Zierpflanzen</p> |



Familien zweikeimblättriger Pflanzen

| Familie                                                                                                                                                                                                                                        | Wichtige Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Hahnenfußgewächse</p>  <p>■ Rittersporn<br/>Akelei<br/>Winterling<br/>Trollblume<br/>Anemone<br/>Leberblume<br/>Christrose</p> <p>■ Hahnenfuß</p>          | <p>Blüten meist einzeln stehend;<br/>4, 5 oder viele Kronblätter;<br/>meist keine Kelchblätter oder<br/>diese wie die Kronblätter<br/>gefärbt;<br/>sehr zahlreiche Staubblätter;<br/>1 bis viele Fruchtknoten,<br/>oberständig.<br/>Krautige Pflanzen.<br/>Viele Zierpflanzen</p> |
| <p>Doldengewächse</p>  <p>■ Petersilie<br/>Fenchel<br/>Dill<br/>Kümmel<br/>Koriander<br/>Liebstöckel<br/>Pastinake<br/>Möhre<br/>Sellerie</p> <p>■ Möhre</p> | <p>Blüten meist in aus Döldchen<br/>zusammengesetzten Dolden<br/>stehend;<br/>5 Kronblätter, 5 Staubblätter;<br/>2teilige Spaltfrucht.<br/>Stauden und Kräuter, oft<br/>stark duftend.<br/>Viele Gewürz- und Arznei-<br/>pflanzen, Gemüsepflanzen</p>                             |

## Familien zweikeimblättriger Pflanzen

| Familie                                                                                                                                                                                                                                         | Wichtige Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Lippenblütengewächse</p>  <p>■ Thymian<br/>Majoran<br/>Bohnenkraut<br/>Minze<br/>Lavendel<br/>Salbei</p> <p>■ Taubnessel</p>                                | <p>Blüten in achsenständigen, quirlartigen Blütenständen; Kronblätter zu Ober- und Unterlippe verwachsen, 5-zipfliger Kelch, meist 2 Paar Staubblätter, 1 Stempel mit vierteiligem Fruchtknoten; Frucht zerfällt in vier Teilfrüchte; Blätter kreuzgegenständig; Stengel vierkantig. Kräuter, Sträucher. Viele Gewürz- und Arzneipflanzen</p> |
| <p>Korbblütengewächse</p>  <p>■ Schwarzwurzel<br/>Dahlie<br/>Zinnie<br/>Aster<br/>Kamille<br/>Beifuß<br/>Sonnenblume<br/>Mutterkraut</p> <p>■ Sonnenblume</p> | <p>Blüten röhren- oder zungenförmig; Szählig mit unterständigem Fruchtknoten. Blüten auf korbartigem Blütenboden; randständige Blüten oft als Schauapparat ausgebildet. Früchte: Nüsse, teils mit Flug- und Hafteinrichtungen. Kräuter. Viele Gemüse-, Öl-, Zier- und Arzneipflanzen</p>                                                      |

## 3.12. Urtierchen

### Allgemeines

Urtierchen (*Protozoa*) sind einzellige Organismen mit mindestens einem deutlich abgegrenzten Zellkern. Zellorganellen befähigen sie, alle Lebensfunktionen auszuführen.

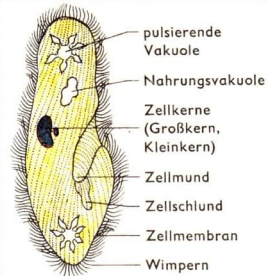
Die Klassen der Urtierchen (Geißeltierchen, Wurzelfüßer, Sporentierchen und Wimpertierchen) unterscheiden sich wesentlich in Körperform, Zellgröße und Lebensweise. Sie werden auf Grund ihrer Einzelligkeit zu einem Stamm zusammengefaßt. Ihre stammesgeschichtliche Stellung ist umstritten.

↗ Geißelalgen, S. 28

### Bau der Urtierchen

Urtierchen können 2 µm bis 3 mm groß sein. Sie bestehen aus einem Plasma-leib, der einen oder mehrere Zellkerne und teilweise hochspezialisierte Zellorganellen enthält. Bei einigen Formen sind Außen- oder Innenskelette, meist aus Kalziumkarbonat oder Kieselsäure, ausgebildet (■ Foraminiferen).

#### Bau eines Pantoffeltierchens



| Zellorganellen bei Urtierchen                                     |                              |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Ausbildungsform                                                   | Funktion                     |
| Scheinfüßchen, Geißeln, Wimpern, kontraktile Fasern               | Bewegung                     |
| Zellmund, Zellschlund, Zellafter, Nahrungsvakuolen, Scheinfüßchen | Ernährung                    |
| pulsierende Vakuolen                                              | Osmoregulation und Exkretion |
| Zellmembran                                                       | Schutz                       |
| Augenflecke                                                       | Sinnesfunktion               |

## Lebensweise der Urtierchen

**Ernährung.** Urtierchen ernähren sich vorwiegend heterotroph. Sie leben meist räuberisch als Strudler oder Schlinger von der Aufnahme kleiner Organismen. Einige Arten sind Fäulnisbewohner, Parasiten oder Symbionten.

Einige Geißeltierchen enthalten Chloroplasten (■ *Euglena*). Bei ausreichender Lichteinwirkung ernähren sie sich autotroph, im Dunkeln leben sie heterotroph. Diese Arten werden auch zu den Geißelalgen gerechnet, sie nehmen eine Zwischenstellung zwischen Pflanzen und Tieren ein.

**Atmung.** Der Austausch der Atemgase erfolgt bei Urtierchen durch die gesamte Zelloberfläche.

**Fortpflanzung.** Urtierchen vermehren sich meist ungeschlechtlich durch Querteilung (■ Wimpertierchen) oder Längsteilung (■ Geißeltierchen) oder geschlechtlich nach vorher erfolgter Kopulation (■ Geißeltierchen) oder Konjugation (■ Wimpertierchen). Bei einigen Arten tritt Generations- und Wirtswechsel auf.

↗ Ungeschlechtliche Fortpflanzung, S. 238

↗ Geschlechtliche Fortpflanzung, S. 239 f.

↗ Geißelalgen, S. 28

## Bedeutung der Urtierchen

Für den Kreislauf der Stoffe in der Natur und für den Menschen haben Urtierchen große Bedeutung als

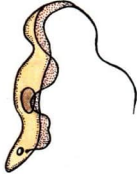
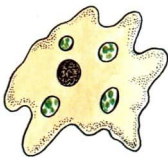
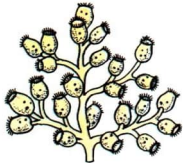
- Nahrung für viele Meerestiere (Planktonbildner),
- Reduzenten bei der biologischen Selbstreinigung der Gewässer,
- Reduzenten beim Abbau von Kohlenhydraten im Verdauungskanal einiger Pflanzenfresser,
- Konsumenten von krankheitserregenden Bakterien im Darm einiger Wirbeltiere,
- Krankheitserreger bei Tieren und dem Menschen (■ Schlafkrankheit, Malaria, Amöbenruhr).

In früheren Erdzeitaltern im Meer lebende Urtierchen mit Kalk- oder Kieselsäureskeletten haben zur Bildung von Sedimentlagerstätten (■ Kreide, Kieselgur) beigetragen.

## Einteilung der Urtierchen

Urtierchen bilden stammesgeschichtlich keine einheitliche Gruppe. Ihre Verwandtschafts- und Abstammungsverhältnisse sind noch ungeklärt, gegenwärtig werden sie in vier Gruppen unterteilt.

Zu den Urtierchen gehören Geißeltierchen, Wurzelfüßer, Sporentierchen und Wimpertierchen.

| Stamm: Urtierchen (Protozoa)                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                                                                                                                                   | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>Geißeltierchen (Flagellata)</p>  <p>■ Trypanosoma</p>                | <p>Geißeltierchen haben eine oder mehrere Geißeln, die zur Fortbewegung und der Herbeistrudelung der Nahrung dienen. Geißeltierchen leben im Süßwasser, im Meer oder parasitisch in Wirbeltieren. Einige Arten enthalten Chloroplasten (■ <i>Euglena</i>).</p>   |
| <p>Wurzelfüßer (Rhizopoda)</p>  <p>■ Amöbe</p>                          | <p>Wurzelfüßer besitzen Scheinfüßchen, die der Fortbewegung und der Nahrungsaufnahme dienen. Einige Arten haben Schalen (■ Kammertierchen) oder Skelette (■ Sonnentierchen). Wurzelfüßer leben im Süßwasser, im Meer oder parasitisch in Wirbeltieren.</p>       |
| <p>Sporentierchen (Sporozoa)</p>  <p>■ Gregarine</p>                   | <p>Sporentierchen leben parasitisch. Sie haben keine Bewegungsorganellen und keine kontraktilen Vakuolen. Die Fortpflanzung ist meist mit einem Generations- und Wirtswechsel verbunden.</p>                                                                     |
| <p>Wimpertierchen (Ciliata)</p>  <p>■ Kolonie von Glockentierchen</p> | <p>Wimpertierchen sind völlig oder teilweise mit Wimpern bedeckt, die der Fortbewegung und dem Herbeistrudeln der Nahrung dienen. Wimpertierchen leben freischwimmend oder festsitzend im Süßwasser, manche leben parasitisch. Einige Arten bilden Kolonien.</p> |

### 3.13. Hohltiere

#### Allgemeines

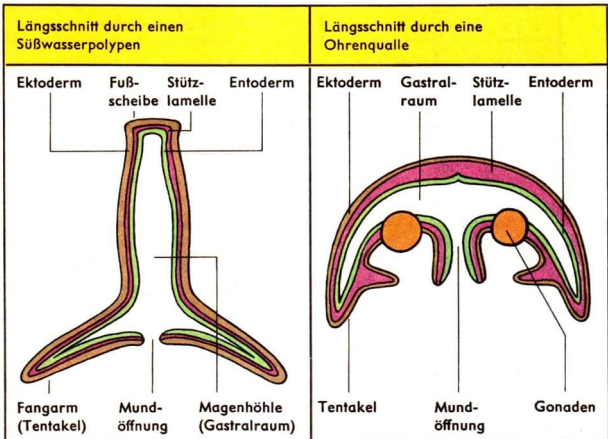
Hohltiere (*Coelenterata*) sind niedrig organisierte, radiärsymmetrische, ungegliederte vielzellige Tiere mit echten Geweben. Sie treten in zwei Formen auf: meist festsitzende Polypen und freischwimmende Medusen. Der Körperbau ist bei beiden Formen im Prinzip gleich und entspricht weitgehend dem Bauplan eines Becherkeimes (Gastrula). Hohltiere leben überwiegend im Meer, einige Arten leben auch im Süßwasser.

↗ Symmetrieverhältnisse bei Tieren, S. 102

↗ Gastrulation, S. 251

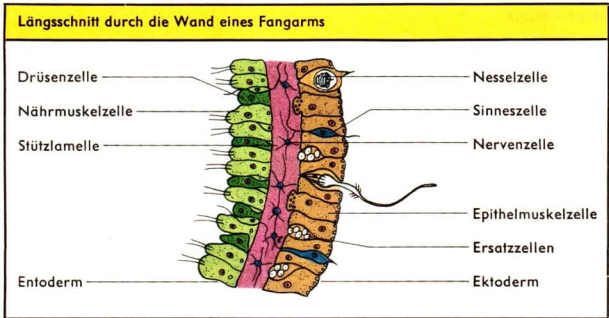
#### Bau der Hohltiere

Der nichtsegmentierte Körper der Hohltiere wird von einer äußeren ektodermalen Epithelschicht und einer inneren entodermalen Epithelschicht gebildet. Zwischen beiden befindet sich eine mehr oder weniger stark ausgebildete, meist zellenlose gallertige Stützlamelle. Das Entoderm umgibt die Magenhöhle, die durch die Mundöffnung mit der Außenwelt in Verbindung steht. Um diese Öffnung, die gleichermaßen als Mund und After dient, sind bei fast allen Hohltieren Fangarme angeordnet, die mit Nesselzellen besetzt sind. Einige Hohltierarten bilden Außen- oder Innenskelette, die aus Chitin, Horn oder Kalziumkarbonat bestehen können.





Die Zellen der Epithelschichten sind weitgehend differenziert und spezialisiert. Hohltiere besitzen einfach gebaute echte Gewebe.



| Zelldifferenzierungen bei Hohltieren |                                       |                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zellart                              | Lage                                  | Funktion                                                                                                                        |
| Nahrungsmuskelzelle                  | Entoderm                              | Aufnahme, Speicherung und Weiterleitung von Nährstoffen, ermöglichen durch kontraktile Muskelfasern (Ringmuskulatur) Bewegungen |
| Drüsenzelle                          | Entoderm                              | Bildung von Enzymen                                                                                                             |
| Epithelmuskelzelle                   | Ektoderm                              | Körperabschluß und Schutz, ermöglichen durch kontraktile Muskelfasern (Längsmuskulatur) Bewegungen                              |
| Nesselzelle                          | Ektoderm                              | Lähmung oder Tötung von Beutetieren                                                                                             |
| Sinneszelle                          | Ektoderm                              | Aufnahme von Umweltreizen                                                                                                       |
| Nervenzelle                          | meist in die Stützlamelle eingelagert | Aufnahme von Reizen und Verarbeitung von Erregungen                                                                             |
| Ersatzzelle                          | Ektoderm und Entoderm                 | Ersetzen abgestorbener Zellen. Ermöglichen der Regeneration                                                                     |
| Geschlechtszelle                     | Entoderm und Ektoderm                 | Bildung von Fortpflanzungszellen                                                                                                |

## Lebensweise der Hohltiere

**Ernährung.** Hohltiere ernähren sich räuberisch. Sie verschlingen mit Hilfe der Fang- oder Mundarme je nach Körpergröße kleinere oder größere Wassertiere (■ Plankton, kleine Fische).

**Atmung.** Der Austausch der Atemgase erfolgt durch die gesamte Körperoberfläche.

**Fortpflanzung.** Hohltiere pflanzen sich geschlechtlich und ungeschlechtlich fort. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist meist mit einem Generationswechsel (Medusengeneration, Polypengeneration) verbunden. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Knospung, Abschnürung, Querteilung oder Längsteilung. Verbleiben die so entstandenen Tochterzellen am Muttertier, können individuenreiche Tierstöcke entstehen.

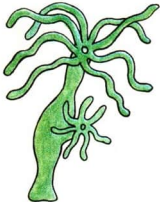
↗ Generationswechsel bei Tieren, S. 248

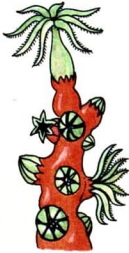
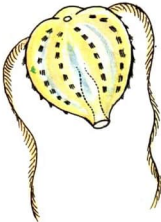
## Bedeutung der Hohltiere

Skelettbildende, in Kolonien lebende Korallentiere haben an der Entstehung von Korallenbänken, Saumriffen, Wallriffen und Kranzriffen (Atolle) entscheidenden Anteil. Korallenkalke weisen immer eindeutig auf früher an dieser Stelle vorhandene Meere hin (■ devonische Rifffalke des Rheinischen Schiefergebirges).

## Einteilung der Hohltiere

Zum Stamm Hohltiere gehören die Klassen Polypentiere, Schirmquallen und Korallentiere sowie die Rippenquallen.

| Stamm: Hohltiere ( <i>Coelenterata</i> ) |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unter-stamm                              | Klasse                                                                                                                  | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Nessel-tiere                             | Polypen-tiere<br><br>■ Süßwasserpolyp | Polypentiere sind meist fest-sitzende Hohltiere mit dünner Stützlamelle. Die äußere Gestalt kann bei Berührungsreizen, bei der Nahrungsaufnahme und bei der Fortbewegung stark ver-ändert werden, die Medusen-generation ist häufig stark rück-gebildet. Abgetrennte Kör-per-teile werden vollständig durch Regeneration ersetzt.<br>■ Süßwasserpolyp, Glockenblumenpolyp |

| Stamm: Hohltiere (Coelenterata) |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unter-stamm                     | Klasse                                                                                                                       | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Nessel-tiere                    | Schirm-quallen<br><br>■ Ohrenqualle         | Schirmquallen sind freischwimmende, vorwiegend im Meer lebende Hohltiere mit dicker, gallertartiger Stützlamelle und auffällig großer Medusengeneration. Der Körper enthält bis zu 98% Wasser. Die Fortbewegung erfolgt durch kräftige Kontraktion des Schirmes nach dem Rückstoßprinzip.<br>■ Ohrenqualle, Feuerqualle                                                                      |
|                                 | Korallen-tiere<br><br>■ Edelkoralle         | Korallentiere sind einzeln lebende oder koloniebildende polypenförmige Hohltiere, deren Magenhöhle (Gastralraum) durch Trennwände in Kammern unterteilt ist. Korallentiere leben nur in wärmeren Meeren. Sie scheiden an der Fußscheibe Kalk ab und bilden Korallenstöcke. Im Verlaufe der Erdzeitalter sind durch Korallen gewaltige Kalkmassen abgesetzt worden.<br>■ Hornkoralle, Seerose |
| Rippen-quallen                  | Rippen-quallen<br><br>■ Kugelrippenqualle | Rippenquallen sind Hohltiere mit besonders dicker Stützlamelle. Sie besitzen am Körper acht Reihen Wimperplatten. An den Fangarmen sind keine Nesselzellen ausgebildet. Rippenquallen leben in wärmeren Meeren.<br>■ Venusgürtel                                                                                                                                                             |

### 3.14. Plattwürmer

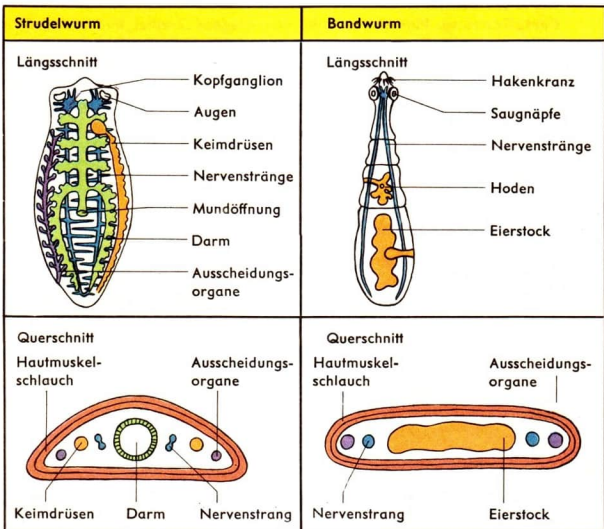
#### Allgemeines

Plattwürmer (*Plathelminthes*) gehören zu den bilateralsymmetrisch gebauten Urmundtieren (*Protostomia*). Die Höherentwicklung ist durch die Konzentration der Sinnes- und Nervenzellen am Vorderende, durch die Ausbildung eines dritten Keimblattes (Mesoderm) und durch die zunehmende Herausbildung von Organen bei weiterer Differenzierung der Zellen gekennzeichnet.

- ↗ Urmundtiere und Neumundtiere, S. 252
- ↗ Symmetrieverhältnisse bei Tieren, S. 102
- ↗ Keimblattbildung, S. 252

#### Bau der Plattwürmer

Plattwürmer haben einen von der Rücken- zur Bauchseite hin abgeplatteten blatt- oder bandförmigen Körper. Die bewimperte oder mit einer Kutikula überzogene einschichtige Epidermis bildet zusammen mit den darunter liegenden Ring- und Längsmuskelschichten einen Hautmuskelschlauch.



Plattwürmer besitzen zwei auf der Bauchseite liegende Nervenstränge (Bauchmark), die durch feine Querstränge miteinander in Verbindung stehen. Sie bilden vorn einen paarigen Nervenknotten (Kopfganglion).

Plattwürmer besitzen einen blind endenden Darm, der bei den parasitisch lebenden Arten völlig oder teilweise rückgebildet sein kann. Die inneren Organe sind im mesodermalen Parenchym eingebettet. Plattwürmer besitzen keine Leibeshöhle.

## **Lebensweise der Plattwürmer**

**Lebensraum.** Plattwürmer sind allgemein im Meer und im Süßwasser (■ Weiße Planarie) verbreitet, oder sie leben als Innenparasiten in höher entwickelten Organismen (■ Großer Leberegel, Schweinefinnenbandwurm). Einige Arten leben auch als Außenparasiten, meist an Fischen.

**Ernährung.** Frei lebende Plattwürmer ernähren sich räuberisch (■ Weiße Planarie). Parasitisch lebende Plattwürmer nehmen die Nahrung saugend auf (■ Großer Leberegel) oder resorbieren bereits verdaute Nährstoffe osmotisch durch die gesamte Hautoberfläche (■ Dreigliedriger Hundebandwurm).

**Atemung.** Der Austausch der Atemgase erfolgt durch die gesamte Körperoberfläche. Parasitisch lebende Arten gewinnen die zum Leben nötige Energie aus Gärungsprozessen.

**Fortpflanzung.** Plattwürmer sind überwiegend Zwitter und pflanzen sich geschlechtlich fort. Bei parasitisch lebenden Arten (■ Rinderfinnenbandwurm) können die Eier durch Samenzellen des gleichen Tieres befruchtet werden (Selbstbefruchtung), bei anderen Arten tritt Fremdbefruchtung auf. Die Entwicklung ist oft mit einem komplizierten Generations- und Wirtswechsel verbunden (■ Großer Leberegel).

↗ Generationswechsel bei Tieren, S. 248

↗ Parasitismus, S. 316

## **Bedeutung der Plattwürmer**

Parasitisch lebende Plattwürmer und ihre Larven können bei Tieren und beim Menschen beträchtliche Schäden verursachen. Durch Bekämpfung mit Medikamenten und durch zahlreiche hygienische Maßnahmen wird die Übertragung eingeschränkt oder werden die Parasiten bekämpft.

- Gesetzlich vorgeschriebene Fleischschau auf Finnen bei Rindern und Schweinen.
- Melioration der Weideflächen zur Bekämpfung der Zwischenwirte des Leberegels.

## **Einteilung der Plattwürmer**

Zum Stamm der Plattwürmer gehören die Klassen Strudelwürmer, Saugwürmer und Bandwürmer.

| Stamm: Plattwürmer (Plathelminthes)               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                            | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Strudelwürmer</p> <p>■ Weiße Planarie</p>      | <p>Strudelwürmer sind frei lebende Plattwürmer mit ungegliedertem Körper, der mit Wimpern bedeckt ist. Am Kopf befinden sich einfach gebaute Augen. Strudelwürmer leben räuberisch im Süßwasser oder im Meer von kleinen Wassertieren (■ kleine Krebse, Schnecken, Kaulquappen) oder von Aas. Strudelwürmer haben ein großes Regenerationsvermögen.</p> <p>■ Weiße Planarie, Gehörntes Vielauge</p>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Saugwürmer</p> <p>■ Großer Leberegel</p>       | <p>Saugwürmer sind parasitisch lebende, blattförmige Plattwürmer mit Haftorganen (■ Mund- und Bauchsaugnapf), blind endendem, stark verzweigtem Darm und dicker Kutikula. Sie leben in inneren Organen von Wirbeltieren. Bei Massenbefall von Haustieren richten sie beträchtlichen Schaden an. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist mit einem komplizierten, oft mehrfachen Wirtswechsel verbunden.</p> <p>■ Großer Leberegel, Kleiner Leberegel</p>                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>Bandwürmer</p> <p>■ Schweinefinnenbandwurm</p> | <p>Bandwürmer sind parasitisch lebende, bandförmige Plattwürmer mit dicker Kutikula. Sie bestehen aus einem meist nur stecknadelkopfgroßen Kopf und 3 bis 4000 Gliedern. Bandwürmer sind 5 mm (■ Dreigliedriger Hundebandwurm) bis 12 m (■ Rinderfinnenbandwurm) lang. Saugnäpfe und oft auch ein Hakenkranz am Kopf ermöglichen das Festhalten an der Darmwand des Wirtes. Augen und Verdauungskanal sind in Anpassung an die parasitische Lebensweise rückgebildet. Hinter dem Kopf werden ständig neue Glieder gebildet. Die Endglieder, die mit befruchteten Eiern fast völlig ausgefüllt sind, werden abgestoßen.</p> <p>■ Fischfinnenbandwurm, Quesenbandwurm</p> |



## 3.15. Rundwürmer

### Allgemeines

Rundwürmer (*Nemathelminthes*) sind weltweit in allen Lebensräumen verbreitet. Zum Stamm der Rundwürmer werden die sehr unterschiedlich gebauten Bauchhaarlänge, Rädertierchen, Fadenwürmer, Saitenwürmer, Hakenrüssler und Kratzer zusammengefaßt.

Fadenwürmer sind bilateralsymmetrische Urmundtiere (*Protostomia*) mit einem durchgehenden, in einem After endenden Darmkanal und einer primären Leibeshöhle.

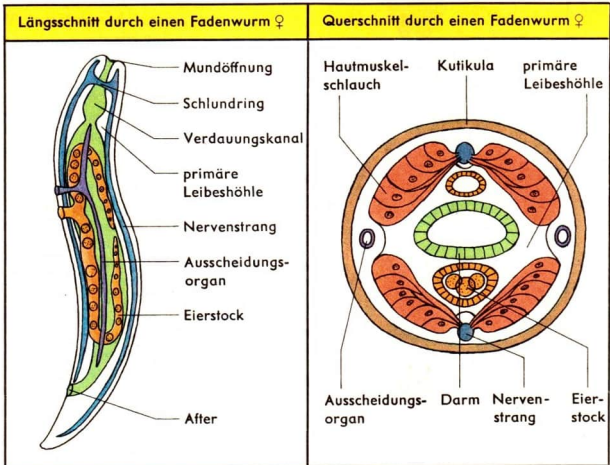
↗ Symmetrieverhältnisse bei Tieren, S. 102

↗ Urmundtiere und Neumundtiere, S. 252

### Bau der Fadenwürmer

Fadenwürmer sind drehrunde, langgestreckte, sehr unterschiedlich große Tiere (■ Kartoffelfäulen ♂ bis 0,4 mm lang, ♀ bis 2 mm lang, Medinawurm ♂ bis 40 mm lang, ♀ bis 1000 mm lang). Der äußerlich glatte Körper ist mit einer derben Kutikula bedeckt. Das strangförmige Nervensystem besteht aus zwei Nervensträngen und dem Schlundring.

Fadenwürmer sind getrenntgeschlechtlich.



## Lebensweise der Fadenwürmer

**Ernährung.** Fadenwürmer leben vorwiegend parasitisch und nehmen die Nahrung meist saugend auf.

**Atmung.** Der Austausch der Atemgase erfolgt durch die gesamte Körperoberfläche, oder die zum Leben nötige Energie wird durch Gärungsprozesse freigesetzt.

**Fortpflanzung.** Fadenwürmer pflanzen sich geschlechtlich fort.

Parasitisch lebende Arten legen sehr viele Eier ab (■ Spulwurm bis über 20 Millionen Eier).

Die Entwicklung der Fadenwürmer ist oft mit einem ein- oder mehrmaligen Wirtswechsel und mit einem oft komplizierten Wanderweg der Larven durch verschiedene Organe des Wirtes verbunden.

- Spulwurm: Aufnahme der Eier durch Verschlucken in den Darm — Weg der Larven über Lunge und Rachenhöhle erneut in den Darm — Entwicklung des geschlechtsreifen Tiers — Ablegen der Eier und Ausscheiden ins Freie.

↗ Gärung, S. 209 f.

↗ Parasitismus, S. 316

## Bedeutung der Fadenwürmer

Parasitisch lebende Fadenwürmer können großen Schaden in der Tier- und Pflanzenproduktion oder an der Gesundheit der Menschen anrichten. Durch gesetzlich vorgeschriebene Fleischschau, durch Bekämpfung mit Medikamenten, durch Einhaltung bestimmter Fruchtfolgen und durch hygienische Maßnahmen werden diese Parasiten bekämpft und ihre Verbreitung eingeschränkt.

- Kartoffel- und Rübenälchen können bedeutende Ertragsminderungen verursachen.
- Trichinen und Spulwürmer können große gesundheitliche Schäden hervorrufen und die tierische Produktion stark beeinträchtigen.

## 3.16. Gliedertiere

### Allgemeines

Gliedertiere (*Articulata*) sind bilateralsymmetrische Urmundtiere (*Protostomia*) mit deutlicher innerer und äußerer Gliederung (Segmentierung) des Körpers. Die Körpergliederung kann gleichmäßig oder ungleichmäßig sein. Die innere Gliederung entspricht in der Regel nicht der äußeren Gliederung. Gliedertiere besitzen eine mit Flüssigkeit gefüllte sekundäre oder eine tertiäre Leibeshöhle. Gliedertiere besitzen ein offenes oder geschlossenes Blutgefäßsystem sowie ein Zentralnervensystem. An den Segmenten vieler Arten sind Körperanhänge ausgebildet, die unterschiedliche Funktionen haben.

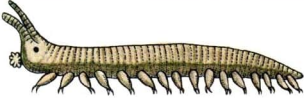
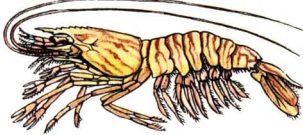
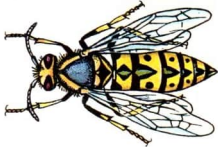
| Körperanhänge bei Gliedertieren                     |                  |                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Körperanhang                                        | Funktion         | Artbeispiel                                                                                                                                                     |
| Borsten<br>Stummelfüße<br>Gliederfüße<br><br>Flügel | Fortbewegung     | Mistwurm<br>Meeresringelwurm, <i>Peripatus</i><br>Kreuzspinne, Flußkrebs, Steinkriecher,<br>Stubenfliege<br>Kohlweißling, Maikäfer, Honigbiene,<br>Stubenfliege |
| Kieferfüße<br>Mundgliedmaßen                        | Nahrungsaufnahme | Flußkrebs<br>Kreuzspinne, Puppenräuber, Honigbiene,<br>Stechmücke                                                                                               |
| Antennen<br>(Fühler)                                | Orientierung     | Meeresringelwurm, Flußkrebs, Steinkriecher,<br>Holzwespe                                                                                                        |
| Legestachel                                         | Eiablage         | Heupferd, Schlupfwespe                                                                                                                                          |

### Einteilung der Gliedertiere

Zum Stamm der Gliedertiere gehören die Klassen Gürtelwürmer, Vielborster, Stummelfüßer, Spinnentiere, Krebstiere, Vielfüßer und Insekten.

| Stamm: Gliedertiere ( <i>Articulata</i> ) |                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unterstamm                                | Klasse                                                                                                                   |
| Ringelwürmer<br>( <i>Annelida</i> )       | Gürtelwürmer<br><br>■ Mistwurm         |
|                                           | Vielborster<br><br>■ Meeresringelwurm |

Stamm: Gliedertiere (*Articulata*)

| Unterstamm                               | Klasse                                                                                                               |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stummelfüßer<br>( <i>Proarthropoda</i> ) | Stummelfüßer <br>■ <i>Peripatus</i> |
| Gliederfüßer<br>( <i>Arthropoda</i> )    | Spinnentiere <br>■ <i>Skorpion</i>  |
|                                          | Krebstiere <br>■ <i>Garnele</i>     |
|                                          | Vielfüßer <br>■ <i>Steinläufer</i> |
|                                          | Insekten <br>■ <i>Wespe</i>       |

## Ringelwürmer

Ringelwürmer (*Annelida*) sind innen und außen mehr oder weniger gleichmäßig (homonom) segmentierte, meist langgestreckte (wurmformige) Gliedertiere mit Borsten oder ungliederten Stummelfüßen zur Fortbewegung. Sie sind Wasserbewohner oder in der Erde lebende Feuchtlufttiere.

### Bau der Ringelwürmer

Der Körper der Ringelwürmer ist mit einer Kutikula überzogen, die von einer drüsenreichen Epithelschicht abgeschieden wird. Darunter liegt ein Hautmuskelschlauch, der von einer äußeren Ringmuskelschicht und einer inneren Längsmuskelschicht gebildet wird.

Zwischen Hautmuskelschlauch und Darm liegt die prall mit Flüssigkeit gefüllte sekundäre Leibeshöhle (Zölo).

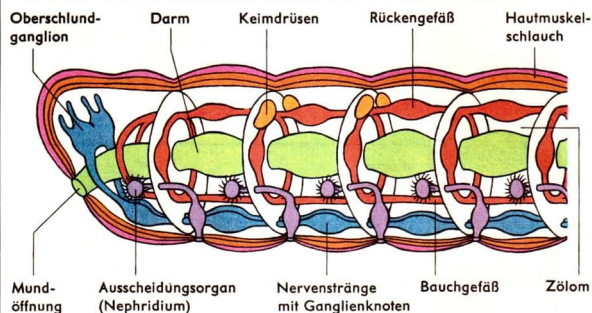
Ringelwürmer haben ein geschlossenes Blutgefäßsystem, das aus dem Rückengefäß, dem Bauchgefäß und den Ringverbindungen in den Segmenten besteht. Kontraktile Abschnitte im Rückengefäß und in den Ringgefäßen pumpen das Blut durch das Gefäßsystem.

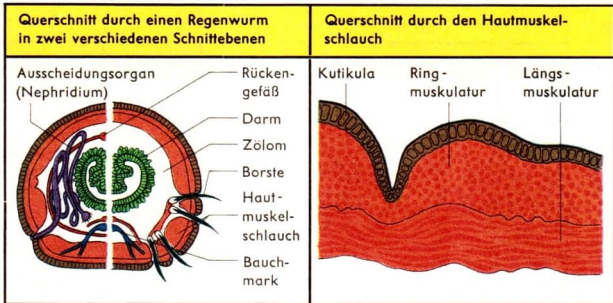
Das Strickleiternnervensystem liegt bauchseitig (Bauchmark). Am Vorderende sind besonders große Ganglienknoten (■ Oberschlundganglion) ausgebildet. Ausscheidungsorgane sind die segmental angeordneten Nephridien, die über offene Wimpertrichter die Exkrete aus dem Zölo ableiten. Die Geschlechtsorgane sind segmental angeordnet und meist auf bestimmte Körperabschnitte beschränkt.

↗ Zentralnervensystem, S. 145

↗ Nephridien, S. 131; ↗ Hautmuskelschlauch, S. 103

Längsschnitt durch einen Regenwurm





### Lebensweise der Ringelwürmer

**Ernährung.** Ringelwürmer ernähren sich sehr unterschiedlich als

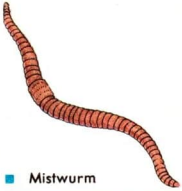
- Tierfresser (■ Seemaus),
- Pflanzenfresser (■ Regenwurm),
- Aasfresser (■ Enchyträen),
- Blutsauger (■ Medizinischer Blutegel).

**Atmung.** Der Austausch der Atemgase erfolgt durch die gesamte Körperoberfläche oder durch blattartige, reich durchblutete Anhänge („Kiemen“) an den Stummelfüßen.

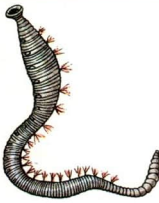
**Fortpflanzung.** Ringelwürmer pflanzen sich meist geschlechtlich fort.

### Einteilung der Ringelwürmer

Zum Unterstamm der Ringelwürmer gehören die Klassen Gürtelwürmer und Vielborster.

| Unterstamm: Ringelwürmer ( <i>Annelida</i> ) |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                       | Ordnung                                                                                                           | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Gürtelwürmer                                 | Wenigborster<br><br>■ Mistwurm | Wenigborster sind Ringelwürmer mit übereinstimmender innerer und äußerer Segmentierung. Die meist paarigen Borsten liegen in Taschen des Hautmuskelschlauches, in die sie zurückgezogen werden können. Wenigborster leben in feuchter Erde (■ Regenwurm) oder im Schlamm (■ Tubifex). |



| Unterstamm: Ringelwürmer (Annelida) |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                              | Ordnung                                                                                                 | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Gürtelwürmer                        | Egel<br>               | Egel sind Ringelwürmer, deren innere und äußere Segmentierung nicht übereinstimmt. Sie haben keine Borsten. Zwei Saugnapfe dienen zum Festhalten und zur Fortbewegung. Egel sind meist Außenparasiten. Sie ernähren sich von Wirbeltierblut, das sie aussaugen und in großen Mengen speichern können.<br>■ Medizinischer Blutegel, Pferdeegel |
| Vielborster                         | Meeresringelwürmer<br> | Meeresringelwürmer sind Ringelwürmer mit paarigen, ungliederten Stummelfüßen mit meist langen Borsten. Die Meeresringelwürmer besitzen am Vorderende Antennen.<br>■ Seemaus, Sandpiewurm, Schlickringelwurm                                                                                                                                   |

## Bedeutung der Ringelwürmer

Von den Ringelwürmern haben die in den oberen Erdschichten lebenden Regenwürmer große volkswirtschaftliche Bedeutung. Durch die Lebenstätigkeiten der Regenwürmer werden

- die Bodenstruktur verbessert,
- die Durchlüftung des Bodens verbessert,
- der Humusgehalt des Bodens erhöht.

Im Wasser lebende Ringelwürmer (■ Tubifex, Schlickringelwurm) sind Nahrung für viele Wassertiere.

## Gliederfüßer

Gliederfüßer (*Arthropoda*) bilden mit mindestens 900 000 bisher bekannten heute lebenden Arten die arten- und formenreichste Tiergruppe; zu ihnen gehören mehr als 75 Prozent aller gegenwärtig bekannten Tierarten.

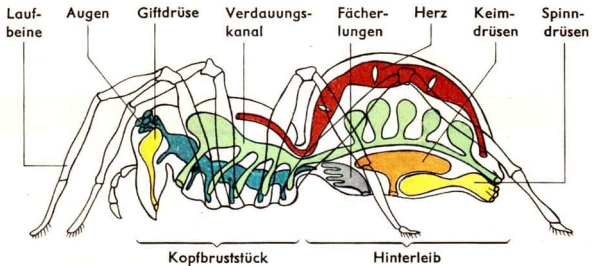
Gliederfüßer sind die am höchsten entwickelten Gliedertiere. Sie sind weltweit in allen Lebensräumen verbreitet.

## Bau der Gliederfüßer

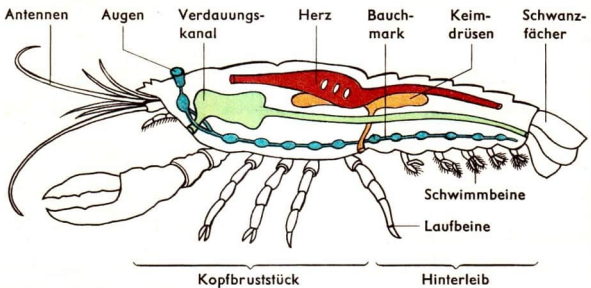
Gliederfüßer haben paarige gegliederte Extremitäten, die entsprechend ihrer Funktion unterschiedlich ausgebildet sind. Der Körper ist — außer bei den Vielfüßern — ungleichmäßig segmentiert. Körper und Extremitäten werden von einer festen chitinhaltigen Kutikula umgeben. Dieses Außenskelett ist wasser- und gasundurchlässig; es bietet Schutz, gibt dem Körper Halt und dient der Muskulatur als Ansatzfläche. Während des Wachstums wird das nicht mitwachsende Außenskelett mehrmals abgestreift (Häutung).

Die inneren Organe (■ Blutgefäßsystem, Nervensystem) liegen in der tertiären Leibeshöhle.

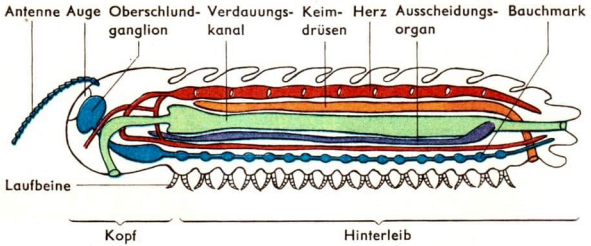
### Bau eines Spinnentieres



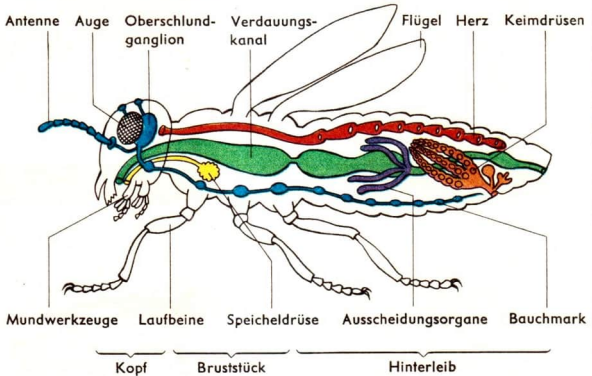
### Bau eines Krebstieres



### Bau eines Vielfüßers



### Bau eines Insekts

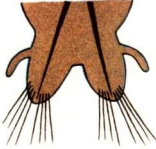


### Extremitäten der Gliederfüßer

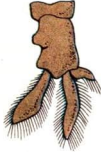
Die paarigen Extremitäten der Gliederfüßer sind deutlich gegliedert; sie sind den unterschiedlichen Fortbewegungsarten und Funktionen gut angepaßt. Am Kopf sind sie zu Mundgliedmaßen und Tastorganen ausgebildet.

### Entwicklung der Extremitäten bei Gliedertieren

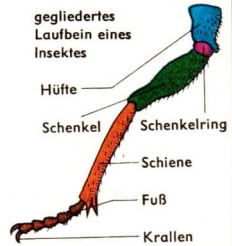
ungegliedertes  
Stummelfuß eines  
Ringelwurmes



gegliedertes  
Schwimmbein  
eines Krebses



gegliedertes  
Laufbein eines  
Insektes



### Extremitäten verschiedener Gliederfüßer in Anpassung an unterschiedliche Fortbewegungsarten



Schere eines  
Flußkrebses



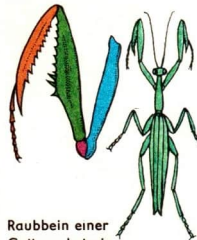
Laufbein einer  
Stubenfliege



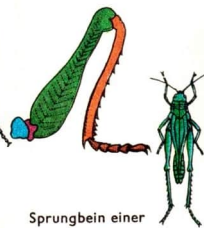
Schwimmfuß einer  
Wasserwanze



Grabbein einer  
Maulwurfgrille



Raubbein einer  
Gottesanbeterin



Sprungbein einer  
Heuschrecke



Sammelbein einer  
Honigbiene

## Tertiäre Leibeshöhle der Gliederfüßer

Bei den Gliederfüßern verschmilzt die sekundäre Leibeshöhle (Zölom) mit der primären Leibeshöhle zur tertiären Leibeshöhle. Sie ist nicht segmentiert — im Gegensatz zur Leibeshöhle der Ringelwürmer.

## Blutgefäßsystem der Gliederfüßer

Gliederfüßer besitzen ein offenes Blutgefäßsystem. Meist ist ein auf der Rückenseite (dorsal) gelegenes schlauchförmiges, blind endendes Herz mit seitlichen Öffnungen ausgebildet.

↗ Blutgefäßsysteme, S. 124 ff.

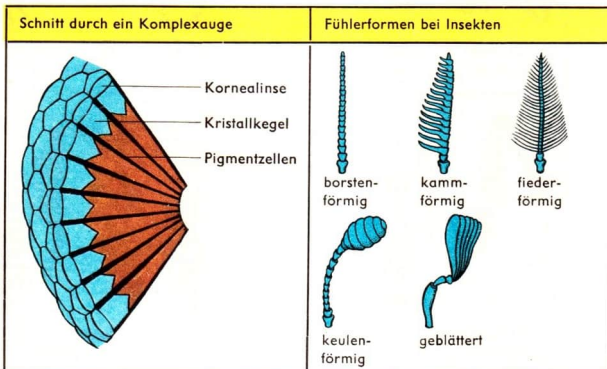
## Nervensystem der Gliederfüßer

Das Nervensystem der Gliederfüßer entspricht weitgehend dem der Ringelwürmer; jedoch ist die Konzentration von Nervenzellen und Ganglienknotten im Kopf- und Brustbereich vielfach stärker. Bei vielen Insekten füllen Ober- und Unterschlundganglien als Gehirn fast die gesamte Kopfkapsel aus.

↗ Zentralnervensystem, S. 145

## Sinnesorgane der Gliederfüßer

Die Sinnesorgane der Gliederfüßer sind meist sehr leistungsfähig. Mechanische und chemorezeptorische Sinnesorgane sind an den Antennen, den Mundgliedmaßen und den Extremitäten ausgebildet. Einige Insektenarten besitzen Gehörsinnesorgane (■ Heuschrecken, Zikaden).



Für fast alle Gliederfüßer sind aus keilförmigen Linsenaugen zusammengesetzte Komplexaugen (■ Mauerasselt 19 Sehkeile, Libelle bis 30000 Sehkeile) und primitive Einzelaugen (Punktaugen) charakteristisch. Diese hochspezialisierten Augen ermöglichen ein Bildsehen und bei zahlreichen Arten auch das Erkennen von Farben.

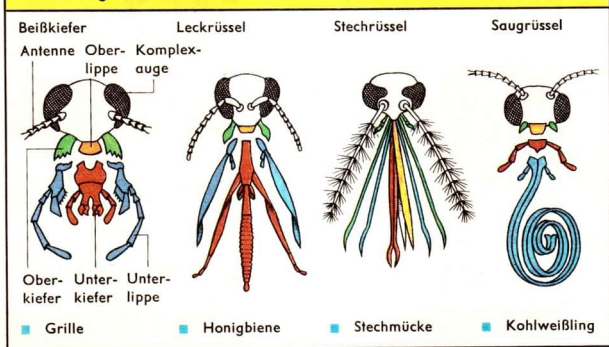
## Lebensweise der Gliederfüßer

**Ernährung.** Gliederfüßer ernähren sich sehr unterschiedlich; sie sind

- Räuber (■ Kreuzspinne, Flußkrebs, Libelle, Puppenräuber ▼),
- Pflanzenfresser (■ Garnele, Wasserfloh, Heuschrecke, Maikäfer, Raupe des Kohlweißlings),
- Aasfresser (■ Mistkäfer, Schmeißfliege),
- Außenparasiten (■ Zecke, Bettwanze, Blattlaus, Gallwespe, Stechmücke, Hundefloh).

Die Mundgliedmaßen sind hochspezialisiert und in Anpassung an unterschiedliche Nahrungsaufnahme verschieden ausgebildet.

Mundgliedmaßen bei Insekten in Anpassung an verschiedene Arten der Nahrungsaufnahme



**Atmung.** Landbewohnende Gliedertiere atmen durch

- Fächerlungen (■ Wolfsspinne, Bücherskorpion, Holzbock),
- Tracheen (■ Steinläufer, Grille, Blattlaus, Kornkäfer).

Im Wasser lebende Gliederfüßer atmen durch

- Kiemen (■ Hummer, Strandkrabbe),
- Tracheenkiemen (■ Larven der Eintagsfliege),
- Tracheen (■ Wasserspinne, Gelbrandkäfer).

↗ Atmungssystem, S. 112 ff.

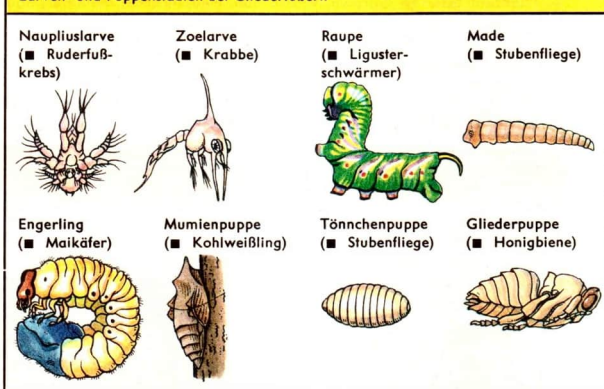


**Fortpflanzung.** Gliederfüßer pflanzen sich geschlechtlich fort. Einige Arten (■ Wasserfloh, Honigbiene, Blattlaus) haben Jungfernzeugung (Parthenogenese), die oft mit einem Generationswechsel verbunden ist (■ Wasserfloh, Blattlaus). Die Entwicklung der Gliederfüßer erfolgt indirekt

- mit unvollständiger Metamorphose (■ bei Kreuzspinne, Steinläufer, Libelle, Heuschrecke, Küchenschabe);
- mit vollständiger Metamorphose (■ bei Krabben, Tagpfauenauge, Wespen).

↗ Direkte und indirekte Entwicklung bei Tieren, S. 255

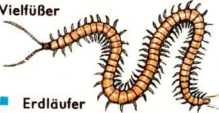
## Larven- und Puppenstadien bei Gliederfüßern



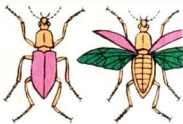
## Einteilung der Gliederfüßer

Zum Unterstamm der Gliederfüßer gehören die Klassen Spinnentiere, Krebstiere, Vielfüßer und Insekten.

| Unterstamm: Gliederfüßer (Arthropoda)                                                                                |                       |          |                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|--------------------------------|
| Klasse                                                                                                               | Körpergliederung      | Antennen | Extremitäten                   |
| Spinnentiere<br><br>■ Kreuzspinne | Kopfbrust, Hinterleib | keine    | meist 4 Paar am Kopfbruststück |

| Unterstamm: Gliederfüßer (Arthropoda)                                                                                 |                         |          |                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|--------------------------------------------------|
| Klasse                                                                                                                | Körpergliederung        | Antennen | Extremitäten                                     |
| <b>Krebstiere</b><br><br>■ Flußkrebs | Kopfbrust, Hinterleib   | 2 Paar   | 1 Paar je Segment oder weniger                   |
| <b>Vielfüßer</b><br><br>■ Erdläufer  | Kopf, Hinterleib        | 1 Paar   | 1 oder 2 Paar je Körpersegment, bis über 80 Paar |
| <b>Insekten</b><br><br>■ Grashüpfer  | Kopf, Brust, Hinterleib | 1 Paar   | 3 Paar an der Brust                              |

#### Wichtige Ordnungen der Insekten

| Ordnung                                                                                                                   | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Käfer</b><br><br>■ Puppenräuber ▼    | <p>Käfer sind Insekten, deren Vorderflügel zu Deckflügeln umgebildet sind. Die Vorderflügel schützen die häutigen, durchsichtigen, eingeklappten Hinterflügel. Käfer haben meist beißende Mundwerkzeuge.</p> <p>■ Laufkäfer, Schnellkäfer, Rüsselkäfer, Bockkäfer, Borkenkäfer, Blattkäfer</p>                         |
| <b>Hautflügler</b><br><br>■ Honigbiene | <p>Hautflügler sind Insekten mit durchsichtigen, häutigen Vorder- und Hinterflügeln. Die Weibchen der Hautflügler besitzen oft einen Lege- oder Wehrstachel. Viele Arten der Hautflügler sind staatenbildend und haben eine hochentwickelte Brutfürsorge.</p> <p>■ Schlupfwespen, Ameisen, Wespen, Bienen, Hummeln</p> |

| Wichtige Ordnungen der Insekten                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ordnung                                                                                                                             | Merkmale                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Schmetterlinge</p>  <p>■ Schwalbenschwanz ▼</p> | <p>Schmetterlinge sind Insekten, deren Flügel meist mit farbigen Schuppen bedeckt sind. Sie haben meist leckende, saugende Mundwerkzeuge.</p> <p>■ Tagfalter, Schwärmer, Eulen, Motten, Spinner, Spanner</p>  |
| <p>Zweiflügler</p>  <p>■ Stubenfliege</p>          | <p>Zweiflügler sind Insekten, deren Hinterflügel zu Schwingkölbchen rückgebildet sind. Zweiflügler haben meist leckende oder stechend-saugende Mundwerkzeuge.</p> <p>■ Fliegen, Bremsen, Mücken, Schnaken</p> |

### Bedeutung der Gliederfüßer

Gliederfüßer sind von großer Bedeutung für den Menschen und seine Umwelt. Viele Arten der Gliederfüßer sind nützlich, andere dagegen richten Schaden an.

| Nutzen durch Gliederfüßer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Schaden durch Gliederfüßer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Gliederfüßer und ihre Lebensprodukte dienen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— als Nahrungsquelle für viele Tiere</li> <li>■ Kleinkrebse, Mückenlarven,</li> <li>— als Nahrungsmittel für den Menschen</li> <li>■ Hummer, Krabben, Bienenhonig,</li> <li>— als Bestäuber vieler Samenpflanzen</li> <li>■ Bienen, Hummeln, Schmetterlinge,</li> <li>— als Schädlingsvertilger</li> <li>■ Kreuzspinne, Marienkäfer, Laufkäfer, Florfliege, Ameisen, Schlupfwespen,</li> <li>— als Rohstoffe für die Industrie</li> <li>■ Seide des Seidenspinners, Bienenwachs, Bienenhonig.</li> </ul> | <p>Gliederfüßer und ihre Larven richten Schaden an:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— durch Fressen an Pflanzen</li> <li>■ Heuschrecken, Kartoffelkäfer, Borkenkäfer, Maikäfer, Kiefernspinner, Kohlweißling,</li> <li>— durch Saugen von Blut und Pflanzensäften</li> <li>■ Milben, Zecken, Schild- u. Blattläuse, Wanzen, Flöhe, Mücken, Fliegen,</li> <li>— durch Übertragen von Krankheitserregern</li> <li>■ Stubenfliege, Stechmücke,</li> <li>— durch Fraß an Nahrungs- und Futtermitteln</li> <li>■ Milben, Küchenschaben, Kornkäfer, Ameisen, Wespen,</li> <li>— durch Zerfressen von wollhaltigen Kleidungsstücken und Pelzen</li> <li>■ Kleidermotte</li> <li>— durch Stechen mit Giftstacheln</li> <li>■ Skorpione, Hornissen, Wespen, Bienen.</li> </ul> |

## 3.17. Weichtiere

### Allgemeines

Weichtiere (*Mollusca*) sind meist unsegmentierte Urmundtiere (*Protostomia*), die entwicklungsgeschichtlich ringelwurmähnlichen Organismen nahestehen. Sowohl der segmentierte Körper einiger Urmollusken als auch die Übereinstimmungen im Bau der Larven (*Trochophora*) bei Ringelwürmern und bei Weichtieren weisen auf stammesgeschichtliche Beziehungen hin.

Mit über 130000 bisher bekannten heute lebenden Arten sind die Weichtiere nach den Gliedertieren der artenreichste Tierstamm.

Weichtiere leben überwiegend im Meer. Einige Muschel- und Schneckenarten sind Süßwasserbewohner, einige Schneckenarten leben auf dem Lande.

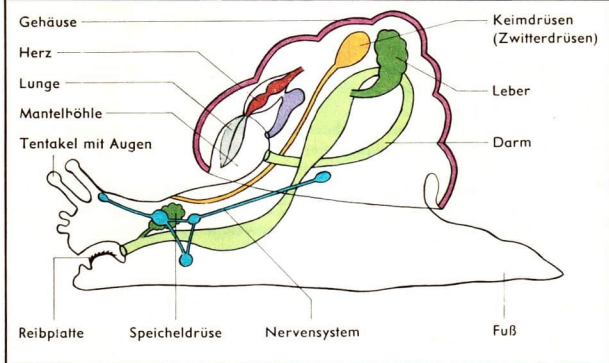
### Bau der Weichtiere

Der Körper der Weichtiere besteht in der Regel aus Kopf, Fuß, Eingeweidesack und Mantel. Bei Muscheln ist kein Kopf ausgebildet. Die drüsenreiche Haut bildet auf dem Rücken eine Falte, den Mantel, welcher die kalkhaltige Schale abscheidet. In der Mantelhöhle liegen die Atmungsorgane.

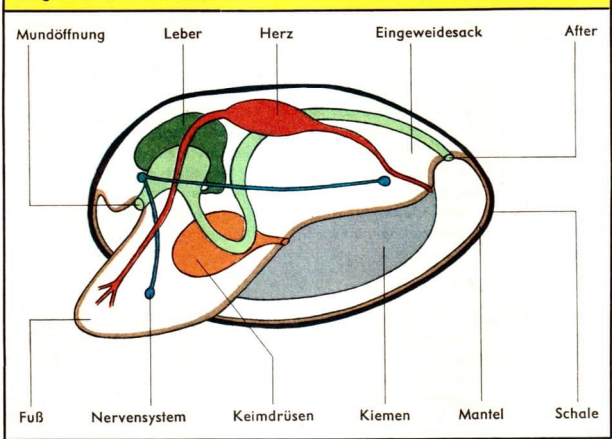
Weichtiere haben ein offenes Blutgefäßsystem. Das Nervensystem besteht aus einigen paarigen Ganglienknoten, die durch Quer- und Längsstränge verbunden sind. Bei vielen Weichtieren sind Licht-, Tast-, Geruchs- und Geschmacks-sinnesorgane ausgebildet.

↗ Offenes Blutgefäßsystem, S. 125

#### Längsschnitt durch eine Lungenschnecke



Längsschnitt durch eine Muschel



### Lebensweise der Weichtiere

**Ernährung.** Weichtiere ernähren sich sehr unterschiedlich, sie sind:

- Räuber (■ Gemeine Tintenschncke),
- Pflanzenfresser (■ Weinbergschncke ▼, Ackerschncke),
- Planktonfresser (■ Miesmuschel, Auster, Teichmuschel),
- Parasiten (■ Larven der Flußperlmuschel ▼).

**Atemung.** Der Austausch der Atemgase erfolgt bei im Wasser lebenden Arten der Weichtiere meist durch Kiemen (■ Sumpdeckelschncke, Herzmuschel, Kalmar).

Bei einigen landlebenden Schnckenarten (■ Weinbergschncke ▼, Schlamm-schncke) dient ein gefäßreicher Abschnitt der Innenwand der Mantelhöhle („Lunge“) dem Austausch der Atemgase.

**Fortpflanzung.** Weichtiere pflanzen sich geschlechtlich fort. Bei Schncken werden Eier und Spermien in der Zwitterdrüse gebildet. Die Entwicklung ist bei einigen Muschelarten mit einer zeitweiligen parasitischen Lebensweise an Fischen verbunden (■ Flußperlmuschel ▼).

### Einteilung der Weichtiere

Zum Stamm der Weichtiere gehören die Klassen Schncken, Muscheln und Kopf-füßer.

| Stamm: Weichtiere (Mollusca)                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                                                                                                           | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Schnecken</p>  <p>■ Hainschirkelschnecke</p> | <p>Schnecken sind Weichtiere, deren bilaterale Symmetrie durch Drehung des Eingeweidesackes (äußerlich: spiralförmige Windung des kalkhaltigen Gehäuses) erheblich abgeändert ist. Schnecken haben einen muskulösen Kriechfuß; am Kopf befinden sich Fühler und auf Stielen sitzende Augen. Nach Lage und Art der Atmungsorgane werden unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Vorderkiemer (■ Sumpfdeckelschnecke),</li> <li>— Hinterkiemer (■ Seehase),</li> <li>— Lungenschnecken (■ Ackerschnecke)</li> </ul> |
| <p>Muscheln</p>  <p>■ Teichmuschel</p>          | <p>Muscheln sind Weichtiere, deren Mantel zweilappig ausgebildet ist. Ein Kopf fehlt völlig. Muscheln werden von zwei kalkhaltigen Schalenhälften umhüllt, die durch kräftige Muskelbänder (Schließmuskeln) zusammengehalten werden. Die Fortbewegung erfolgt mit Hilfe des ausstülpbaren Fußes.</p> <p>■ Teichmuschel, Große Miesmuschel, Gemeine Auster, Weiße Bohrmuschel</p>                                                                                                                                                      |
| <p>Kopffüßer</p>  <p>■ Gemeiner Kalmar</p>      | <p>Kopffüßer sind hochentwickelte Weichtiere mit stark zentralisiertem Nervensystem, leistungsfähigen Augen und großer Beweglichkeit.</p> <p>Um die Mundöffnung stehen acht, zehn oder bis zu 90 Kopfarme mit Saugnäpfen zur Fortbewegung und zur Nahrungsaufnahme.</p> <p>Ein Außenskelett fehlt meist. Im Mantel liegt bei einigen Arten ein kalkhaltiger Rückenschulp.</p> <p>Bei Gefahr kann eine dunkelbraune Flüssigkeit („Tinte“) ausgestoßen werden.</p> <p>■ Gemeiner Kalmar, Krake</p>                                      |

### Bedeutung der Weichtiere

Schalen fossiler Arten, die im Trias lebten, bilden große Teile des Muschelkalks. In einigen Ländern spielen Weichtiere als Nahrung, besonders als Eiweißlieferant (■ Muscheln, Kopffüßer) eine große Rolle. Von wirtschaftlicher Bedeutung ist auch die Gewinnung von Perlen und Perlmutter aus einigen Muschelarten.



## 3.18. Chordatiere

### Allgemeines

Chordatiere (*Chordata*) sind bilateralsymmetrische Neumundtiere (*Deuterostomia*) mit Innenskelett, dorsal gelegenem Zentralnervensystem und geschlossenem Blutkreislauf.

↗ Urmundtiere und Neumundtiere, S. 252

### Bau der Chordatiere

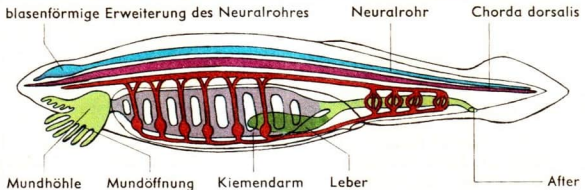
Chordatiere besitzen zeitlebens oder mindestens embryonal angelegt einen im Rücken (dorsal) gelegenen langgestreckten elastischen, zelligen Stützstrang, die Chorda dorsalis, der die Grundlage des für alle Chordatiere typischen Achsen-skelettes darstellt. Die Chorda wird aus dem Dach des Urdarmes gebildet.

**Neuralrohr.** Das Neuralrohr bildet den Hauptstrang des Zentralnervensystems, das Rückenmark; es liegt bei den Chordatiern im Gegensatz zum Bauchmark der Protostomier oberhalb des Darmes und der Chorda. Im Kopfbereich ist es meist zum Gehirn erweitert. Das Neuralrohr ist aus dem Ektoderm hervorgegangen.

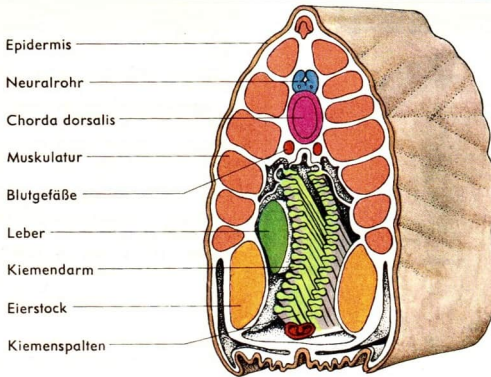
**Kiemendarm.** Der Vorderdarm ist bei primitiven Chordatiern (■ Lanzettierchen) von zahlreichen paarigen Spalten durchbrochen und zu einem Kiemendarm umgebildet, der zur Atmung und zur Nahrungsaufnahme dient. Bei den Fischen und den Larven der Lurche sind ebenfalls funktionstüchtige Kiemen ausgebildet. Bei den höherentwickelten landlebenden Wirbeltierklassen (Kriechtiere, Vögel, Säugetiere) werden wenigstens embryonal paarige Kiemenspalten im Vorderdarm angelegt.

**Gefäßsystem.** Bei Chordatiern ist ein geschlossenes Blutgefäßsystem ausgebildet. Das Blut wird durch Kontraktion bestimmter, immer auf der Bauchseite (ventral) gelegener Gefäßabschnitte in den Arterien und Venen bewegt. Bei den höher entwickelten Wirbeltieren sind diese ventral gelegenen kontraktile Abschnitte des Gefäßsystems als hochspezialisiertes, leistungsfähiges Herz ausgebildet.

#### Längsschnitt durch ein Lanzettierchen



### Querschnitt durch den Vorderrumpf eines ♀ Lanzettierchens



- ↗ Zentralnervensystem, S. 145
- ↗ Kiemen, S. 113
- ↗ Geschlossenes Blutgefäßsystem, S. 125

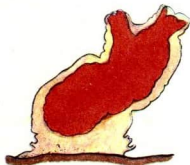
### Einteilung der Chordatiere

Nach dem Ausbildungsgrad des Achsenskelettes und nach der Ausbildung des Schädels werden bei den Chordatieren Manteltiere, Schädellose und Wirbeltiere unterschieden.

#### Stamm: Chordatiere (*Chordata*)

##### Unterstamm

Mantel-  
tiere



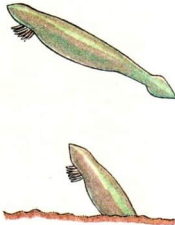
■ Seescheide

##### Merkmale

Manteltiere sind meist in Rumpf und Schwanz gegliederte Chordatiere, deren Chorda meist nur im Embryonalzustand oder bei den Larvenstadien ausgebildet ist. Von der einschichtigen Epidermis wird eine gallertartige bis knorpelharte, lederartige Körperumhüllung, der Mantel, ausgeschieden, der aus einer zelluloseähnlichen Substanz besteht.

Manteltiere leben im Meer.

■ Seescheiden, Feuerwalzen, Salpen

| Stamm: Chordatiere (Chordata)                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unterstamm                                                                                                                   | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Schädellose</p>  <p>■ Lanzettierchen</p> | <p>Schädellose sind in Rumpf und Schwanz gegliederte Chordatiere, deren Chorda zeitlebens erhalten bleibt.</p> <p>Am fischähnlichen, seitlich abgeflachten, lanzettförmigen vorn und hinten zugespitzten Körper ist dorsal und ventral ein unpaarer durchgehender Flossensaum ausgebildet.</p> <p>Die Schädellosen werden auf Grund ihres Körperbaues stammesgeschichtlich als Urtyp der Wirbeltiere bezeichnet.</p> <p>Schädellose leben meist im Sand eingegraben am Meeresboden.</p> |
| <p>Wirbeltiere</p>  <p>■ Kammolch ▼</p>     | <p>Wirbeltiere sind meist in Kopf, Rumpf, Schwanz und Gliedmaßen gegliederte Chordatiere, deren Chorda durch ein verknorpeltes oder verknöchertes Achsenskelett (Wirbelsäule) verdrängt wird. Von der ursprünglichen Chorda bleiben nur noch geringe Reste in den Wirbelkörpern oder zwischen den Wirbeln erhalten.</p>                                                                                                                                                                 |

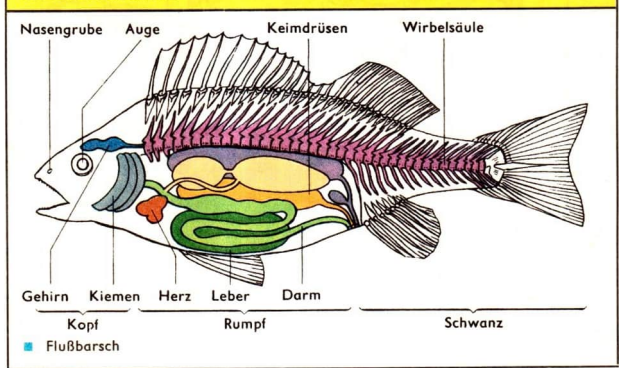
## Wirbeltiere

Wirbeltiere (*Vertebrata*) sind hochentwickelte Chordatiere, deren Achsenskelett von einer knorpeligen oder knöchernen Wirbelsäule gebildet wird. Durch weitgehende Differenzierung und Spezialisierung im Bau und in den Leistungen der einzelnen Organsysteme sind die Wirbeltiere dem Leben in unterschiedlichen Lebensräumen angepaßt.

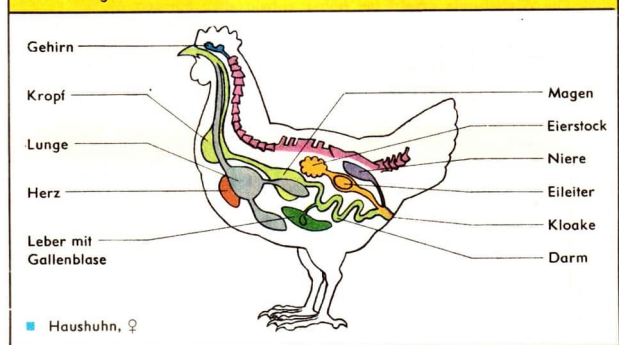
## Bau der Wirbeltiere

Der Körper der Wirbeltiere ist meist in Kopf, Rumpf mit Schwanz und Extremitäten gegliedert. Das Innenskelett ist knorpelig oder knöchern, die paarigen Extremitäten sind ursprünglich fünfstrahlig. Körperbedeckung und Organsysteme (■ für Atmung, Blutkreislauf, Verdauung) können je nach Organisationshöhe und Lebensweise der einzelnen Gruppen sehr unterschiedlich ausgebildet sein.

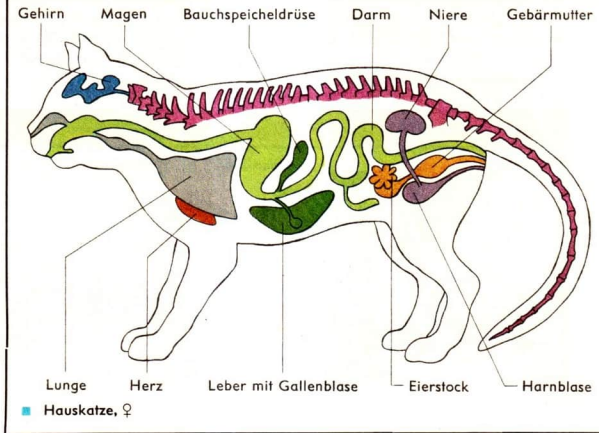
### Bau der Knochenfische



### Bau der Vögel



## Bau der Säugetiere



## Wirbelsäule

Die Wirbelsäule besteht aus vielen segmental angeordneten Wirbeln und den dazwischen liegenden Zwischenwirbelscheiben, in deren Zentren noch Reste der ursprünglichen Chorda vorhanden sind.

Die Wirbelsäule ersetzt bei höher entwickelten Formen, als ein verknorpeltes (■ Flußneunauge, Blauhai, Glattnochen) oder verknöchertes (■ Hecht, Wassersch, Ringelnatter ▼, Buntspecht ▼, Rothirsch) Achsenskelett, die Chorda der primitiven Chordatiere (■ Lanzettierchen).

↗ Stützsystem, S. 103 ff.

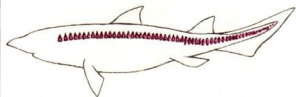
## Entwicklung der zentralen Stützachse bei Chordatieren

Schädellose



■ Lanzettierchen

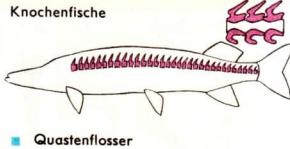
Knorpelfische



■ Blauhai

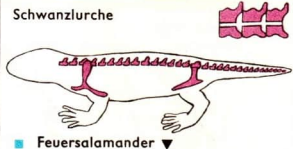
### Entwicklung der zentralen Stützachse bei Chordatiern

Knochenfische



■ Quastenflosser

Schwanzlurche



■ Feuersalamander ▼

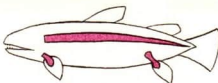
### Schädel der Wirbeltiere

Der Schädel ist bei Kieferlosen (■ Flußneunauge) und Knorpelfischen (■ Katzenhai) zeitlebens knorpelig ausgebildet. Bei höherentwickelten Wirbeltieren wird der Schädel embryonal ebenfalls knorpelig angelegt und verknöchert dann. An der Bildung des Schädels sind außer den ursprünglich knorpeligen, später verknöcherten Teilen vielfach auch Hautknochen beteiligt, die nicht knorpelig vorgebildet sind.

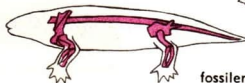
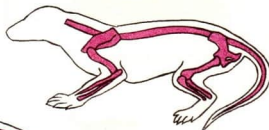
### Extremitäten der Wirbeltiere

Die paarigen, ursprünglich immer fünfstrahligen Extremitäten der Wirbeltiere lassen sich stammesgeschichtlich auf die paarigen Flossen der Fische zurückführen. Im Verlaufe der Stammesentwicklung der Wirbeltiere bildete sich in Anpassung an das Landleben eine Verbindung der Extremitäten zum Achsen skelett heraus. Es verlagerte sich die Befestigung der vorderen Extremitäten (Schultergürtel) von den Kiemenbögen der Knochenfische zum Brustkorb der höherentwickelten Wirbeltiere. Die ursprünglich nur an einer Knochenspange ansetzenden hinteren Extremitäten sind bei den höherentwickelten Wirbeltieren gelenkig mit dem Beckengürtel verbunden, der fest mit der Wirbelsäule verwachsen ist.

### Entwicklung der Extremitäten der Wirbeltiere

Knochenfisch  
(Quastenflosser)

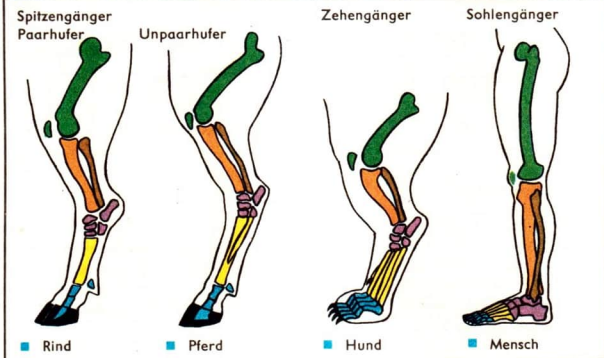
Säugetier



fossiler Lurch



Umbildungen bei Extremitäten der Wirbeltiere in Angepaßtheit an bestimmte Fortbewegungsarten



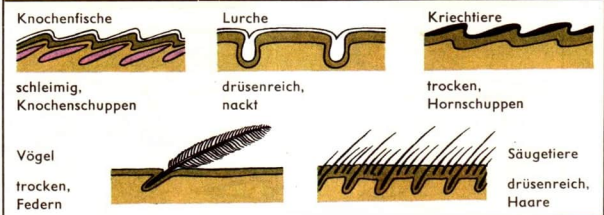
↗ homologe Organe, S. 293

## Haut der Wirbeltiere

Wirbeltiere haben eine mehrschichtige Außenhaut. Sie besteht aus der dünnen ektodermalen Oberhaut (Epidermis), aus einer meist dicken Lederhaut (Korium) sowie aus einer bindegewebeartigen, meist fettspeichernden Unterhaut (Subkutis), die aus dem Mesoderm gebildet werden.

Das äußere Erscheinungsbild der Wirbeltiere wird wesentlich durch epidermale Anhangsgebilde (■ Hornschuppen, Federn, Haare) bestimmt.

Körperbedeckung bei Wirbeltieren



↗ Haut, S. 116 ff.

## Nervensystem der Wirbeltiere

Wirbeltiere haben ein Zentralnervensystem mit Gehirn und Rückenmark. Es ging aus dem vom Ektoderm gebildeten Neuralrohr der Schädellosen (■ Lanzettierchen) hervor. Mit zunehmender Entwicklungshöhe bilden sich im vorderen Abschnitt des Zentralnervensystems, dem Gehirn, die Zentren der Sinnesfunktionen aus.

### Entwicklung des Gehirns bei Chordatieren

Schädellose



Knochenfische



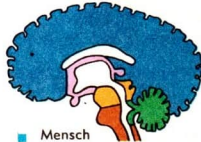
Kriechtiere



Säugetiere



■ Beuteltiere



■ Mensch

↗ Nervensystem, S. 143 ff.

## Blutkreislauf der Wirbeltiere

Das Blutgefäßsystem der Wirbeltiere besteht aus Herz, Arterien, Venen und Kapillaren; es ist vollständig geschlossen. Bei den landlebenden Wirbeltieren entwickelte sich im Zusammenhang mit der Bildung der Lungen ein doppelter Blut-

### Entwicklung des Blutkreislaufes bei Wirbeltieren

Fische



Lurche



Kriechtiere



Vögel und Säugetiere



↗ Blutgefäßsysteme, S. 124

kreislauf (Lungenkreislauf, Körperkreislauf). Mit zunehmender Entwicklungshöhe werden durch Bildung der Herzscheidewand die Herzkammern völlig voneinander getrennt. Aus den vier paarigen Kiemenarterien der Fische entstehen bei den landlebenden Wirbeltieren die Kopfarterien, die Aortenbögen und die Lungenarterien.

## Ernährung der Wirbeltiere

Entsprechend dem hohen Grad der Spezialisierung der Wirbeltiere ist ihre Ernährung sehr unterschiedlich.

Wirbeltiere sind:

- Planktonfresser (■ Karpfen, Blauwal)
- Pflanzenfresser (■ Rothirsch, Hausrind, Pferd, Elefant)
- Fleischfresser (■ Blauhai, Hecht, Erdkröte ▼, Waldohreule ▼, Krokodil, Wildkatze ▼, Eisbär)
- Insektenfresser (■ Rotkehlchen ▼, Blaumeise ▼, Maulwurf, Waldspitzmaus, Zwergfledermaus ▼)
- Allesfresser (■ Wildschwein, Braunbär)

↗ Verdauungssystem, S. 119 ff.

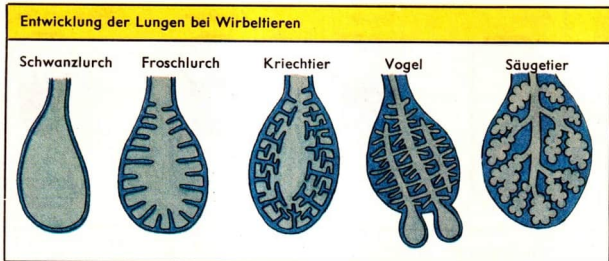
↗ Zähne, S. 122

## Atmung der Wirbeltiere

Wirbeltiere atmen meist durch paarige Kiemen oder durch Lungen. Entwicklungsgeschichtlich sind die Atmungsorgane der Wirbeltiere aus dünnwandigen und vielfach gefalteten Hautausstülpungen am Vorderdarm entstanden.

Nach ihrer Lage zum Vorderdarm unterscheiden sich

- äußere Kiemen (■ bei Froschlarven): Hautfalten ragen nach außen,
- innere Kiemen (■ bei Fischen): Hautfalten liegen seitlich am Vorderdarm, sie werden nach außen häufig durch Kiemendeckel abgedeckt,
- Lungen (■ bei Säugern): Hautausstülpungen werden sackartig an der Ventralseite des embryonalen Vorderdarms gebildet; sie sind mehr oder weniger stark zerteilt.



Bei einigen Wirbeltierarten dienen noch andere Organe zusätzlich dem Austausch der Atemgase:

- Oberhaut des Körpers (■ Lurche)
- Schwimmblase (■ Salmmler)

### Fortpflanzung der Wirbeltiere

Wirbeltiere pflanzen sich ausschließlich geschlechtlich fort. Befruchtung, Eiablage, Ernährung der Embryonen und die Brutpflege entsprechen der jeweiligen Lebensweise.

Die Befruchtung kann außerhalb (Fische, Lurche) oder innerhalb (Kriechtiere, Vögel, Säugetiere) des mütterlichen Organismus stattfinden.

Die Embryonen entwickeln sich im befruchteten, abgelegten Ei von Nährstoffen im Dotter; bei Säugetieren entwickeln sie sich in der Regel im mütterlichen Organismus und werden von diesem ernährt.

Brutpflege tritt bei Fischen, Lurchen, Kriechtieren selten auf (■ Stichling); bei Vögeln und Säugetieren erfolgt sie stets, mehr oder minder stark ausgeprägt (■ Bebrüten der Eier, Säugen der Jungtiere, Nahrungssuche und Schutz für die Jungtiere).

↗ Fortpflanzungssystem, S. 133 ff.

↗ Befruchtung, S. 243 f.

### Bedeutung der Wirbeltiere

Wirbeltiere sind für den Menschen von großer wirtschaftlicher Bedeutung.

Sie sind nützlich als

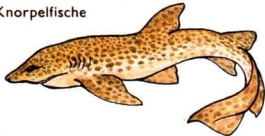
- Haupteislieferant für die Ernährung (■ Rind, Schwein, Schaf, Huhn, Gans, Ente, Dorsch, Hering, Forelle),
- Lieferant von Häuten, Leder, Pelzen, Knochen, Federn, Fetten (■ Rind, Schwein, Schaf, Nutria, Nerz, Zobel, Gans, Wal),
- Gesellschafter des Menschen (■ Hund, Katze, Kanarienvogel, Meerschwein, Zebrabarbe),
- Versuchstiere in der Forschung (■ Meerschweinchen, Ratten, Mäuse, Hunde, Affen),
- Zugtiere und Lastträger (■ Pferd, Esel, Kamel, Büffel),
- Schädlingsvertilger (■ Erdkröte ▼, Kreuzotter ▼, Kohlmeise ▼, Igel ▼, Fledermaus ▼).

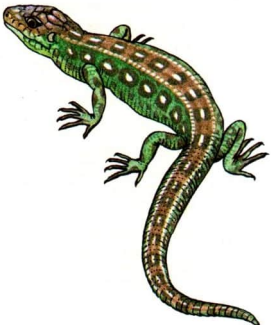
Sie sind schädlich als

- Überträger von Krankheitserregern (■ Ratte, Fuchs, Kaninchen, Taube),
- Vertilger von Vorräten (■ Mäuse, Ratten).

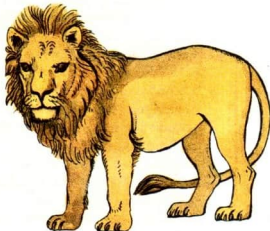
## Einteilung der Wirbeltiere

Nach der Art der Ausbildung von Blutkreislauf und Atmungssystem, von Schädel, Körperbedeckung und Lebensweise werden die Wirbeltiere in Kieferlose, Knorpelfische, Knochenfische, Lurche, Kriechtiere, Vögel und Säugetiere eingeteilt.

| Stamm: Wirbeltiere (Vertebrata)                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                                                                                                    | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>Kieferlose</p>  <p>■ Neunauge</p>     | <p>Kieferlose sind primitive Wirbeltiere mit einem schwach entwickelten Knorpelskelett und unpaarigen Flossen. Die Chorda dorsalis bleibt zeitlebens erhalten. Kiefer sind nicht vorhanden.</p> <p>■ Rundmäuler, Neunaugen, Schleimfische</p>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Knorpelfische</p>  <p>■ Katzenhai</p> | <p>Knorpelfische besitzen zeitlebens ein Knorpelskelett, das aus der kiefertragenden Schädelkapsel, Kiemenbögen der Wirbelsäule mit großen Resten der Chorda dorsalis und den Stützen der paarigen Flossen besteht.</p> <p>■ Haie, Rochen</p>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Knochenfische</p>  <p>■ Hecht</p>    | <p>Knochenfische besitzen ein verknöchertes Skelett mit nur noch geringen Resten der ursprünglichen Chorda dorsalis. Die Eier werden in das Wasser abgelegt und außerhalb des Körpers befruchtet. Knochenfische sind wechselwarm und besitzen einen einfachen geschlossenen Blutkreislauf. In die schleimige Oberhaut sind Knochenschuppen eingelagert. Für die Abstammung der Vierfüßer haben die Quastenflosser Bedeutung.</p> <p>■ Karpfen, Hering, Scholle, Aal, Seepferdchen, Fetzenfisch, Wels</p> |

| Stamm: Wirbeltiere (Vertebrata)                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                                                                                                        | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Lurche</p>  <p>■ Grasfrosch</p>           | <p>Lurche sind wechselwarme, an feuchten Stellen oder im Wasser lebende Wirbeltiere mit drüsenreicher, nackter Haut. Sie besitzen meist gut entwickelte Gliedmaßen mit 4 Fingern und 5 Zehen. Die mit einer Gallerthülle umgebenen Eier werden in das Wasser abgelegt (Laich) und außerhalb des Körpers befruchtet.</p> <p>Lurchlarven atmen mit äußeren oder inneren Kiemen, erwachsene Lurche atmen mit einfachen Lungen und durch die feuchte Haut.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Schwanzlurche (■ Teichmolch ▼, Kammolch ▼, Feuersalamander ▼)</li> <li>— Froschlurche (■ Wasserfrosch, Grasfrosch, Erdkröte ▼, Wechselkröte ▼, Rotbauchunke ▼)</li> </ul>                                                |
| <p>Kriechtiere</p>  <p>■ Zauneidechse ▼</p> | <p>Kriechtiere sind wechselwarme, lungenatmende, meist landlebende Wirbeltiere mit trockener, von Hornschuppen bedeckter Haut. Außer bei Schlangen und Schleichen sind gut entwickelte, bekrallte fünfstrahlige Gliedmaßen ausgebildet. Nach innerer Befruchtung werden pergamentschalige Eier abgelegt oder vollentwickelte Jungtiere geboren.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Echsen (■ Zauneidechse ▼, Blindschleiche ▼, Grüner Leguan, Komodowaran)</li> <li>— Schlangen (■ Ringelnatter ▼, Kreuzotter ▼, Gebänderte Seeschlange)</li> <li>— Schildkröten (■ Sumpfschildkröte ▼, Griechische Landschildkröte, Lederschildkröte)</li> <li>— Krokodile (■ Nilkrokodil, Mährenkaiman, Gangesgavial)</li> </ul> |



| Stamm: Wirbeltiere (Vertebrata)                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klasse                                                                                                              | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>Vögel</p>  <p>■ Kohlmeise ▼</p> | <p>Vögel sind gleichwarme, lungenatmende Wirbeltiere, deren trockene Haut mit Federn bedeckt ist. Die Vordergliedmaßen sind zu Flügeln umgebildet. In Anpassung an das Flugvermögen ist der Brustkorb starr verwachsen, einige Knochen sind hohl. Die Lunge ist mit Luftsäcken verbunden. Nach innerer Befruchtung werden kalkschalige Eier abgelegt, die ausgebrütet werden. Vögel haben eine hochentwickelte Brutpflege.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Singvögel (■ Rabenvögel, Pirole, Lerchen, Kleiber, Meisen, Schwalben)</li> <li>— Greifvögel (■ Eulen, Falken, Adler, Bussarde)</li> </ul>                                                 |
| <p>Säugetiere</p>  <p>■ Löwe</p>  | <p>Säugetiere sind gleichwarme, lungenatmende Vierfüßer, deren trockene, drüsenreiche Haut mit wenigstens embryonal angelegten Haaren bedeckt ist. Nach innerer Befruchtung entwickeln sich – außer bei den Kloakentieren – in der Gebärmutter Embryonen, die über die Nabelschnur mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt werden. Der Austausch der Stoffe erfolgt in der stark entwickelten Gebärmutterschleimhaut. Nach der Geburt werden die Jungtiere eine bestimmte Zeit gesäugt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Insektenfresser (■ Spitzmaus)</li> <li>— Nagetiere (■ Hausmaus)</li> <li>— Wale (■ Buckelwal)</li> <li>— Primaten</li> </ul> |

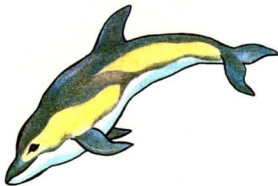
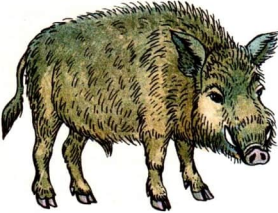
Die Klasse Säugetiere wird in zahlreiche Ordnungen eingeteilt.

| Wichtige Ordnungen der Säugetiere (Mammalia)                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ordnung                                                                                                                                 | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>Kloakentiere</p>  <p>■ Schnabeltier</p>             | <p>Kloakentiere sind ursprüngliche Säugetiere, deren Vorkommen heute auf Australien und Tasmanien beschränkt ist. Kloakentiere legen Eier, die ausgebrütet werden. Die ausgeschlüpften Jungtiere werden mit Milch ernährt, die von einem Drüsenfeld auf der Bauchseite der Muttertiere abgesondert wird. Zitzen sind nicht ausgebildet.</p> <p>■ Schnabeltier, Ameisenigel</p> |
| <p>Beuteltiere</p>  <p>■ Riesenkänguruh</p>            | <p>Beuteltiere sind nur in Australien und Südamerika verbreitet. Die Jungtiere werden nach kurzer Tragzeit im embryonalen Zustand geboren. In einer Falte der Bauchhaut (Beutel), in der sich auch die Zitzen befinden, werden die Jungen großgezogen.</p> <p>■ Beutewolf, Beutelmarder, Koala, Beutelmull, Baumkänguruh</p>                                                   |
| <p>Insektenfresser</p>  <p>■ Europäischer Igel ▼</p> | <p>Insektenfresser haben eine verlängerte Nase und eine verlängerte Oberlippe; ihr Gebiß enthält sehr viele spitze Zähne. Insektenfresser sind vorwiegend nützliche, meist nächtlich jagende Tiere, die sich meist von Kleintieren aller Art ernähren.</p> <p>■ Igel ▼, Maulwürfe, Spitzmäuse</p>                                                                              |

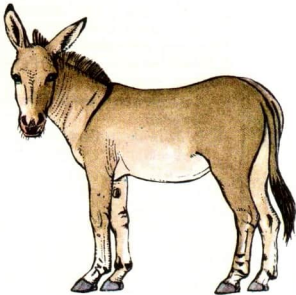
Wichtige Ordnungen der Säugetiere (Mammalia)

| Ordnung                                                                                                                                                                          | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p data-bbox="149 205 239 227">Nagetiere</p>  <p data-bbox="153 707 304 729">■ Eichhörnchen</p> | <p data-bbox="557 200 909 387">Nagetiere haben ein Gebiß mit wurzellosen, ständig nachwachsenden Schneidezähnen (Nagezähne), Eckzähne fehlen. Nagetiere sind Pflanzen- oder Allesfresser. Viele Nagetierarten errichten Wohnbauten oder graben Wohnhöhlen und verfallen in Winterschlaf. Viele Nagetiere sind schädlich.</p> <ul data-bbox="557 390 850 695" style="list-style-type: none"> <li>— Mäuse (■ Hausmaus, Wanderratte)</li> <li>— Meerschweinchen (■ Meerschweinchen)</li> <li>— Stachelschweine (■ Erdstachelschwein)</li> <li>— Hamster (■ Bisamratte, Feldhamster)</li> <li>— Schläfer (■ Siebenschläfer ▼, Haselmaus)</li> <li>— Biber (■ Elbebiber ▼)</li> <li>— Hörnchen (■ Eichhörnchen, Flughörnchen)</li> </ul>                    |
| <p data-bbox="151 765 236 787">Raubtiere</p>  <p data-bbox="153 1285 301 1307">■ Baumarder</p> | <p data-bbox="557 761 909 1020">Raubtiere reißen lebende Beute oder leben von Aas. Ihr Gebiß besitzt breite, als Fangzähne ausgebildete, stark vergrößerte Eckzähne und scharfe spitzhöckerige Vorbacken- und Backenzähne, die zum Teil als kräftige Brechschere ausgebildet sind. Bei manchen Arten sind einige Backenzähne als Mahlzähne ausgebildet. Raubtiere haben Krallen und sind Zehengänger oder Sohlengänger.</p> <ul data-bbox="557 1023 888 1234" style="list-style-type: none"> <li>— Hyänen (■ Tüpfelhyäne)</li> <li>— Katzen (■ Wildkatze ▼, Löwe, Tiger, Luchs)</li> <li>— Hunde (■ Rotfuchs, Wolf, Schakal)</li> <li>— Marder (■ Edelmarder, Mauswiesel ▼), Nerz, Fischotter, Dachs)</li> <li>— Bären (■ Braunbär, Eisbär)</li> </ul> |

# Wichtige Ordnungen der Säugetiere (Mammalia)

| Ordnung                                                                                                                                                                            | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p data-bbox="179 222 225 244">Wale</p>  <p data-bbox="184 732 282 754">■ Delphin</p>             | <p data-bbox="583 222 936 412">Wale sind im Meer lebende, große bis sehr große Säugetiere mit fischähnlicher äußerer Gestalt. Der Schwanz endet in einer skelettlosen, horizontal stehenden Flosse. Haarkleid und hintere Extremitäten sind rückgebildet. Die vorderen Extremitäten sind als Steuerflossen umgebildet.</p> <ul data-bbox="583 412 904 506" style="list-style-type: none"> <li>— Zahnwale (■ Pottwal, Tümmler, Delphin)</li> <li>— Bartenwale (■ Grönlandwal, Blauwal)</li> </ul>                                                                                                                                                     |
| <p data-bbox="184 790 272 812">Paarhufer</p>  <p data-bbox="189 1292 329 1314">■ Wildschwein</p> | <p data-bbox="583 790 936 928">Paarhufer sind Spitzengänger, deren erste, zweite und fünfte Zehen rückgebildet sind, der Körper ruht auf den dritten und vierten Zehen, die Laufflächen sind durch Hufe oder Klauen geschützt.</p> <p data-bbox="583 928 936 1001">Paarhufer sind meist wiederkäuende Pflanzenfresser, manche Arten (■ Schweine) sind Allesfresser.</p> <ul data-bbox="583 1001 936 1191" style="list-style-type: none"> <li>— Schweine (■ Hausschwein, Wildschwein)</li> <li>— Kamele (■ Dromedar, Trampeltier)</li> <li>— Hirsche (■ Rothirsch, Wasserreh, Elch)</li> <li>— Rinder (■ Hausrind, Wasserbüffel, Antilope)</li> </ul> |

Wichtige Ordnungen der Säugetiere (Mammalia)

| Ordnung                                                                                                                | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Unpaarhufer</p>  <p>■ Esel</p>     | <p>Unpaarhufer sind Spitzengänger, deren erste und fünfte Zehen rückgebildet sind, der Körper ruht auf den zweiten, dritten und vierten Zehen, bei einigen Arten (Pferden) nur noch auf den dritten Zehen.</p> <p>Unpaarhufer sind nichtwiederkäuende Pflanzenfresser, sie besitzen einen sehr langen Blinddarm als „Gärkammer“.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Pferde (■ Pferd, Esel)</li> <li>— Tapire (■ Schabrackentapir)</li> <li>— Nashörner (■ Wollnashorn, Breitmaulnashorn)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                       |
| <p>Primaten</p>  <p>■ Schimpanse</p> | <p>Primaten sind Säugetiere mit einem relativ hochentwickelten Vorderhirn (Großhirn). Sie sind zu höheren geistigen Leistungen fähig als alle anderen Säugetiere.</p> <p>Primaten sind Sohlengänger und haben an den Endgliedern der fünfstrahligen Extremitäten Hornplatten (Nägel).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Halbaffen (■ Kragenlemur, Katta, Koboldmaki, Plumpkori)</li> <li>— Breitnasenaffen (■ Kapuzineraffe, Klammeraffe)</li> <li>— Schmalnasenaffen <ul style="list-style-type: none"> <li>● Tieraffen (■ Mantelpavian, Mandrill, Grüne Meerkatze)</li> <li>● Menschenaffen (■ Orang-Utan, Gorilla, Schimpanse)</li> <li>● Mensch (<i>Homo sapiens sapiens</i>)</li> </ul> </li> </ul> |

↗ Stellung des Menschen im System, S. 301

## 4.1. Zelle

### Allgemeines

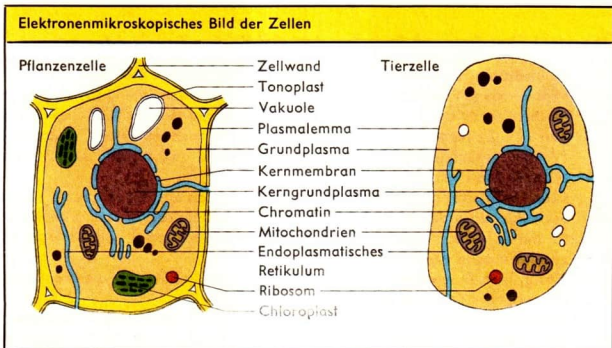
Alle Lebewesen bestehen aus Zellen. Zellen sind die Grundbausteine der Organismen; sie stellen die Reaktionsräume für die Grundprozesse des Lebens (■ Stoffwechsel, Fortpflanzung, Vererbung, Bewegung) dar.

Die Einheitlichkeit der lebenden Materie ist auch im Aufbau der Zellen und in der stofflichen Zusammensetzung der Zellen zu erkennen.

↗ Chemische Verbindungen in der Zelle, S. 173

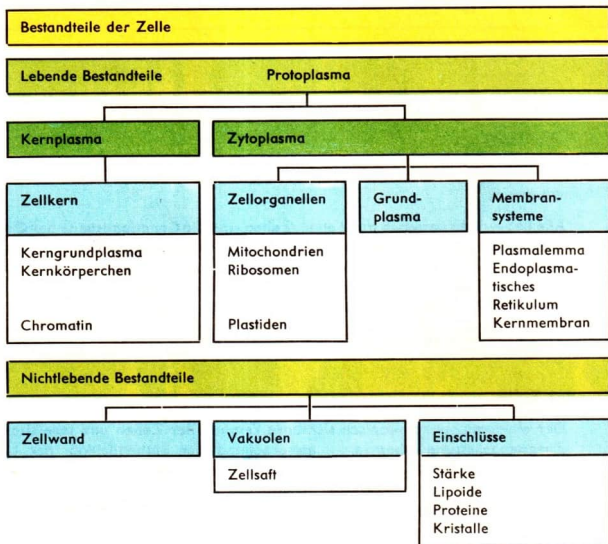
### Bau der Zelle

Der elektronenmikroskopisch sichtbare Feinbau der Zellen und ihre chemische Zusammensetzung stimmen — entsprechend der Einheitlichkeit der Lebensprozesse — bei allen Organismen weitgehend überein. Nur wenige Merkmale sind tier- oder pflanzenspezifisch (■ feste Zellwand bei Pflanzen), sie resultieren aus spezifischen Lebensweisen der Organismen (■ osmotisches System der Pflanzenzelle).





Die äußere Form und Ausbildung der Zellen und ihrer Bestandteile sind vielfältig differenziert, sie sind Ausdruck des Formenreichtums der Organismen.



### Übersicht über Bau und Funktion der wichtigsten Zellstrukturen

**Grundplasma.** Durchsichtige, zäh- oder dünnflüssige Masse aus 60% bis 99% Wasser sowie Proteinen, Lipiden, Fetten, Kohlenhydraten und ionisierten anorganischen Verbindungen; Kolloidsystem mit wechselndem Sol-Gel-Zustand. Es umgibt den Zellkern, die Zellorganellen und die nichtlebenden Bestandteile. Das Wasser im Grundplasma dient als Lösungsmittel und zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks.

**Plasmalemma (Zellmembran).** Doppelmembran aus Eiweißen und Lipiden, die tierische und junge pflanzliche Zellen nach außen abgrenzt, den Stoffaustausch (Osmose) mit den Nachbarzellen und der äußeren Umwelt reguliert und zur Aufrechterhaltung des Turgors dient.

**Tonoplast.** Doppelmembran aus Eiweißen und Lipiden, die die Vakuolen gegen das umgebende Grundplasma abgrenzt.

**Endoplasmatisches Retikulum.** Verzweigtes Doppelmembran-System aus Eiweißen und Lipiden, das mit der Zellmembran und der Kernmembran in

Verbindung steht. Es ermöglicht wahrscheinlich den Transport von Wasser und Substanzen des Stoffwechsels, begrenzt die einzelnen Reaktionsräume der Zelle und verbindet die Zelle mit den Nachbarzellen.

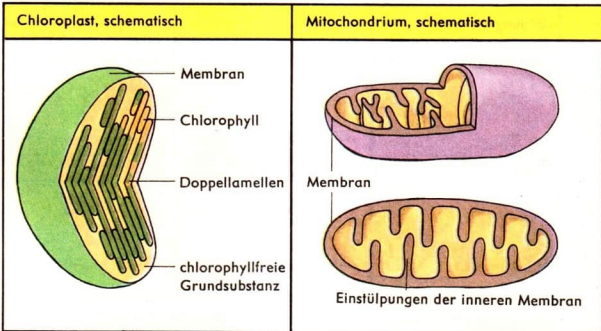
**Kernmembran.** Doppelmembran aus Eiweißen und Lipoiden, die den Zellkern gegen das umgebende Grundplasma abgrenzt, durch zahlreiche Kernporen aber den Stoffaustausch zwischen Kernplasma und Grundplasma ermöglicht.

**Chloroplasten.** Platten-, becher-, spiralband- oder meist linsenförmige Gebilde, die Chlorophyllfarbstoffe enthalten. In den Chloroplasten wird Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt (Photosynthese).

**Leukoplasten.** Farblose, stark formverändernde Gebilde, die an der Umwandlung von löslichem Zucker in unlösliche Stärke beteiligt sind und der Speicherung von Stärke und Proteinen dienen.

**Chromoplasten.** Kleine, meist linsenförmige Gebilde, die Farbstoffe (■ Karotinoide) enthalten und Pflanzenteile (■ Blüten, Früchte) färben.

**Mitochondrien.** Sehr kleine, kugel- oder stäbchenförmige Gebilde, die von einer Doppelmembran umgeben sind. Sie sind Träger von Atmungsenzymen und Orte der Bildung von ATP (Energieumwandlung, biologische Oxydation).



**Ribosomen.** Kleine, meist kugelförmige Gebilde, die frei im Grundplasma oder gehäuft am Endoplasmatischen Retikulum vorkommen. Sie bestehen aus Proteinen und enthalten RNS und DNS. An den Ribosomen findet die Biosynthese der Eiweiße unter Auswertung der im Zellkern verschlüsselten genetischen Information statt.

**Zentrosom.** Kleine, paarige, meist zylinderförmige Körperchen in der Nähe des Zellkerns, die aktiv beim Auseinanderrücken der Chromosomen bei der Zellteilung beteiligt sind.

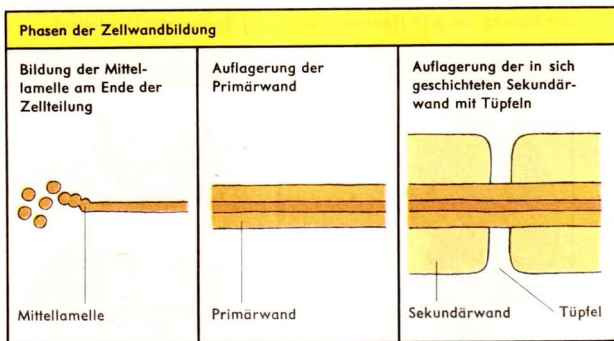
**Zellkern.** Kugelförmiger, ovaler oder länglicher Körper, der aus kolloidalem Kerngrundplasma (Kernsaft), anfärbbarem DNS-haltigem Chromatin und einem oder mehreren RNS-haltigen Kernkörperchen besteht. Der Zellkern ist der Träger und Überträger der Erbanlagen, er ist Steuer- und Informationszentrale für

fast alle Stoffwechselvorgänge in der Zelle und hat Bedeutung für Zellteilung, Fortpflanzung und Vererbung.

**Vakuolen.** Plasmafreie Räume, die mit wässriger Flüssigkeit (Zellsaft) gefüllt sind und durch den Tonoplasten vom Grundplasma abgegrenzt werden. Die Vakuolen ermöglichen die Aufrechterhaltung des Turgors, sie speichern Wasser, Salze, Säuren, Kohlenhydrate, Alkaloide, Gerbstoffe und Farbstoffe.

**Zellwand.** Für die Pflanzenzellen typische, reißfeste, dem Plasmalemma außen anliegende Wand; sie besteht aus mehreren Schichten, die nacheinander gebildet werden.

Die Zellwand stützt die Pflanze (Festigungsgewebe), wirkt zu hohem osmotischem Druck entgegen, verhindert das Platzen der Zelle, vermindert durch Einlagerungen von Korkstoffen oder Auflagerungen von Kutin (Kutikula) die Wasserverdunstung und bewirkt bei verholzten Sproßachsen durch Einlagerungen von Holzstoff (Lignin) eine auch nach dem Absterben der Zelle bleibende, dauerhafte Druck- und Zugfestigkeit.



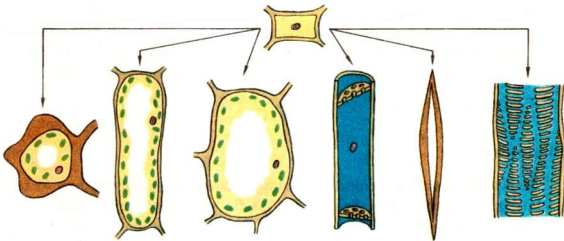
**Einschlüsse.** Stärkekörner, ätherische Öle, Proteine, mineralische Kristalle sind Einschlüsse, die als Reservestoffe vorübergehend gespeichert werden oder als Stoffwechselendprodukte – besonders in pflanzlichen Zellen – in meist unlöslicher Form in den Vakuolen oder als Festigungselemente in der Zellwand abgelagert werden.

↗ Zellteilung, S. 236

## **Zellformen**

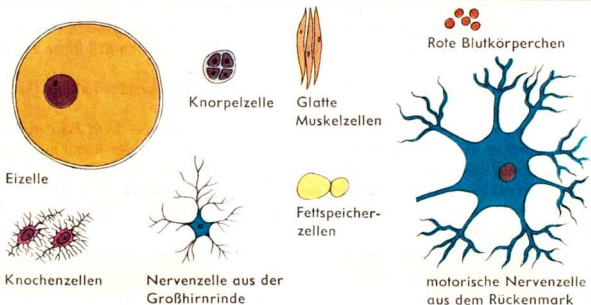
Aus relativ einheitlichen, unspezialisierten Bildungszellen entstehen bei vielzelligen Organismen hochspezialisierte Körper- und Geschlechtszellen. Die unterschiedlichen Formen dieser Zellen werden durch ihre Lage im Organismus sowie durch ihre Funktion bestimmt.

### Differenzierung bei pflanzlichen Zellen



Schließzelle Palisadenzelle Parenchymzelle Siebröhre Sklerenchymfaser Trachee

### Zellen aus dem Körper des Menschen im richtigen Größenverhältnis



## 4.2. Einzellige und vielzellige Organismen

### Einzeller

Einzeller sind Organismen, deren Körper nur aus einer Zelle besteht (■ Bakterien, Urtierchen, einzellige Algen). Im Plasma und in den Organellen dieser Zelle laufen alle wesentlichen Lebensfunktionen ab (■ pulsierende Vakuole, kontraktile Fibrillen).

## Der Übergang von einzelligen zu vielzelligen Organismen

Der Übergang von Einzellern zu Vielzellern erfolgte in der Stammesgeschichte vermutlich auf zwei Wegen:

- durch Kernteilungen entstehen vielkernige Zellen mit einheitlichem Plasma;
- durch Zellteilungen oder Zusammenlagerungen gleichartiger Zellen zu Kolonien entsteht durch spätere Zelldifferenzierung ein vielzelliger Organismus.

↗ Grünalgen, S. 26

## Zellkolonien

Zellkolonien sind Zusammenlagerungen einer meist arttypischen Anzahl von Zellen (■ bei *Pandorina* 16 Zellen), die häufig von einer Gallerthülle umgeben sind. Die Zusammenlagerung gewährt der Kolonie einen gewissen Schutz gegen Umwelteinflüsse.

Zellkolonien bilden eine funktionelle, nicht teilbare Einheit; die einzelnen Zellen führen aber in der Regel noch alle Lebensfunktionen selbst aus.

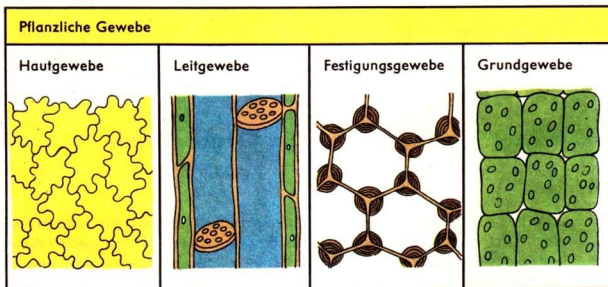
## Vielzeller

Vielzeller sind Organismen, deren Körper aus mehreren oder vielen Zellen aufgebaut ist. Bei ihnen erfolgt mit zunehmender Entwicklungshöhe eine weitgehende Differenzierung und Spezialisierung der Zellen hinsichtlich ihrer Struktur und Funktion.

Die Zellen existieren in der Regel nicht mehr einzeln, sondern bilden Gewebe und Organe.

**Gewebe.** Gewebe sind Verbände von Zellen mit gleichem Bau und gleicher Funktion. Die Zellen eines Gewebeverbandes führen in der Regel nur wenige bestimmte Funktionen aus, obwohl sie unter veränderten Bedingungen (■ bei Zellkulturen, Krebswucherungen) auch andere Funktionen erfüllen können.

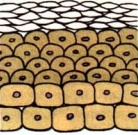
Pflanzliche Gewebe enthalten häufig auch abgestorbene Zellen (■ Leitgewebe, Festigungsgewebe).





### Tierische Gewebe

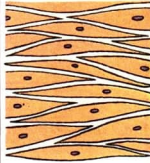
mehrschichtiges  
Hautgewebe



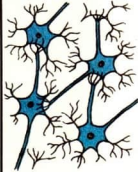
Knochen-  
gewebe



Muskelgewebe



Nervengewebe



Tierische Gewebe scheiden häufig Zwischenzellsubstanzen ab (Muskelgewebe, Stützgewebe).

Je größer die funktionelle Spezialisierung der Zellen ist (■ Beweglichkeit, Reizbarkeit, Enzymproduktion), um so weiter ist die Arbeitsteilung fortgeschritten, um so höher ist die Organisationsstufe des Lebewesens.

**Organ.** Organe sind Teile vielzelliger Organismen, die meist verschiedene Gewebe enthalten und eine gemeinsame funktionelle Einheit bilden.

Laubblatt, Wurzel, Sproßachse, Auge, Ohr, Herz, Blut

**Organsysteme.** Organsysteme sind Funktionseinheiten, in denen meist mehrere Organe teilweise oder ganz zusammenwirken. Organsysteme durchziehen meist mehrere Körperabschnitte.

Nervensystem, Transportsystem

## 4.3. Körperbau bei Tieren

### Körpergliederung bei Tieren

Der Körper der Tiere kann ungegliedert, gleichmäßig gegliedert oder ungleichmäßig gegliedert sein. Die Gliederung ist meist Ausdruck der Funktionsdifferenzierung.

#### Körpergliederung bei Tieren

##### Ungegliedert

■ Amöbe

■ Spulwurm



Der ungegliederte Tierkörper ist äußerlich nicht in Abschnitte gegliedert.

■ Urtierchen, Hohltiere, Rundwürmer



| Körpergliederung bei Tieren |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gegliedert<br>gleichmäßig   | <p>■ Regenwurm</p>                                                                                                                                                                                                                       | <p>Der gleichmäßig (homonom) gegliederte Tierkörper ist äußerlich und innerlich in nahezu gleichartige Körperabschnitte (Segmente) gegliedert.</p> <p>■ Ringelwürmer</p>                                                                    |
|                             | <p>Gegliedert<br/>ungleichmäßig</p> <div>  <p>Kopf    Brust    Hinterleib</p> <p>■ Honigbiene</p>  <p>Kopf    Rumpf    Schwanz</p> <p>■ Hund</p> </div> | <p>Der ungleichmäßig (heteronom) gegliederte Tierkörper ist äußerlich in deutlich erkennbare, unterschiedliche Körperabschnitte gegliedert. Äußere und innere Gliederung sind nicht übereinstimmend.</p> <p>■ Gliederfüßer, Chordatiere</p> |

### Symmetrieverhältnisse bei Tieren

Nach der Anzahl der möglichen Symmetrieachsen, durch die der Körper der Tiere in annähernd spiegelbildliche Hälften zerlegt werden kann, werden radialsymmetrische und bilateralsymmetrische Tiere unterschieden.

**Radialsymmetrische Tiere (Radiata).** Radialsymmetrische Tiere können durch zwei oder mehr Symmetrieachsen in annähernd spiegelbildliche Hälften geteilt werden. Bei ihnen kann nicht zwischen Bauch und Rücken, Vorder- und Hinterende, rechter und linker Körperhälfte unterschieden werden. Radialsymmetrie ist in der Regel bei primitiven Gruppen (Hohltiere), seltener als sekundäre Erscheinung bei höher organisierten Gruppen (Seeigel) vorhanden.

**Bilateralsymmetrische Tiere (Bilateria).** Bilateralsymmetrische (zweiseitig symmetrische) Tiere können nur durch eine Symmetrieachse in annähernd spiegelbildliche Hälften geteilt werden. Bei ihnen kann zwischen Bauch- und Rücken- seite, Vorder- und Hinterende, rechter und linker Körperseite unterschieden werden.

Zu den *Bilateria* gehören fast alle höher organisierten Mehrzeller. Sie lassen sich in die Gruppe der Urmundtiere und der Neumundtiere gliedern.

✂ Urmundtiere und Neumundtiere, S. 252

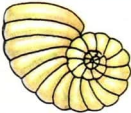
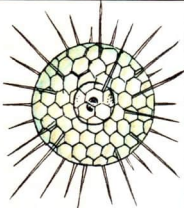
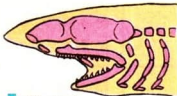
## 4.4. Organsysteme bei Tieren

### 4.4.1. Stützsystem

#### Allgemeines

Stützsysteme dienen der Festigung des Tierkörpers, schützen empfindliche innere Organe (■ Gehirn) und dienen als Ansatzflächen für die Muskulatur. Stützsysteme sind entweder im Inneren des Körpers ausgebildet (■ Innenskelett), oder das Stützsystem umgibt den ganzen Körper (■ Außenskelett). Nur wenige, meist kleinere Tierarten haben keine besonderen Stützeinrichtungen. Bei ihnen gewährleisten Zellmembran und Turgor die notwendige Festigkeit (■ Amöbe).

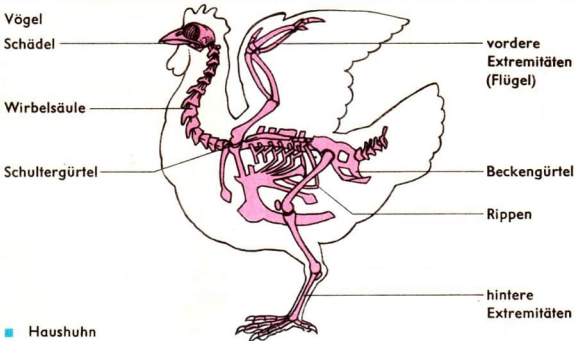
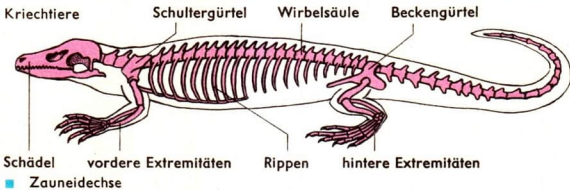
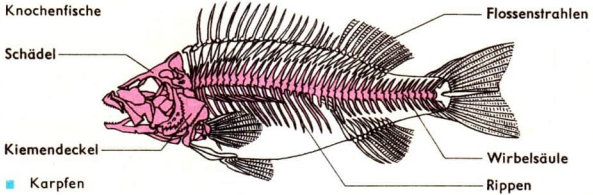
| Stützsysteme im Tierreich    |                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stütz-einrichtung            | Tiergruppe                                                                                         | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Gallerte                     | <br>■ Ohrenqualle | Eine Stützschicht aus Gallerte und der hohe osmotische Druck geben dem Körper Halt.<br>■ Hohltiere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Hautmuskelschlauch           | <br>■ Regenwurm   | Der Hautmuskelschlauch besteht aus Ring- und Längsmuskulatur; stabilisiert durch Muskelspannung gegen den osmotischen Druck die Körperform. Der Hautmuskelschlauch ist meist von einer Außenhaut mit Kutikula umgeben und dient neben der Fortbewegung auch dem Schutz des Körpers.<br>■ Plattwürmer, Ringelwürmer                                                                                                                   |
| Außenskelett<br>chitinhaltig | <br>■ Maikäfer   | Das chitinhaltige Außenskelett wird von der Epidermis abgeschieden. Es ist nicht dehnbar und wird während des Wachstums mehrmals erneuert (Häutung). Es besteht aus mehreren Teilen, die durch dünne, elastische, meist eingesenkte Verbindungsstücke gegeneinander beweglich sind. Bei einigen Gliederfüßern (■ Flußkreb) ist das chitinhaltige Außenskelett durch Einlagerung von Kalk verstärkt (Chitinpanzer).<br>■ Gliederfüßer |

| Stützsysteme im Tierreich              |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stütz-einrichtung                      | Tiergruppe                                                                                                  | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Außenskelett<br>kalkhaltig             | <br>■ Kammertierchen       | Kalkhaltige Außenskelette kommen bei einigen einzelligen Organismen und den meisten Weichtieren vor. Bei Weichtieren wird es von der Epidermis gebildet und besteht meist aus drei Schichten (Oberhaut, Prismenschicht, Perlmutter-schicht).<br>■ Urtierchen, Weichtiere                                                 |
|                                        | <br>■ Teichmuschel         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Innenskelett<br>Kalk- oder Kieselsäure | <br>■ Strahlentierchen     | Innenskelette aus Kalk, Kieselsäure oder hornähnlichen Substanzen dienen bei vielen Tierarten zur Stabilisierung des Körpers.<br>— Kalkeinlagerungen<br>■ Schwämme, Edelkorallen, Stachelhäuter<br>— Kieselsäureeinlagerungen<br>■ Strahlentierchen, Schwämme<br>— Einlagerungen hornähnlicher Substanzen<br>■ Schwämme  |
| knorpelig                              | <br>■ Blauhai (Kopfreion) | Vom Mesoderm gebildetes Knorpelgewebe bildet, besonders bei Chordatieren, ein mehr oder weniger vollständiges Innenskelett.<br>■ Knorpelfische                                                                                                                                                                           |
| knöchern                               | <br>■ Katze (Kopfreion)  | Durch teilweise Verknöcherung des ursprünglich knorpeligen Skeletts und durch Knochenbildungen in der Unterhaut hat sich im Verlaufe der Stammesentwicklung bei Wirbeltieren ein knöchernes Innenskelett entwickelt. Die Knochen sind teils fest, teils beweglich miteinander verbunden.<br>■ Knochenfische, Kriechtiere |

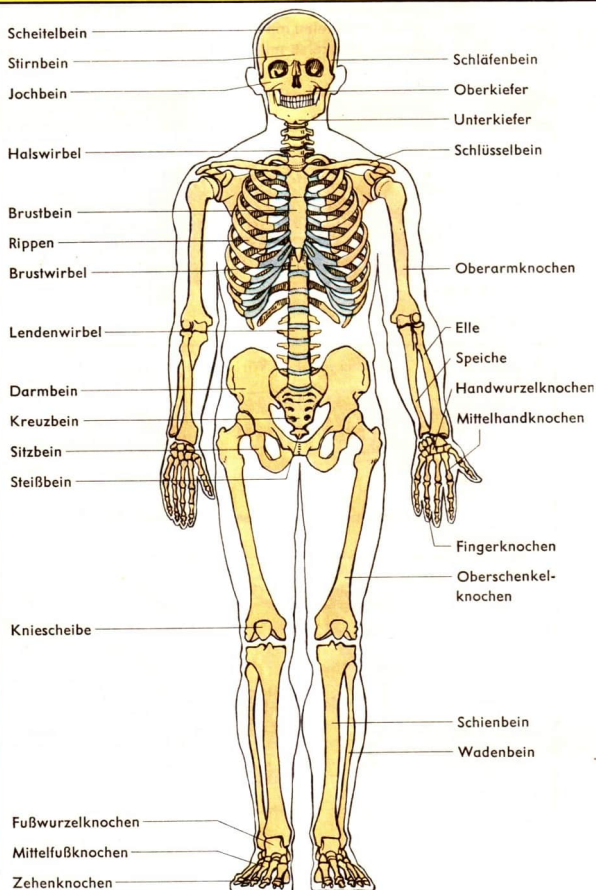
## Knochenskelett der Wirbeltiere

Das knöcherne Innenskelett der Wirbeltiere besteht in der Regel aus dem Kopfskelett (Schädel), dem Rumpfskelett mit Wirbelsäule und Brustkorb, dem Schwanzskelett und dem Gliedmaßenskelett mit Schulter- und Beckengürtel und den Knochen der Extremitäten.

### Skelettsysteme bei Wirbeltieren



Skelett des Menschen (Vorderansicht)



## Bau der Knochen

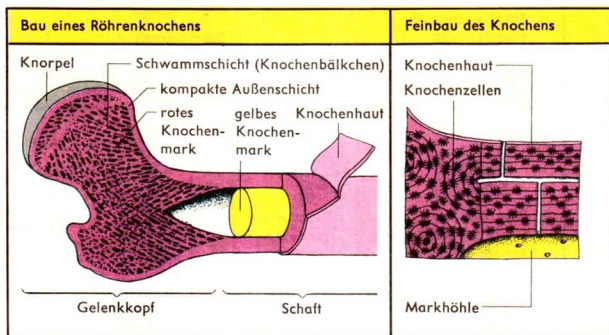
Knochen bestehen aus einer kompakten Außenschicht und einer von Knochenbälkchen gebildeten Schwammschicht; sie sind von einer Knochenhaut umgeben. Hohlräume in den Knochen enthalten meist Knochenmark. Das Knochengewebe wird von feinen Kanälchen durchzogen, in denen Blutgefäße und Lymphgefäße verlaufen, die den Stoffwechsel gewährleisten. Die Knochenzellen sind in Kollagenfasern mit anorganischen Substanzen (■ Trikalziumphosphat) eingebettet. Die kollagenen Fasern bedingen die Elastizität des lebenden Knochengewebes, die eingelagerten anorganischen Substanzen festigen den Knochen und bedingen die große Druckfestigkeit. Es werden Röhren- und Plattenknochen unterschieden.

**Röhrenknochen.** Röhrenknochen sind meist langgestreckte Knochen, in denen die Schwammschicht nur in den Endstücken (■ Gelenkköpfen) ausgebildet ist. Der Schaft ist hohl und meist mit Knochenmark gefüllt, in dem rote und weiße Blutkörperchen gebildet werden (rotes Knochenmark). Mit zunehmendem Alter verfettet das Knochenmarkgewebe (gelbes Knochenmark).

■ Oberarmknochen, Elle, Wadenbein, Fingerknochen

**Plattenknochen.** Plattenknochen sind flach und vollständig mit Knochenbälkchen ausgefüllt. Plattenknochen enthalten Knochenmark nur in den Hohlräumen der Schwammschicht.

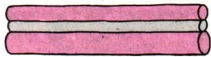
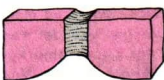
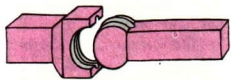
■ Schädelknochen, Schulterblatt, Knochen des Beckengürtels

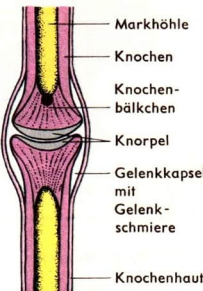


## Knochenverbindungen

Knochenverbindungen können beweglich (Gelenke) oder fest (Verwachsungen) sein. Eine Zwischenstellung nehmen die elastischen Haften ein, die eine geringe Beweglichkeit zulassen. Knochenverbindungen dienen der Beweglichkeit und Stabilität des Skeletts.



| Knochenverbindungen                                                                                                                                          |                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Feste Verbindungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kopfskelett bei Vögeln und Säugetieren</li> </ul>                                         |  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Knochennähte</li> </ul>    |
| <b>Elastische Verbindungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zwischen Elle und Speiche</li> <li>■ Zwischen Brustkorb und Schulterblatt</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bandhaften</li> </ul>      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zwischen Rippen und Brustbein</li> <li>■ Zwischenwirbelscheiben</li> </ul>                                          |  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Knorpelhaften</li> </ul>   |
| <b>Bewegliche Verbindungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ellenbogengelenk</li> <li>■ Fingergelenke</li> </ul>                                 |  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Scharniergelenk</li> </ul> |

| Gelenke                                                                                                                                                                                                    | Bau des Gelenks                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zapfengelenk</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der Säugetiere</li> </ul> |  |
| <b>Ellipsoidgelenk</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zwischen den Handwurzelknochen</li> </ul>                |                                                                                    |
| <b>Sattelgelenk</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Daumengelenk des Menschen</li> </ul>                      |                                                                                    |
| <b>Kugelgelenk</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Schultergelenk; Hüftgelenk</li> </ul>                      |                                                                                    |

↗ Wirbelsäule, S. 82

↗ Extremitäten der Wirbeltiere, S. 83

## 4.4.2. Bewegungssystem

### Allgemeines

Bewegungssysteme dienen sowohl der aktiven Fortbewegung der Tiere als auch den Formveränderungen des gesamten Tierkörpers (■ Süßwasserpolytyp) oder einzelner Organe (■ Eingeweide, Augenlinse).

Die Bewegungen beruhen auf der Fähigkeit bestimmter Zellen (■ Muskeln) oder Zellorganellen (■ kontraktile Fasern), sich bei Reizung zu kontrahieren. Für die aktive Fortbewegung sind die kontraktilen Zellen oder Gewebe (Muskulatur) mit Teilen des Stützsystems verbunden, oder es wirken ringförmig und längs angeordnete Muskeln gegeneinander (■ Hautmuskelschlauch, Verdauungskanal bei Wirbeltieren).

↗ Zellorganellen bei Urtierchen, S. 50

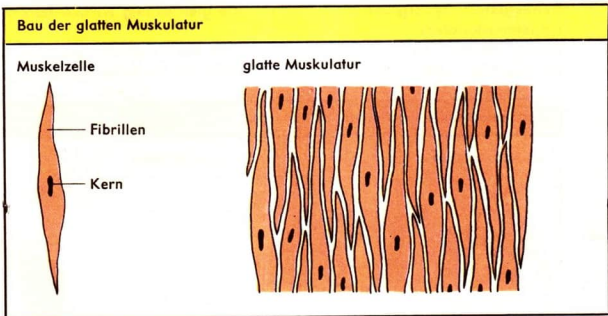
↗ Zelldifferenzierung bei Hohltieren, S. 54

### Muskulatur

Die Muskulatur höherentwickelter Tiere besteht aus Muskelzellen und Muskelfasern. Sie wird vom Mesoderm gebildet. Je nach Bau und Funktion werden glatte und quergestreifte Muskulatur unterschieden.

### Glatte Muskulatur

Glatte Muskulatur besteht aus langgestreckten Muskelzellen, die zu mehreren in Zellverbänden zusammenliegen. Glatte Muskulatur arbeitet verhältnismäßig langsam, aber sehr ausdauernd. Ihre Tätigkeit läuft in der Regel unwillkürlich ab (■ Eingeweidemuskulatur bei Wirbeltieren, Schließmuskeln bei Muscheln).

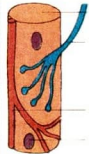
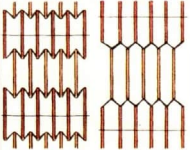


↗ Hirnteile und ihre Funktionen, S. 147

↗ chemische Vorgänge bei der Muskelbewegung, S. 232

## Quergestreifte Muskulatur

Quergestreifte Muskulatur besteht aus vielkernigen Muskelfasern, die durch Verschmelzung mehrerer Muskelzellen entstanden sind. Quergestreifte Muskulatur ist an den mikroskopisch sichtbaren Querstreifen, die durch unterschiedlich starke Ausbildung der Muskeleiweiße Myosin und Aktin auftreten, zu erkennen. Quergestreifte Muskulatur arbeitet verhältnismäßig schnell, ermüdet aber rasch. Sie kann sich willkürlich oder unwillkürlich kontrahieren (■ Skelettmuskulatur bei Wirbeltieren).

| Bau der quergestreiften Muskulatur                                                                                                                               |                                                                                                                                              |                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Ausschnitt aus einem Muskel                                                                                                                                      | Abschnitt einer Muskelfaser                                                                                                                  | Kontrahierte und gedehnte Muskelfaser (schematisch)                               |
|  <p>Muskelhaut<br/>Primärbündel mit Muskelfasern<br/>Nerv<br/>Blutkapillare</p> |  <p>Muskelfaser<br/>Nerv<br/>Blutkapillare<br/>Zellkern</p> |  |

## Zusammenwirken der Muskeln

Das Zusammenwirken mehrerer Muskeln oder Muskelgruppen führt in der Regel zu Bewegungen der Organismen. Die dabei beteiligten Muskeln können gleichsinnig oder gegeneinander wirken.

**Synergisten.** Synergisten sind Muskeln, die gleichsinnig wirken (■ Zwischenrippenmuskulatur).

**Antagonisten.** Antagonisten (Gegenspieler) sind Muskeln, die einander entgegengesetzt wirken (■ Beuger und Strecker der vorderen Extremitäten).

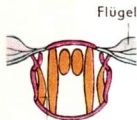
### Zusammenwirken von Skelett und Muskulatur

#### bei Außenskeletten



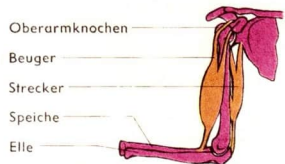
Muskulatur der Gliedmaßen

■ Insekten



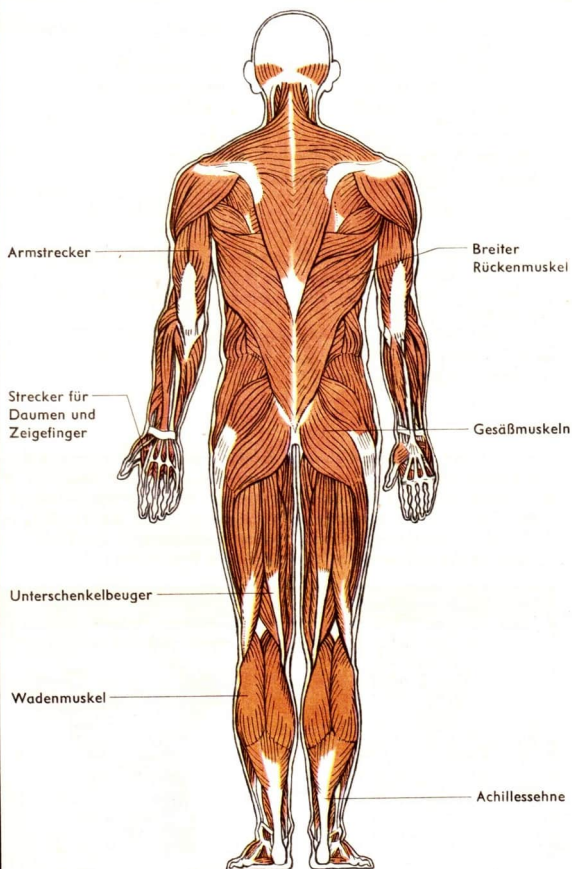
Flugmuskulatur

#### bei Innenskeletten



■ Mensch

## Muskelsystem des Menschen (Rückenansicht)



### 4.4.3. Atmungssystem

#### Allgemeines

Atmungssysteme ermöglichen den Gasaustausch zwischen den Organismen und der Umwelt. Trotz unterschiedlichen Baues stimmen die Atmungsorgane darin überein, daß dünne, diffusionsfähige Oberflächen ausgebildet sind, die von Körperflüssigkeit umspült oder stark durchblutet werden. Eine Vergrößerung der Oberfläche wird durch Faltung, Verzweigung oder Kammerung der Atmungsorgane erreicht.

↗ Atmung, S. 205

↗ Ablauf der biologischen Oxydation, S. 207

#### Haut

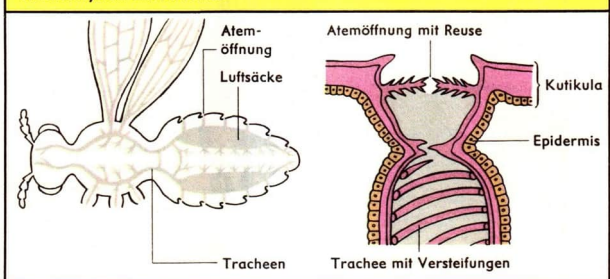
Die Außenhaut dient bei vielen Organismen auch als Atmungsorgan. Sie ist bei Tieren, die ihren Gasaustausch fast vollständig durch die Haut vollziehen (■ Schwämme, Regenwurm) dünn und oft durch Schleimabsonderungen zahlreicher Drüsen feucht.

Die dicke und relativ undurchlässige Außenhaut vieler landlebender Tiere (■ Wirbeltiere) ist nur zu einem geringen Teil am Gasaustausch beteiligt (■ Grasfrosch 50%, Menschen 2%).

#### Tracheen

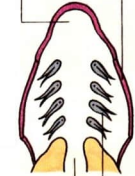
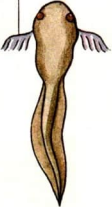
Tracheen sind röhrenförmige oder sackförmige Einstülpungen der Außenhaut der Gliederfüßer (■ bei vielen Spinnentieren, Vielfüßern, Insekten). Sie sind meist stark verzweigt und durch Chittringe oder -spiralen verstärkt. Durch meist verschließbare Atemöffnungen (Stigmen) stehen die Tracheen mit der Außenluft in Verbindung. Durch feinste Verästelungen des Tracheensystems gelangt die Atemluft direkt zu allen Orten des Verbrauchs.

Tracheensystem eines Insektes



## Kiemien

Kiemien sind stark gefaltete, dünnwandige, vom Blut durchströmte und vom Wasser umspülte Organe, die aus der Oberhaut oder dem Darm hervorgegangen sind. Sie dienen dem Gasaustausch der Organismen mit dem Wasser.

| Kiemienformen                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hautkiemen                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                   | Kiemendarm                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                       |
| <b>Krebstiere</b><br>chitinhaltige Kutikula<br><br>Kiemien<br>■ Flußkrebis | <b>Weichtiere</b><br>kalkhaltige Kutikula<br><br>Kiemien — Fuß<br>■ Teichmuschel | <b>Knochenfische</b><br>Mundhöhle    Kiemen-<br>deckel<br><br>Speise-    innere<br>röhre      Kiemen<br>■ Hering | <b>Lurche</b><br>äußere Kiemen<br><br>■ Larve des Wasser-<br>froschs |

## Lungen

Lungen sind dünnwandige, stark durchblutete, mehr oder weniger stark gefaltete Organe, die sich aus Ausstülpungen des Kiemendarmes entwickelt haben. Lungen kommen bei Wirbeltieren vor. Sie dienen dem Gasaustausch zwischen den Organismen und der Luft.

### Bau der Säugetierlunge

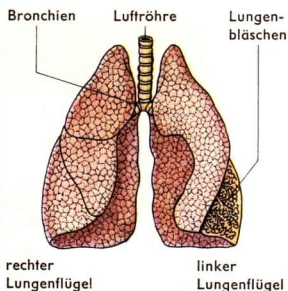
Die Säugetierlunge besteht aus zwei Lungenflügeln, die in mehrere Lappen unterteilt sind. Die Lungenlappen werden aus zahlreichen Lungenbläschen gebildet (Oberflächenvergrößerung). Über den Kehlkopf und die meist durch Knorpelringe versteifte Luftröhre und die Bronchien gelangt die Außenluft in die Lungenbläschen. Die Atembewegung wird durch Kontraktion der Zwischenrippenmuskulatur und des Zwerchfelles verursacht.

- ↗ Entwicklung der Lungen bei Wirbeltieren, S. 86
- ↗ Ablauf der biologischen Oxydation, S. 207

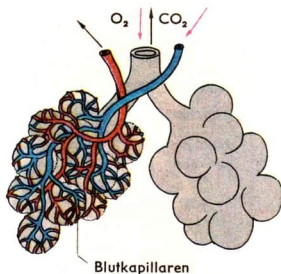


## Bau der Säugetierlungen

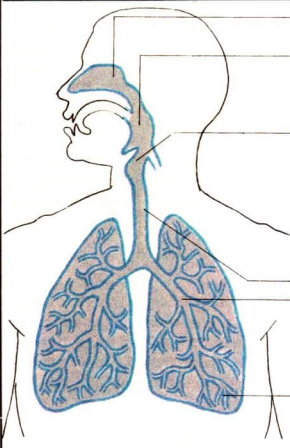
### ■ Lunge eines Säugetieres

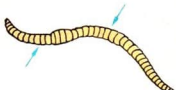
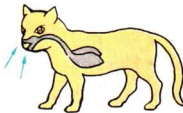


### ■ Lungenbläschen



## Lage und Funktion der Atmungsorgane beim Menschen

| Lage der Atmungsorgane                                                             | Organ                    | Funktion                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Nasenhöhle<br>Rachenraum | Reinigen, Erwärmen und Anfeuchten der Atemluft durch stark durchblutete Schleimhäute und durch feine Härchen                                             |
|                                                                                    | Kehlkopf                 | Kreuzung von Luft- und Speiseweg. Reflektorischer Verschluss der Luftröhre durch den Kehldeckel beim Schlucken. Stimmbänder ermöglichen die Stimmgebung. |
|                                                                                    | Luftröhre<br>Bronchien   | Leitung der Atemluft durch die Bronchien und immer feiner verteilte Bronchienzweige zu den Lungenbläschen.                                               |
|                                                                                    | Lunge mit Lungenbläschen | Austausch der Atemgase zwischen Atemluft und Blut.                                                                                                       |

| Atmungsorgane bei Tieren |                                                                                                                                |                                                                                                     |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atmungsorgan             | Ökotyp                                                                                                                         | Weg der Atemgase zu den Körperzellen                                                                |
| Körperoberfläche (Haut)  | Wassertiere<br><br>■ Süßwasserpolyp           | Wasser – Körperoberfläche – Zellinneres                                                             |
|                          | Feuchtlufttiere<br><br>■ Regenwurm            | Luft – feuchte Haut – Körperflüssigkeit und Zellen des Körpers                                      |
| Tracheen                 | Trockenlufttiere<br><br>■ Holzwespe           | Luft – Atemöffnungen – Tracheensystem – Zellen des Körpers                                          |
| Außenkiemen              | Wassertiere<br><br>■ Larve des Wasserfrosches | Wasser – Epidermis der Außenkiemen – Blut – Zellen des Körpers                                      |
| Innenkiemen              | <br>■ Karpfen                                | Wasser – Epidermis der Innenkiemen – Blut – Zellen des Körpers                                      |
| Lungen                   | Trockenlufttiere<br><br>■ Katze             | Luft – Mundhöhle – Luftröhre – Bronchien – Epidermis der Lungenbläschen – Blut – Zellen des Körpers |

#### 4.4.4. Haut

##### Allgemeines

Die ein- oder mehrschichtige Haut grenzt die vielzelligen Tiere von der Umwelt ab, schützt sie weitgehend vor schädlichen Einflüssen, verbindet sie aber auch in vielfältiger Weise mit der Umwelt (■ Stoffaustausch, Reizaufnahme). Die Haut bedeckt die äußere Oberfläche des Körpers (Epidermis) und kleidet Körperhöhlen aus (Schleimhaut).

##### Funktionen der Haut

Die Haut hat vielerlei Funktionen, die in Angepaßtheit an Umwelt und Lebensweise der Tiere unterschiedlich stark ausgeprägt sind:

- äußere Abgrenzung des Organismus;
- Schutz vor Umwelteinflüssen (■ mechanische Verletzungen, ultraviolettes Licht, Austrocknung);
- Verhinderung des Eindringens von Fremdkörpern (■ Schmutz, Krankheitserreger, Giftstoffe),
- Aufnahme von Stoffen (■ Wasser, Sauerstoff, Nährstoffe),
- Ausscheidung von Stoffen in Verbindung mit der Regulierung des Wasser- und Salzhaushaltes (■ Wasser, Kohlendioxid, anorganische Salze, Harnstoff, Milchsäure),
- Regelung der Körpertemperatur (Wärmeisolierung durch Haare, Federn oder eingelagertes Fett; Wärmeabgabe durch verstärkte Durchblutung oder Ausscheiden von Flüssigkeiten),
- Aufnahme von Reizen (■ Temperatur, Druck-, Geruchsreize),
- Speicherung von Fett,
- vorübergehende Speicherung von Blut.

↗ Haut, S. 112

↗ Osmose, S. 216

##### Äußere Haut

Die äußere Haut (Epidermis) ist die den Organismus nach außen abschließende Gewebeschicht. Sie ist bei wirbellosen Tieren stets einschichtig und scheidet meist eine Kutikula ab. Die Außenhaut der Wirbeltiere ist mehrschichtig; sie scheidet keine Kutikula ab, bildet aber bei fast allen Gruppen vielfältige Schutzeinrichtungen aus (■ Hornschuppen, Federn, Haare, Nägel).

↗ Hautmuskelschlauch, S. 103

↗ Außenskelett, S. 103 f.

##### Bau und Funktion der äußeren Haut des Menschen

**Oberhaut mit Hornschicht und Keimschicht.** Die Oberhaut ist ein mehrschichtiges Plattenepithel. Die oberflächliche Hornschicht besteht aus abgestorbenen, verhornten Zellen und schilfert ständig ab. Die darunter liegende Keim-

schicht bildet ständig neue Zellen. Die Haare sind Bildungen der Oberhaut und reichen tief in die Lederhaut hinein (Haarbalg). Die Oberhaut bietet Schutz gegen mechanische Beanspruchung und schützt mit eingelagerten Pigmenten gegen übermäßige Lichteinstrahlung.

Die Oberhaut ist ektodermalen Ursprungs.

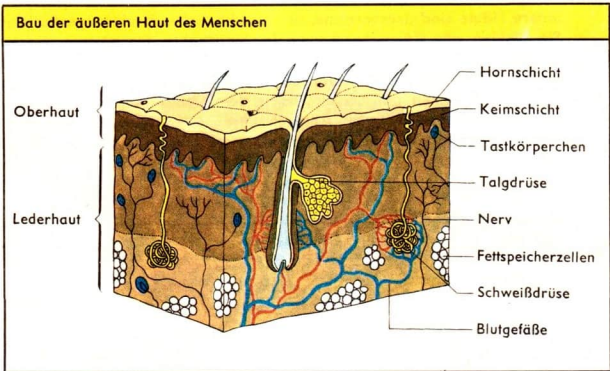
**Lederhaut.** Die Lederhaut (Kutis) besteht aus straffem Bindegewebe und ist reich an Blutgefäßen, Nerven, Sinneszellen (■ Tastsinneskörperchen, Wärme-, Kälte-, Druck- und Schmerzpunkte) und Drüsen (■ Schweißdrüsen, Talgdrüsen, Milchdrüsen). Das fibrilläre Bindegewebe bewirkt die Elastizität und Reißfestigkeit. Die starke Durchblutung dient der Ernährung der Hautschichten, der Wärmeregulation und der zeitweiligen Blutspeicherung.

Die Drüsen sind an der Ausscheidung von Stoffwechselendprodukten beteiligt, dienen der Wärmeregulation und dem Geschmeidighalten der Hornhaut und der Haare sowie der Ernährung der Säuglinge in den ersten Lebenswochen.

Die Lederhaut ist mesodermalen Ursprungs.

**Unterhaut.** Die Unterhaut (Subkutis) besteht aus lockerem Bindegewebe, in das Fett eingelagert sein kann. Die Unterhaut dient der Polsterung gegen Druck und Stoß, vermindert die Wärmeabgabe und speichert Nährstoffe.

Die Unterhaut ist mesodermalen Ursprungs.



## Hautbildungen

Hautbildungen bei Wirbeltieren sind Anpassungen an bestimmte Lebensweisen. Hornschuppen, Nägel, Krallen, Hufe, Hörner, Federn und Haare sind Bildungen der Oberhaut.

**Hornschuppen.** Typische Anhangsgebilde der Haut der Kriechtiere, bedecken aber auch den unbefiederten Lauf und die Zehen der Vögel sowie die Schwänze einiger Säugetiere (■ Mäuse, Ratten, Biber).

**Nägel, Krallen und Hufe.** Schützen die Finger- und Zehenspitzen vieler Wirbeltiere; sie wachsen in der Keimschicht beständig nach, so daß die Abnützung ausgeglichen wird.

**Hörner.** Hornscheiden, die auf Knochenzapfen des Stirnbeines sitzen. Sie bleiben im Gegensatz zum knöchernen Geweih zeitlebens erhalten.

**Federn.** Typische Anhangsgebilde der Haut der Vögel. Sie entstehen aus warzenartigen Erhebungen der Oberhaut und senken sich im Verlaufe der Bildung tief in die Lederhaut ein. Die fertige Feder ist ein totes Gebilde. Federn werden mindestens einmal jährlich abgeworfen und durch neue ersetzt (Mauern). Es werden Daunen, Deckfedern und Schwungfedern unterschieden.

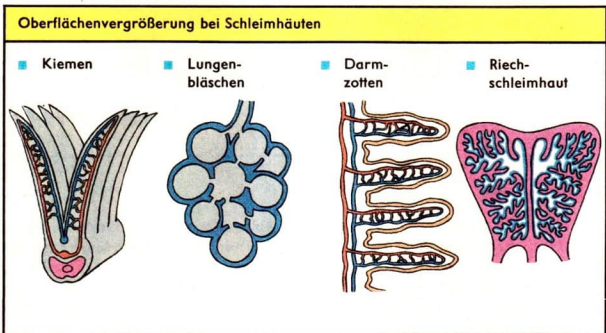
**Haare.** Typische Anhangsgebilde der Haut der Säugetiere. Sie bestehen aus Haarschaft und Wurzel und entstehen in der Oberhaut. Die tief in die Lederhaut eingesenkte Wurzel ist zwiebelartig verdickt und von Blutgefäßen durchzogen. Durch kleine glatte Muskeln können die Haare aufgerichtet werden. Es werden Wollhaare, Grannenhaare, Borsten und Stacheln unterschieden.

↗ Sinneszellen in der Haut des Menschen, S. 142

## Innere Haut

Innere Häute sind drüsenreiche, für lösliche Stoffe durchlässige Schleimhäute. Sie kleiden alle Körperhöhlräume (■ Mundhöhle, Darmkanal, Nasenhöhle, Lungenbläschen, Gebärmutter) aus. Außer dem Schutz und der Aufnahme von Reizen (■ Geruch, Temperatur) dienen innere Häute vor allem der Absonderung von Enzymen und Schleim sowie dem Stoffaustausch (■ Wasser, Gase, Nährstoffe). Typisch für viele schleimhauttragende Organe ist die starke Oberflächenvergrößerung durch Faltung (■ Nasenschleimhaut, Darmzotten, Lungenbläschen).

↗ Enzyme, S. 182



#### 4.4.5. Verdauungssystem

##### Allgemeines

Das Verdauungssystem dient der Aufnahme und Weiterleitung sowie der mechanischen Zerkleinerung und biochemischen Verdauung der Nahrung, der Resorption der Nährstoffe und der Abgabe der unverdaulichen Nahrungsreste. Es ist in der Regel mit drüsenreicher, dünnwandiger Haut zur Abgabe von Enzymen und zur Resorption der Nährstoffe ausgekleidet.

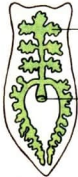
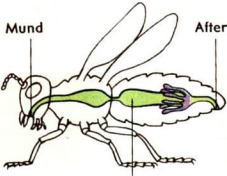
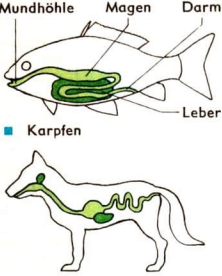
Bei einigen Innenparasiten (■ Schweinefinnenbandwurm) ist das Verdauungssystem völlig rückgebildet. Sie nehmen die durch ihre Wirte verdauten Nährstoffe osmotisch durch die Körperoberfläche auf.

##### Formen von Verdauungssystemen

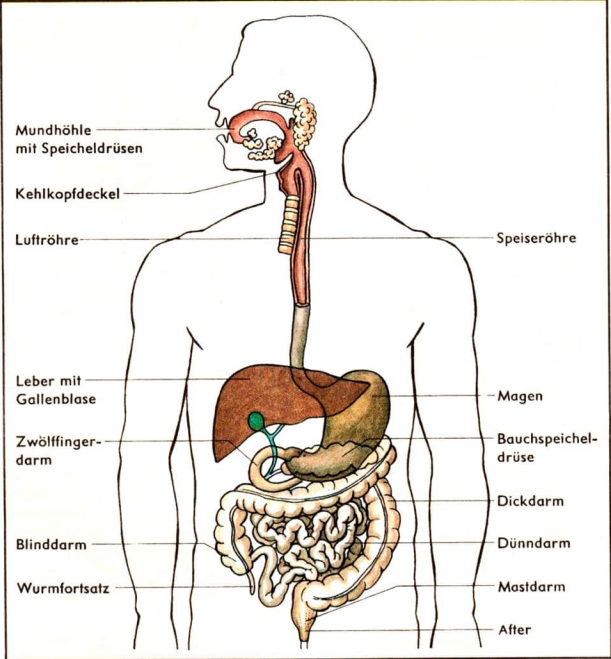
Entsprechend der Entwicklungshöhe der Organismen und ihrer Lebensweise ist das Verdauungssystem mehr oder weniger stark differenziert. Bei höherentwickelten tierischen Organismen wirken meist mehrere Organsysteme (Verdauungssystem, Transportsystem) und Organe (Magen, Darm, Leber) als funktionelle Einheit zusammen.

| Verdauungssysteme bei Tieren                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verdauungssysteme                                                                                                                        | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Nahrungsvakuole bei Einzellern</p> <p>Enzyme      Resorption</p> <p>Nahrungsaufnahme      Ausscheidung</p> <p>■ Pantoffeltierchen</p> | <p>Die Nahrungsteilchen gelangen an beliebiger Stelle (■ Wechseltierchen) oder durch den Zellmund (■ Glockentierchen) in das Zellinnere, werden von einer Nahrungsvakuole umschlossen und durch Enzyme aus der Zelle verdaut. Die Nährstoffe werden vom Zellplasma resorbiert. Die unverdaulichen Reste werden an beliebiger Stelle abgegeben.</p> |
| <p>Magenhöhle bei Hohltieren</p> <p>Mund, After</p> <p>Magenhöhle</p> <p>■ Süßwasserpolyp</p>                                            | <p>Eine gleichzeitig als Mund und After dienende Öffnung führt in die Magenhöhle. Drüsenzellen im Entoderm sondern Verdauungsenzyme in die Magenhöhle ab. Nährmuskeln aus dem Entoderm resorbieren die Nährstoffe.</p>                                                                                                                             |



| Verdauungssysteme bei Tieren                                                                                                                                                                                            |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verdauungs-<br>systeme                                                                                                                                                                                                  |  | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Einfacher Darm bei Plattwürmern</p>  <p>verzweigtes Darmsystem</p> <p>Mund, After</p> <p>■ Planarie</p>                             |  | <p>Eine gleichzeitig als Mund und After dienende Öffnung führt in den meist stark verzweigten Darm, dessen drüsenreiche Innenhaut Enzyme absondert und die Nährstoffe resorbiert.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Verdauungs-<br/>system bei Insekten</p>  <p>Mund</p> <p>After</p> <p>durchgehender Darmkanal</p> <p>■ Holzwespe</p>                 |  | <p>Die Mundöffnung ist mit speziellen Mundgliedmaßen zur Nahrungsaufnahme versehen (■ Saugrüssel, Beißkiefer). Der Darm ist unverzweigt und in Vorder-, Mittel- und Enddarm gegliedert, er mündet in einen After. Der Vorderdarm kann als Sammelmagen ausgebildet sein (■ Honigbiene). Im Mitteldarm befinden sich Drüsenzellen zur Absonderung von Enzymen und zur Resorption der Nährstoffe.</p>                                                                                  |
| <p>Verdauungs-<br/>system bei Wirbeltieren</p>  <p>Mundhöhle</p> <p>Magen</p> <p>Darm</p> <p>Leber</p> <p>■ Karpfen</p> <p>■ Hund</p> |  | <p>Das Verdauungssystem besteht aus Mundhöhle, Speiseröhre, Magen, Dünndarm, Dickdarm und Mastdarm mit After. Gebiß oder Hornschnabel zerkleinern die Nahrung; durch Enzyme, die von Anhangsdrüsen (■ Mundspeicheldrüse, Bauchspeicheldrüse, Leber) oder von der drüsenreichen Schleimhaut des Dünndarms abgegeben werden, wird die Nahrung verdaut und durch die stark vergrößerte Oberfläche der Darmzotten resorbiert. Unverdauliche Reste werden durch den After abgegeben.</p> |

## Lage der Verdauungsorgane des Menschen

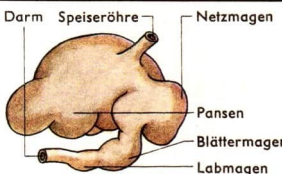


## Verdauungsorgane bei Säugern

Die Verdauungsorgane der Säugetiere stimmen in ihrem Grundaufbau überein, bestimmte Organe sind aber in Anpassung an unterschiedliche Ernährungsweisen bei den einzelnen Gruppen verschieden ausgebildet.

**Pflanzenfresser.** Im Gebiß sind keine Eckzähne ausgebildet, die Backenzähne haben breite Kauflächen. Der Darm ist entsprechend der schwerverdaulichen und relativ energiearmen Pflanzennahrung meist um ein Vielfaches länger als der Körper. Im Verdauungskanal sind meist bestimmte Abschnitte zu Gärkammern umgebildet, in denen mit Hilfe von Bakterien die Zellulose der Pflanzen aufgeschlossen wird.

Bei einigen Gruppen (Nagetieren) ist der Blinddarm als Gärkammer ausgebildet, bei anderen Gruppen ist der Magen zum Wiederkäermagen umgebildet.

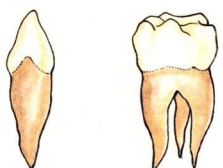
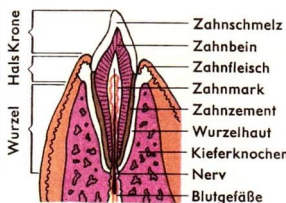
| Wiederkäermagen                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Besteht aus mehreren Kammern mit bestimmten Funktionen. Die vorgekaute Nahrung gelangt in den Pansen und in den Netzmagen zur Vorverdauung. Dann wird sie im Maul erneut durchgekaut und im Blättermagen und Labmagen weiter verdaut. Dann erst gelangt sie in den Darm. |  |

**Fleischfresser.** Im Gebiß sind scharfe Schneidezähne, dolchartige Eckzähne und scharfkantige Backenzähne ausgebildet. Der Darm ist entsprechend der energiereichen, relativ leicht verdaulichen Fleischnahrung etwa nur körperlang. Der Blinddarm ist meist rückgebildet.

**Allesfresser.** Im Gebiß sind scharfe Schneide- und Eckzähne sowie Backenzähne mit breiter Kaufläche ausgebildet. Der Darm ist mehr als körperlang, spezielle Gärkammern sind nicht ausgebildet.

## Zähne

**Allgemeines.** Zähne sind nur bei Wirbeltieren ausgebildet. Sie dienen dem Festhalten und Zerkleinern der Nahrung sowie der Verteidigung. Bei Fischen, Lurche und Kriechtieren sind die Zähne gleichgestaltet und sitzen häufig nur lose auf den Kieferknochen. Sie unterliegen einem dauernden Wechsel. Bei Säugetieren sitzen die Zähne mit Wurzeln tief in den Kieferknochen. Sie werden in der Regel nur einmal gewechselt (■ Milchgebiß und Dauergebiß des Menschen) und sind in arttypischer Anzahl ausgebildet (Zahnformel), ihre Gesamtheit bildet das Gebiß.

| Zahnarten des menschlichen Gebisses                                                                                         | Bau eines Schneidezahnes                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>■ Schneidezahn      ■ Backenzahn</p> |  |

Stammesgeschichtlich sind die Zähne aus den Hautknochen (Plakoidschuppen) der Knorpelfische entstanden.

**Zahnarten.** In differenzierten Säugetiergebissen werden Schneidezähne, Eckzähne, Vorbackenzähne und Backenzähne unterschieden.

**Gebißtypen der Säugetiere.** Das Gebiß der Säugetiere ist in Abhängigkeit von der Art der Nahrung und der Nahrungsaufnahme unterschiedlich ausgebildet. Art und Anzahl der in jeder Kieferhälfte ausgebildeten Zähne werden in der Zahnformel angegeben.

#### Gebißtypen bei Säugetieren in Anpassung an die Ernährungsweise

##### Raubtiergebiß

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 3 | 1 | 3 | 1 |
| 3 | 1 | 2 | 1 |

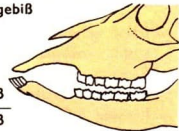
■ Katze



##### Wiederkäuergebiß

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 3 | 3 |
| 3 | 1 | 3 | 3 |

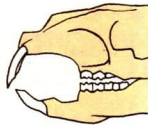
■ Rind



##### Nagetiergebiß

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 3 |
| 1 | 0 | 0 | 3 |

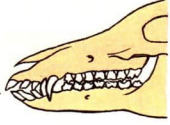
■ Ratte



##### Allesfressergebiß

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 |

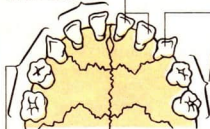
■ Schwein



#### Gebiß des Menschen

##### Milchgebiß

6. bis 8. Monat



20. bis 30. Monat

|   |   |   |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 2 |
| 2 | 1 | 2 |

##### Dauergebiß

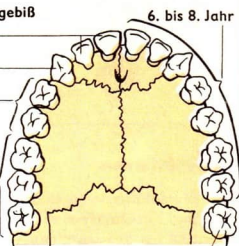
Schneidezähne

Eckzähne

Vorbackenzähne

Backenzähne

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 |



16. bis 25. Jahr

#### 4.4.6. Transportsystem

##### Allgemeines

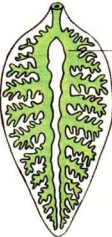
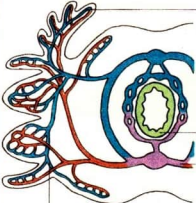
Transportsysteme dienen der Verteilung von Nährstoffen, Sauerstoff und Hormonen sowie dem Abtransport von Stoffwechselendprodukten (■ Kohlendioxid, Harnstoff), der Wärmeübertragung, der Druck- und pH-Wert-Regulierung sowie der Abwehr von eingedrungenen Fremdkörpern, Giften und pathogenen Keimen. Nach Bau und Vorkommen werden verschiedene Transportsysteme unterschieden.

##### Transportsysteme

Entsprechend der Entwicklungshöhe der Tiere sind verschiedene Transportsysteme ausgebildet.

**Hohlraumssysteme.** Sie werden von meist stark verzweigten, dünnwandigen Hohlräumen gebildet, die den ganzen Körper durchziehen. In ihnen werden feste, flüssige oder gasförmige Stoffe direkt zu den Orten des Verbrauchs geleitet (■ Darmkanal der Plattwürmer, Tracheen der Insekten).

**Gefäßsysteme.** Sie werden von dünnwandigen, röhrenförmigen, verzweigten Gefäßen gebildet, die den Körper durchziehen. In ihnen werden Körperflüssigkeiten (■ Blut, Lymphe) geleitet, in denen die zu transportierenden Stoffe (■ Sauerstoff, Nährstoffe, Enzyme) gelöst sind.

| Darmhohlraumssystem des Großen Leberegels                                                                                                                                                              | Blutgefäßsystem eines Ringelwurmes                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>blind endender, stark verzweigter Darm zur Verdauung der Nahrung und zur Verteilung der Nährstoffe im Körper</p> |  <p>stark verzweigte Blutgefäße zum Austausch der Atemgase</p> <p>Darm</p> <p>Blutgefäße</p> <p>stark verzweigte Blutgefäße zur Verteilung der Nährstoffe im Körper</p> |

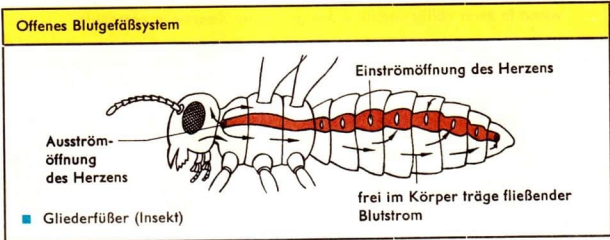
##### Blutgefäßsysteme

Blutgefäßsysteme sind nur bei höherentwickelten Tiergruppen ausgebildet. Sie sind Kreislaufsysteme, die offen oder geschlossen sein können. Die Gefäße (Adern) sind bei den einzelnen Tiergruppen unterschiedlich stark differenziert; in jedem Falle sind kontraktile Abschnitte vorhanden, die das Blut durch das Gefäßsystem pumpen.

## Offenes Blutgefäßsystem

Ein offenes Blutgefäßsystem besteht in der Regel aus einem an beiden Enden offenen kontraktilen Herzrohr und aus einfachen Blutgefäßen, die nicht miteinander in Verbindung stehen. Das Blut strömt aus dem Herzen in die Blutgefäße und in die Leibeshöhle und umspült direkt die inneren Organe. Durch Öffnungen im Herzrohr wird es aus dem Körper wieder aufgesaugt.

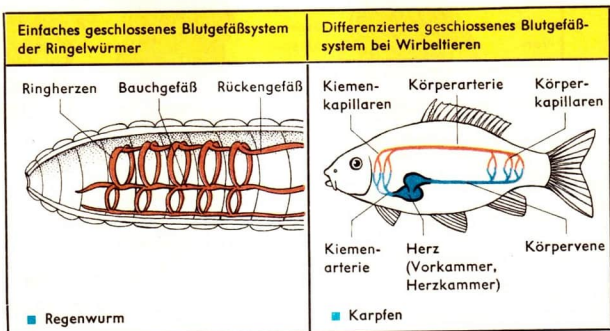
Offene Blutgefäßsysteme sind beispielsweise bei Gliederfüßern und bei Weichtieren ausgebildet.



## Geschlossenes Blutgefäßsystem

Ein geschlossenes Blutgefäßsystem besteht aus einem vollständig geschlossenem Röhrensystem; das Blut wird durch kontraktile Abschnitte (Herz) durch die Gefäße (Adern) gepreßt. Im Blutgefäßsystem der Wirbeltiere sind die Gefäße in Herz, Arterien, Venen und Kapillaren differenziert.

Geschlossene Blutgefäßsysteme sind bei Ringelwürmern und Chordatiern ausgebildet.



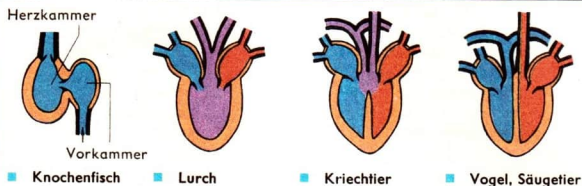


## Herz

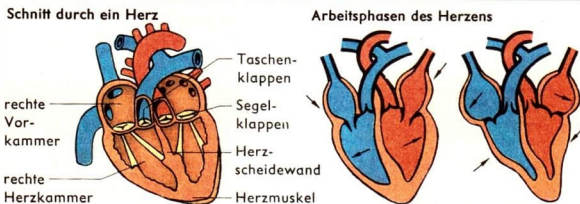
Ein Herz ist ein kontraktile Abschnitt des Blutgefäßsystems, der die Bewegung des Blutes bewirkt; es zieht sich rhythmisch zusammen und erschlafft wieder. Das Herz ist meist als kräftiger Hohlmuskel ausgebildet. Bei Urmundtieren (■ Ringelwürmer, Gliederfüßer, Weichtiere) können mehrere Herzen ausgebildet sein (Ringherzen); sie liegen in der Regel dorsal, bei Neumundtieren (■ Chordatiere) liegt das Herz ventral.

Das Herz der Wirbeltiere besteht aus Kammern (Vorkammer, Herzkammer). Mit zunehmender Höherentwicklung wird die Herzscheidewand in zwei völlig voneinander getrennte Kammern unterteilt.

### Entwicklung des Herzens bei Wirbeltieren



### Bau und Funktion des menschlichen Herzens

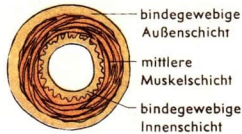


## Arterien

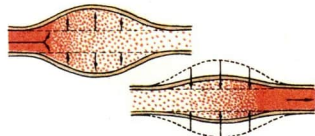
Arterien sind Adern, die vom Herzen in alle Teile des Körpers führen (■ Lungenarterie, Armarterie, Kopfarterie). Die Wände der Arterien sind stark elastisch und werden durch das vom Herzen in die Arterien gedrückte Blut ausgedehnt. Durch Kontraktion der gut ausgebildeten mittleren Muskelschicht zieht sich die Arterie wieder zusammen und unterstützt die Pumpwirkung des Herzens. Die so entstehende Puls-welle läuft die Arterie entlang.

### Bau und Funktion der Arterien

Querschnitt durch eine Arterie



Entstehung der Pulsquelle

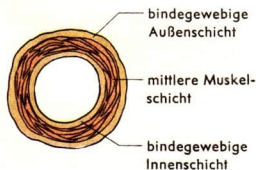


### Venen

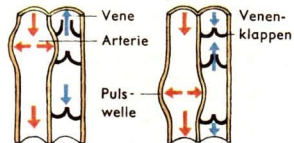
Venen sind Adern, die aus dem Körper zum Herzen führen. Sie besitzen Klappen (Venenklappen), die ein Zurückfließen des Blutes verhindern. Die Venenklappen werden durch den Blutstrom geöffnet und bei Blutstauung geschlossen. Venen unterstützen die Bewegung des Blutstroms nicht aktiv, ihre Muskelschicht ist relativ dünn. In den Venen wird das Blut durch die Pulsquelle benachbarter Arterien oder durch Kontraktion anliegender Skelettmuskulatur weiterbefördert. In Herznähe wirkt der Unterdruck des Herzens zusätzlich als Sog.

### Bau und Funktion der Venen

Querschnitt durch eine Vene



Aufwärts gerichtete Blutbeförderung in einer Vene durch die abwärts laufende Pulsquelle einer anliegenden Arterie

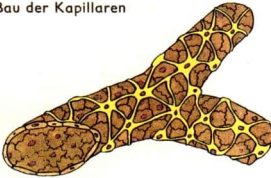


### Kapillaren

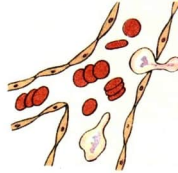
Kapillaren sind haarfeine Verzweigungen der Blutgefäße mit 0,005 mm bis 0,02 mm innerem Durchmesser. Die Wand der Kapillaren ist einschichtig und mit verzweigten Bindegewebszellen umgeben, die an der Kontraktion der Kapillaren beteiligt sind. Der Austausch von Nährstoffen und Gasen zwischen Blut und Körper und der Gasaustausch zwischen Luft und Blut in den Atmungsorganen findet hauptsächlich durch die dünnen Wände der Kapillaren des Blutgefäßsystems statt.

## Bau und Funktion der Kapillaren

Bau der Kapillaren



Auswandern weißer Blutkörperchen durch die Wand der Kapillare



## Blut

Blut ist eine Körperflüssigkeit, in der verschiedene Stoffe (■ Salze, Nährstoffe, Kohlendioxid, Enzyme) gelöst sind. Das Blut der Wirbeltiere enthält geformte Bestandteile (■ Leukozyten). Blut ist farblos oder durch gelöste Farbstoffe (■ Hämoglobin) oder farbstoffhaltige Blutzellen (■ Hämoglobin enthaltende Erythrozyten) gefärbt. Das Blut ist Transportmittel, es bewirkt den Wundverschluß und enthält Abwehrstoffe gegen Krankheitserreger. Es erreicht durch den Blutkreislauf in einem Blutgefäßsystem alle Teile des Organismus.

↗ Stofftransport durch das Blut, S. 217

## Zusammensetzung des Blutes beim Menschen

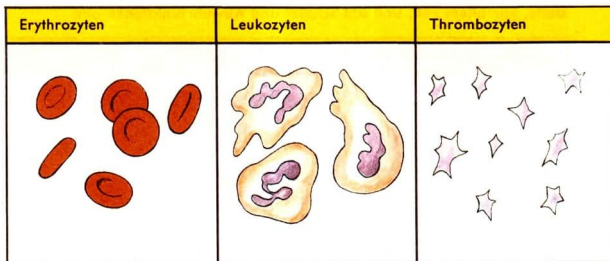
Das Blut des Menschen besteht wie das aller anderen Säuger aus Blutplasma (Blutflüssigkeit), sowie aus Erythrozyten (rote Blutkörperchen), Leukozyten (weiße Blutkörperchen) und Thrombozyten (Blutplättchen), die zusammen die geformten Bestandteile bilden.

**Blutplasma.** Blutplasma besteht aus Blutserum und Fibrinogen. Blutserum enthält 90% Wasser und 10% gelöste Stoffe (Salze, Nährstoffe, Hormone, Abwehrstoffe). Fibrinogen besteht aus Eiweißen, die bei der Blutgerinnung durch ein aus den Thrombozyten freigesetztes Enzym am Wundverschluß beteiligt sind.

**Erythrozyten.** Erythrozyten (rote Blutkörperchen) sind kernlose, bikonkave Zellen, sie werden hauptsächlich im roten Knochenmark ständig gebildet und leben nur wenige Wochen. Erythrozyten enthalten Hämoglobin, das Sauerstoff binden kann. Sie dienen dem Sauerstofftransport. In 1 mm<sup>3</sup> Blut sind etwa 5 Millionen Erythrozyten enthalten.

**Leukozyten.** Leukozyten (weiße Blutkörperchen) sind kernhaltige, amöboid bewegliche farblose Zellen, sie werden im roten Knochenmark, in der Milz und in den Lymphknoten gebildet und können sich außerdem durch Teilung vermehren. Leukozyten können Zell- und Gewebetrümmer sowie eingedrungene Fremdkörper aus dem Blut beseitigen. Bestimmte Arten von Leukozyten sind an der Bildung von Antitoxinen beteiligt. In 1 mm<sup>3</sup> Blut sind etwa 5000 Leukozyten enthalten.

**Thrombozyten.** Thrombozyten (Blutplättchen) sind unterschiedlich geformte, kernlose, leicht zerfallende Bestandteile des Blutes. Beim Zerfall wird ein Enzym freigesetzt, das wesentlich an der Blutgerinnung beteiligt ist. In 1 mm<sup>3</sup> Blut sind etwa 300 000 Thrombozyten enthalten.



↗ Bluteiweiße, S. 184

## Lymphgefäßsystem

Das Lymphgefäßsystem ist ein bei Wirbeltieren ausgebildetes offenes Gefäßsystem, das dem Transport der Lymphe dient. Die Lymphe gelangt von den Gewebespalten in die Lymphgefäße und wird dort vor allem durch Kontraktion der umliegenden Skelettmuskulatur weiterbewegt.

Besondere kontraktile Abschnitte im Lymphgefäßsystem (■ Lymphherzen) sind nur bei Fischen, Lurchen und Kriechtieren ausgebildet. Das Hauptlymphgefäß (Brustlymphgang) mündet in Herznähe in die großen Körperven ein, die Lymphe gelangt dann mit dem Blut in alle Gewebe des Körpers und tritt aus den Blutkapillaren in die Gewebespalten aus.

↗ Lymphgefäßsystem des Menschen, S. 130

## Lymphgefäße

Lymphgefäße sind dünnwandige Röhren, in denen die in den Gewebespalten befindliche Lymphe gesammelt und in die Venen geleitet wird. Lymphgefäße besitzen, ähnlich wie Venen, zahlreiche Klappen, die die Strömungsrichtung festlegen.

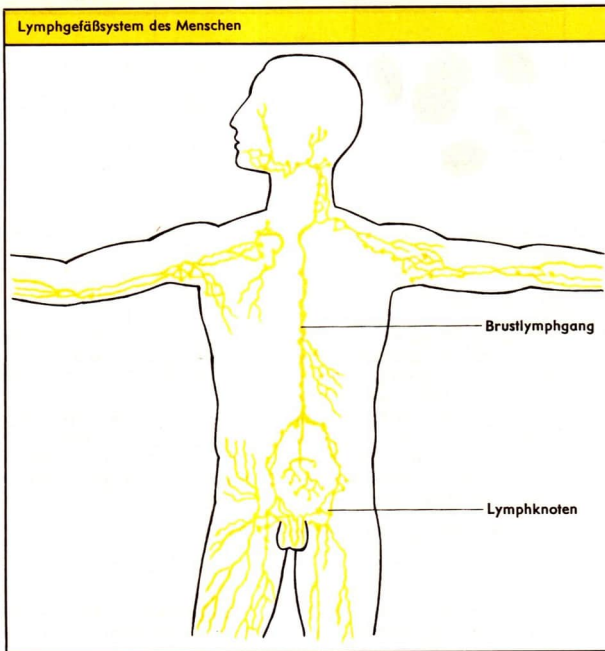
## Lymphknoten

Lymphknoten sind bei Vögeln und Säugetieren in den Hauptlymphbahnen ausgebildet. Sie wirken als Filter (■ gegen Krankheitserreger) und sind Bildungsstätten der weißen Blutkörperchen.

Beim Menschen liegen wichtige Lymphknoten in den Achselhöhlen, in der Leistenbeuge und nahe dem Schlüsselbein am Hals.

## Lymphpe

Lymphpe ist eine meist farblose Flüssigkeit, die aus Serum, Lymphzellen (Lymphozyten) und gelösten Stoffen besteht. Die Lymphpe befindet sich in den Gewebespalten (Interzellularen) oder in besonderen Lymphgefäßen. Sie transportiert Nährstoffe, vor allem Fett, und übt Schutz- und Abwehrfunktionen aus.



### 4.4.7. Ausscheidungssystem

#### Allgemeines

Ausscheidungssysteme dienen der Ausscheidung (Exkretion) von Stoffwechselendprodukten (■ Kohlendioxid, Harnstoff, Wasser), sie sind an der Regulation des Wasser- und Salzhaushaltes im Organismus beteiligt.

## Ausscheidungssysteme

| System                    | Funktion                                                                                                    | Vorkommen bei                                      |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Zellmembran               | Ausscheidung von flüssigen, gasförmigen und gelösten Stoffen                                                | ■ Pantoffeltierchen, Süßwasserpolyp                |
| pulsierende Vakuolen      | Ausscheidung von Wasser und gelösten Stoffen                                                                | ■ Pantoffeltierchen                                |
| Atmungsorgane             | Ausscheidung von Kohlendioxid                                                                               | ■ Teichmuschel, Karpfen, Mensch                    |
| Haut                      | Ausscheidung von Wasser, Salzen, Milchsäure, Harnstoff, Kohlendioxid                                        | ■ Regenwurm, Wasserfrosch, Mensch                  |
| Nieren und ihre Vorstufen | Ausscheidung von Wasser, Harnstoff, Salzen, organischen Säuren, Giftstoffen und stickstoffhaltigen Exkreten | ■ Ringelwürmer (Nephridien)<br>Säugetiere (Nieren) |

↗ Stoffausscheidung, S. 218 ff.

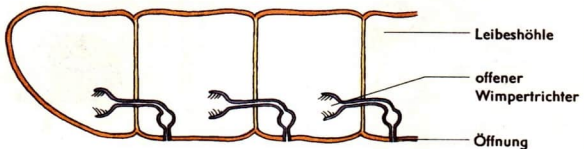
↗ Funktionen der Haut, S. 116

↗ Atmungssystem, S. 112

## Nephridien

Nephridien sind primitive Ausscheidungsorgane. Sie beginnen mit einem bewimperten Trichter, der in die Leibeshöhle hineinragt und münden frei nach außen. Sie sind typisch für Ringelwürmer, bei denen sie segmental angeordnet sind.

### Nephridien der Ringelwürmer



■ Regenwurm

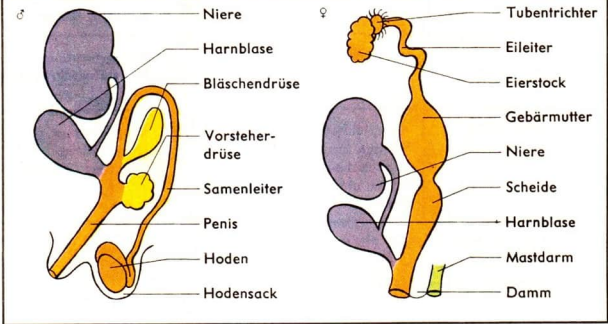
↗ Ringelwürmer, S. 64



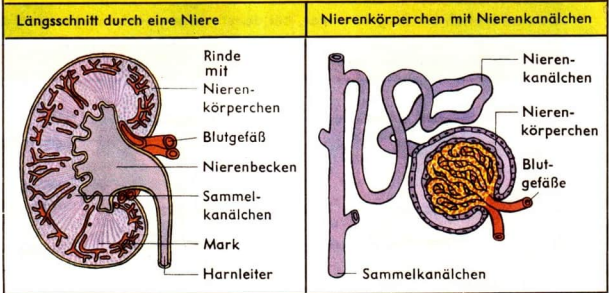
## Nieren

Nieren sind hochspezialisierte zentralisierte Ausscheidungsorgane der Wirbeltiere. Sie bestehen aus der Rinde mit den Nierenkörperchen, die durch jeweils ein Knäuel aus Blutkapillaren (Glomerulus) stark durchblutet werden, sowie dem Mark mit den ableitenden Gefäßen (■ Nierenkanälchen, Nierenbecken, Harnleiter), die in die Harnblase münden. Bei Wirbeltieren bestehen enge Beziehungen zwischen den Nieren und den Fortpflanzungsorganen, beide werden deshalb zum Urogenitalsystem zusammengefaßt.

### Urogenitalsystem eines männlichen und eines weiblichen Säugetieres



### Bau der Nieren des Menschen



↗ Harnausscheidung bei Säugern, S. 219; ↗ Resorption, S. 204

#### 4.4.8. Fortpflanzungssystem

##### Allgemeines

Zum Fortpflanzungssystem gehören die inneren Geschlechtsorgane, die aus den Keimdrüsen (♀ Eierstock, ♂ Hoden), den ableitenden Geschlechtswegen und den Geschlechtsanhangdrüsen bestehen, sowie die äußeren Geschlechtsorgane, die die Paarung und Begattung ermöglichen (■ Kopulationsorgane bei Insekten, Scheide und Penis bei Wirbeltieren).

Fortpflanzungssysteme haben mehrere Funktionen, sie dienen

- der Bildung von Keimzellen und deren Weiterleitung,
- der Übertragung der männlichen Keimzellen (Spermien),
- der Umhüllung der weiblichen Keimzellen (Eizellen) mit Nährstoffen und schützenden Hüllen (■ dotterreiche Eier),
- der Eiablage,
- der Aufbewahrung der befruchteten Eier bis zum Schlüpfen der Larven oder Jungtiere (■ bei einigen Lurche und Kriechtieren),
- der Aufbewahrung und Entwicklung der befruchteten Eizellen bis zur Geburt der Jungen (bei Säugern).

##### Keimdrüsen

Keimdrüsen (Gonaden) sind innere Organe, in denen Keimzellen (Geschlechtszellen) gebildet werden. Es werden Hoden (♂), Eierstöcke (♀) und Zwitterdrüsen (♀) unterschieden.

Die Keimdrüsen sind bereits bei niedrig organisierten Tieren (■ Ohrenqualle) in bestimmten Körperbereichen zentral ausgebildet.

**Hoden.** Hoden sind die männlichen Keimdrüsen. Sie bestehen bei Säugetieren aus stark gekammertem, lockerem Bindegewebe, in dem die mehrfach gewundenen Hodenkanälchen liegen; in diesen werden die Spermien gebildet.

Die Hoden sind von einer festen Bindegewebskapsel umgeben, von der die Scheidewände der Kammern abgehen.

**Eierstöcke.** Eierstöcke (Ovarien) sind die weiblichen Keimdrüsen. Sie bestehen bei Säugetieren aus einer Rindenschicht, in der sich Eifollikel in verschiedenen Entwicklungsstadien befinden, und einer gefäßreichen Marksicht.

Eierstöcke können paarig (■ bei Insekten, Knochenfischen, Kriechtieren, Säugetieren) oder unpaarig (■ bei Vögeln, Kloakentieren) ausgebildet sein. Bei Tierarten, die zur Erhaltung der Art eine große Anzahl von Eiern benötigen (■ Karpfen, Wasserfrosch), füllen die Eierstöcke fast die ganze Bauchhöhle aus.

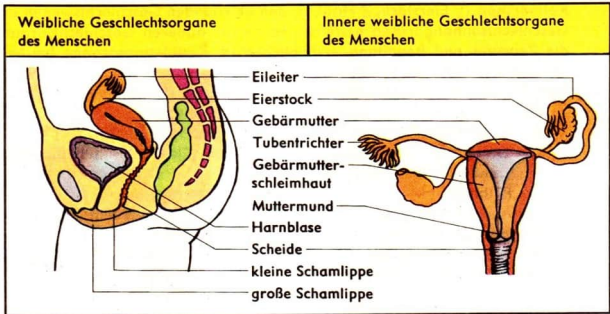
**Zwitterdrüsen.** Zwitterdrüsen sind zweigeschlechtliche Keimdrüsen, die aus der Verschmelzung der männlichen und weiblichen Keimdrüsen entstanden sind (■ bei Weichtieren). Nicht bei allen zwittrigen Tierarten sind Zwitterdrüsen ausgebildet, sondern männliche und weibliche Keimdrüsen sind räumlich voneinander getrennt (■ beim Schweinefinnenbandwurm).

↗ Geschlechtliche Fortpflanzung, S. 239

↗ Bildung von Geschlechtszellen, S. 241

## Weibliche Geschlechtsorgane des Menschen

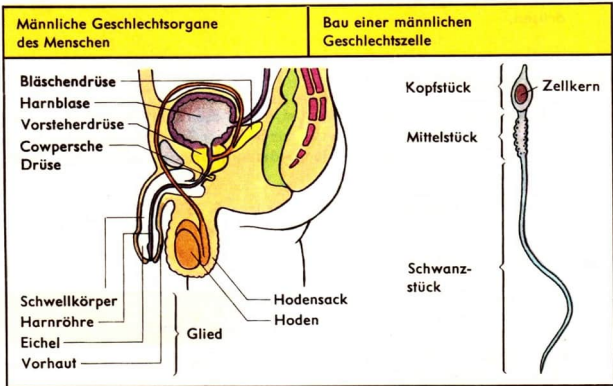
Die weiblichen Geschlechtsorgane des Menschen bestehen aus den paarigen Eierstöcken (Ovarien), den beiden Eileitern, der Gebärmutter, der Scheide und den Schamlippen.



| Funktion der weiblichen Geschlechtsorgane |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organ                                     | Funktion                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Eierstöcke (Ovarien)                      | Bildung der Eizellen aus Eianlagen (hormonelle Steuerung durch Hirnanhangdrüse), Follikelreifung, Follikelsprung, Bildung des Gelbkörpers und Produktion von Gelbkörperhormon                                                                                                                                        |
| Eileiter mit Flimmertrichter              | Aufnahme und Weiterleitung des reifen Eies zur Gebärmutter; Aufnahme der Spermien zur Befruchtung des Eies                                                                                                                                                                                                           |
| Gebärmutter (Uterus)                      | Ausbildung der Gebärmutter-schleimhaut, Aufnahme des befruchteten Eies; Nährstoff-, Gas- und Exkret austausch zwischen Mutter und Embryo beziehungsweise Fötus über Gebärmutter-schleimhaut und Nabelschnur; Austreibung des reifen Fötus durch starke Kontraktionen (Wehen) der muskulösen Gebärmutterwand (Geburt) |
| Scheide (Vagina)                          | Herstellung der Verbindung von der Gebärmutter zur Außenwelt; Absonderung eines Scheidensekretes zum Abtöten von Bakterien; Aufnahme des männlichen Gliedes und der Spermien beim Geschlechtsverkehr                                                                                                                 |
| Kitzler                                   | Sexuelles Erregungszentrum                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Schamlippen                               | Schutz der inneren Geschlechtsorgane                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## Männliche Geschlechtsorgane des Menschen

Die männlichen Geschlechtsorgane des Menschen bestehen aus den paarigen Hoden im Hodensack, dem Samenleiter, der Vorsteherdrüse (Prostata), der Bläschendrüse, der Cowperschen Drüse und dem Glied (Penis).



| Funktion der männlichen Geschlechtsorgane             |                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organ                                                 | Funktion                                                                                                                                                                                      |
| Hoden und Nebenhoden                                  | Bildung und Speicherung der männlichen Geschlechtszellen (Spermien), Sekretbildung                                                                                                            |
| Hodensack                                             | Schutz der Hoden                                                                                                                                                                              |
| Samenleiter                                           | Transport der männlichen Geschlechtszellen                                                                                                                                                    |
| Vorsteherdrüse, Bläschendrüse, Cowpersche Drüse       | Absondern von Sekreten, die unter anderem die Eigenbeweglichkeit der Spermien ermöglichen (Samenflüssigkeit)                                                                                  |
| Glied (Penis), mit Schwellkörpern, Eichel und Vorhaut | Versteifung des Gliedes durch mit Blut gefüllte Schwellkörper ermöglicht bei sexueller Erregung den Geschlechtsverkehr (Einführen des Gliedes in die Scheide, Ausstoßen der Samenflüssigkeit) |

➤ Bildung von Geschlechtszellen, S. 241

➤ Befruchtung, S. 243

➤ Übertragung der männlichen Geschlechtszellen, S. 243

#### 4.4.9. Hormonsystem

##### Allgemeines

Das Hormonsystem steuert und koordiniert in Verbindung mit dem Nervensystem lebensnotwendige Körperfunktionen. Das Hormonsystem besteht aus Hormondrüsen.

##### Hormondrüsen bei Wirbellosen

Bau und Lage von Hormondrüsen bei Wirbellosen sind noch wenig erforscht. Die Wirkungsweise von Hormonen ist aber bei einer Reihe von Sippen nachgewiesen.

- Verpuppungshormon bei Insekten, Häutungshormon bei Insekten, Geschlechtshormone bei Krebsen.

↗ Regulationsvorgänge bei der Ontogenese, S. 255 ff.

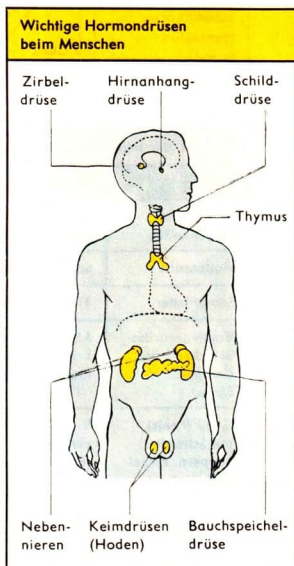
##### Hormondrüsen bei Wirbeltieren

Hormondrüsen bei Wirbeltieren sind von vielen Kapillaren umgebene Drüsen mit innerer Sekretion; sie geben die von ihnen gebildeten Sekrete, die Hormone, direkt in die Blutbahn ab.

##### Hormone

Hormone sind Wirkstoffe, die meist in Hormondrüsen gebildet werden. Viele Hormone sind wirkungsspezifisch und können bei verschiedenen Arten verwandter Tiergruppen gleiche Wirkungen hervorrufen. (■ Insulin der Bauchspeicheldrüse zur Regulierung des Blutzuckerspiegels, Thyroxin der Schilddrüse zur Regulierung der Stoffwechselaktivitäten).

↗ biologischer Regelkreis, S. 231



#### 4.4.10. Sinnessystem

Das Sinnessystem umfaßt die Gesamtheit der Rezeptoren, die Reize aus der Umwelt aufnehmen und in Erregungen umwandeln. Je nach der Entwicklungshöhe und der Angepaßtheit an die Umwelt eines Organismus ist das Sinnessystem mehr oder weniger stark differenziert. Bei Einzellern ist das gesamte Plasma reizempfindlich (■ Amöbe), oder es sind Organe für die Reizaufnahme ausgebildet (■ Augenfleck bei Euglena).

Bei Mehrzellern sind Rezeptoren ausgebildet, die diffus an der Körperoberfläche verteilt (■ Regenwurm) oder in Sinnesorganen lokalisiert sind (■ Auge).

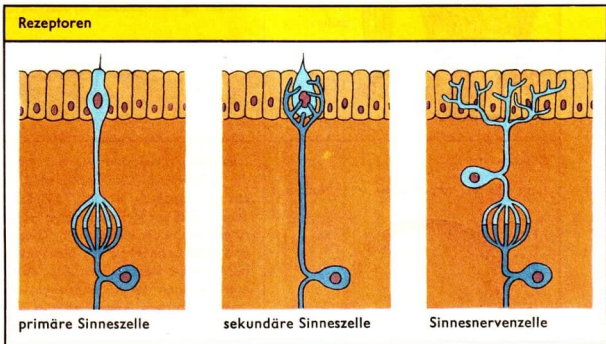
↗ Reizbarkeit, S. 221 ff.

↗ Nervensystem, S. 143

#### Rezeptoren

Rezeptoren sind Sinneszellen, die der Reizaufnahme dienen. Sie sind als primäre oder sekundäre Sinneszellen oder als Sinnesnervenzellen (freie Nervenendigungen) ausgebildet.

Bei höherentwickelten Tieren sind verschiedene Rezeptoren ausgebildet, die jeweils auf die Aufnahme einer oder weniger Reizarten spezialisiert sind.



↗ Sinne, S. 222

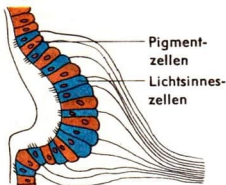
#### Lichtsinneseorgane

Lichtsinneseorgane bestehen in der Regel aus primären Sinneszellen sowie aus mehr oder weniger zahlreichen Hilfs- und Schutzeinrichtungen. Entsprechend der Entwicklungshöhe der Organismen sind die Lichtsinneszellen zunehmend zentralisiert.



## Lichtsinnesorgane

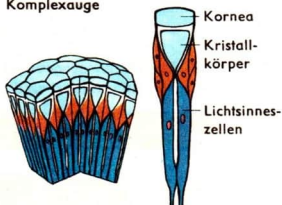
### Grubenaue



■ Napfschnecke

Grubenaugen sind grubenförmige Einsenkungen des Epithels, in denen zahlreiche Lichtsinneszellen stehen. Zwischen den Lichtsinneszellen liegen lichtundurchlässige Pigmentzellen, die bewirken, daß die Richtung des einfallenden Lichtes wahrgenommen werden kann. Grubenaugen sind an bestimmten Stellen des Vorderkörpers konzentriert (■ bei Weichtieren).

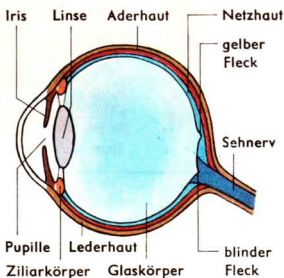
### Komplexauge



■ Heuschrecke

Komplexaugen bestehen aus meist zahlreichen Einzelaugen, die sich aus Lichtsinneszellen, Linsengebilden (■ Kornea) und Hilfseinrichtungen zusammensetzen. Komplexaugen ergeben mosaikartige Bilder und haben oft einen großen Bildwinkel (■ bei Insekten, Krebstieren).

### Linseauge



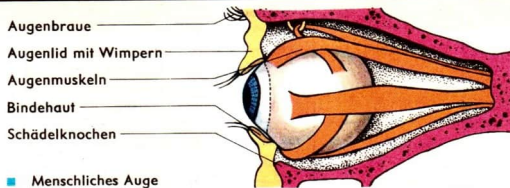
■ Mensch

Linseaugen bestehen aus der Netzhaut, die zahlreiche Lichtsinneszellen (Stäbchen, Zäpfchen) enthält, Häuten zum Schutz und zur Versorgung (■ Hornhaut, Aderhaut), der Linse, dem Glaskörper und dem Sehnerv. Zum Linseauge gehören meist vielfältige Schutz- und Hilfseinrichtungen (■ Augenbrauen, Augenlid mit Wimpern, Augenmuskeln, Tränenrüsen).

Linseaugen erzeugen auf der Netzhaut ein umgekehrtes, verkleinertes, reelles Bild (■ bei Wirbeltieren).

| Teile des Wirbeltierauges und ihre Funktion          |                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bau                                                  | Funktion                                                                                                                             |
| Lederhaut                                            | Schutz gegen mechanische Einwirkungen                                                                                                |
| Hornhaut (Teil der Lederhaut)                        | Schutz des Auges; Gewährleistung des Lichteinfalles                                                                                  |
| Aderhaut mit Pigmentschicht                          | Versorgung mit Nährstoffen; Abtransport von Stoffwechselprodukten; Lichtabschirmung                                                  |
| Regenbogenhaut (Iris; Teil der Aderhaut) mit Pupille | Erweiterung und Verengung der Pupille zur Anpassung an unterschiedliche Lichtstärken (Adaptation)                                    |
| Netzhaut mit Lichtsinneszellen (Stäbchen, Zapfchen)  | Aufnahme und Weiterleitung der Lichtreize (Zapfen dienen dem Farbsehen, Stäbchen dienen dem Wahrnehmen von Helligkeitsunterschieden) |
| Glaskörper                                           | Straffung der Augenhäute durch inneren Druck                                                                                         |
| Linse mit Ziliarkörper                               | Anpassung an die Sehweite durch Wölbung oder Abplattung (Akkommodation)                                                              |

#### Schutz- und Hilfseinrichtungen des Säuger Auges



↗ Auge der Wirbeltiere, S. 223 ff.

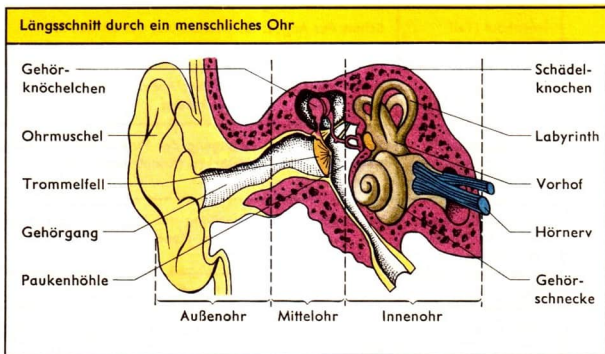
### Hörsinnesorgane

Hörsinnesorgane dienen der Aufnahme von Schallwellen. Sie bestehen aus Sinneszellen, die auf Druckänderungen reagieren, sowie aus zahlreichen, meist komplizierten Hilfseinrichtungen, die die Schallwellen verstärken und sie in Druckwellen umwandeln.

Hörsinnesorgane sind bei allen Wirbeltierklassen und bei einigen Insekten nachgewiesen.

## Ohr des Menschen

Das Ohr des Menschen besteht aus dem Außenohr, dem Mittelohr und dem Innenohr. Das Hörorgan, die Schnecke, liegt zusammen mit den Organen des Lage- und Bewegungssinnes gut geschützt in der knöchernen Schädelkapsel.



| Teile des Ohres und ihre Funktion |                                              |                                                                                                                     |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abschnitt                         | Teil                                         | Funktion                                                                                                            |
| Außenohr                          | Ohrmuschel                                   | Schalltrichter zur Aufnahme der Schallwellen (Reflexion der Schallwellen in den Gehörgang)                          |
|                                   | Gehörgang                                    | Leitung und Komprimierung der Luftschwingungen                                                                      |
|                                   | Trommelfell                                  | Übertragung der Schwingungen auf die Gehörknöchelchen                                                               |
| Mittelohr                         | Gehörknöchelchen (Hammer, Amboß, Steigbügel) | Übertragung und mechanische Verstärkung der Schwingungen auf das ovale Fenster des Innenohres                       |
| Innenohr                          | ovales Fenster                               | Übertragung der Schwingungen auf die mit Lymphe gefüllte Gehörschnecke                                              |
|                                   | Vorhof, Gehörschnecke, Hörnerv               | Aufnahme der Reize durch die Sinneszellen des Gehörganges. Weiterleitung der Erregungen über den Hörnerv zum Gehirn |

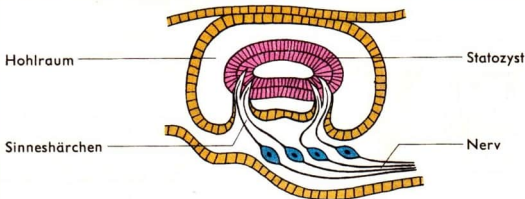
## Organ des Lage- und Bewegungssinnes

Organe des Lage- und Bewegungssinnes dienen der Aufnahme von Schwerkraftreizen. Sie bestehen aus Sinneszellen, die auf Druck reagieren, sowie aus mehr oder weniger komplizierten Hilfseinrichtungen, die die einwirkende Schwerkraft als Druck oder Zug wirksam machen.

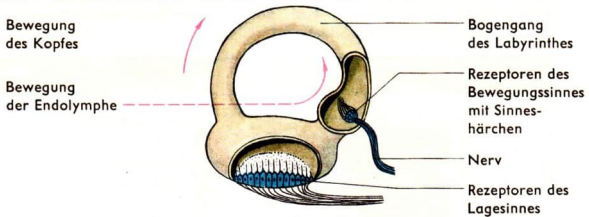
Bei Wirbellosen sind diese Sinnesorgane als einfache Statozysten ausgebildet, in denen ein beweglicher Körper (Statolith) auf die Sinneshärchen der Rezeptoren drückt.

Bei Wirbeltieren ist das Lagesinnesorgan im Labyrinth des Innenohrs angeordnet; das Bewegungssinnesorgan besteht aus Rezeptoren in den Bogengängen, die auf die Flüssigkeitsbewegungen der Endolymphe reagieren.

Statozyste eines Krebses

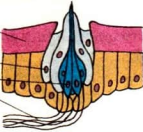
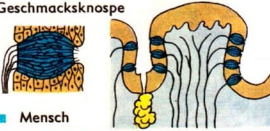


Lage- und Bewegungssinnesorgan des Menschen



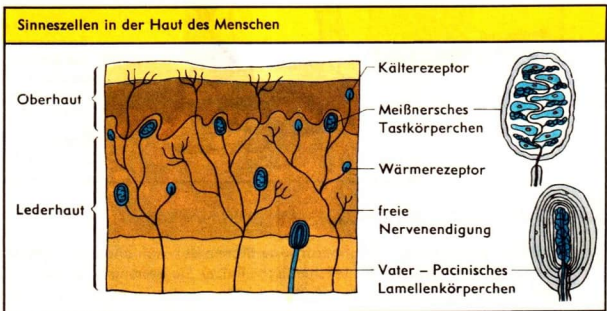
## Geruchs- und Geschmackssinnesorgane

Geruchs- und Geschmackssinnesorgane dienen der Aufnahme von Reizen durch gasförmige oder flüssige Stoffe (chemische Reize). Sie bestehen meist aus primären Sinneszellen (Geruchssinnesorgan) oder sekundären Sinneszellen (Geschmackssinnesorgan) ohne Hilfseinrichtungen. Sie sind bei Wirbeltieren und Insekten nachgewiesen.

| Organ                                                                                                                                                                                            | Bau und Lage                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Riechkegel<br/>chitinhaltige<br/>Kutikula<br/>Hüllzellen<br/>Geruchsrezeptoren<br/>Nerv</p>  <p>■ Insekt</p> | <p><b>Riechkegel bei Insekten.</b> Mehrere Rezeptoren sind von Hüllzellen umgeben und liegen in die Epidermis eingesenkt. Riechkegel befinden sich meist auf der Oberfläche der Fühler.</p>                                                                               |
| <p>Rieschschleimhaut</p>  <p>■ Reh      ■ Mensch</p>                                                            | <p><b>Rieschschleimhaut bei Wirbeltieren.</b> Die Rezeptoren liegen in der Schleimhaut der Nasenhöhlen. In Angepaßtheit an verschiedene Lebensweise ist die Oberfläche der Rieschschleimhaut unterschiedlich stark ausgebildet.</p>                                       |
| <p>Geschmacksknospe</p>  <p>■ Mensch</p>                                                                        | <p><b>Geschmackssinnesorgane.</b> Die Rezeptoren sind zu mehreren in Geschmacksknospen vereinigt, sie befinden sich bei Wirbeltieren besonders in der Mundhöhle und auf der Zunge, bei Insekten zum Teil auch auf den Mundgliedmaßen und den Füßen (■ Biene, Fliege).</p> |

### Sinneszellen in der Haut des Menschen

Sinneszellen in der Haut des Menschen sind zumeist Sinnesnervenzellen (freie Nervenendigungen), die als Tast- und Temperatursinneskörperchen und als Schmerzsinneszellen ausgebildet sind.



↗ Reize, S. 221

**Schmerzsinneszellen.** Liegen sowohl in der Haut als auch tiefer im Körper. Reagieren durch Schmerzempfindung auf mechanische, thermische, osmotische, elektrische und chemische Reize. In einem  $\text{cm}^2$  Haut liegen etwa 200 Schmerzsinneszellen.

**Temperatursinneskörperchen.** Liegen dicht unter der Oberfläche der Haut, sind ausgebildet als Krausesche Endkolben, die auf Abkühlung reagieren, und als Ruffinische Körperchen, die auf Erwärmung reagieren, kommen gehäuft in den Zehen- und Fingerspitzen, in der Nasenspitze und in den Ohrhäppchen vor. In einem  $\text{cm}^2$  Haut liegen etwa 12 Kälte- und 2 Wärmerezeptoren.

**Tastsinneskörperchen.** Liegen in der Haut und in der Muskulatur (■ Meißner'sche Tastkörperchen, Vater-Pacinische Lamellenkörperchen). Ihre Rezeptoren reagieren auf veränderte Druckverhältnisse. In einem  $\text{cm}^2$  Haut liegen etwa 25 Tastsinneskörperchen.

#### 4.4.11. Nervensystem

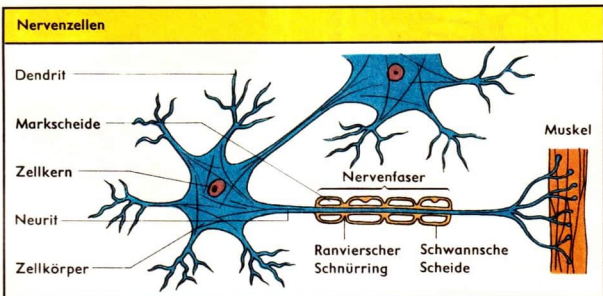
##### Allgemeines

Das Nervensystem besteht aus Nervenzellen mit oft stark verzweigten, fadenförmigen Fortsätzen sowie aus bindegewebigen Stützzellen. Es ist als diffuses Nervensystem oder als Zentralnervensystem ausgebildet.

Das Nervensystem nimmt Erregungen von den Sinneszellen auf, verarbeitet sie und leitet sie zu den Erfolgsorganen (■ Muskelfasern, Drüsen) weiter. Es steuert gemeinsam mit dem Hormonsystem die Tätigkeit aller Organsysteme und gewährleistet deren Koordinierung.

##### Nervenzelle

Nervenzellen bestehen aus dem Zellkörper und fadenförmigen Fortsätzen sehr verschiedener Länge und Anzahl (Dendriten, Neuriten). Durch diese Fortsätze sind Nervenzellen mit anderen Nervenzellen, mit den Sinnesorganen oder mit den Erfolgsorganen verbunden.





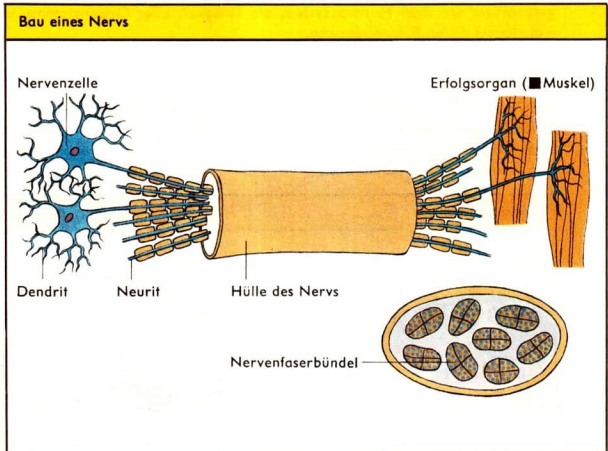
**Dendrit.** Dendriten sind die meist zahlreichen, stark verzweigten, kurzen Fortsätze am Zellkörper der Nervenzellen. Sie verbinden die Nervenzellen untereinander oder die Nervenzellen mit bestimmten Rezeptoren.

**Neurit.** Neuriten sind oft meterlange, nicht oder nur wenig verzweigte Fortsätze der Nervenzellen. Die Neuriten dienen der Erregungsleitung und -übertragung von den Rezeptoren zu den Nervenzellen (sensible Nerven) sowie von den Nervenzellen- zu den Erfolgsorganen (motorische Nerven).

**Nervenfaser.** Nervenfaser bestehen aus dem Axon und mehreren Hüllen (■ Markscheide, Schwannsche Scheide). Das Axon wird von den Neuriten der Nervenzellen gebildet. Marklose Nervenfaser enthalten im Axon mehrere Neuriten; ihnen fehlt eine Myelinscheide (Markscheide). Sie kommen bei vielen Wirbellosen vor; bei Wirbeltieren bilden sie nur einen geringen Anteil des Nervensystems. Markhaltige Nervenfaser enthalten im Axon nur einen Neuriten, der von einer Myelinscheide (Markscheide) umgeben ist. In regelmäßigen Abständen wird die Markscheide von den Ranvierschen Schnürringen durchbrochen. Markhaltige Nervenfaser kommen bei einigen Wirbellosen (■ Arthropoden) vor, sie bilden die Mehrzahl der Nervenfaser bei Wirbeltieren.

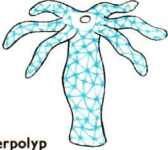
## Nerv

Nerven sind Bündel von Nervenfaser, die gemeinsam von Bindegewebshüllen umschlossen werden.



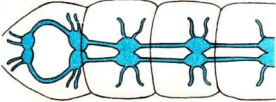
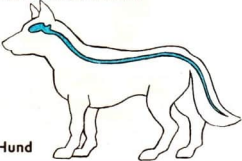
## Diffuses Nervensystem

Ein diffuses Nervensystem ist nur bei einfachen Vielzellern ausgebildet.

| Nervensystem                                                                                                                       | Merkmale                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Nervennetz</b></p>  <p>■ Süßwasserpolyt</p> | <p>Die Nervenzellen sind über den ganzen Körper fast gleichmäßig verteilt, sie stehen untereinander netzartig in Verbindung (diffuses Nervennetz). Die Erregungsleitung erfolgt gleichmäßig nach allen Seiten.</p> |

## Zentralnervensystem

Bei der Ausbildung der Nervensysteme höherentwickelter Mehrzeller ist die Entwicklungstendenz zur Zentralisation und Spezialisierung deutlich zu erkennen. Zentralnervensysteme sind entweder ventral gelegen, häufig doppelsträngig, strickleiterförmig (bei Urmundtieren) oder sie liegen dorsal und sind einsträngig (bei Neumundtieren).

| Nervensysteme                                                                                                                                | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Strickleiternnervensystem</b></p>  <p>■ Regenwurm</p> | <p>Die Nervenzellen sind auf der Bauchseite konzentriert und bilden ein meist doppelsträngiges, strickleiterförmiges Zentralnervensystem mit einem deutlich ausgebildeten Oberschlundganglion (Gehirn) und meist vielen paarigen Bauchganglien, die untereinander durch Querverstränge in Verbindung stehen (■ bei Ringelwürmern, Insekten).</p> |
| <p><b>Gehirn und Rückenmark</b></p>  <p>■ Hund</p>        | <p>Die Nervenzellen liegen in der sich absnürenden Neuralrinne der Chordatiere. Bei den Wirbeltieren differenzieren sich daraus Gehirn und Rückenmark. Mit zunehmender Entwicklungshöhe nimmt das Nervengewebe im vorderen Abschnitt des Gehirns zu (■ bei Wirbeltieren).</p>                                                                    |

↗ Urmundtiere und Neumundtiere, S. 252

↗ Entwicklung des Gehirns bei Chordatiern, S. 85

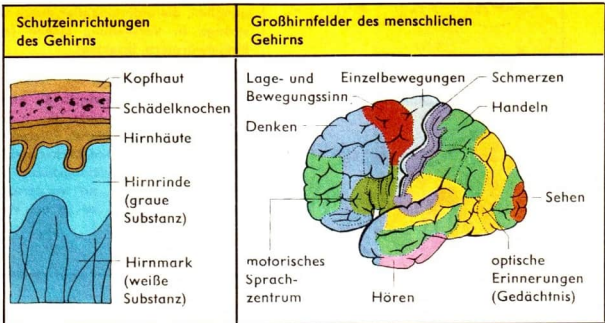
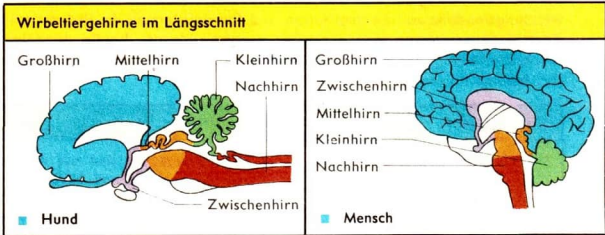
## Gehirn

Das Gehirn besteht aus zahlreichen in der Kopfregion zentralisierten Nervenzellen. Es ist weich und druckempfindlich und wird durch die chitinhaltige (■ Gliederfüßer), verknorpelte (■ Knorpelfische) oder verknöcherte Schädelkapsel geschützt.

Bei den Wirbeltieren besteht das Gehirn aus der außenliegenden, die Nervenzellen enthaltenden Hirnrinde (graue Substanz) und dem innenliegenden, aus Nervenfortsätzen bestehenden Mark (weiße Substanz).

Das durch Erweiterung und Differenzierung des kopfwärtsgelegenen Abschnitts des ursprünglichen Neuralrohres gebildete Gehirn der Wirbeltiere gliedert sich in 5 Hauptabschnitte: Vorder- oder Großhirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Hinter- oder Kleinhirn, Nachhirn oder verlängertes Mark.

**Großhirn des Menschen.** Durch Faltung ist die Oberfläche der Großhirnrinde stark vergrößert. Durch die Leistungen des Großhirns kann der Mensch als einziges Lebewesen die Gesetzmäßigkeiten und den Ablauf von Vorgängen in Natur und Gesellschaft erkennen und beeinflussen.



## Hirnteile und ihre Funktionen

**Großhirn.** Bei Knochenfischen nur Zentrum des Geruchssinnes; beim Menschen Sitz der Wahrnehmungsfelder (■ Sehzentrum, Hörzentrum, Geschmackszentrum), der Erinnerungsfelder, der motorischen Felder (■ Sprachzentrum) sowie der Bewegungszentren für willkürliche Bewegungen.

**Kleinhirn.** Zentrum für Gleichgewichtserhaltung und in Verbindung mit dem Großhirn Koordinator für Bewegungen.

Es ist besonders gut bei fliegenden, schwimmenden und aufrecht gehenden Organismen entwickelt.

**Nachhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn.** Umschaltstelle für Nervenbahnen, Reflexzentren, Regelung vorwiegend unwillkürlich ablaufender Vorgänge.

**Hirnnerven.** Im Gehirn des Menschen entspringen zwölf Hirnnerven, die zum Teil Sinnesorgane innervieren (■ Sehnerv, Hörnerv, Riechnerv), zum Teil die unwillkürlich ablaufenden Bewegungen der Eingeweide regulieren (■ Nervus vagus).

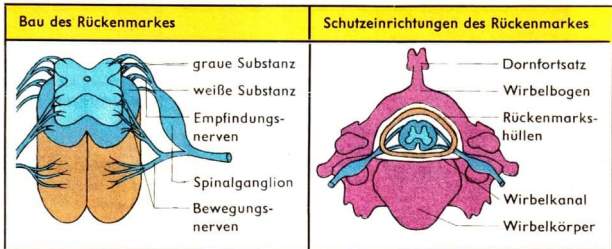
↗ Entwicklung des Gehirns bei Chordatieren, S. 85

↗ biologischer Regelkreis, S. 231; ↗ Reflexe, S. 229

## Rückenmark

Das Rückenmark besteht aus zahlreichen Nervenzellen und schließt sich strangförmig an das Gehirn an. Im Gegensatz zum Gehirn liegt bei ihm die graue Substanz mit den Nervenzellen innen.

Das Rückenmark liegt im Wirbelkanal der Wirbelsäule und wird durch Häute geschützt. Es dient der Verbindung der Organe mit dem Gehirn und ist selbst ein wichtiges Reflexzentrum (■ Darm- und Blasentätigkeit, Schutzreflexe wie Fußsohlen-, Kniesehnen- und Bauchdeckenreflex). Beim Menschen stehen 31 Paar Rückenmarksnerven mit den Organsystemen in Verbindung (■ Spinalganglion, Empfindungsnerven, Bewegungsnerven).



↗ Reflexbogen, S. 229

↗ Erregungsleitung, S. 227

## 4.5. Bau der Pflanzen

### 4.5.1. Gliederung des Pflanzenkörpers

#### Allgemeines

Einzellige Pflanzen sind immer, vielzellige zuweilen ungegliedert, in der Regel besitzen aber die vielzelligen Pflanzen einen mehr oder weniger reich gegliederten Vegetationskörper. Die Vielgestaltigkeit der Pflanzen oder Pflanzenteile kommt auch in ihren Symmetrieverhältnissen zum Ausdruck.

#### Gliederung des Pflanzenkörpers

Die Gliederung des Pflanzenkörpers ist meist ein Ausdruck der Funktionsdifferenzierung.

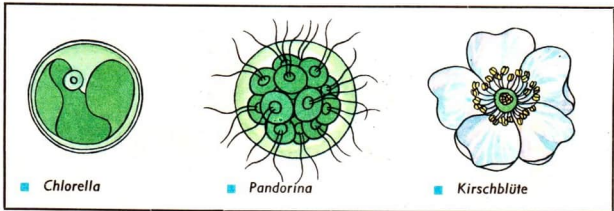
| Ungegliederter Pflanzenkörper                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organisationsform                                                                                                                                                                                                                                                | Merkmale                                                                                                                        |
| <p>Einzeller</p>  <p>■ Euglena      ■ Hefepilz</p> <p>Einfacher Thallus</p>  <p>■ Ulothrix</p> | <p>Der ungegliederte Pflanzenkörper ist einzellig oder vielzellig. In vielzelliger Form tritt er als einfacher Thallus auf.</p> |

| Gegliederter Pflanzenkörper                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organisationsform                                                                                                                                                                                                                                     | Merkmale                                                                                                                       |
| <p>Differenzierter Thallus</p>  <p>■ Caulerpa</p> <p>Kormus</p>  <p>■ Tulpe</p> | <p>Der Vegetationskörper zeigt organartige Differenzierungen.</p> <p>Der Vegetationskörper ist in echte Organe gegliedert.</p> |

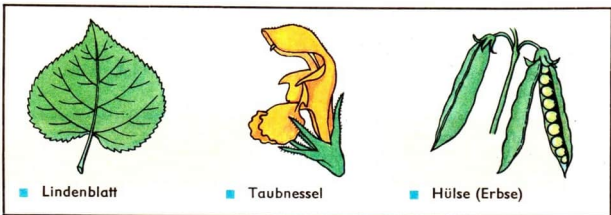
## Symmetrieverhältnisse bei Pflanzen

Nach der Anzahl der möglichen Achsen, die einen Pflanzenkörper in etwa spiegelbildliche Teile gliedern, werden verschiedene Symmetrieverhältnisse unterschieden.

**Radialsymmetrische Pflanzen oder Pflanzenteile.** Radialsymmetrische Pflanzen oder Pflanzenteile können durch zwei oder mehr mögliche Symmetriechsen in annähernd gleiche spiegelbildliche Hälften geteilt werden (■ kugelförmige Einzeller und Kolonien, Blüten vieler Samenpflanzen).



**Bilateralsymmetrische Pflanzen oder Pflanzenteile.** Bilateralsymmetrische Pflanzen oder Pflanzenteile können nur durch eine Symmetriechse in annähernd spiegelbildliche Hälften geteilt werden; es können Ober- und Unterseite sowie Spitze und Basis unterschieden werden (■ Laubblätter, einige Blüten, Früchte).



### 4.5.2. Vegetationskörper und ihre Teile

#### Thallus

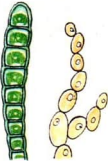
Der Thallus ist der Vegetationskörper niederer Pflanzen (Thallophyten), dazu gehören Algen und Pilze. Der Thallus weist in der Regel Zelldifferenzierungen in teilungsfähige Zellen und Zellen mit Assimilations- und Speicherfunktion auf, die aber nur in einigen Sippen Gewebe bilden.

Es können organähnliche Differenzierungen ausgebildet sein; der Thallus ist aber nie in Organe (■ Sproß, Wurzel) gegliedert.



## Thallusformen

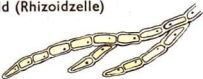
Der Thallus kann verschiedene Gestalt mit unterschiedlich großer relativer Oberfläche aufweisen.

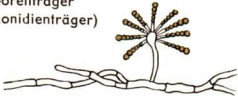
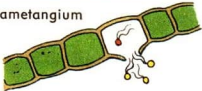
| Thallusformen                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Zellfaden:</b><br/>entsteht aus Einzelzellen durch Teilung quer zur Längsrichtung</p>  <p>■ Alge<br/>Pilz</p> | <p><b>Zellfläche:</b><br/>entsteht aus Zellfäden durch Quer- und Längsteilung</p>  <p>■ Grünalgen<br/>Braunalgen</p> | <p><b>Fadengeflecht:</b><br/>entsteht durch Verflechtung von Zellfäden</p>  <p>■ Rotalgen<br/>Pilz</p> | <p><b>Thallus mit organähnlicher Differenzierung:</b><br/>entsteht aus Zellflächen oder Fadengeflechten durch beginnende Zelldifferenzierung</p>  <p>■ Flechte<br/>Braunalge</p> |

↗ Kormus, S. 152

## Organartige Differenzierungen des Thallus

Differenzierungen treten bei stärker gegliederten Thalli auf, sie dienen speziellen Funktionen.

| Organartige Differenzierungen des Thallus                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Differenzierung                                                                                                                                            | Aufbau und Funktion                                                                                                                                                                             |
| <p><b>Rhizoid (Rhizoidzelle)</b></p>  <p>■ Rhizoid eines Laubmooses</p> | <p>Unverzweigte oder verzweigte Zellfäden, die der Verankerung des Thallus im Boden dienen. Bestehen zuweilen nur aus einer Rhizoidzelle. Rhizoide werden bei Algen und Moosen ausgebildet.</p> |
| <p><b>Myzel</b></p>  <p>■ Myzel eines Pilzes</p>                        | <p>Reich verzweigte farblose Zellfäden (Hyphen), die den Vegetationskörper bilden. Myzelien werden bei Pilzen ausgebildet.</p>                                                                  |

| Organartige Differenzierungen des Thallus |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Differenzierung                           |                                                                                     | Aufbau und Funktion                                                                                                                                                                                                             |
| Fruchtkörper                              |    | Dichtes Geflecht von Hyphen, das art-typische Formen bildet und an bestimmten Stellen Sporen trägt. Fruchtkörper werden bei Pilzen ausgebildet.                                                                                 |
| ■ Fruchtkörper des Champignon             |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Sporenträger (Konidienträger)             |    | Besonders gestalteter Thallusabschnitt, der Sporen trägt; er ist einfacher gebaut als ein Fruchtkörper. Sporenträger werden bei Pilzen ausgebildet.                                                                             |
| ■ Gießkannenschimmel                      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Gametangium                               |    | Thallusteil, das der Bildung und dem Schutz der Geschlechtszellen (Gameten) dient. Gametangien können zu Oogonien, Archegonien und Antheridien differenziert sein.                                                              |
| ■ Gametangium einer Grünalge              |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Oogonium                                  |    | Ein- oder mehrzelliges Gametangium, in dem der unbewegliche weibliche Gamet (Eizelle) gebildet wird. Oogonien sind bei einigen Algen ausgebildet.                                                                               |
| ■ Oogonium einer Braunalge                |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Archegonium                               |   | Stets mehrzelliges Gametangium, in dem ein unbeweglicher weiblicher Gamet (Eizelle) gebildet wird. Archegonien sind meist flaschenförmig und öffnen sich im Halsteil. Archegonien sind bei Moosen und Farnpflanzen ausgebildet. |
| ■ Archegonium eines Laubmooses            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Antheridien                               |  | Ein- oder mehrzelliges Gametangium, in dem zahlreiche bewegliche männliche Gameten (Spermatozoiden) gebildet werden. Antheridien sind bei Algen, Moosen und Farnpflanzen ausgebildet.                                           |
| ■ Antheridium einer Braunalge             |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 |

## Kormus

Der Kormus ist der Vegetationskörper höherentwickelter Pflanzen (Kormophyten), das sind Farnpflanzen und Samenpflanzen. Der Kormus ist in Organe differenziert, er weist immer Wurzel und Sproß auf. Der Sproß gliedert sich in Sproßachse, Laubblätter und Fortpflanzungsorgane (■ Sporophylle, Blüten).

↗ Farnpflanzen, S. 36 ff.

↗ Thallus, S. 150

↗ Samenpflanzen, S. 39 ff.

### 4.5.3. Pflanzliche Gewebe

#### Allgemeines

Pflanzliche Gewebe lassen sich in undifferenzierte Bildungsgewebe und differenzierte Dauergewebe unterteilen. Gewebe sind bei wenigen hochentwickelten Thalloyphyten (■ einige Braunalgen) sowie bei allen Kormophyten ausgebildet.

↗ Gewebe, S. 100

#### Bildungsgewebe

Bildungsgewebe besteht aus kugel- oder würfelförmigen, plasmareichen, dünnwandigen Zellen, die zur Zellteilung befähigt sind. Bildungsgewebe dient dem Wachstum der Pflanzen. Aus den Zellen des Bildungsgewebes bilden sich durch Differenzierung die Zellen der Dauergewebe.

#### Dauergewebe

Dauergewebe bestehen aus Zellen unterschiedlicher Form mit meist stark verdickten Zellwänden und Vakuolen. Die Zellen sind in der Regel nicht mehr zur Zellteilung befähigt. Dauergewebe sind entsprechend ihrer Funktion differenziert.

#### Grundgewebe

Grundgewebe (Parenchym) besteht aus rundlichen oder vieleckigen Zellen unterschiedlicher Größe, die meist sehr zellsaftreich sind. Im Grundgewebe sind häufig Zwischenzellräume (Interzellularen) ausgebildet.

Grundgewebe dient dem Stoffwechsel, der Stoffleitung und -speicherung sowie der Festigung des Pflanzenkörpers durch Turgordruck.

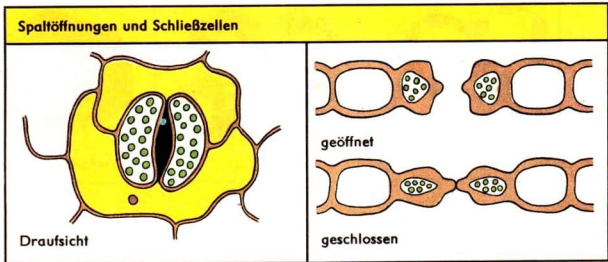
#### Hautgewebe

Hautgewebe (Epidermis) besteht aus plattenförmigen, meist miteinander verzahnten Zellen ohne Plastiden. Die nach außen gerichteten Zellwände sind oft verdickt und mit einer Kutikula überzogen.

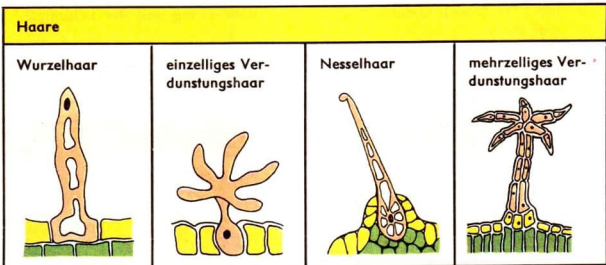
## Sonderbildungen des Hautgewebes

In Anpassung an Lebensweise und Umweltverhältnisse einer Pflanzenart weist die Epidermis verschiedene Sonderbildungen auf.

**Spaltöffnungen.** Spaltöffnungen bestehen aus zwei bohnenförmigen Zellen, den Schließzellen (Stomata), die einen Spalt umfassen, der durch den wechselnden Turgor der Schließzellen mehr oder weniger weit geöffnet oder geschlossen wird. Durch die Spaltöffnungen erfolgt der Gasaustausch der Pflanze sowie die Abgabe von Wasserdampf.



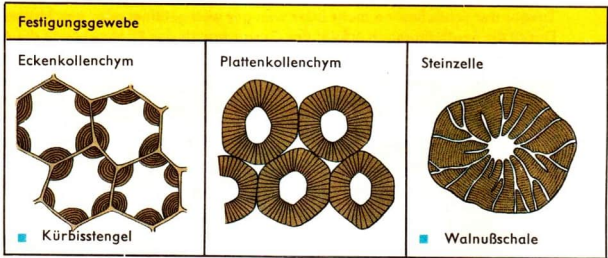
**Haare.** Haare sind ein- oder vielzellige Anhangsgebilde der Oberhaut. Sie dienen der Verbreitung (■ Samenhaare), dem Verdunstungsschutz, dem Schutz vor Feinden (■ Brennhaare) oder der Aufnahme von Wasser und gelösten Stoffen (■ Wurzelhaare).



## Festigungsgewebe

Festigungsgewebe besteht aus unterschiedlich geformten Zellen, deren Wände durch Auflagerungen verschiedener Stoffe (■ Zellulose, Holzstoff, Korkstoff) verstärkt sind. Bei lebendem Festigungsgewebe (Kollenchym) sind nur Teile der

Zellwände verstärkt, durch die unverdickten Stellen der Wände bleibt der Stoffaustausch mit den Nachbarzellen erhalten. Bei totem Festigungsgewebe (Sklerenchym) sind die Zellwände insgesamt verstärkt. Festigungsgewebe dienen der Festigung der Organe, sie sind in der Regel in der Sprossachse und in der Wurzel besonders stark ausgebildet.

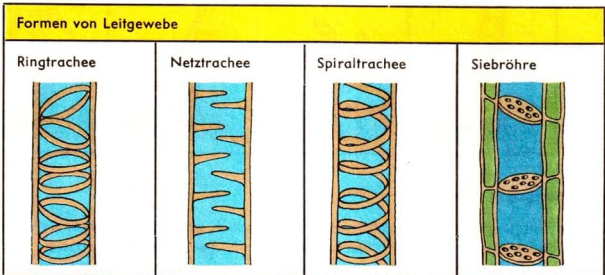


## Leitgewebe

Leitgewebe besteht aus langgestreckten Zellen, die Röhren bilden und den gesamten Pflanzenkörper durchziehen. Das Leitgewebe enthält Gefäße und Siebröhren.

**Gefäße.** Gefäße bestehen aus toten Zellen, deren Seitenwände netz-, ring- oder spiralförmige Verdickungen aufweisen. Die Querwände in den Gefäßen sind schrägestellt und stark durchbrochen (Tracheiden), oder sie sind völlig aufgelöst (Tracheen). Gefäße dienen der Wasserleitung und der Leitung der Nährsalz-Ionen.

**Siebröhren.** Siebröhren bestehen aus lebenden Zellen ohne Wandverdickungen. Die Querwände in den Siebröhren sind siebartig durchbrochen. Siebröhren dienen dem Transport der Assimilate.



#### 4.5.4. Organe des Stoffwechsels

##### Allgemeines

Die Organe des Stoffwechsels der Pflanze sind Wurzel, Sproßachse und Laubblätter. Sie dienen der Aufnahme von Wasser, Nährsalz-Ionen und Kohlendioxid. In ihnen erfolgt die Umwandlung der Nährstoffe sowie die Stoffleitung zu anderen Organen. Sie können auch zu Speicherorganen umgebildet sein.

##### Wurzel

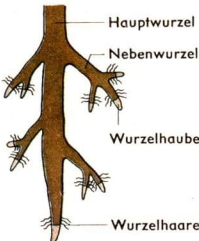
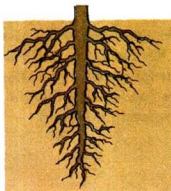
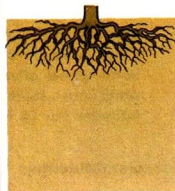
Die Wurzel ist ein für Kormophyten typisches Organ. Sie verankert die Pflanze im Boden und nimmt Wasser und Nährsalz-Ionen auf. Die Wurzel wird in der Regel bei Nacktsamern und zweikeimblättrigen Bedecktsamern aus der Keimwurzel gebildet, bei Farnpflanzen und einkeimblättrigen Bedecktsamern entsteht das Wurzelsystem aus unteren Teilen der Sproßachse (sproßbürtige Wurzeln).

##### Äußerer Bau der Wurzel

Die Wurzel ist ein zunächst fadenförmiges, später mehr oder weniger verdicktes und verzweigtes Organ.

Wurzeln haben an ihrer Spitze eine Wurzelhaube als Schutzhülle und am Wurzelabschnitt unmittelbar hinter der Spitze Wurzelhaare, die die Wasser aufnehmende Oberfläche vergrößern.

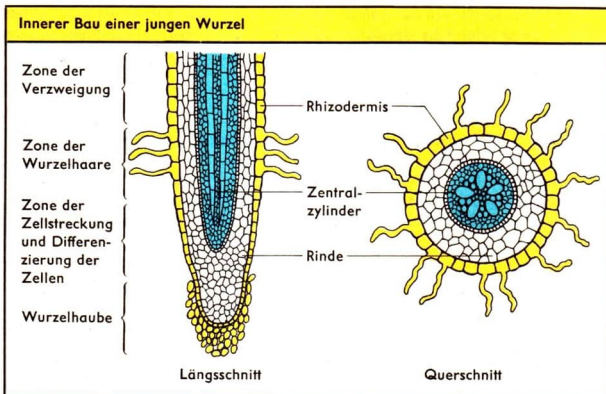
Wurzeln wachsen an ihrer Spitze ständig weiter und dringen unterschiedlich tief in den Boden ein. Tiefwurzler können Wasser und Nährsalz-Ionen aus größeren Tiefen aufnehmen, sie gedeihen auch auf trockeneren oder sandigen Böden (■ Gemeine Kiefer). Flachwurzler sind an feuchte oder steinige Standorte angepaßt (■ Gemeine Fichte).

| Äußerer Bau der Wurzel                                                                                                                                         | Wurzelsystem eines Tiefwurzlers                                                                    | Wurzelsystem eines Flachwurzlers                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Hauptwurzel</p> <p>Nebenwurzel</p> <p>Wurzelhaube</p> <p>Wurzelhaare</p> |  <p>■ Kiefer</p> |  <p>■ Fichte</p> |



## Innerer Bau der Wurzel

Die Wurzel besteht aus verschiedenen Geweben, die in Schichten angeordnet sind. Die Zellen sind in der Regel chlorophyllfrei.



**Rhizodermis.** Besteht aus Hautgewebe mit Wurzelhaaren; wird von langgestreckten Zellen mit dünnen Zellwänden gebildet. Dient der Aufnahme von Wasser und Nährsalz-Ionen.

**Rinde.** Besteht aus Grundgewebe, das viele Zellagen mit Interzellularen bildet. Dient der Speicherung von Stoffen sowie der Durchlüftung der Wurzelgewebe.

**Zentralzylinder.** Besteht aus Grundgewebe mit Leitbündeln aus Gefäßen und Siebröhren.

Dient der Leitung von Wasser und der Stoffleitung.

## Sproßbürtige Wurzeln

Sproßbürtige Wurzeln entstehen aus Teilen der Sproßachse und nicht aus der Keimwurzel. In Bau, Verzweigung und Funktion gleichen sie Hauptwurzeln. Sie kommen bei allen Farnpflanzen und Einkeimblättrigen vor; bei anderen Pflanzengruppen stellen sie Sonderbildungen in Anpassung an bestimmte Umweltverhältnisse dar (■ Haftwurzeln bei Efeu).

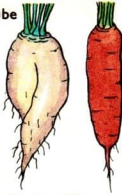
## Wurzelumbildungen

Wurzelumbildungen (Wurzelmetamorphosen) entstehen in vielgestaltiger Form; meist in Anpassung an spezielle Funktionen der Stoffaufnahme und Stoffspeicherung.

### Umbildungen der Wurzel

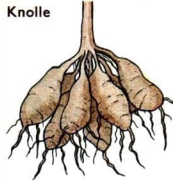
#### Zur Stoffspeicherung

Rübe



■ Zuckerrübe  
Mohrrübe

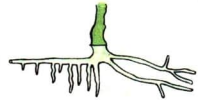
Knolle



■ Dahlie

#### Zur Stoffaufnahme

Saugwurzel



■ Mistel

### Sproßachse

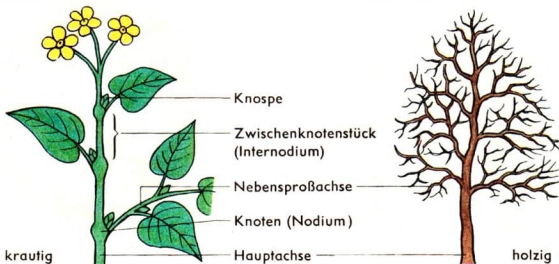
Die Sproßachse ist ein typisches Organ der Kormophyten, das die Assimilation sowie die Fortpflanzungs- und Verbreitungsorgane trägt und der Stoffleitung und Stoffspeicherung dient. Die Sproßachse entsteht aus dem Keimspieß.

### Äußerer Bau der Sproßachse

Die Sproßachse ist in Knoten (Nodien) und Zwischenknotenstücke (Internodien) gegliedert. Die Knoten sind die Stellen der Verzweigung, an ihnen entspringen auch die Laubblätter.

Nach dem Grad der Verholzung des Leit- und Festigungsgewebes werden krautige (Stengel, Halm) und holzige (Stamm, Ast) Sproßachsen unterschieden.

### Gliederung der Sproßachse



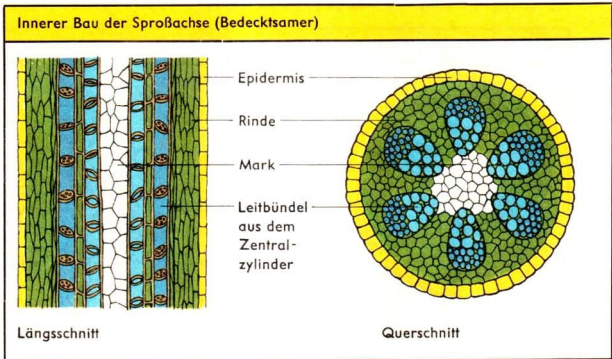
In Anpassung an Lebensweise und Umweltverhältnisse der Pflanzensippen können die Sproßachsen vielfache Wuchsformen aufweisen.

| Wuchsformen der Sproßachsen                                                       |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| aufrechte unverzweigte Sproßachse                                                 | aufrechte verzweigte Sproßachse                                                   | windende Sproßachse                                                               | kletternde Sproßachse                                                             | kriechende Sproßachse                                                             |
|  |  |  |  |  |
| ■ Mais                                                                            | ■ Raps                                                                            | ■ Bohne                                                                           | ■ Efeu                                                                            | ■ Kürbis                                                                          |

**Halm.** Halme sind unverzweigte, hohle Sproßachsen, die nur in den Knoten Mark enthalten. Halme kommen nur bei Süßgräsern vor.

### Innerer Bau der Sproßachse

Am inneren Bau aller Sproßachsen sind — unabhängig von der äußeren Ausbildung — in der Regel die gleichen Gewebe beteiligt.



**Epidermis.** Meist einschichtiges chlorophyllfreies Abschlußgewebe.

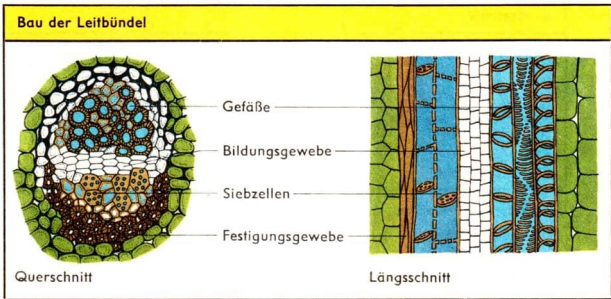
**Rinde.** Besteht aus Grundgewebe; die Zellen können Chlorophyll enthalten und assimilieren. Dient auch als Speichergewebe.

**Zentralzylinder.** Besteht aus einem geschlossenen oder von Markstrahlen durchbrochenen Ring von Leitbündeln sowie meist zusätzlichen Festigungselementen.

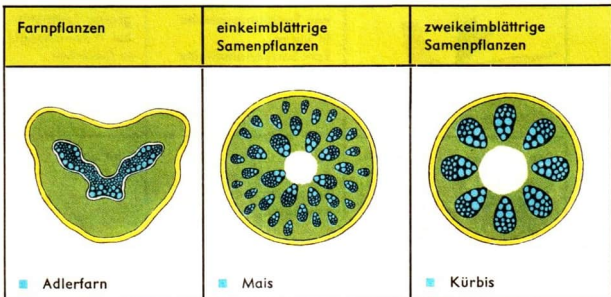
**Leitbündel.** Besteht aus Grundgewebe mit Gefäßen und Siebröhren, die von Festigungsgewebe umgeben sind. Die Gefäße bilden den nach innen liegenden Holzteil, die Siebröhren den nach außen liegenden Siebteil der Leitbündel.

**Mark.** Besteht aus Grundgewebe; die Zellen enthalten kein Chlorophyll. Dient der Speicherung. Die Zellen können sekundär ihre Teilungsfähigkeit wieder erlangen und zum Dickenwachstum der Sproßachse beitragen.

↗ Pflanzliche Gewebe, S. 152 ff.



**Anordnung der Leitbündel im Sproßachsenquerschnitt.** In der Anordnung der Leitbündel gibt es bei den einzelnen Kormophytengruppen Unterschiede.



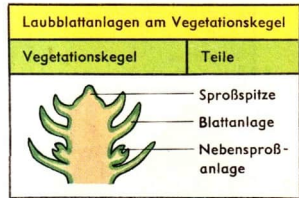
## Umbildungen der Sproßachse

Umbildungen der Sproßachsen (Sproßmetamorphosen) erfolgen in Anpassung an spezielle Funktionen.

| Umbildungen der Sproßachse                                                                                                         |                                                                                                                                          |                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Umbildung                                                                                                                          | Umbildung erfolgt durch                                                                                                                  | Funktion                                                 |
| <b>Sproßknolle</b><br><br>■ Kartoffel             | Verdickung der unteren Sproßachsenabschnitte (■ bei Kohlrabi, Radies) oder Verdickung unterirdischer Sproßachsen-teile (■ bei Kartoffel) | Stoffspeicherung                                         |
| <b>Wurzelstock (Rhizom)</b><br><br>■ Maiglöckchen | Verdickung unterirdischer Sproßachsen                                                                                                    | Stoffspeicherung, vegetative Fortpflanzung               |
| <b>Sukkulente Sproßachse</b><br><br>■ Kaktus      | Ausbildung ausgedehnter Wasserspeichergewebe in der Sproßachse                                                                           | Wasserspeicherung zur Überdauerung von Trockenperioden   |
| <b>Sproßdornen</b><br><br>■ Weißdorn             | starke Einlagerung von Festigungsgewebe in kurze Sproßachsenabschnitte                                                                   | Erreichung großer Festigkeit bei Wassermangel in Geweben |
| <b>Sproßranken</b><br><br>■ Wein                | fadenförmige Ausbildung von Sproßachsenabschnitten                                                                                       | Festhalten an Stützen                                    |

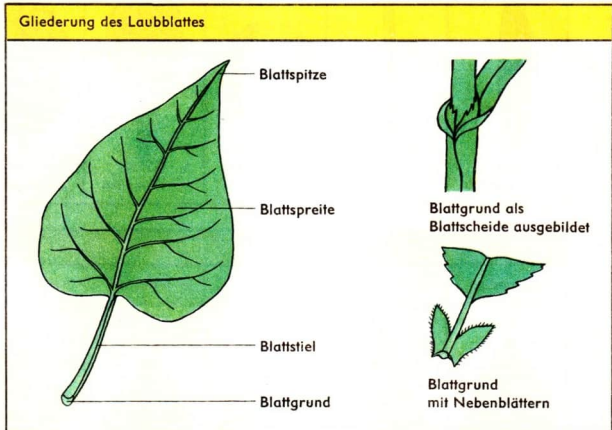
## Laubblatt

Das Laubblatt ist ein typisches Organ der Kormophyten, das der Aufnahme und Abgabe von Kohlendioxid und Sauerstoff sowie der Abgabe von Wasserdampf dient und in dessen Zellen die Photosynthese stattfindet. Das Blatt entsteht aus Blattanlagen am Vegetationskegel.



## Äußerer Bau der Laubblätter

Laubblätter sind in der Regel in die meist flächige Blattspreite und den stengelartigen Blattstiel gegliedert. An der Basis des Blattstieles kann ein Blattgrund ausgebildet sein, der als Scheide die Sproßachse umschließt oder Träger von Nebenblättern ist.



Laubblätter sind in der äußeren Form und in der Ausbildung des Blattrandes sehr vielgestaltig. Die Blattspreite ist bei Nacktsamern meist schuppenförmig oder nadelförmig, bei Bedecktsamern ist sie in der Regel flächig; sie kann ungeteilt oder aus mehreren Teilblättern zusammengesetzt sein. Auch im Verlauf der Blattadern treten charakteristische, arttypische Unterschiede auf.

↗ Bau der Nacktsamer, S. 40



| Laubblattformen                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| herzförmig                                                                        | eiförmig                                                                          | verkehrt eiförmig                                                                 | nierenförmig                                                                      | pfeilförmig                                                                       |
|  |  |  |  |  |
| ■ Linde                                                                           | ■ Breit-Wegerich                                                                  | ■ Primel                                                                          | ■ Haselwurz                                                                       | ■ Ackerwinde                                                                      |
| lanzettlich                                                                       | linealisch                                                                        | kreisrund                                                                         | spatelig                                                                          | elliptisch                                                                        |
|  |  |  |  |  |
| ■ Spitz-Wegerich                                                                  | ■ Rispen-gras                                                                     | ■ Wassernabel                                                                     | ■ Gänseblümchen                                                                   | ■ Felsenbirne                                                                     |

| Ausbildung des Blattrandes                                                          |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ganzrandig                                                                          | gesägt                                                                             | gezähnt                                                                             | gekerbt                                                                             | gebuchtet                                                                          |
|  |  |  |  |  |
| ■ Rot-Buche                                                                         | ■ Brennnessel                                                                      | ■ Huf-lattich                                                                       | ■ Veilchen                                                                          | ■ Eiche                                                                            |

## Einfache und zusammengesetzte Laubblätter

einfache Laubblätter:  
Spreite besteht nur aus einer Fläche

ungeteilt



■ Rot-Buche

gelappt



■ Wein

geteilt



■ Hahnenfuß

zusammengesetzte Laubblätter:  
Spreite besteht aus mehreren, völlig getrennten Teilen – Blättchen

gefiedert



■ Robinie

mehrfach gefiedert



■ Wurmfarne

dreizählig

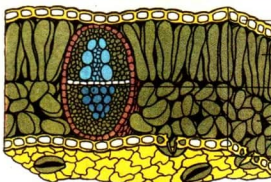


■ Rot-Klee

## Innerer Bau des Laubblattes

Der innere Bau ist bei allen Laubblättern der Bedecktsamer trotz der großen Formenvielfalt in der äußeren Gestalt prinzipiell ähnlich und aus den gleichen Gewebeschichten aufgebaut.

## Blattquerschnitt



obere Epidermis

Palisadenschicht

Leitbündel

Schwammschicht mit Interzellularen

untere Epidermis  
mit Spaltöffnungen

**Epidermis.** Einschichtiges, chlorophyllfreies Abschlußgewebe. Hauptsächlich in der Epidermis der Blattunterseite befinden sich Schließzellen (bei Schwimmblättern liegen die Schließzellen in der Epidermis der Blattoberseite). Dient dem äußeren Abschluß, dem Schutz vor mechanischen Einwirkungen sowie dem Verdunstungsschutz.

**Palisadenschicht.** Grundgewebe mit dichtliegenden langgestreckten, chlorophyllreichen Zellen. Hauptsächlich Ort der Photosynthese.

**Schwammschicht.** Besteht aus Grundgewebe mit rundlichen, chlorophyllhaltigen Zellen und zahlreichen Interzellularen. Ort der Photosynthese; dient dem Transport von Wasserdampf, Kohlendioxid und Sauerstoff.

**Leitbündel.** Besteht aus Gefäßen, Siebröhren und meist Festigungsgewebe. Dient dem Transport von Wasser und Assimilaten.

| Verlauf der Blattnerven                                                           |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| paralleladrig                                                                     | netzadrig                                                                         | fiederadrig                                                                       | gabeladrig                                                                        |
|  |  |  |  |
| ■ Mais                                                                            | ■ Alpenveilchen                                                                   | ■ Rot-Buche                                                                       | ■ Ginkgo                                                                          |

↗ Pflanzliche Gewebe, S. 152 ff.

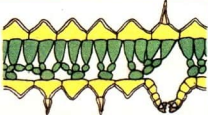
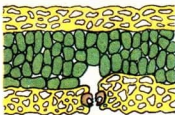
### Stellung der Laubblätter an der Sproßachse

Die Laubblätter nehmen an der Sproßachse verschiedene Stellungen ein und bestimmen damit das Gesamtaussehen der Pflanze mit.

| grundständig                                                                        | gegenständig                                                                        | wechselständig                                                                      | quirlständig                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| ■ Kuhblume                                                                          | ■ Nelke                                                                             | ■ Acker-Senf                                                                        | ■ Waldmeister                                                                       |

## Umbildungen der Laubblätter

Laubblätter zeigen in Anpassung an die Standortverhältnisse und an unterschiedliche Funktionen vielfache Umbildungen (Blattmetamorphosen).

| Anpassung an die Wasserverhältnisse des Standortes                                |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| feuchter Standort                                                                 | trockener Standort                                                                |                                                                                   |
|  |  |  |
| hygromorphe Ausbildung                                                            | xeromorphe Ausbildung                                                             | sukkulente Ausbildung                                                             |

| Anpassung an die Lichtverhältnisse des Standortes                                                |                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lichtblatt</b><br>Blattspreite kleiner und heller                                             | <b>Schattenblatt</b><br>Blattspreite größer und dunkler                                          |
| <br>■ Rot-Buche | <br>■ Rot-Buche |
| <br>■ Sauerklee | <br>■ Sauerklee |

| Anpassung an spezielle Funktionen                                                                                                           |                                                                                                                        |                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Speicherblatt bei Sukkulenten</b><br><br>■ Fette Henne | <b>Blattdornen</b><br><br>■ Robinie  | <b>Sporentragendes Blatt</b><br><br>■ Wurmfarn             |
| <b>Blattranken</b><br><br>■ Erbse                        | <b>Fangblatt</b><br><br>■ Sonnentau | <b>Sporentragender Blattabschnitt</b><br><br>■ Rautenfarn |

↗ Anpassung der Pflanzen an den Wasserfaktor, S. 313

## 4.5.5. Fortpflanzungs- und Verbreitungsorgane

### Allgemeines

Organe zur Fortpflanzung und Verbreitung sind nur bei Samenpflanzen ausgebildet (■ Fruchtblätter, Staubblätter). Außerdem können bei vielen Pflanzenarten einzelne Zellen oder Organteile unter bestimmten Bedingungen zu neuen, vollständigen Pflanzen auswachsen (ungeschlechtliche Fortpflanzung). Die der Fortpflanzung dienenden Archegonien und Antheridien der Farnpflanzen sind organähnliche Thallusteile der Prothallien.

↗ Gametangien, S. 151

↗ Lebensweise der Farnpflanzen, S. 37

### Blüten

Blüten enthalten Fortpflanzungsorgane, in denen die Fortpflanzungszellen gebildet werden (Fruchtblätter mit Eizelle, Staubblätter mit Spermazellen) sowie bei vielen Sippen Organe, die der Fortpflanzung indirekt dienen (■ Kelchblätter als Schutz, Kronblätter als Schauapparat).

Blüten sind Teile des Sprosses; alle Teile der Blüten sind untereinander und mit den Laubblättern homolog.

### Bau der Blüten

Blüten bestehen aus Fruchtblättern, Staubblättern, Kronblättern und Kelchblättern.

**Kelchblätter.** Meist grün und ungegliedert, dienen als Schutzhülle; selten gefärbt und als Schauapparat ausgebildet. Einzeln stehend oder verwachsen.

**Kronblätter.** Meist gefärbt und am Grunde häufig mit Nektarien (Drüsen mit zuckerhaltigen Sekreten) versehen. Einzeln stehend oder verwachsen, einfach oder helm-, sporn-, lippenförmig ausgebildet. Dienen der Anlockung bestäubender Tiere. Bei Windblütlern meist unscheinbar ausgebildet oder fehlend. Bei Zierpflanzen durch Züchtung oft besonders groß, in größerer Anzahl ausgebildet und in zahlreichen Farbvarianten ausgebildet.

**Staubblätter.** Bestehen aus dem Staubfaden und in der Regel zwei Pollensäcken (Staubbeuteln) mit Pollen, die die männlichen Geschlechtszellen (Spermazellen) enthalten.

**Fruchtblätter.** Bilden bei Nacktsamern stark verholzte „Fruchtschuppen“ (Samenschuppen), bei Bedecktsamern den Fruchtknoten. Enthalten die Samenanlagen mit den Eizellen. Bilden oft Griffel und Narben aus. Fruchtknoten, Griffel und Narbe bilden den Stempel.

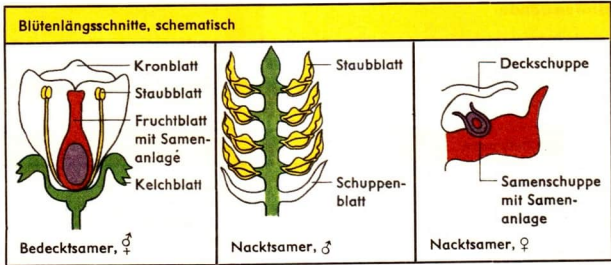
In Anzahl, Stellung und Ausbildung ihrer Teile unterscheiden sich die Blüten verschiedener Sippen voneinander.

↗ Bestäubung, S. 243

↗ Geschlechtsverhältnisse, S. 240

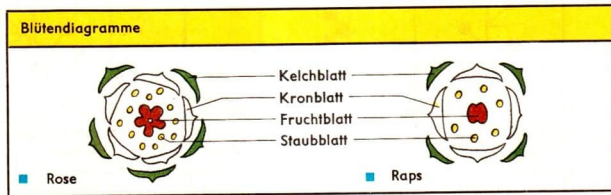
↗ Einteilung der Bedecktsamer, S. 45 ff.





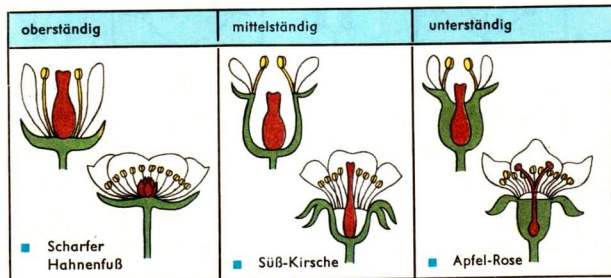
### Blütendiagramm

Ein Blütendiagramm zeigt die Anordnung der Blütenteile zueinander in einer Grundrißdarstellung.



### Stellung des Fruchtknotens

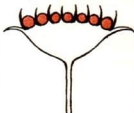
Der Fruchtknoten kann oberständig, mittelständig oder unterständig sein, je nachdem, ob und wie weit er mit dem Blütenboden verwachsen ist.





## Blütenstände

Blütenstände sind mehrblütige Sproßsysteme aus Haupt- und Nebensproßachsen, die in bestimmter Anordnung zueinander stehen. Die Hauptachse wird als Spindel bezeichnet. In Blütenständen sind die Laubblätter meist zu Hochblättern umgebildet.

| Blütenstände                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Traube</b><br/>Blüten entspringen an unverzweigten Stielen längs der Spindel</p>  <p>■ Raps</p>                                    | <p><b>Ähre</b><br/>Blüten sitzen ungestielt an der Spindel</p>  <p>■ Wegerich</p>                                    | <p><b>Kolben</b><br/>Blüten sitzen ungestielt an der verdickten Spindel</p>  <p>■ Mais</p>                                                     | <p><b>Rispe</b><br/>Blüten sitzen an verzweigten Nebenachsen, die an der Spindel verteilt sind</p>  <p>■ Hafer</p>                                      |
| <p><b>Dolde</b><br/>Blüten sitzen an unverzweigten Nebenachsen, die an einem Punkt der Spindel entspringen</p>  <p>■ Schlüsselblume</p> | <p><b>Köpfchen</b><br/>Blüten sitzen ungestielt an der kegelscheibenförmig verbreiterten Spindel</p>  <p>■ Klee</p> | <p><b>Korb</b><br/>Blüten sitzen ungestielt an der verbreiterten Spindel, sind insgesamt von Hochblatthülle umgeben</p>  <p>■ Sonnenblume</p> | <p><b>Schirmrispe</b><br/>Blüten sind rispig angeordnet, Nebenachsen so weit verlängert, daß die Blüten in einer Ebene stehen</p>  <p>■ Schafgarbe</p> |

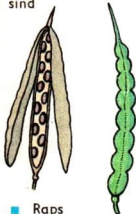
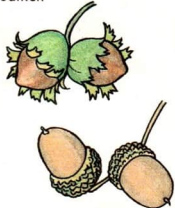
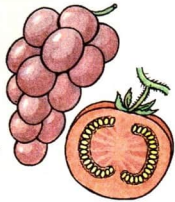
## Frucht

Die Frucht ist ein nur bei Bedecktsamern ausgebildetes Organ. Sie enthält die Samen und dient meist zu deren Verbreitung. Die Frucht bildet sich nach der Befruchtung im Wesentlichen aus dem Fruchtknoten.

## Bau der Frucht

Die Frucht entwickelt sich aus einem oder mehreren Fruchtblättern; bei einigen Arten sind auch weitere Blütenteile (■ Blütenboden) an der Fruchtbildung beteiligt (Scheinf Früchte, ■ Apfel).

Die Fruchtwand kann holzig (Trockenfrüchte, ■ Kapsel) oder fleischig (Saftfrüchte, ■ Beere) sein. An den Rändern der Fruchtblätter sitzen die Samen.

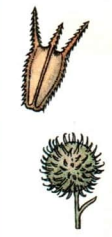
| Fruchtförmn                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Hölse<br/>besteht aus<br/>einem Fruchtblatt,<br/>das sich an zwei<br/>Seiten öffnet</p>  <p>■ Erbse<br/>Bohne</p>      | <p>Schote<br/>besteht aus<br/>zwei Fruchtblättern,<br/>die oft durch eine<br/>Scheidewand getrennt<br/>sind</p>  <p>■ Raps<br/>Hederich</p> | <p>Kapsel<br/>besteht aus<br/>mehreren verwachsenen<br/>Fruchtblättern, öffnet sich<br/>entlang der Verwachsungs-<br/>nähte oder durch<br/>Lochbildung</p>  <p>■ Mohn<br/>Tulpe</p> |
| <p>Nuß<br/>Fruchtwand holzig<br/>oder ledrig, Frucht<br/>enthält meist einen<br/>Samen</p>  <p>■ Haselnuß<br/>Eichel</p> | <p>Beere<br/>Fruchtwand dick,<br/>fleischig, Frucht<br/>enthält viele Samen</p>  <p>■ Weinbeere<br/>Tomate</p>                             | <p>Steinfrucht<br/>äußere Teile der Frucht-<br/>wand fleischig, innere<br/>holzig (Wand des<br/>Steines); Frucht enthält<br/>einen Samen</p>  <p>■ Kirsche<br/>Pfirsich</p>        |

↗ Geschlechtliche Fortpflanzung, S. 239

↗ Samenpflanzen, S. 39 ff.

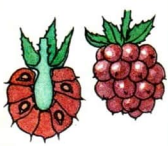
## Verbreitungseinrichtungen

Früchte haben vielfach besondere Einrichtungen, die der Verbreitung der Früchte und Samen dienen.

| Streufrüchte                                                                                                    | Flugfrüchte                                                                                                   | Klettfrüchte                                                                                                   | Schwimmfrüchte                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>■ Mohn<br/>Springkraut</p> |  <p>■ Linde<br/>Kuhblume</p> |  <p>■ Klette<br/>Labkraut</p> |  <p>■ Kokosnuß</p> |

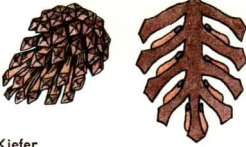
## Sammelfrüchte

Sammelfrüchte entstehen aus der vollständigen oder teilweisen Verwachsung von Früchten mit Teilen des Blütenbodens oder – seltener – miteinander.

| Sammelnußfrucht                                                                                      | Sammelsteinfrucht                                                                                    | Sammelbalgfrucht                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>■ Erdbeere</p> |  <p>■ Himbeere</p> |  <p>■ Spiraea</p> |

## Samen

Der Samen ist ein Organ der Samenpflanzen, das der Erhaltung und Verbreitung der Art dient. Samen entstehen aus der Samenanlage. Sie sind bei Bedecktsamern in den Fruchtknoten eingeschlossen und liegen bei Nacktsamern frei auf den Samenschuppen im verholzten Zapfen.

| Lage der Samen                                                                                  |                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| bei Bedecktsamern                                                                               | bei Nacktsamern                                                                                   |
|  <p>■ Mohn</p> |  <p>■ Kiefer</p> |

Samen fallen bei Nacktsamern von der Mutterpflanze direkt ab; bei Bedecktsamern fallen sie mit der Frucht ab (■ bei Schließfrüchten) oder werden aus der Frucht ausgestreut (■ bei Streufrüchten).

↗ Samenpflanzen, S. 39 ff.

## Bau des Samens

Der Samen besteht aus der Samenschale, dem Nährgewebe und dem Keimling. Der Keimling wächst zur neuen Pflanze aus. Das Nährgewebe enthält oft Speicherstoffe (stärkereiche Samen: ■ Roggen, Weizen; ölhaltige Samen: ■ Sonnenblume, Mohn; eiweißhaltige Samen: ■ Erbse, Bohne). Die Samenschale dient als Schutzhülle; sie ist bei einigen Arten durch besondere Einrichtungen an der Verbreitung des Samens beteiligt.

| Bau des Samens                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                    | Verbreitungseinrichtungen des Samens                                                                                                      |                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Samenteil</p>  <p>Samenschale<br/>Nährgewebe<br/>Keimling</p> | <p>Bildung aus</p>  <p>Hülle der Samenanlage<br/>Embryosackkerne<br/>Eizelle</p> | <p>Samenhaare</p>  <p>■ Weidenröschen<br/>Baumwolle</p> | <p>Flügel an der Samenschale</p>  <p>■ Kiefer<br/>Fichte</p> |

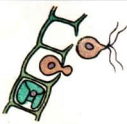
### 4.5.6. Pflanzenteile zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung

#### Allgemeines

Ungeschlechtliche Fortpflanzung ist bei Pflanzen weit verbreitet. Dabei können aus einzelnen Fortpflanzungszellen (Sporen) oder aus mehrzelligen Thallus- und Gewebeteilen Nachkommen entstehen.

## Sporangien

Sporangien sind Einzelzellen oder mehrzellige Gewebekörper, in denen durch Zellteilung die haploiden Sporen entstehen.

| Sporangien                                                                        |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Einzelliges Sporangium                                                            |                                                                                   | Mehrzelliges Sporangium                                                           |                                                                                   |
|  |  |  |  |
| ■ Pilze<br><i>Saprolegnia</i>                                                     | ■ Algen<br><i>Ulothrix</i>                                                        | ■ Moose<br>Widertonmoos                                                           | ■ Farne<br>Wurmfarne                                                              |

## Brutkörper, Brutknospen

Brutkörper sind mehrzellige Gewebeteile, die zu neuen Pflanzen auswachsen.

| Formen von Brutkörpern und Brutknospen                                            |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| ■ Brunnenlebermoos                                                                | ■ Zahnwurz                                                                        | ■ Brutblatt                                                                       |

## Abgelöste Organteile

Häufig dienen abgelöste Organteile zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung, indem sie direkt zu neuen Pflanzen auswachsen.

| Wurzel                                                                              |                                                                                     |                                                                                     | Sproß                                                                               |                                                                                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |  |
| ■ Kratzdistel                                                                       | ■ Dahlie                                                                            | ■ Erdbeere                                                                          | ■ Stachelbeere                                                                      | ■ Kartoffel                                                                         | ■ Tulpe                                                                             |

↗ Ungeschlechtliche Fortpflanzung, S. 238

## 5.1. Übersicht über chemische Verbindungen und Elemente in Organismen

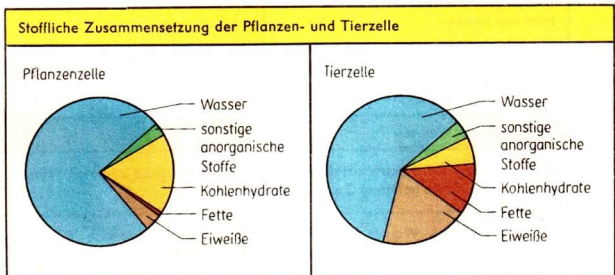
### Chemische Verbindungen in der Zelle

Organismen setzen sich aus vielen, meist sehr komplizierten chemischen Verbindungen zusammen. Hauptbestandteile im Protoplasma der Zellen sind:

- Wasser,
- organische Verbindungen,
- anorganische Salze.

Pflanzen- und Tierzellen weisen im allgemeinen die gleichen chemischen Verbindungen auf. Die Massenanteile der einzelnen Verbindungen sind aber in Pflanzen- und Tierzellen unterschiedlich.

| Massenanteile einiger Verbindungen in Pflanzen- und Tierzellen (Mittelwerte) |               |           |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| Verbindung                                                                   | Pflanzenzelle | Tierzelle |
| Wasser                                                                       | 75%           | 60%       |
| Kohlenhydrate                                                                | 18%           | 6%        |
| Eiweiße                                                                      | 4%            | 19%       |
| Fette                                                                        | 0,5%          | 11%       |
| anorganische Verbindungen                                                    | 2,5%          | 4%        |





## Die elementare Zusammensetzung der Zelle

In den chemischen Verbindungen der Organismen treten die gleichen chemischen Elemente auf wie in der anorganischen Natur.

| Übersicht über die wichtigsten chemischen Elemente der Zelle                      |                                                                    |                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Hauptelemente:<br>im Protoplasma stets<br>in größerer Masse vorhanden             | Kohlenstoff<br>Sauerstoff<br>Wasserstoff<br>Stickstoff<br>Schwefel | Phosphor<br>Kalium<br>Kalzium<br>Magnesium<br>Eisen            |
| Spurenelemente:<br>im Protoplasma meist, aber<br>in sehr geringer Masse vorhanden | Kupfer<br>Zink<br>Bor<br>Molybdän<br>Mangan<br>Chlor               | Natrium<br>Silizium<br>Strontium<br>Aluminium<br>Fluor<br>Brom |

## Bedeutung des Wassers für die lebende Zelle

Die Bedeutung des Wassers für den Organismus kann aus dem meist sehr hohen Wassergehalt erkannt werden.

| Wassergehalt verschiedener Organismen und Organe (in %) |           |                             |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| Pflanzen oder Pflanzenteile                             |           | Tiere oder tierische Organe |           |
| Algen                                                   | bis 98    | Quallen                     | bis 95    |
| höhere Pflanzen                                         | 70 bis 80 | Weinbergschnecke            | 80        |
| Laubblätter                                             | 50 bis 97 | menschliches Blut           | 79        |
| Kartoffelknolle                                         | 75        | menschlicher Muskel         | 77 bis 83 |
| saftige Früchte                                         | bis 95    | menschliches Herz           | 70        |
| holzige Pflanzenteile                                   | 40 bis 80 |                             |           |
| trockene Samen                                          | 7 bis 9   |                             |           |

Alle Lebensvorgänge sind mittelbar oder unmittelbar an das Vorhandensein von Wasser gebunden.

| Bedeutung des Wassers                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lösungs- und Transportmittel.</b> Stoffaufnahme, Stoffabgabe und Stofftransport vollziehen sich meist in gelöstem Zustand der Stoffe        |
| <b>Quellungsmittel.</b> Wasser ermöglicht den für die Lebensprozesse (■ Stoffwechselaktivität) notwendigen Quellungszustand der Eiweißkolloide |

### Bedeutung des Wassers

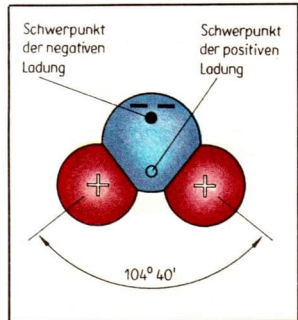
**Reaktionsmedium.** Die meisten biologischen Reaktionen der Zelle vollziehen sich in wäßrigem Milieu

**Reaktionsstoff in biochemischen Prozessen.** In vielen Stoffwechselreaktionen tritt Wasser als Ausgangs- oder Endstoff auf (■ Photosynthese, Atmung, Verdauung)

### Wirkungsweise des Wassers

Die Wirkungsweise des Wassers als Quellungs- und Lösungsmittel ist abhängig von seiner Struktur und dem Dipolcharakter des Wassermoleküls. Dadurch können Wassermoleküle sich untereinander anziehen und um Ionen Hydrathüllen bilden. Durch diese Hydrathüllen geht der Zusammenhalt der Ionen eines Ionenkristalls oder einer makromolekularen Verbindung mehr oder weniger stark verloren, und der Stoff liegt in gelöstem oder gequollenem Zustand vor.

Der Grad der Quellung wird durch die Anwesenheit von Kationen und Anionen im quellenden Medium beeinflusst.



Wassermolekül als Dipol

Nach der Größe der gelösten Teilchen werden echte und kolloidale Lösungen unterschieden. Eine typische kolloidale Lösung bilden die Eiweiße im Plasma.

| Lösungen                    |                 |                           |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------|
| Bezeichnung                 | Teilchen        | Teilchendurchmesser in cm |
| echte Lösung                | Moleküle, Ionen | $10^{-7}$                 |
| kolloidale Lösung (Kolloid) | Makromoleküle   | $10^{-7}$ bis $10^{-5}$   |

↗ Kolloidzustand der Eiweiße, S. 182

↗ Osmose, S. 216

## 5.2. Eiweiße und ihre Bedeutung im Organismus

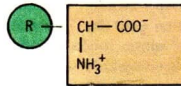
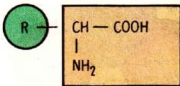
### 5.2.1. Struktur und Eigenschaften der Eiweiße

#### Allgemeine Struktur der Eiweiße

Eiweiße sind makromolekulare Stoffe, die die Grundsubstanz des Protoplasmas bilden und die an allen Lebensprozessen entscheidenden Anteil haben. Eiweiße zeigen komplizierte Strukturen; sie sind aus Polypeptiden aufgebaut und können in 2-Aminosäuren gespalten werden.

#### Übersicht über die in den natürlichen Eiweißen vorkommenden 2-Aminosäuren

Aminosäuren lassen sich von Karbonsäuren ableiten, in denen ein oder mehrere Wasserstoffatome des Kohlenwasserstoffrestes durch die Aminogruppe  $-NH_2$  ersetzt wird. Die in Eiweißen enthaltenen Aminosäuren sind 2-Aminosäuren mit der allgemeinen Formel



Aminosäuren weisen amphoteren Charakter auf und bilden in Abhängigkeit vom pH-Wert Kationen, Anionen oder Zwitter-Ionen. Beide Eigenschaften spielen eine große Rolle für die Eigenschaften der Eiweiße in der lebenden Zelle.

| Übersicht über die am Aufbau der Eiweiße beteiligten 2-Aminosäuren |        |                                       |                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungsgruppe                                                  | Name   | international gebräuchliche Abkürzung | Strukturformel                                                                                                                                      |
| Monoamino-monokarbonsäuren                                         | Glyzin | Gly                                   | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{H} \end{array}$                                        |
|                                                                    | Alanin | Ala                                   | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{H} \end{array}$ |

| Übersicht über die am Aufbau der Eiweiße beteiligten 2-Aminosäuren |           |                                             |                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungs-<br>gruppe                                             | Name      | international<br>gebräuchliche<br>Abkürzung | Strukturformel                                                                                                                                                  |
|                                                                    | Valin     | Val                                         | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\  \diagdown \quad \diagup \\  \text{CH} \\    \\  \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}  \end{array}  $ |
|                                                                    | Leuzin    | Leu                                         | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{HC}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $    |
|                                                                    | Isoleuzin | Ile                                         | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $    |
| Hydroxymono-<br>aminomono-<br>karbonsäuren                         | Serin     | Ser                                         | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                                 |
|                                                                    | Threonin  | Thr                                         | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{HCOH} \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                    |
| Schwefelhaltige<br>Monoamino-<br>monokarbon-<br>säuren             | Zystein   | Zys                                         | $  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{C}-\text{S}-\text{H} \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                 |
|                                                                    | Methionin | Met                                         | $  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{C}-\text{S}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $        |

| Übersicht über die am Aufbau der Eiweiße beteiligten 2-Aminosäuren |                |                                       |                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungsgruppe                                                  | Name           | international gebräuchliche Abkürzung | Strukturformel                                                                                                                                                                                                             |
| Monoamino-dikarbon-säuren                                          | Glutaminsäure  | Glu                                   | $  \begin{array}{c}  \text{COOH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                                                         |
|                                                                    | Asparaginsäure | Asp                                   | $  \begin{array}{c}  \text{COOH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                                                                               |
| Diamino-monokarbon-säuren                                          | Glutamin       | GN                                    | $  \begin{array}{c}  \text{O} = \text{C} - \text{NH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                                   |
|                                                                    | Asparagin      | AN                                    | $  \begin{array}{c}  \text{O} = \text{C} - \text{NH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                                                         |
|                                                                    | Arginin        | Arg                                   | $  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{N} - \text{C} = \text{NH} \\    \\  \text{NH} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $ |

| Übersicht über die am Aufbau der Eiweiße beteiligten 2-Aminosäuren |              |                                             |                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungs-<br>gruppe                                             | Name         | international<br>gebräuchliche<br>Abkürzung | Strukturformel                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                    | Lysin        | Lys                                         | $  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                               |
| Aromatische<br>Aminosäuren                                         | Phenylalanin | Phe                                         | $  \begin{array}{c}  \text{C}_6\text{H}_5 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                                                                                     |
|                                                                    | Tyrosin      | Tyr                                         | $  \begin{array}{c}  \text{OH} \\    \\  \text{C}_6\text{H}_4 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{HC}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $                                                                                 |
| Hetero-<br>zyklische<br>Aminosäuren                                | Prolin       | Pro                                         | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\    \quad   \\  \text{CH}_2 \quad \text{CH} \\  \diagdown \quad \diagup \\  \text{N} \quad \text{C} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{COOH}  \end{array}  $                           |
|                                                                    | Histidin     | His                                         | $  \begin{array}{c}  \text{NH}_2 \\    \\  \text{HC}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\    \quad   \quad   \\  \text{N} \quad \text{NH} \quad \text{H}_2 \quad \text{H} \\  \diagup \quad \diagdown \\  \text{CH}  \end{array}  $  |
|                                                                    | Tryptophan   | Try                                         | $  \begin{array}{c}  \text{C}_6\text{H}_5 \\    \\  \text{C}=\text{CH} \\    \\  \text{N}-\text{H} \\    \\  \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\    \quad   \quad   \\  \text{H}_2 \quad \text{H} \quad \text{NH}_2  \end{array}  $ |



Im Stoffwechsel der Pflanzen können alle Aminosäuren durch Aminierung von Ketosäuren entstehen. Im tierischen Organismus müssen einige Aminosäuren mit der Nahrung zugeführt werden (essentielle Aminosäuren). Fehlen diese in der Nahrung, treten Abweichungen im Stoffwechsel auf.

## Einteilung der Eiweiße

Die Einteilung der Eiweiße erfolgt nach ihrer Zusammensetzung in Proteine und Proteide.

**Proteine** werden nach der Struktur des Moleküls unterschieden

| Einteilung der Proteine              |                                                                                   |                                                                                              |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Name                                 | charakteristisches Merkmal                                                        | Bedeutung und Vorkommen im Organismus                                                        |
| fibrilläre Proteine (Skleroproteine) | Polypeptidkette, meist fadenförmig oder schraubenförmig, in Wasser schwer löslich | ■ Keratin der Haare und des Horns, Myosin im Muskel, Kollagen im Knochen, Fibrinogen im Blut |
| globuläre Proteine (Sphäroproteine)  | Polypeptidkette fast kugelförmig gefaltet, meist wasserlöslich                    | ■ Mehrzahl der Plasmaproteine, Enzyme                                                        |

**Proteide** werden nach den peptidfremden Anteilen unterschieden.

| Einteilung der Proteide |                                |                                                                                                                            |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Name des Proteids       | peptidfremder Anteil           | Bedeutung und Vorkommen im Organismus                                                                                      |
| Chromoproteide          | Farbstoffe (meist eisenhaltig) | ■ Hämoglobin: Sauerstofftransport im Blut, Zytochrome: Atmungsenzyme, Chloroplastin (Chlorophyll, Eiweiß): Lichtabsorption |
| Lipoproteide            | Lipoide                        | ■ einige Enzyme der Plasmamembranen                                                                                        |
| Nukleoproteide          | Nukleinsäuren                  | ■ Aufbau der Chromosomen                                                                                                   |
| Glukoproteide           | Zucker                         | ■ einige Enzyme, Membranproteine                                                                                           |



**Kolloidzustand der Eiweiße.** Eiweißmoleküle tragen – durch den amphoteren Charakter der Aminosäurereste in den Seitenketten – Ladungen. Wassermoleküle können um Eiweißmoleküle Hydrathüllen bilden. Eiweiße bilden kolloidale Lösungen. Die Größe der Ladung eines Eiweißmoleküls bestimmt die Anzahl der in der Hydrathülle gebundenen Wassermoleküle. Daraus ergibt sich für das Kolloid ein Gel- oder Solzustand.

| Kolloidzustand der Eiweiße                                                                                             |                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sol                                                                                                                    | Gel                                                                                                                  |
| große Menge freies, nicht in Hydrathüllen gebundenes Wasser<br>kleine Hydrathüllen<br>flüssigerer Zustand des Kolloids | geringe Menge freies, nicht in Hydrathüllen gebundenes Wasser<br>große Hydrathüllen<br>festerer Zustand des Kolloids |

**Denaturierung und Gerinnung.** Denaturierung ist die Veränderung der Tertiär- und Sekundärstruktur der Eiweißmoleküle durch äußere Einwirkungen (■ Temperatur, Säuren, Alkohol). Denaturierung kann bei starken Einwirkungen (■ Temperatur über 45 °C) irreversibel werden und durch Verklumpung vieler Moleküle zur Gerinnung führen. Die Eigenschaft des Eiweißes, Lebensfunktionen auszuführen, ist dann zerstört.

## 5.2.2. Spezielle Eiweiße in lebenden Zellen und ihre Funktionen

### Enzyme

Enzyme sind von der lebenden Zelle gebildete Eiweiße, die als Biokatalysatoren Stoffwechselprozesse beeinflussen, indem sie schon in sehr geringen Mengen die Reaktionsgeschwindigkeit verändern. Sie gehen aus der Reaktion unverändert hervor.

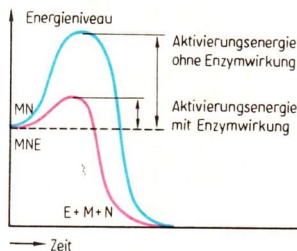
Enzyme sind einfache, nur aus Protein bestehende Eiweiße oder zusammengesetzte Eiweiße (Proteide), die als Holoenzym bezeichnet werden. Holoenzyme bestehen aus einem Proteinanteil, dem Apoenzym, und einem proteinfremden Teil, dem Koenzym. Das Koenzym ist oft ein Vitamin.

**Wirksamkeit der Enzyme.** Enzyme setzen die Aktivierungsenergie für chemische Reaktionen herab und ermöglichen damit unter den Druck- und Temperaturverhältnissen der Zelle die für die Wirksamkeit der biochemischen Reaktionen erforderliche Reaktionsgeschwindigkeit.

Zerlegung des Substrates

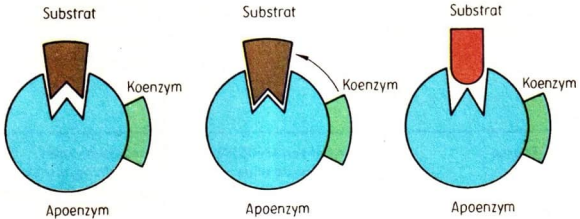
MN in M + N

MNE ist eine Zwischenverbindung zwischen Substrat und Enzym.



**Substrat- und Wirksamkeit der Enzyme.** Die meisten Enzyme wirken nur mit einer chemischen Substanz oder nahe verwandten chemischen Substanzen, ihrem Substrat. Die Substratspezifität wird vorwiegend durch das Apoenzym bestimmt. Koenzym und Apoenzym gemeinsam bestimmen, welche Reaktion am Substrat katalysiert wird (Reaktionsspezifität).

#### Funktionen des Apo- und Koenzyms



Enzyme sind auf Grund ihrer Eiweißnatur in ihrer Wirkung von äußeren Faktoren abhängig (■ Temperatur, pH-Wert).

**Benennung und Einteilung der Enzyme.** Es sind heute über 700 verschiedene Enzyme im Pflanzen- und Tierreich bekannt, davon können etwa 100 isoliert und rein dargestellt werden. Enzyme werden in der Regel nach ihrem Substrat oder der Reaktion benannt, die Namen haben die Endung -ase (■ Amylase: stärke-spaltendes Enzym). Daneben sind einige ältere Bezeichnungen gebräuchlich (■ Pepsin, Trypsin).

#### Einteilung der Enzyme

| Enzymgruppe      | Katalysierte Reaktion                                                                          | Beispiele                                                                                                                                                                           |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oxydo-reduktasen | Redoxreaktionen:<br>Das Enzym überträgt oder entnimmt dem Substrat Wasserstoff oder Elektronen | Zytochrome<br>Ferredoxin                                                                                                                                                            |
| Transferasen     | Übertragung von Atom- oder Molekülgruppen von einem Substrat auf ein anderes                   | Aminotransferasen:<br>Übertragung von Amino-<br>gruppen von einer Amino-<br>säure auf eine Ketosäure<br>(Aminierung)<br>Phosphotransferasen:<br>Übertragung von Phosphat-<br>resten |

| Einteilung der Enzyme |                                                                                         |                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enzymgruppe           | Katalysierte Reaktion                                                                   | Beispiele                                                                                                                                                        |
| Hydrolasen            | hydrolytische Spaltungen von Makromolekülen                                             | Karbohydrasen:<br>Spaltung der Kohlenhydrate<br>■ Ptyalin, Amylase<br>Proteasen:<br>Spaltung der Proteine<br>■ Pepsin, Trypsin<br>Lipasen:<br>Spaltung der Fette |
| Lyasen                | Spaltungen von Molekülen in Spaltprodukte ohne Hydrolyse oder die Synthese der Moleküle | Decarboxylasen:<br>Abspaltung von Kohlendioxid (■ aus der Brenztraubensäure)                                                                                     |
| Isomerasen            | Umwandlung einer Verbindung in ihre isomere Form                                        | Hexosephosphatisomerase:<br>Umwandlung von Glukose-6-phosphat in Fruktose-6-phosphat                                                                             |
| Ligasen (Synthetasen) | Verknüpfung von zwei Molekülen unter Mitwirkung von ATP                                 | Azetyl-CoA-Ligase:<br>Kopplung des Azetylrestes an das Koenzym A im Dissimilationsprozeß                                                                         |

↗ Spaltung der Nährstoffe, S. 204

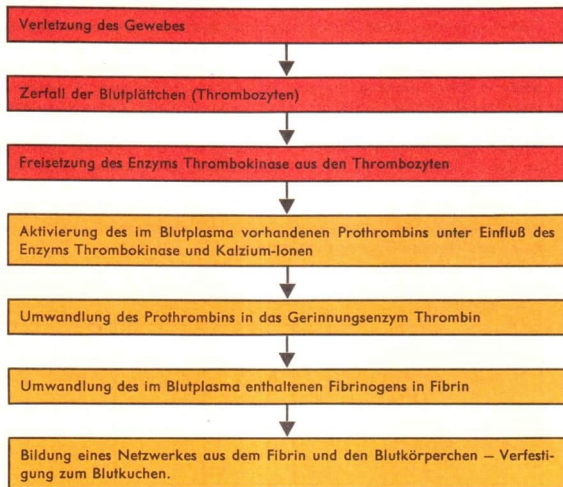
↗ Atmungskette, S. 207

## Bluteiweiße

Die Eiweiße des Blutplasmas erfüllen lebenswichtige Funktionen wie Transportfunktionen, Immunreaktionen und Wundverschluß durch Gerinnung.

**Blutgerinnung.** Die Blutgerinnung ist ein Prozeß, der durch die Bildung eines festen Blutkuchens aus geformten Bestandteilen des Blutes und dem Eiweißstoff Fibrin gekennzeichnet ist. Die Blutgerinnung führt unter Mitwirkung vieler Enzyme über viele komplizierte Reaktionsschritte dazu, daß eine Blutung gestillt wird.

## Blutgerinnung bei Wirbeltieren



**Antigen-Antikörperreaktion.** Antigene sind Fremdstoffe, die in den Körper eindringen, eine Giftwirkung ausüben und eine Antikörperreaktion auslösen. Antikörper sind vom Organismus gebildete Eiweiße (Proteine), die durch bestimmte Molekülstrukturen in der Lage sind, mit dem Antigen einen unschädlichen Verbindungskomplex einzugehen, das Antigen zu verklumpen (Agglutination) oder aufzulösen.

## Antigene – Antikörper

| Antigene                                                 | Antikörper                |
|----------------------------------------------------------|---------------------------|
| Bakterienantigene (Polysaccharide der Bakterienzellwand) | Immunstoffe (Proteine)    |
| Viruspartikel                                            |                           |
| artfremde Zellen oder Organe                             |                           |
| Blutgruppensubstanzen der Erythrozyten                   | Agglutinine im Blutplasma |



**Immunität.** Immunität ist eine angeborene oder erworbene Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber der Wirkung artfremder Stoffe. Die erworbene Immunität entsteht durch die Wirkung der Giftstoffe eines Krankheitserregers, der die Bildung von Antikörpern im Organismus auslöst. Das kann durch das Überstehen einer Infektionskrankheit erfolgen; die Immunisierung kann aber auch künstlich herbeigeführt werden, indem dem Organismus bei der aktiven Immunisierung abgeschwächte Krankheitserreger oder deren Gifte und bei der passiven Immunisierung Blutseren mit Antikörpern eingeimpft werden. Erworbene Immunität bleibt unterschiedlich lange wirksam (einige Monate bis lebenslänglich).

**Blutgruppen.** Blutgruppen unterscheiden sich durch ihre Blutgruppensubstanzen an den Erythrozyten, die aus Polysacchariden und Eiweißen bestehen und sich wie Antigene verhalten. Im Plasma des Blutes befinden sich Antikörper (Agglutinine), die die Erythrozyten verklumpen, wenn sie entsprechende Antigene enthalten (Agglutination). Die Verteilung der Blutgruppensubstanzen und der Agglutinine schließt eine Eigenagglutination aus.

| Verteilung der Blutgruppensubstanzen und Agglutinine bei den Hauptblutgruppen der Wirbeltiere |            |            |         |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|---------|-----------------------------|
| Blutgruppe                                                                                    | A          | B          | AB      | 0                           |
| Blutgruppensubstanzen an den Erythrozyten                                                     | A          | B          | A und B | —                           |
| Agglutinine im Blutplasma                                                                     | Anti-B (β) | Anti-A (α) | —       | β und α<br>Anti-A<br>Anti-B |

Heute sind weit mehr Blutgruppensubstanzen als A und B bekannt. Außer der Einteilung der Blutgruppen nach dem AB0-System gibt es eine Reihe anderer Systeme (■ Rhesussystem). Die Blutgruppenzugehörigkeit muß bei Bluttransfusionen unbedingt beachtet werden um Komplikationen infolge von Verklumpungen der Erythrozyten zu vermeiden.

↗ Blut, S. 128

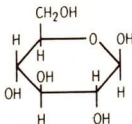
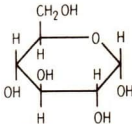
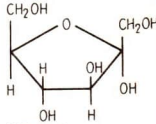
## 5.3. Kohlenhydrate und ihre Bedeutung im Organismus

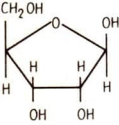
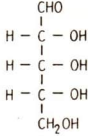
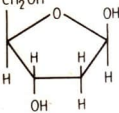
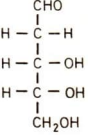
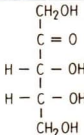
### Allgemeines

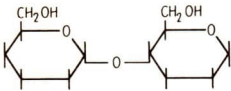
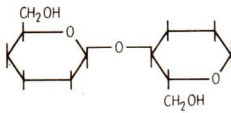
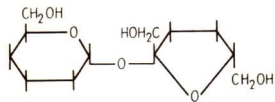
Kohlenhydrate haben im Organismus vielseitige Funktionen. Sie dienen als Reserve- und Stützsubstanzen und als energieliefernde Substanzen im Dissimilationsprozeß.

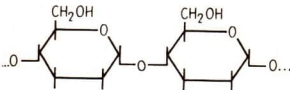
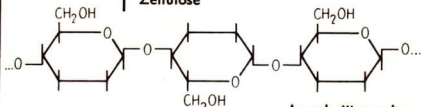
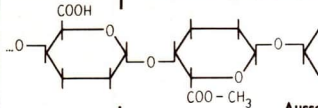
↗ Dissimilation, S. 205 ff.

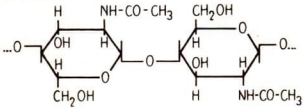
# Übersicht über wichtige Kohlenhydrate im Organismus

| Struktur der Kohlenhydrate, Vorkommen und Bedeutung |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungsgruppe                                   | Name, Gruppe und Strukturformel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Vorkommen Bedeutung                                                                                                                                                   |
| Mono-saccharide                                     | <p><b>Glukose</b><br/><b>Hexose</b></p> $  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $ <p><b>D-Glukose</b><br/><b>(Kettenform)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>β-D-Glukose</b><br/><b>(Ringform)</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>α-D-Glukose</b><br/><b>(Ringform)</b></p> </div> </div> | <p>Zentrale Bedeutung im Kohlenhydratstoffwechsel als Energiespender und als Ausgangsstoff für Di- und Polysaccharide;<br/>liegt meist als Phosphorsäureester vor</p> |
|                                                     | <p><b>Fructose</b><br/><b>Hexose</b></p> $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C} = \text{O} \\    \\  \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $ <p><b>D-Fructose</b><br/><b>(Kettenform)</b></p> <div style="text-align: center;">  <p><b>β-D-Fructose</b><br/><b>(Ringform)</b></p> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>Wichtige Verbindung im Kohlenhydratstoffwechsel;<br/>liegt meist als Phosphorsäureester vor</p>                                                                    |

| Struktur der Kohlenhydrate, Vorkommen und Bedeutung |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungsgruppe                                   | Name, Gruppe und Strukturformel                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Vorkommen Bedeutung                                                                                       |
|                                                     | <p><b>Ribose</b><br/>Pentose</p>  <p><math>\beta</math>-D-Ribose<br/>(Ringform)</p> <p><b>D-Ribose</b><br/>(Kettenform)</p>                    | Bestandteil der Ribonukleinsäure (RNS)                                                                    |
|                                                     | <p><b>Desoxyribose</b><br/>Pentose</p>  <p><math>\beta</math>-D-Desoxyribose<br/>(Ringform)</p> <p><b>D-Desoxyribose</b><br/>(Kettenform)</p>  | Bestandteil der Desoxyribonukleinsäure (DNS)                                                              |
|                                                     | <p><b>Ribulose</b><br/>Pentose</p>  <p><b>D-Ribulose</b><br/>(Kettenform)</p>                                                                                                                                                   | Akzeptor für Kohlendioxid in der Dunkelreaktion der Photosynthese; liegt meist als Phosphorsäureester vor |
|                                                     | <p><b>Glyzerinaldehyd</b><br/>(2,3-Dihydroxypropanol)<br/>Triose</p>  <p><b>D-Glyzerinaldehyd</b><br/>(Kettenform)</p>                                                                                                        | Zwischenprodukt des Kohlenhydratstoffwechsels; liegt meist als Phosphorsäureester vor                     |

| Struktur der Kohlenhydrate, Vorkommen und Bedeutung |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungsgruppe                                   | Name, Gruppe und Strukturformel                                                                                                                                                                                                                                       | Vorkommen Bedeutung                                                                                                             |
| Disaccharide                                        | <p>Maltose<br/>(Malzzucker)</p>  <p>Maltosemolekül besteht aus 2 Molekülresten der <math>\alpha</math>-Glukose</p>                                                                   | wichtigstes Produkt der hydrolytischen Stärkespaltung                                                                           |
|                                                     | <p>Laktose<br/>(Milchzucker)</p>  <p>Laktosemolekül besteht aus 1 Molekülrest Glukose und 1 Molekülrest Galaktose</p>                                                                | in der Milch der Säugetiere enthalten                                                                                           |
|                                                     | <p>Saccharose<br/>(Rüben-, Rohrzucker)</p>  <p>Saccharosemolekül besteht aus einem Molekülrest <math>\alpha</math>-D-Glukose und einem Molekülrest <math>\beta</math>-Fructose</p> | wirtschaftlich wichtigstes Disaccharid; Speicherstoff einiger Pflanzen; wichtige Transportform der Kohlenhydrate in der Pflanze |

| Struktur der Kohlenhydrate, Vorkommen und Bedeutung |                                                                                     |                                                                                                                   |                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungs-<br>gruppe                              | Name, Gruppe und Strukturformel                                                     | Vorkommen<br>Bedeutung                                                                                            |                                                                                                      |
| Poly-<br>saccharide                                 | <b>Stärke</b><br>(Bestandteile:<br>Amylose,<br>Amylopektin)                         | wichtigster Reserve-<br>stoff pflanzlicher<br>Zellen;<br>Nahrungsmittel                                           |                                                                                                      |
|                                                     |    | Ausschnitt aus dem<br>Amylosemolekül,<br>zusammengesetzt<br>aus $\alpha$ -Glukose-<br>molekülresten               |                                                                                                      |
|                                                     | <b>Glykogen</b>                                                                     | ähnlich der Stärke,<br>häufigere Verzwei-<br>gungen im Molekül<br>als bei Amylopektin                             | Speicherstoff<br>tierischer Zellen,<br>auch bei Bakterien<br>und Pilzen                              |
|                                                     | <b>Zellulose</b>                                                                    |                                  | Ausschnitt aus dem<br>Zellulosemolekül,<br>zusammengesetzt<br>aus $\beta$ -Glukose-<br>molekülresten |
|                                                     | <b>Protopektine (Polykondensationsprodukte)</b>                                     | Grundbaustein<br>pflanzlicher Zell-<br>wände;<br>große wirtschaft-<br>liche Bedeutung                             |                                                                                                      |
|                                                     |  | Ausschnitt aus dem<br>Polykondensations-<br>produkt der Galak-<br>turonsäurereste,<br>die Methylgruppen<br>tragen |                                                                                                      |
|                                                     |                                                                                     | Bestandteil der<br>Mittellamellen in den<br>Zellwänden<br>(Kalziumpektinat)                                       |                                                                                                      |

| Struktur der Kohlenhydrate, Vorkommen und Bedeutung |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                             |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Einteilungsgruppe                                   | Name, Gruppe und Strukturformel                                                                                                                                                                                                                                                                               | Vorkommen<br>Bedeutung                                                      |
|                                                     | <p><b>Chitin</b></p>  <p>Ausschnitt aus einem Chitinmolekül, bestehend aus Glukosemolekülresten, bei denen am C-Atom 2 die Hydroxylgruppe durch eine Amino-Gruppe ersetzt ist. Diese ist mit einem Azetylrest verbunden.</p> | Bestandteil der Zellwände bei Pilzen, Baustoff des Panzers der Gliederfüßer |

↗ Photosynthese, S. 198 ff. ↗ Dissimilation, S. 205 ff.

### Übersicht über einige Säuren im Kohlenhydratstoffwechsel

Eine Reihe von organischen Säuren, die im Gesamtstoffwechsel eine zentrale Rolle spielen, bilden Zwischenstufen im Kohlenhydratstoffwechsel; sie sind oft Ausgangsstoff für die Synthese anderer Stoffwechselprodukte wie Fette und Eiweiße.

| Organische Säuren im Kohlenhydratstoffwechsel |                                                    |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Name                                          | Formel                                             | Bedeutung/Vorkommen                                                                                        |
| Glycerinsäure<br>(2,3-Dihydroxypropansäure)   | $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{COOH}$ | Wichtiges Zwischenprodukt in der Dunkelreaktion der Photosynthese und in der Glykolyse der Dissimilation   |
| Milchsäure<br>(2-Hydroxypropansäure)          | $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH}$          | Endprodukt der Milchsäuregärung, dient als Konservierungsmittel in Lebensmittel- und Futtermittelindustrie |



| Organische Säuren im Kohlenhydratstoffwechsel |                                                                     |                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Name                                          | Formel                                                              | Bedeutung/Vorkommen                                                                                                                                               |
| Brenztraubensäure<br>(2-Ketopropan-säure)     | $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{COOH}$                             | Endglied der Glykolyse bei der Atmung und Gärung; Schlüsselstellung im Stoffwechsel, kann durch Aminierung in die Aminosäure Alanin übergeführt werden            |
| Oxallessigsäure<br>(2-Ketobutan-di-säure)     | $\text{COOH} - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$               | Zwischenprodukt im Säurezyklus der Atmung, kann durch Aminierung in die Aminosäure Asparaginsäure übergeführt werden                                              |
| 2-Ketoglutar-säure<br>(2-Ketopentandi-säure)  | $\text{COOH} - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ | Zwischenprodukt aus dem Säurezyklus der Atmung, kann durch Aminierung in die Aminosäure Glutaminsäure übergeführt werden                                          |
| Essigsäure<br>(Äthansäure)                    | $\text{CH}_3 - \text{COOH}$                                         | Endprodukt der Essigsäuregärung, Zwischenprodukt im Atmungsstoffwechsel und Ausgangsstoff für die Synthese der Fettsäuren, in der Zelle an das Koenzym A gebunden |

↗ Ablauf der biologischen Oxydation, S. 206 f.

## 5.4. Fette und Lipide

### Struktur und Eigenschaften der Fette

Fette sind Ester des Glycerins und höherer Monokarbonsäuren (Fettsäuren). Die drei Hydroxylgruppen des Glycerinmoleküls (Propantriolmoleküls) können mit drei verschiedenen Karbonsäureresten verestert sein.

Fette sind wasserunlösliche Reservestoffe der Pflanzen- und Tierzelle. Besonders reich an Fetten sind die Samen einiger Pflanzenarten (■ Raps, Sonnenblume, Kokosnuß, Lein) und tierische Fettgewebe, die gleichzeitig eine Wärmeisolierung und ein Druckpolster darstellen.

Fette werden im Stoffwechsel durch Lipasen hydrolytisch gespalten, sie können aus Zwischenprodukten des Kohlenhydratstoffwechsels synthetisiert werden.

↗ Zusammenhänge zwischen Kohlenhydrat-, Fett- und Eiweißstoffwechsel, S. 213

### Einige Lipide in pflanzlichen und tierischen Zellen

Lipide sind in ihren physiologischen und physikalischen Eigenschaften den Fetten ähnlich, sie sind wie Fette in Wasser unlöslich, in organischen Lösungsmitteln löslich.

| Überblick über einige Lipide |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gruppe                       | Zusammensetzung                                                                                                   | Vorkommen/Bedeutung                                                                                                                                                                                           |
| Phosphatide                  | Ester aus Glycerin, Fettsäure und Phosphorsäure, an die meist eine stickstoffhaltige organische Base gebunden ist | Phosphatide sind am Aufbau der Zellmembranen beteiligt, sie kommen in allen pflanzlichen und tierischen Zellen, vor allen Dingen in Nervengewebe vor<br>Wichtiger Vertreter: Lezithin                         |
| Karotinoide                  | Ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit der Formel $C_{40}H_{56}$ und deren Säure- und Alkoholderivate                | Gelbe und rote Farbstoffe, in Blüten und Früchten und gemeinsam mit Chlorophyll in grünen Blättern vorkommend, Karotin bildet im tierischen Organismus Vitamin A und wird deshalb als Provitamin A bezeichnet |

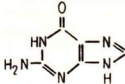
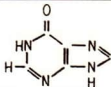
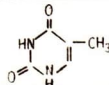
## 5.5. Nukleotide und Nukleinsäuren

### Allgemeines

Neben Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen spielen Nukleotide im Stoffwechsel eine bedeutende Rolle.

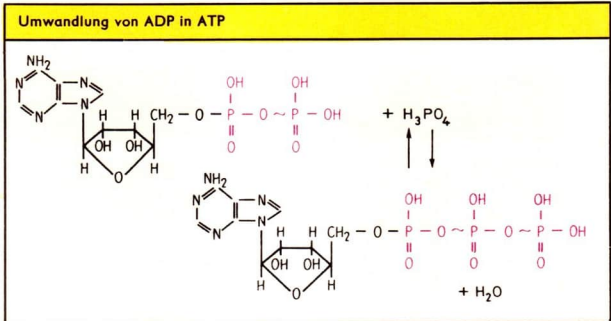
Nukleotide setzen sich aus einer Pentose, einer Purin- oder Pyrimidinbase und Phosphorsäure zusammen. Biologisch wichtige Nukleotide sind Adenosindiphosphat und Adenosintriphosphat (ADP, ATP), die Polynukleotide oder Nukleinsäuren und Mischnukleotide (■ Koenzyme von Oxydoreduktasen, wie NAD und NADP). Zu den Mischnukleotiden gehört auch das Koenzym A.

### Wichtige Purin- und Pyrimidinbasen

| Purin- und Pyrimidinbasen |             |                                                                                     |
|---------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Basengruppe               | Name        | Formel                                                                              |
| Purinbasen                | Adenin      |    |
|                           | Guanin      |    |
|                           | Hypoxanthin |    |
| Pyrimidinbasen            | Urazil      |   |
|                           | Zytosin     |  |
|                           | Thymin      |  |

## Adenosindiphosphat—Adenosintriphosphat (ADP—ATP)

Adenosindi- und Adenosintriphosphat (ADP-ATP) sind universelle Energieüberträger in der lebenden Zelle. Um das Diphosphat in das Triphosphat überzuführen, werden etwa  $29 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  benötigt. Wird ein Phosphatrest aus dem Triphosphat auf eine andere Verbindung (■ Monosaccharid) übertragen, so wird dieselbe Energiemenge für Zellprozesse zur Verfügung gestellt.



↗ Dissimilation, S. 205 ff.

## Nikotinsäureamid-Adenin-Dinukleotid, Nikotinsäureamid-Adenin-Dinukleotidphosphat und Koenzym A

NAD und NADP übertragen im Stoffwechselgeschehen Wasserstoff. Die pflanzliche Zelle synthetisiert beide Verbindungen. Dem tierischen Organismus müssen sie mit der Nahrung zugeführt werden.

Das Koenzym A überträgt Azetylreste, es setzt sich aus Adenosindiphosphat, einer organischen Säure und einer schwefelwasserstoffhaltigen Verbindung zusammen.

↗ Ablauf der biologischen Oxydation, S. 207

## Nukleinsäuren

Nukleinsäuren sind makromolekulare Stoffe. Die Makromoleküle bestehen aus zahlreichen Nukleotiden, die durch die Phosphorsäurereste miteinander verknüpft werden.

Als Pentose kommen Ribose oder Desoxyribose vor. Nukleinsäuren kommen besonders reich in den Zellkernen vor, sie sind Träger der genetischen Information.

↗ Stoffliche Natur des genetischen Materials, S. 260 ff.

## 5.6. Pyrrolverbindungen

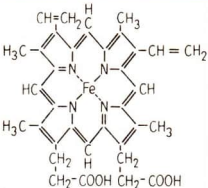
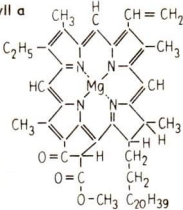
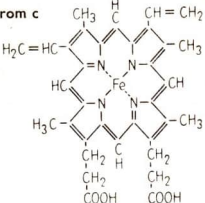
### Allgemeines

Pyrrol ist eine heterozyklische stickstoffhaltige organische Verbindung, die als Baustein für wichtige Naturstoffe dient.

### Strukturformel des Pyrrol



### Übersicht über wichtige Pyrrolverbindungen

| Pyrrolverbindungen                                              |                                                                                                     |                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verbindungen                                                    | Strukturformel                                                                                      | Bedeutung                                                                                                                                                      |
| Hämoglobin<br>(besteht aus dem Farbstoff Häm und einem Protein) | Häm<br>            | roter Blutfarbstoff, dient dem Sauerstofftransport                                                                                                             |
| Chlorophylle                                                    | Chlorophyll a<br> | grüner Farbstoff der Chloroplasten; kommt in verschiedenen Formen vor: Chlorophyll a und Chlorophyll b; Chlorophyll absorbiert das Licht für die Photosynthese |
| Zytochrome                                                      | Zytochrom c<br>  | Zytochrome umfassen eine Gruppe ähnlicher Verbindungen, die als Oxydoreduktasen im Atmungsprozeß wirken                                                        |

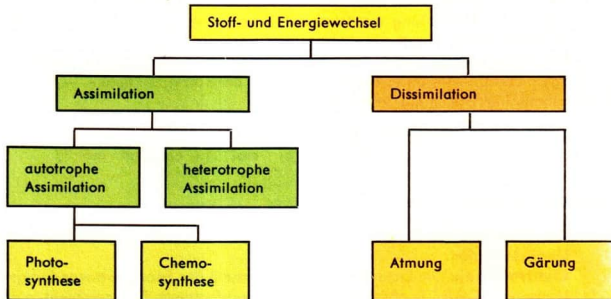
## 6.1. Grundvorgänge des Stoff- und Energiewechsels

### Allgemeines

Die Stoff- und Energiewechselvorgänge umfassen alle physiologischen Prozesse zur Aufnahme, Umwandlung und Abgabe von Stoffen und Energie.

Stoff- und Energiewechselvorgänge verlaufen bei allen Organismen im wesentlichen gleich:

- sie laufen in den Zellen ab,
- sie verlaufen schrittweise in einer Kette aufeinanderfolgender Reaktionen,
- ihr geregelter Ablauf wird durch Enzyme sowie durch unterschiedliche Reaktionsräume in der Zelle gewährleistet,
- es laufen energiebindende und energiefreisetzende Vorgänge ab, die miteinander in Wechselwirkung stehen.



### Assimilation

Assimilation ist der Stoff- und Energiewechselvorgang, bei dem aufgenommene körperfremde Stoffe unter Energiezuführung schrittweise in körpereigene Verbindungen umgewandelt werden. Dabei wird nach dem jeweils bestimmenden aufgenommenen Stoff zwischen Kohlenstoff-, Stickstoff- und Mineralstoffassimilation unterschieden.



## Dissimilation

Dissimilation ist der Stoff- und Energiewechselvorgang, bei dem körpereigene organische Stoffe unter Freisetzung von Energie mehr oder weniger vollständig abgebaut werden. Die Dissimilation verläuft bei autotrophen und heterotrophen Organismen in gleicher Weise. Dissimilation kann als Atmung oder als Gärung ablaufen.

## 6.2. Assimilation

### Autotrophe Assimilation

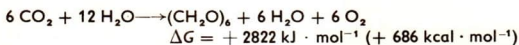
Autotrophe Assimilation ist die Aufnahme und Umwandlung körperfremder anorganischer Stoffe in energiereiche körpereigene organische Stoffe unter Ausnutzung äußerer Energiequellen.

Die für die Stoffproduktion im Organismenreich wichtigste Form der Assimilation ist die autotrophe Kohlenstoffassimilation. Sie kann durch Photosynthese oder durch Chemosynthese erfolgen.

### Photosynthese

Photosynthese ist die Form der autotrophen Kohlenstoffassimilation, bei der grüne Pflanzen und Bakterien unter Ausnutzung von Energie der Sonnenstrahlung oder anderer Lichtstrahlung aus Wasserstoff und Kohlendioxid organische Kohlenstoffverbindungen aufbauen.

Die Photosynthese läuft in den Chloroplasten ab; sie läßt sich bei chlorophyllhaltigen Pflanzen — ohne Berücksichtigung der Einzelreaktionen — in folgender chemischer Gleichung zusammenfassen:



### Ablauf der Photosynthese

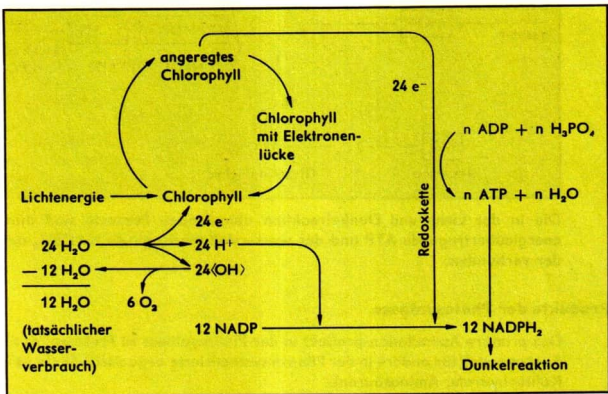
Die Photosynthese läuft in zwei Schritten ab, in einer Lichtreaktion und einer Dunkelreaktion.

**Lichtreaktion.** Die Lichtreaktion ist ein Prozeß der Energieumwandlung: Strahlungsenergie wird in chemische Energie transformiert. Das geschieht in zahlreichen Einzelschritten, die zum Teil nebeneinander ablaufen; das Licht ist direkt nur an den beiden zuerst genannten Reaktionen beteiligt:

- Absorption von Lichtquanten durch Chlorophyllmoleküle
- „Anregung“ der Chlorophyllmoleküle durch Übernahme von Energie der Lichtquanten; ein Elektron eines Chlorophyllmoleküls gerät auf ein höheres Energieniveau
- Übernahme des energiereichen Elektrons auf eine Redoxkette aus mehreren Oxydoreduktasen

- Entstehung einer Elektronenlücke im Chlorophyllmolekül und Auslösung eines Elektronensogs
- Entzug eines Elektrons aus einem Wassermolekül, Ausfüllung der Elektronenlücke und Rückkehr des Chlorophyllmoleküls in den Ausgangszustand
- Zerfall des elektronenliefernden Wassermoleküls in  $\text{H}^+$  und  $\text{OH}$ -Radikal (Photolyse)
- Umsetzung von  $\text{OH}$ -Radikalen zu Wasser und Sauerstoff (Abgabe an die Umwelt)
- Durchlauf des energiereichen Elektrons durch die Redoxkette
- Schrittweise Abgabe von Energie, die durch Bildung von ATP aus ADP und Phosphorsäure aufgefangen wird (Übertragung der Energie an Prozesse der Dunkelreaktion)
- Vereinigung der energieärmeren Elektronen mit Wasserstoff-Ionen und mit NADP zu  $\text{NADPH}_2$  (Übertragung an Prozesse der Dunkelreaktion)

Vereinfachtes Schema der Lichtreaktion



↗ Enzyme, S. 182

**Dunkelreaktion.** Die Dunkelreaktion ist der Prozeß der Stoffumwandlung: anorganische Substanz wird in organische Substanz transformiert. Die Dunkelreaktion verläuft in einem Kreisprozeß, der drei Phasen umfaßt.

**Karboxylierende Phase:** Durch Bindung des aufgenommenen Kohlendioxids an den Akzeptor Ribulose bildet sich eine Verbindung mit 6 Kohlenstoffatomen. Diese ist unbeständig und zerfällt in Glycerinsäure (2.3-Dihydroxypropansäure) mit der Karboxylgruppe  $-\text{COOH}$ .

**Reduzierende Phase:** Reduktion der Glycerinsäure zu Glycerinaldehyd (2.3-Dihydroxypropanal) unter Mitwirkung von  $\text{NADPH}_2$  und ATP aus der Lichtreaktion.



| Innere und äußere Faktoren der Photosynthese |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pigmente</b>                              | Absorbieren 3% bis 5% der eingestrahlten Lichtenergie, die Absorptionsspektren der Pigmente sind unterschiedlich. Nur Chlorophyll a kann photosynthetisch wirksam werden; andere Pigmente (Karotin, Chlorophyll b) geben die absorbierte Energie an Chlorophyll a weiter. |
| <b>Licht</b>                                 | Ist als Energielieferant ausschlaggebend für den Ablauf der Lichtreaktion. Die Intensität der Photosynthese wird durch die Anzahl der Lichtquanten, nicht durch die Energiemenge bestimmt.                                                                                |
| <b>Kohlendioxid</b>                          | Ist als Kohlenstofflieferant ausschlaggebend für den Ablauf der Dunkelreaktion. Der Kohlendioxidgehalt der Luft erreicht in der Regel (0,03%) meist nicht die für die Photosynthese optimale Menge (0,1%).                                                                |
| <b>Wasser</b>                                | Ist als Reduktionsmittel (■ Elektronenlieferant) und als Wasserstofflieferant notwendig für den Ablauf der Photosynthese. Es steht in der Regel in ausreichender Menge in den Zellen zur Verfügung.                                                                       |
| <b>Temperatur</b>                            | Temperatur beeinflusst die enzymatisch ablaufenden Vorgänge. Das Temperaturoptimum ist artspezifisch.                                                                                                                                                                     |

Die Veränderung der äußeren Faktoren beeinflusst die Intensität der Photosynthese. Verschiedene Maßnahmen in Landwirtschaft und Gartenbau tragen zur Schaffung günstiger Photosynthesebedingungen und zur Erhöhung der Stoffproduktion bei.

| Beeinflussung der Photosynthese zur Erreichung höherer Erträge |                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Außenfaktor                                                    | Maßnahmen zur Erhöhung der Stoffproduktion                                                                     |
| <b>Wasser</b>                                                  | Bereggen, Gießen, Be- und Entwässern, Anlegen von Schutzwaldstreifen (■ Verdunstungsschutz)                    |
| <b>Licht</b>                                                   | Zusatzbelichtung oder Beschattung in Gewächshäusern, optimale Pflanzdichte                                     |
| <b>Kohlendioxid</b>                                            | Zusatzbegasung in Gewächshäusern, Misteintragung in verglaste Frühbeete (Bakterien geben viel Kohlendioxid ab) |
| <b>Temperatur</b>                                              | Beheizung von Gewächshäusern, Einhaltung der agrotechnisch günstigsten Termine                                 |

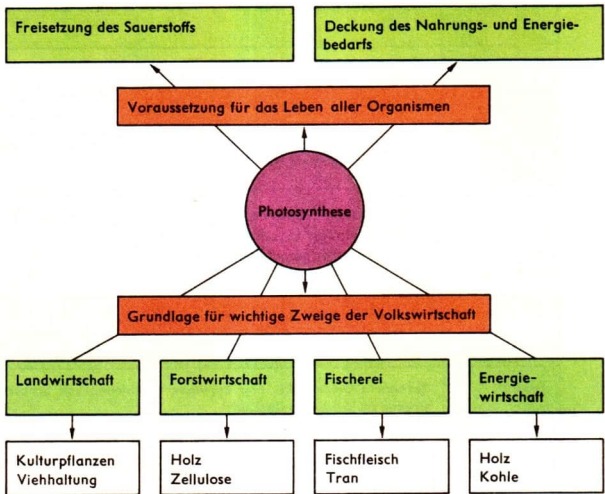
## **Bedeutung der Photosynthese**

Die Photosynthese zeichnet sich aus durch:

- Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie,
- Bildung von organischen Stoffen aus Kohlendioxid und Wasserstoff,
- Freisetzung von Sauerstoff.

Die Photosynthese schafft Voraussetzungen für das Fortbestehen des Lebens auf der Erde (■ Ernährungsgrundlage, Energie- und Sauerstoffquelle) und ist eine natürliche Grundlage für wichtige volkswirtschaftliche Bereiche:

- Land-, Forst-, Fischereiwirtschaft (■ Lieferant von Nahrungsmitteln, tierischen Rohstoffen);
- Energiewirtschaft (■ Lieferant der Energieträger Kohle, Erdöl);
- Chemische Industrie (■ Lieferant der Rohstoffe Erdöl, Zellulose).



## **Chemosynthese**

Chemosynthese ist die Form der autotrophen Kohlenstoffassimilation, bei der die zur Assimilation benötigte Energie durch Oxydation meist anorganischer Substanzen freigesetzt wird. Chemosynthese kommt bei einigen Bakteriengruppen vor; sie spielt im Stoff- und Energiehaushalt der Natur im Vergleich zur Photosynthese eine untergeordnete Rolle.



## Chemosynthese bei Schwefelbakterien

Die farblosen Schwefelbakterien oxydieren zur Energiegewinnung Schwefelwasserstoff:

- Chemische Gleichung:  $2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{S}$ ;  $\Delta G = -419 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $2 \text{S} + 3 \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_4$   
 $\Delta G = -996 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ( $-238 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) ( $-158 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
- Vorkommen: Gewässer
- Bedeutung: Reinigen der Gewässer vom giftigen Schwefelwasserstoff, der durch Fäulnis von Eiweiß entsteht
- Nutzung: Rieselfelder, Klärbecken

## Chemosynthese bei nitrifizierenden Bakterien

Nitrifizierende Bakterien oxydieren Ammoniak zu salpetriger Säure und weiter zu Salpetersäure. Nitrat-Ionen als Dissoziationsprodukt erhöhen die Bodenfruchtbarkeit.

- Chemische Gleichung:  $2 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{HNO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$   
 $\Delta G = -662 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ( $-158 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ )  
 $2 \text{HNO}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{HNO}_3$ ;  $\Delta G = -150 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ( $-36 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
- Vorkommen: Boden
- Bedeutung: Oxydation von Ammoniak; Aufnahme der Nitrat-Ionen durch höhere Pflanzen.
- Nutzung: Aufschließung ammoniakhaltigen Düngers für Kulturpflanzen

## Heterotrophe Assimilation

Heterotrophe Assimilation ist die Umwandlung aufgenommener körperfremder organischer Stoffe in körpereigene Stoffe unter Ausnutzung der in den Stoffen enthaltenen Energie. Durch Verdauungsprozesse werden die aufgenommenen Stoffe (Nahrung) zerlegt und damit für die Zellen aufnehmbar (resorbierbar) gemacht. Heterotrophe Assimilation kommt beim Menschen, bei Tieren, chlorophyllfreien Pflanzen und Pflanzenteilen (■ Wurzelzellen) sowie bei vielen Bakterien vor.

## Verdauung

Verdauung ist die schrittweise Aufspaltung hochmolekularer Nahrungsstoffe in niedermolekulare, lösliche Bausteine, die vom Organismus resorbiert werden können. Sie erfolgt durch physikalische und chemische Prozesse.

**Intrazelluläre Verdauung.** Die Nahrung wird in das Zytoplasma der Zelle aufgenommen und in Nahrungsvakuolen durch Enzyme verdaut (■ bei Einzellern, bei Schwämmen).

**Extrazelluläre Verdauung.** Die Nahrung wird außerhalb des Zytoplasmas der Zellen, in Hohlräumen des Organismus (■ Magen der Wirbeltiere) oder außerhalb des Organismus (■ bei Spinnen, bei insektenfangenden Pflanzen) durch ausgeschiedene Enzyme verdaut.

↗ Verdauungssystem, S. 119 ff.



## **Nahrung heterotropher Organismen**

Die Nahrung heterotropher Organismen enthält Stoffe, die die Organismen für die Aufrechterhaltung ihrer Lebensfunktion brauchen. Zu ihnen gehören als Nährstoffe Verbindungen, die hauptsächlich Träger von Energie und Baustoffen sind (Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße) und als Ergänzungsstoffe Vitamine, Mineralstoffe, Wasser.

## **Spaltung der Nährstoffe**

Die Nährstoffe werden nach mechanischer Zerkleinerung der Nahrung (■ Kauen, Emulgierung) durch Einwirkung von Enzymen chemisch gespalten. Dabei sind hauptsächlich Hydrolasen beteiligt.

| Hydrolytische Spaltung von Nährstoffen bei Säugern |              |                      |
|----------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| Spaltung                                           | Enzym        | Ort der Enzymbildung |
| Stärke → Maltose                                   | Amylase      | Mundspeicheldrüse    |
| Maltose → Glukose                                  | Maltase      | Bauchspeicheldrüse   |
| Disaccharid → Monosaccharid                        | Disaccharase | Dünndarmwand         |
| Eiweiße → Polypeptide                              | Pepsin       | Magenwand            |
| Eiweiße → Polypeptide                              | Trypsin      | Bauchspeicheldrüse   |
| Fette → Fettsäuren + Glycerin                      | Lipase       | Bauchspeicheldrüse   |

↗ Enzyme, S. 182

## **Resorption**

Resorption ist die Aufnahme der verdauten Nahrung in die Körperflüssigkeit (■ Blut, Lymphe). Resorption kann passiv durch Osmose und Diffusion erfolgen; sie kann auch durch Stoffwechselvorgänge aktiv entgegen dem Konzentrationsgefälle erfolgen.

↗ Verdauungssystem, S. 119 ff.

## **Aufbau körpereigener Substanzen**

Aus den niedermolekularen resorbierten Stoffen (■ Monosaccharide, Aminosäuren, Fettsäuren, Glycerin, Mineralstoffionen, Wasser) werden hochmolekulare körpereigene Substanzen (■ Polysaccharide, Fette, Eiweiße, Nukleinsäuren, Hormone) aufgebaut. Dabei liefert die DNS Informationen für die Aminosäuresequenz bei der Eiweißsynthese.

↗ Proteinsynthese, S. 264

↗ Zusammenwirken der Stoffwechselvorgänge, S. 211 ff.

## Heterotrophe Assimilation bei Pflanzen

Heterotrophe Assimilation bei chlorophyllfreien Pflanzen tritt als Saprophytismus oder Parasitismus auf. Auch die chlorophyllfreien Zellen autotropher Pflanzen sind auf die Zufuhr organischer Stoffe angewiesen, ernähren sich also ebenfalls heterotroph.

**Saprophytismus.** Saprophytismus ist die Gewinnung der Nahrungsstoffe aus abgestorbenem organischem Material. Saprophyten sind Fäulnisbewohner (■ Schimmelpilze).

**Parasitismus.** Parasitismus ist die Gewinnung der Nahrungsstoffe aus lebendem organischem Material. Parasiten sind Schmarotzer (■ Rostpilze, Klee-Seide).

Halbparasiten erzeugen Kohlenhydrate durch Photosynthese, einer Wirtspflanze entnehmen sie Nährsalze und Wasser (■ Mistel).

↗ Parasitismus, S. 316

↗ Reduzenten, S. 329

## 6.3. Dissimilation

### Atmung

Die Atmung ist die Form der Dissimilation, bei der unter Verbrauch von freiem Sauerstoff hochmolekulare organische Stoffe (■ Kohlenhydrate, Fette) zu energiearmen Endprodukten (Kohlendioxid, Wasser) abgebaut werden (biologische Oxydation). Die in den organischen Substanzen gespeicherte Energie wird dabei freigesetzt. Die biologische Oxydation erfolgt in den Mitochondrien.

### Gasaustausch zwischen Organismus und Umwelt

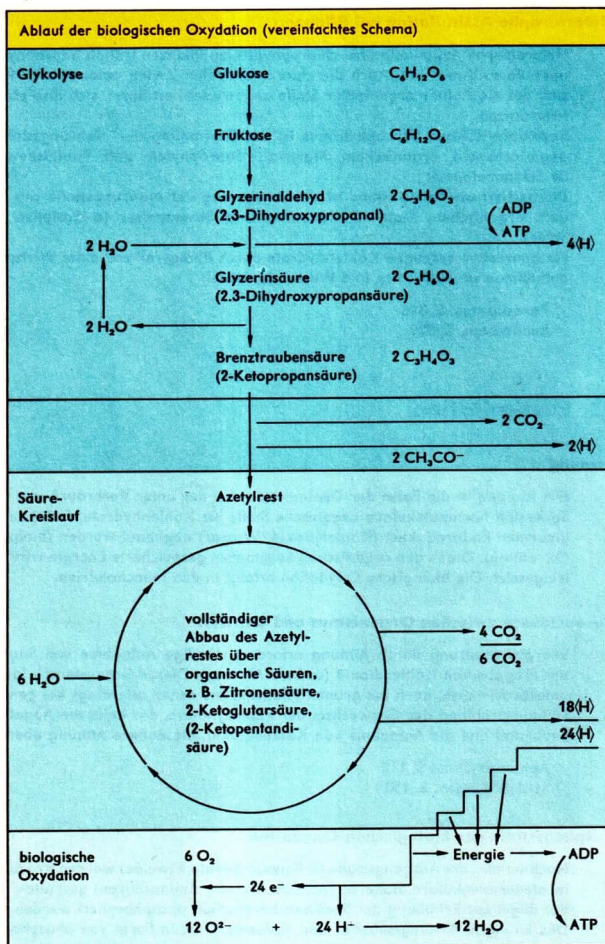
Energiefreisetzung durch Atmung erfordert ständige Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlendioxid (äußere Atmung). Dieser Gasaustausch läuft ununterbrochen ab, auch bei grünen Pflanzen, bei denen allerdings bei genügend Lichteinstrahlung der Gaswechsel der Photosynthese, das heißt die Abgabe von Sauerstoff und die Aufnahme von Kohlendioxid, die äußere Atmung überdeckt.

↗ Atmungssystem, S. 112

↗ Spaltöffnungen, S. 153

### Ausgangsstoffe der biologischen Oxydation

Hochmolekulare Ausgangsstoffe (■ Polysaccharide, Eiweiße) werden hydrolytisch in niedermolekulare Stoffe (■ Monosaccharide, Aminosäuren) gespalten, die in der Regel zur Erhöhung der Reaktionsbereitschaft phosphoryliert werden. Das häufigste Atmungssubstrat sind Kohlenhydrate in Form von phosphorylierten Monosacchariden.



## Ablauf der biologischen Oxydation

Bei der biologischen Oxydation wird den Atmungssubstraten über eine Reihe von Zwischenprodukten wiederholt Wasserstoff entzogen (Substratoxydation), der mit dem Sauerstoff zu Wasser oxydiert (Endoxydation). Der in den Substraten enthaltene Kohlenstoff wird als Kohlendioxid an die Umwelt abgegeben.

Der gesamte Vorgang besteht aus zwei Teilprozessen:

- Substratoxydation unter Abspaltung von Wasserstoff; Bindung des Wasserstoffs (■ an NAD);
- Endoxydation des Wasserstoffs unter Freisetzung von Energie, die in ATP gebunden wird.

Die Umwandlung der Energie des Substrats in ATP-Energie ist nicht vollständig; ein Teil der Energie wird als Wärme abgegeben (■ Abgabe an die Umwelt, Aufrechterhaltung der Körpertemperatur).

**Substratoxydation.** Die Substratoxydation verläuft in zwei Teilschritten:

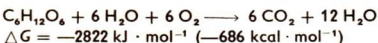
- Glykolyse: Zerlegung des Monosaccharids und Bildung von Brenztraubensäure; Dekarboxylierung und Oxydation der Brenztraubensäure, Bildung eines Azetylrestes;
- Säurezyklus: Verknüpfung des Azetylrestes mit Oxalsäure, in mehreren Teilschritten wiederholte Dekarboxylierung und Dehydrierung bis zum restlosen Abbau zu Kohlendioxid (Abgabe an die Umwelt) und Wasserstoff (Bindung an NAD).

**Endoxydation.** Die biologische Oxydation des Wasserstoffs verläuft nicht direkt (Knallgasreaktion), sondern über eine Kette mehrerer Reduktions-Oxydationsprozesse, die durch Enzyme katalysiert werden (Atmungskette). Dabei wird Energie frei, die durch die Bildung von ATP gebunden wird.

## Biologische Oxydation eines Monosaccharids

Monosaccharide sind häufige Atmungssubstrate.

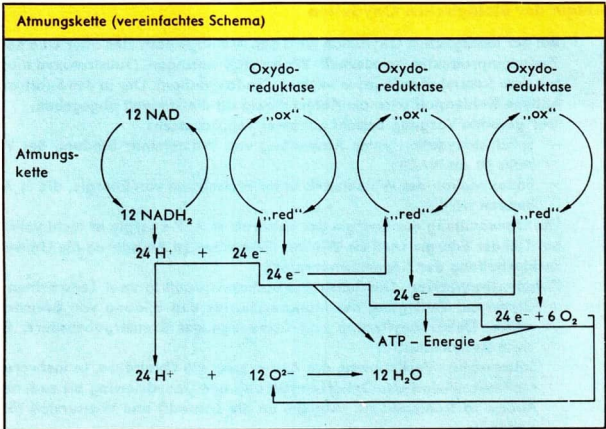
Die biologische Oxydation eines Monosaccharids läßt sich ohne Berücksichtigung der verschiedenen Einzelreaktionen durch die folgende chemische Gleichung zusammenfassen:



↗ Respiratorischer Quotient, S. 208

## Atmungskette

Die Atmungskette besteht aus einer Reihe von Redoxprozessen, die durch mehrere Enzyme (Oxydoreduktasen, ■ Zytochrome) katalysiert werden. Durch die Atmungskette wird bei der biologischen Oxydation das Redoxpotential des Wasserstoffs dem des Sauerstoffs angenähert. Die Elektronen des Wasserstoffs gelangen dabei schrittweise von einem hohen Energieniveau (Substrat) auf ein niedrigeres Energieniveau (Sauerstoff). Die freigesetzte Energie wird als ATP-Energie aufgenommen.



↗ Enzyme, S. 182

## Der Einfluß äußerer Faktoren auf die Atmung

Die Atmungsintensität der Zelle wird von äußeren Faktoren beeinflusst, sie steigt — im Bereich bis etwa 40 °C — im allgemeinen bei Erhöhung der Temperatur (van't Hoff'sche Regel); sie sinkt bei Erhöhung der Kohlendioxidkonzentration. Durch Ausnutzung dieser Tatsache kann bei geeigneter Lagerung von Ernteprodukten (■ Obst, Getreide, Kartoffeln) der Substanzverlust durch Atmung verringert werden. Günstige Lagerbedingungen sind:

- hohe Kohlendioxidkonzentration,
- geringe Sauerstoffkonzentration,
- geringe Temperaturen,
- geringe Luftfeuchtigkeit.

## Respiratorischer Quotient

Der respiratorische Quotient (Atmungsquotient; RQ) drückt das Verhältnis der Anzahl abgegebener Kohlendioxidmoleküle zu aufgenommenen Sauerstoffmolekülen aus:

$$RQ = \frac{CO_2}{O_2}$$

RQ ist abhängig von der Zusammensetzung des Atmungssubstrats, bei Kohlenhydraten = 1, bei Fetten und Eiweißen < 1.

↗ Summengleichung der biologischen Oxydation, S. 207



## 6.4. Gärung

### Allgemeines

Die Gärung ist die Form der Dissimilation, bei der energiereiche organische Stoffe zu energieärmeren organischen Endprodukten unter Energiefreisetzung abgebaut werden. Nach den Endprodukten werden mehrere Gärungstypen unterschieden (■ Essigsäuregärung, Milchsäuregärung).

Gärungen beginnen in der Regel wie die Atmung mit der Oxydation des Substrats bis zur Brenztraubensäure. Durch das Fehlen oder unvollständige Ablaufen weiterer Oxydationen ist der Energiegewinn aber im Vergleich zur Atmung geringer. Die meisten Gärungen verlaufen ohne Beteiligung von Sauerstoff aus der Luft. Alle Reaktionen werden enzymatisch gesteuert.

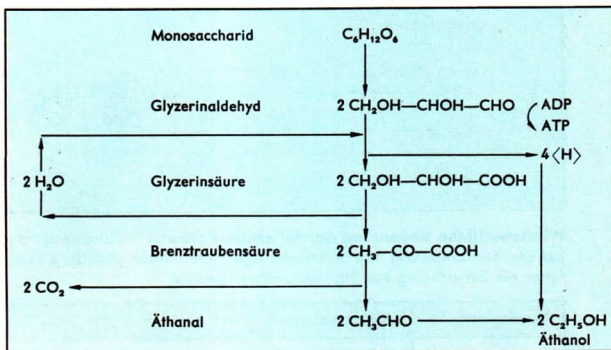
### Alkoholische Gärung

Bei der alkoholischen Gärung werden Zucker zu Äthanol (Äthylalkohol) und Kohlendioxid vergoren. Alkoholische Gärung kommt bei einigen Mikroorganismen (■ Hefepilzen) und in pflanzlichen Geweben vor.

Chemische Gleichung:



**Ablauf.** Zerlegung des Zuckers durch Glykolyse zu Brenztraubensäure, Dekarboxylierung der Brenztraubensäure zu Äthanal (Azetaldehyd), Reduktion des Äthanals mit Hilfe von  $\text{NADH}_2$  zu Äthanol.



**Wirtschaftliche Bedeutung der alkoholischen Gärung.** Die alkoholische Gärung wird bei der Wein-, Bier- und Spirituosenherstellung sowie in der Bäckerei wirtschaftlich genutzt.

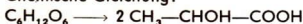


| Bedeutung der alkoholischen Gärung |                                          |                               |
|------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| Wirtschaftszweig                   | Ausgangsstoffe                           | Endprodukte                   |
| Kelterei                           | Weinbeeren und andere Früchte            | Wein, Sekt                    |
| Brauerei                           | gekeimte Gerste und andere Getreidearten | Bier                          |
| Bäckerei                           | Teig                                     | Hefeteig- und Sauerteiggebäck |
| Brennerei                          | Kartoffeln, Getreide                     | Sprit, Spirituosen            |

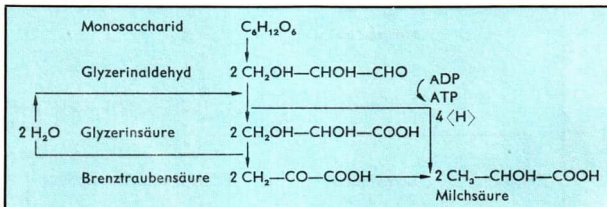
### Milchsäuregärung

Bei der Milchsäuregärung werden Zucker zu Milchsäure (2-Hydroxypropan-säure) vergoren. Milchsäuregärung kommt bei einigen Bakterien vor, sie tritt bei ungenügender Sauerstoffversorgung auch im Muskel auf.

Chemische Gleichung:



**Ablauf.** Zerlegung des Monosaccharids durch Glykolyse zu Brenztraubensäure, Reduzierung der Brenztraubensäure durch  $\text{NADH}_2$  zu Milchsäure.



**Wirtschaftliche Bedeutung der Milchsäuregärung.** Milchsäuregärung wird bei der Konservierung von Nahrungs- und Futtermitteln genutzt, da die Milchsäure die Entwicklung von Fäulnisbakterien hemmt.

| Ausgangsstoffe | Gärungsprodukte                  |
|----------------|----------------------------------|
| Milch          | Sauermilch, Quark, Käse, Joghurt |
| Gurken         | saure Gurken                     |
| Weißkohl       | Sauerkohl                        |
| Futterpflanzen | Silofutter                       |

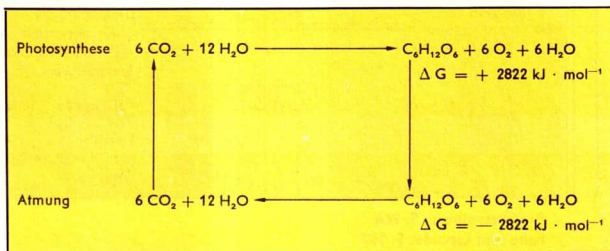
**Weitere wichtige Gärungsvorgänge.** Essigsäuregärung, Fäulnis und Verwesung sind weitere wichtige Gärprozesse.

| Wichtige Gärprozesse |               |                                          |                                |                                         |
|----------------------|---------------|------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
| Gärprozeß            | Ausgangsstoff | Gärprodukte                              | Verhalten gegenüber Sauerstoff | wirtschaftliche Nutzung und Bedeutung   |
| Essigsäuregärung     | Äthanol       | Essigsäure (Äthansäure)                  | verläuft mit Sauerstoff        | Herstellung von Speiseessig             |
| Fäulnis              | Eiweiß        | Schwefelwasserstoff, Ammoniak und andere | verläuft ohne Sauerstoff       | Zersetzung von Tier- und Pflanzenresten |
| Verwesung            | Eiweiß        | Kohlendioxid, Wasser und andere          | verläuft mit Sauerstoff        | Humusbildung                            |

## 6.5. Zusammenwirken der Stoffwechselvorgänge

### Zusammenhänge zwischen Assimilation und Dissimilation

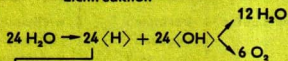
Assimilation und Dissimilation sind bei autotrophen und heterotrophen Organismen miteinander verknüpft und greifen ineinander über. Beim Wachstum überwiegt die Assimilation, beim Altern die Dissimilation. Bei autotrophen Pflanzen mit Chlorophyll überdecken bei Lichteinwirkung assimilatorische Vorgänge die dissimilatorischen. Das Leben als biologische Bewegungsform der Materie beruht auf dem Grundwiderspruch dieser gegensätzlichen und sich bedingenden Stoffwechselprozesse:



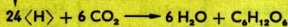
# Zusammenhänge im Grundstoffwechsel

## Photosynthese

### Lichtreaktion

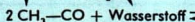
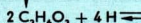


### Dunkelreaktion

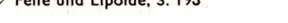
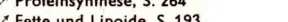
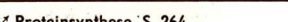
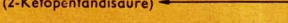
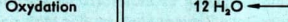
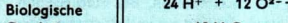
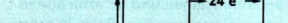
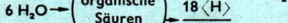
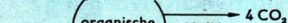


## Atmung

### Glykolyse



### Säure- kreislauf



## Kohlenhydratstoffwechsel

### Frucht- zucker

### Mono- saccharid

### Trauben- zucker

### Rohr- zucker

### Di- saccharid

### Malz- zucker

### Zellu- lose

### Poly- saccharid

### Stärke, Glykogen

## Fettstoffwechsel

### Glyzerin

### Fettsäuren

### Fette (Bau- und Reservestoffe)

## Eiweißstoffwechsel

### Aminierung

### 2-Ketoglutar- säure (2-Ketopentandisäure)

### Glutaminsäure (2-Aminopentandisäure)

### Transaminierung

### Aminosäuren

### Polypeptide

### Eiweiße

### (Bau- und Reservestoffe, Enzyme)

### Steuerung durch DNS

↗ Proteinsynthese, S. 264

↗ Fette und Lipide, S. 193

## Zusammenhänge zwischen Kohlenhydrat-, Fett- und Eiweißstoffwechsel

Durch Zwischenprodukte der Photosynthese und der Atmung ist der Kohlenhydratstoffwechsel mit der Synthese und dem Abbau von Fetten und Eiweißen verbunden.

### Zusammenhang zwischen Eiweißsynthese und Atmung:

- Reduktion der Nitrat-Ionen zu Ammoniak durch Wasserstoff aus der Atmungskette (nur bei Pflanzen und Bakterien);
- Bildung einiger Aminosäuren durch Bindung von Ammoniak an organische Säuren aus dem Säurezyklus (Aminierung);
- Reduktionsprozeß bei der Aminierung durch Wasserstoff aus der Substratoxydation.

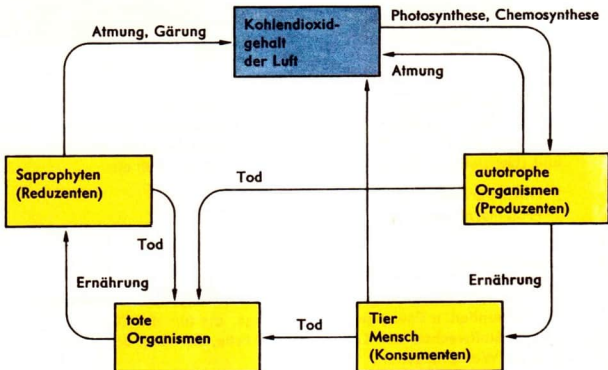
### Zusammenhang zwischen Fettbildung und Atmung:

- Bildung der Fettsäuren aus Azetylresten der Atmung;
- Reduktion der Azetylreste bei der Fettsäurebildung durch Wasserstoff aus der Substratoxydation.
- Veresterung von Fettsäuren mit Glycerin aus der Glykolyse.

## Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur

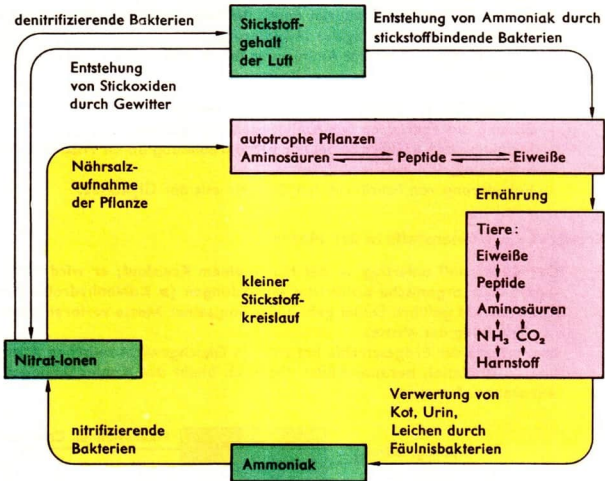
Der Kohlenstoff unterliegt in der Natur einem Kreislauf; er wird von Kohlendioxid über organische Kohlenstoffverbindungen (■ Kohlenhydrate) wieder zu Kohlendioxid geführt. Dabei geht nichts von seiner Masse verloren (Gesetz von der Erhaltung der Masse).

Im Verlaufe der Erdgeschichte hat sich ein Gleichgewicht zwischen Assimilation und Dissimilation herausgebildet. Dadurch bleibt der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre konstant.



## Kreislauf des Stickstoffs in der Natur

Der Stickstoff unterliegt in der Natur einem Kreislauf, in dem er aus anorganischen Verbindungen (■ Nitrat-Ionen) über Ammoniakbildung und Aminierung durch Pflanzen und Bakterien in organische Verbindungen überführt wird. Diese organischen Verbindungen werden durch bestimmte Stoffwechselprozesse aller Organismen wieder zu Ammoniak und durch einige Bakterien zu Nitraten abgebaut.



Ein Teil der Nitrats wird zu freiem Stickstoff reduziert und entweicht in die Atmosphäre. Durch stickstoffbindende Bakterien und durch Bildung von Stickoxiden wird dieser Verlust im Kreislauf wieder ausgeglichen. Der große Stickstoffkreislauf (Gesamtdarstellung) schließt den Stickstoff der Luft ein.

↗ Nitrifizierende Bakterien (Chemosynthese), S. 203

↗ Proteinsynthese, S. 264

## Grundstoffwechsel

Zum Grundstoffwechsel gehören die Stoffwechselprozesse einschließlich der damit verbundenen Energiewechselvorgänge, die für alle Organismen notwendig sind (■ Stoffwechsel der Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße), der Mineralstoffwechsel und der Wasserhaushalt.



## Nebenstoffwechsel

Zum Nebenstoffwechsel gehören die Stoffwechselprozesse, die die Weiterverarbeitung der Stoffe des Grundstoffwechsels zu spezifischen, nicht allen Organismen eigenen Stoffen umfassen.

### Wirtschaftliche Bedeutung einiger Produkte des Nebenstoffwechsels

| Produkte des Nebenstoffwechsels                    | Vorkommen                                                           | Verwendung                                          |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Ätherische Öle                                     | Lavendel, Rose<br>Wermut<br>Lorbeer, Zimt<br>Kamille, Pfeffer-Minze | Duftspender<br>Aromaspender<br>Gewürz<br>Heilmittel |
| Alkaloide:<br>Nikotin, Koffein<br>Opium<br>Atropin | Tabak, Kaffee<br>Schlaf-Mohn<br>Tollkirsche                         | Genußmittel<br>Rauschgift<br>Medikament             |
| Harz                                               | Kiefer                                                              | Rohstoff für die chemische Industrie                |
| Gerbstoffe                                         | Eiche                                                               | Rohstoff für die Gerberei                           |
| Kautschuk                                          | Kautschukbäume<br>(verschiedene Arten)                              | Rohstoff für Gummi                                  |

## 6.6. Stofftransport, Stoffspeicherung, Stoffausscheidung

### 6.6.1. Stofftransport

#### Allgemeines

Für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen ist in jedem Organismus ein ständiger Stofftransport erforderlich, und zwar innerhalb der Zellen von einem Reaktionsort zum anderen und zwischen den einzelnen Zellen, Geweben oder Organen. Stoffe werden

- in gelöstem Zustand (■ Nährsalz-Ionen in den Gefäßen der Pflanze),
- in gasförmigem Zustand (■ Sauerstoff und Kohlendioxid in den Interzellularen der Pflanze),
- chemisch gebunden (■ Sauerstoff an das Hämoglobin der roten Blutkörperchen) transportiert.



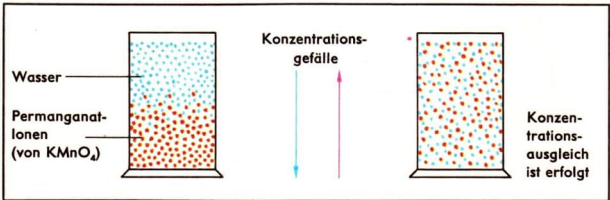
Der Stofftransport erfolgt innerhalb einer Zelle oder zwischen Nachbarzellen durch Diffusion und Osmose. Für den Transport über längere Strecken haben sich Organsysteme mit bestimmten Funktionen entwickelt, bei Tieren hat der Transport durch das Blut besondere Bedeutung.

↗ Transportsystem, Seite 124

↗ Leitgewebe, S. 154

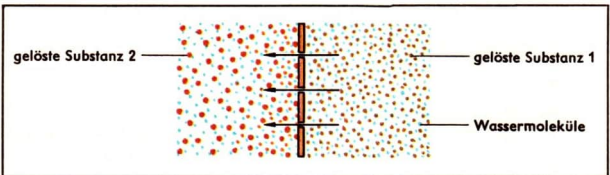
## Diffusion

Diffusion ist die wechselseitige Durchdringung zweier aneinandergrenzender Flüssigkeiten oder Gase auf Grund der Bewegungsenergie ihrer Teilchen. Die Diffusion erfolgt entlang eines Konzentrationsgefälles und führt zum Konzentrationsausgleich. Dabei ist die Geschwindigkeit der Diffusion vom Konzentrationsgefälle, von der Temperatur und der Teilchenart abhängig.



## Osmose

Osmose ist Diffusion durch eine semipermeable (halbdurchlässige) Membran. Semipermeable Membranen lassen Wassermoleküle und eine Reihe von gelösten Substanzen (■ Salze) passieren, andere gelöste Substanzen auf Grund ihrer Teilchengröße jedoch nicht.



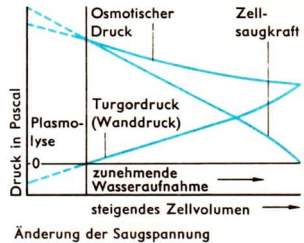
Wassermoleküle diffundieren vom Ort der höheren Wassermolekülkonzentration zum Ort der niederen Wassermolekülkonzentration (■ Wasseraufnahme aus dem Boden in die Wurzelhaarzelle). Die Intensität der Osmose – der osmotische Druck – ist abhängig vom Konzentrationsgefälle.

## Saugspannung

Die Saugspannung der Zelle wird bestimmt durch ihre Fähigkeit zur Wasseraufnahme. Ihre Höhe ist abhängig vom osmotischen Druck und vom Turgor.

**Turgor.** Der Turgor ist der Druck, den das Zellsaftvolumen auf die Zellwand ausübt, er wird durch Wasseraufnahme und -abgabe beeinflusst. Der Turgor verleiht unverholzten Pflanzenzellen und Einzellern ohne Stützeinrichtungen Stabilität (■ Aufrichten welkender Zweige bei Wasserzufuhr).

**Plasmolyse.** Plasmolyse ist das Abheben des Protoplasten von der Zellwand infolge osmotischen Wasseraustritts aus der Vakuole, wenn sich die Zelle in hypertonischer Umgebung befindet (Konzentration der Wassermoleküle in der Zelle höher als in der Umgebung der Zelle), sie wird aufgehoben, wenn die Zelle in hypotonische Umgebung gelangt.



## Evaporation und Transpiration

Evaporation ist die passive Wasserabgabe bei Pflanzen, die durch das Wassersättigungsdefizit der Außenluft gegenüber der Interzellularluft der Pflanzen bewirkt wird. Sie erfolgt bei Pflanzen vor allem durch die Spaltöffnungen der Blätter, in geringem Maße durch die Kutikula.

Transpiration ist die regulierte Evaporation. Die Transpiration wird durch die Spaltöffnungen reguliert. Sie ist vor allem von der Temperatur und vom Wassergehalt der Luft abhängig.

**Transpirationssog.** Der Transpirationssog ist die Folge der Wasserdampf-abgabe durch die Spaltöffnungen an die Umwelt; dabei sinkt der Turgor in den Zellen von Landpflanzen, aus den umgebenden Zellen und den Gefäßen wird durch Osmose Wasser nachgezogen. Im Wasser gelöste Stoffe können so durch die ganze Pflanze transportiert werden (Transpirationssstrom).

↗ Turgorbewegungen der Schließzellen, S. 153

## Stofftransport durch das Blut

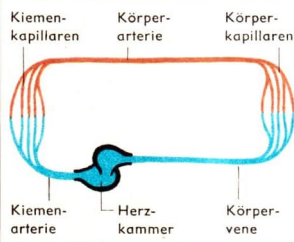
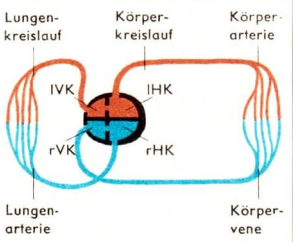
Eine wichtige Funktion des Blutes ist die Transportfunktion. Blut transportiert

- – Glukose, Fette, Lipide, Stickstoffverbindungen und, besonders nach Muskelarbeit, Milchsäure als im Blutplasma gelöste Stoffe,
- Hormone, Enzyme, Metall-Ionen und Kohlendioxid als an Plasmaeiweiß gebundene Stoffe,
- Sauerstoff als an Hämoglobin (Blutfarbstoff) gebundenen Stoff,
- Wärme.

Die zu transportierenden Stoffe gelangen durch Diffusion aus den Zellen in das Blut beziehungsweise aus dem Blut in die Gewebe.

## Blutkreislauf

Der Blutkreislauf ist der Umlauf des Transportmittels Blut in den Blutgefäßen. Er beruht auf der Pumpbewegung von kontraktile Abschnitten des Gefäßsystems. Entsprechend der Ausbildung offener oder geschlossener Blutgefäßsysteme sind auch die Blutkreisläufe als offene oder geschlossene Kreisläufe ausgebildet. Höherentwickelte Wirbeltiere (■ Lurche, Kriechtiere, Vögel, Säuger) haben in Verbindung mit der Ausbildung von Lungen einen doppelten geschlossenen Blutkreislauf (Körperkreislauf, Lungenkreislauf).

| Einfacher geschlossener Blutkreislauf bei Knochenfischen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Doppelter geschlossener Blutkreislauf bei Säugetieren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Das sauerstoffreiche (arterielle) Blut fließt nach Passieren der Kiemenkapillaren unter nur geringem Druck in den Körper. Der nur träge Blutkreislauf führt zu relativ geringer Sauerstoffversorgung der Organe, die zusammen mit dem fehlenden Wärmeschutz durch die Haut Ursachen für die wechselwarme Körpertemperatur sind.</p> |  <p>Das sauerstoffreiche (arterielle) Blut fließt nach Passieren der Lungenkapillaren zur linken Herzhälfte und wird von dort direkt mit großem Druck in den Körper gepumpt. Die gute Versorgung des Körpers mit Sauerstoff und die isolierende Körperbedeckung sind Voraussetzungen für die gleichwarme Körpertemperatur.</p> |

- ↗ Blutkreislauf der Wirbeltiere, S. 85
- ↗ Blutgefäßsysteme, S. 124

### 6.6.2. Stoffausscheidung

#### Allgemeines

Stoffwechselendprodukte werden von den Organismen in der Regel ausgeschieden, seltener werden sie in Vakuolen oder Interzellularen gespeichert. Die Ausscheidung erfolgt über die gesamte Oberfläche der Organismen oder durch bestimmte Organe. Bei den ausgeschiedenen Stoffen wird zwischen Exkreten und Sekreten unterschieden.

**Exkrete.** Exkrete sind Endprodukte der Dissimilation, die für den Organismus unverwertbar oder giftig sind (■ Harn, Kohlendioxid).

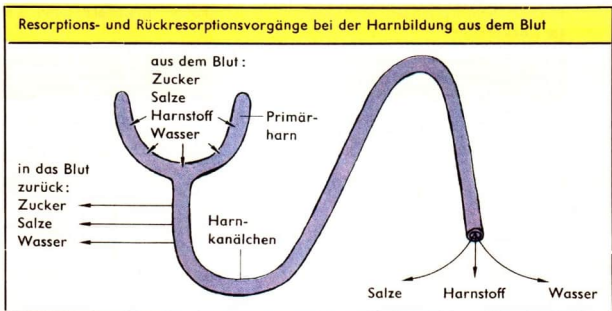
**Sekrete.** Sekrete sind Endprodukte der Assimilation, die für den Organismus eine bestimmte Funktion haben (■ Enzyme, Nektar).

### Stoffwechselendprodukte bei Pflanzen

| Stoffwechselendprodukt | Ausscheidungs- oder Speicherorgan              |
|------------------------|------------------------------------------------|
| Kohlendioxid           | Spaltöffnungen; Oberfläche von Wurzeln, Samen; |
| ätherische Öle         | Drüsenhaare (■ bei Lippenblütengewächsen);     |
| Harze                  | Harzgänge (■ bei Nadelbäumen)                  |
| Kautschuk              | Milchröhren (■ bei Wolfsmilchgewächsen,        |
|                        | Mohngewächsen, Korbblütengewächsen)            |
| Gerbstoff              | Kernholz (■ bei Eiche)                         |
| Säuren (■ Kohlensäure) | Wurzeln                                        |
| Nektar                 | Nektardrüsen im Blütenbereich                  |
| Verdauungsenzym        | Drüsen auf Blattflächen (■ bei Sonnentau)      |

### Harnausscheidung bei Wirbeltieren

Bei Tieren sind in der Regel spezifische Ausscheidungsorgane oder Organelle vorhanden. Wichtigste Ausscheidungsorgane bei Wirbeltieren sind die Nieren. Nierenkörperchen filtern aus dem Blutplasma den Primärharn heraus, der vor allem aus Wasser, Glukose, Natriumchlorid und Harnstoff besteht. Durch Rückresorption gelangen die Stoffe, die der Körper wieder verwenden kann (■ Glukose, Wasser, Salze), aus den Harnkanälchen ins Blut zurück. Der Harn gelangt dann über Nierenbecken und Harnleiter in die Harnblase. Die Ausscheidung erfolgt über die Harnröhre.



## Bedeutung der Stoffausscheidung

Die Stoffausscheidung hat für den Organismus mehrfache Bedeutung:

- Entgiftung des Organismus (■ Abgabe von Harnstoff),
- Entlastung des Stoffwechsels (■ Abgabe nicht verwertbarer Stoffe),
- Aufrechterhaltung der Ionenkonzentration (■ Abgabe von Wasser),
- Regulierung des Turgors.

### 6.6.3. Stoffspeicherung

#### Allgemeines

Im Stoffwechsel vorübergehend nicht genutzte Stoffe können gespeichert werden. Sie werden bei Bedarf wieder in den Stoffwechsel einbezogen, stellen also eine Stoffreserve dar.

#### Stoffspeicherung bei Pflanze und Tier

Die kurzfristige Zwischenspeicherung von Stoffen kann in allen Zellen erfolgen. Bei zahlreichen höher entwickelten Organismen haben sich darüber hinaus besondere Speichergewebe und -organe entwickelt. Speicherstoffe sind Fette, Stärke und Eiweiße und einige Produkte des Nebenstoffwechsels. Eine besondere Rolle spielt die Speicherung von Nährstoffen im Samen; sie dienen der Ernährung der Keimpflanze bis zur Ausbildung grüner Blätter.

↗ Wurzelumbildungen, S. 156 f.

↗ Umbildung der Sproßachse, S. 160

#### Bedeutung der Speicherstoffe für den Menschen

Von vielen Pflanzen und Tieren nutzt der Mensch die Speicherstoffe. Bei zahlreichen Kulturpflanzen ist die Ausbildung großer Speicherorgane Zuchtziel (■ Zuckerrübe).

| Speicherstoffe bei Tieren |                     | Speicherstoffe bei Pflanzen |                        |
|---------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| Ort der Speicherung       | gespeicherter Stoff | Ort der Speicherung         | gespeicherter Stoff    |
| Leber                     | ■ Glykogen          | Wurzel                      | ■ Saccharose           |
| Unterhaut                 | Fette               | Sproßachse                  | Saccharose, Stärke     |
| weibliche Gameten         | Fette, Eiweiße      | Samen                       | Stärke, Eiweiße, Fette |
|                           |                     | Blätter                     | Glukose                |

## 7.1. Reizbarkeit

### Allgemeines

Reizbarkeit ist die Eigenschaft des Protoplasmas jeder lebenden Zelle, auf Zustandsänderungen der Umwelt mit einer Reaktion zu antworten. Zur Reizbarkeit gehören beim Menschen und bei vielen Tieren: Reiz, Reizaufnahme, Erregung, Erregungsleitung, Erregungsverarbeitung und Reaktion.

Reizbarkeit äußert sich bei Pflanzen in der Regel wesentlich weniger differenziert als bei tierischen Organismen.

↗ Reizbeantwortung bei Pflanzen, S. 233

### Reize

Reize sind Einwirkungen auf die Zelle durch Veränderung des Energiegleichgewichts in ihrer Umwelt (■ Licht, Druck, Körpertemperatur, Muskelspannung). Reize aktivieren durch die Zufuhr oder den Entzug geringer Energiemengen den Stoffwechsel der Zelle so, daß er die für die Erregung der Zelle nötige Energie liefert.

**Reizarten.** Die Reize sind physikalischer oder chemischer Natur:

- optische Reize (Licht),
- akustische Reize (Schall),
- thermische Reize (Abkühlung oder Erwärmung),
- mechanische Reize (Druck, Beschleunigung und Lageveränderung des Körpers),
- chemische Reize (gasförmige oder flüssige Stoffe).

**Adäquater Reiz.** Der adäquate Reiz ist ein der Sinneszelle entsprechender Reiz, das heißt, die Sinneszelle ist auf eine bestimmte Reizart spezialisiert. Beim Einwirken eines adäquaten Reizes führt eine sehr geringe Energiemenge zur Erregungsauslösung. (■ Lichtsinneszellen werden durch geringe Lichtenergiemengen erregt.)

**Inadäquater Reiz.** Der inadäquate Reiz ist ein der Sinneszelle nicht entsprechender Reiz. Der inadäquate Reiz löst nur in manchen Fällen eine Erregung aus. Um die Erregung auszulösen ist eine wesentlich höhere Energiemenge als bei adäquaten Reizen erforderlich. (■ Lichtsinneszellen werden durch große Druckenergiemengen erregt.)



**Schwellenwert.** Der Schwellenwert ist die Energiemenge eines Reizes, die gerade noch Sinneszellen erregt. Er wird gebildet aus dem Produkt von Reizdauer und Reizintensität.

| Schwellenwerte bei adäquaten Reizen für einige Sinnesorgane des Menschen |                      |                                    |                                       |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Berührung                                                                | 0,1                  | erg                                |                                       |
| Ohr                                                                      | $5 \cdot 10^{-11}$   | erg                                |                                       |
| Auge                                                                     | $2 \cdot 10^{-20}$   | erg                                |                                       |
| Geruch                                                                   | $4,4 \cdot 10^{-14}$ |                                    | g/cm <sup>3</sup> Luft<br>(Merkaptan) |
| Geschmack                                                                | $1 \cdot 10^{-6}$    |                                    | g/cm <sup>3</sup><br>(Saccharin)      |
| Schmerz                                                                  | $4,8 \cdot 10^{-9}$  | $\frac{\text{erg}}{\text{s cm}^2}$ | (Wärmereizung)                        |

**Reizsummation.** Reizsummation ist die Aufeinanderfolge unterschwelliger Reize, die zum Überschreiten des Schwellenwertes und zur Erregungsauslösung führt.

**Reizadaptation.** Reizadaptation ist das Abklingen der Reizwirkung (Reaktion) bei lange anhaltender Reizdauer.

## Sinne

Sinn ist die Fähigkeit der Rezeptoren (Sinneszellen), adäquate Reize aufzunehmen und dem Organismus Eindrücke von der Umwelt zu vermitteln.

- Beim Menschen entstehen über die Sinnesempfindungen im Gehirn getreue Abbilder der Wirklichkeit.

| Lokalisation und Leistung der Sinne |                                                                 |                                                                                 |                                                                                          |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sinn                                | Reiz                                                            | Lokalisation der Rezeptoren                                                     | Empfindung                                                                               |
| Gesichtssinn                        | optische Reize                                                  | Epidermis (■ Regenwurm),<br>Netzhaut des Auges (■ Mensch)                       | Helligkeitssehen,<br>Farbsehen,<br>Richtungs- und<br>Bewegungssehen,<br>räumliches Sehen |
| Gehörsinn                           | akustische Reize                                                | Beine (■ Heuschrecke)<br>Innenohr (■ Mensch)                                    | Hören von Tönen                                                                          |
| Lage- und Bewegungssinn             | mechanische Reize (Lageveränderung des Körpers, Beschleunigung) | Epidermis (■ Flußkrebs)<br>Vorhofsäckchen und Bogengänge im Innenohr (■ Mensch) | Körperhaltung,<br>Lage des Körpers,<br>Bewegung,<br>Gleichgewicht                        |

| Lokalisation und Leistung der Sinne |                                       |                                                                                   |                                                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Sinn                                | Reiz                                  | Lokalisation der Rezeptoren                                                       | Empfindung                                                            |
| Geruchssinn                         | chemischer Reiz (gasförmige Stoffe)   | Antennen (■ Mai-käfer)<br>Riechschleimhaut der Nase (■ Mensch)                    | Geruch: blumig, würzig, brennig, fruchtig, ätherisch, faulig (Mensch) |
| Geschmacks-sinn                     | chemischer Reiz (flüssige Stoffe)     | Lippentaster (■ Biene),<br>Geschmacksknospen der Zunge und des Gaumens (■ Mensch) | Geschmack: süß, salzig, sauer, bitter (■ Mensch)                      |
| Temperatur-sinn                     | thermischer Reiz                      | Wärme- und Kälte-punkte in der Haut (■ Mensch)                                    | Wärme- und Kälte-empfindung                                           |
| Tast- und Drucksinn                 | mechanischer Reiz (Berüh-rung, Druck) | Tast- und Lamellen-körperchen in der Haut (■ Mensch)                              | Tast- und Druck-empfindung, Empfindung der Spannungsänderung der Haut |
| Schmerzsin                          | alle Reizarten                        | freie Nerven-endigungen in der Haut und in inneren Organen (■ Mensch)             | Schmerzempfindung                                                     |

↗ Sinnessystem, S. 137 ff.    ↗ Rezeptoren, S. 137

## Lichtsinn bei Wirbeltieren

Der Lichtsinn wird bei Wirbeltieren durch Sinneszellen im Auge realisiert.

## Auge der Wirbeltiere

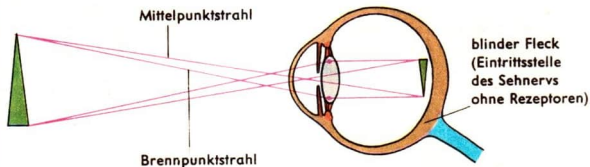
Die Linsenaugen der Wirbeltiere sind differenziert ausgebildete Lichtsinnesorgane. Die Leistungsfähigkeit ihrer Rezeptoren wird durch Hilfseinrichtungen erhöht. **Sehvorgang.** Die von einem beleuchteten Gegenstand reflektierten Lichtstrahlen werden durch Hornhaut und Linse gebrochen. Im Gebiet des gelben Fleckes, der Stelle des schärfsten Sehens, entsteht ein umgekehrtes, reelles, verkleinertes Bild.

↗ Teile des Wirbeltierauges und ihre Funktion, S. 139

**Räumliches Sehen.** Räumliches Sehen beruht auf folgenden Fakten:

- unterschiedliche Abbildung eines Gegenstandes durch beide Augen,
- Abnahme der Licht- und Farbintensität weiter entfernter Gegenstände,
- unterschiedliche Größe des auf der Netzhaut entstehenden Bildes weiter entfernter und näher liegender Gegenstände.

#### Bildentstehung im Auge

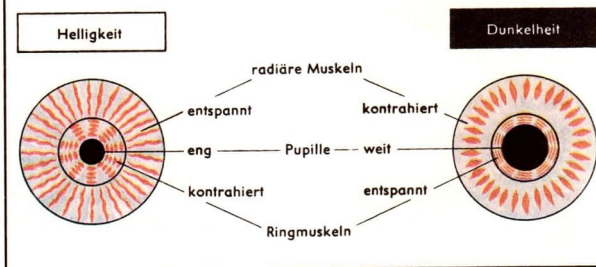


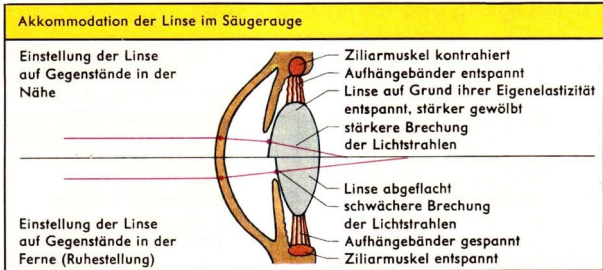
#### Anpassungen des Auges

**Netzhautadaptation.** Adaptation der Netzhaut ist die Anpassung ihrer Rezeptoren (Stäbchen, Zapfen) an unterschiedliche Lichtintensität und Lichtqualität. Im dunkeladaptierten Auge enthalten die Stäbchen Sehpurpur, der bei Lichteinfall abgebaut wird. Das führt zur Empfindung von Helligkeitsunterschieden. Im helladaptierten Auge ist der Sehpurpur in den Stäbchen abgebaut, und die farbempfindlichen Zapfen werden erregt.

**Pupillenadaptation.** Adaptation der Pupille ist die Anpassung an unterschiedliche Lichtintensität durch Änderung der Pupillenweite.

#### Pupillenadaptation





**Akkommodation.** Akkommodation ist die Anpassung des Auges an unterschiedliche Entfernung der Gegenstände durch Veränderung des Abstandes der Linse von der Netzhaut (■ Fische) oder durch Änderung der Linsenkrümmung durch Kontraktion oder Erschlaffung des Ziliarmuskels (■ Säuger).

### Funktionsstörungen des Auges

Funktionsstörungen des Wirbeltierauges haben meist ihre Ursache in Abweichungen der Länge der Augenachse oder der Brechkraft der Linse.

| Funktionsstörungen der Augen und deren Korrektur beim Menschen |                                                                                                                         |                                               |  |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--|
| Sehstörung                                                     | Ursache                                                                                                                 | Korrektur                                     |  |
| Kurzsichtigkeit (angeboren)                                    | Augapfel zu lang, entferntere Gegenstände werden unscharf abgebildet                                                    | Brille mit Konkavgläsern (Zerstreuungslinsen) |  |
| Übersichtigkeit (angeboren)                                    | Augapfel zu kurz, nahe, kleine Gegenstände (Schrift) werden unscharf abgebildet                                         | Brille mit Konvexgläsern (Sammellinsen)       |  |
| Alters- oder Weitsichtigkeit                                   | Linse verliert ihre Elastizität und wölbt sich nicht mehr genügend, nahe, kleine Gegenstände werden unscharf abgebildet | Brille mit Konvexgläsern (Sammellinsen)       |  |

↗ Lichtsinnesorgane, S. 137

## 7.2. Erregung und Erregungsleitung

### Erregung

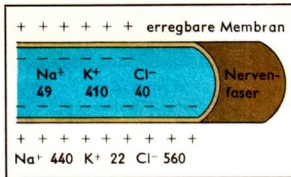
Erregung ist die typische Antwort erregbarer Strukturen auf Reize aus ihrer Umwelt. Erregbar sind alle lebenden Zellen, besonders aber Nerven-, Sinnes- und Muskelzellen. Erregungen äußern sich in der Änderung der Ionenverteilung zwischen Zellinnerem und Zelläußerem, die zum Zusammenbruch des Ruhepotentials führt.

**Abgestufte örtliche Erregung.** Die Erregung bleibt auf den Ort ihrer Entstehung beschränkt. Je nach der Reizintensität kommt es zu einer mehr oder weniger starken Änderung der Ionenverteilung, die sich im Reizfolgepotential äußert (■ bei Synapsen).

**Explosive fortgeleitete Erregung.** Die explosive Erregung tritt nach Überschreiten des Reizschwellenwertes auf. Durch Auslösen eines Aktionspotentials induziert sie in der benachbarten Membran eine gleichartige Erregung (■ bei Nervenfasern).

### Ruhepotential

Das Ruhe- oder Membranpotential ist das meßbare Potential nichterregter Zellen. Die ungleiche Verteilung von Ionen außerhalb und innerhalb der Membran wird unter Verbrauch von ATP-Energie aufrechterhalten.



Vergleich der Ionenverteilung zwischen dem Inneren und Äußeren einer Nerven-faser, angegeben in  $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$

**Reizfolgepotential.** Reizfolgepotential ist die je nach Reizstärke unterschiedlich veränderte Spannung einer örtlichen Erregung.

### Aktionspotential

Das Aktionspotential ist eine Potentialveränderung bei der Leitung von Erregungen. Durch einen überschwelligen Reiz wird eine vorübergehende stärkere Durchlässigkeit der Membran für Natrium-Ionen hervorgerufen. Das rasche Einströmen von Natrium-Ionen hat eine Umladung der Membran zur Folge: Membraninneres mit positiver, Membranäußeres mit negativer Ladung. Die plötzliche Ionenwanderung ist ein energiefreisetzender Prozeß.

Zur Wiedererreichung des Ruhepotentials wird unter Energiebindung die ursprüngliche Ionenverteilung hergestellt.

## Erregungsleitung

Die Erregungsleitung wird ausgelöst durch explosive Erregungen, sie verläuft stets in einer Richtung, da die Membran nach jeder Erregung kurzfristig nicht erregbar ist und damit eine Umkehrung der Erregungsleitung verhindert. Die Erregungsleitung erfolgt in sensiblen Nerven von den Rezeptoren zum Zentralnervensystem und in den motorischen Nerven vom Zentralnervensystem zu den Effektoren.

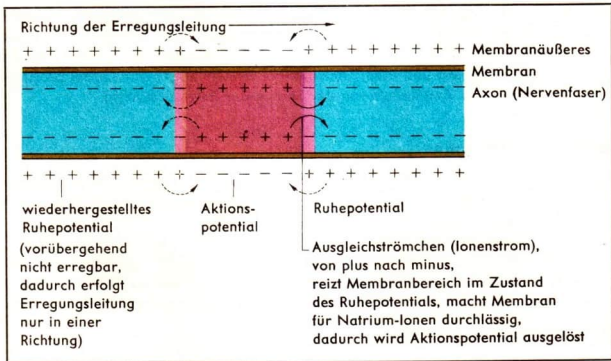
### Geschwindigkeit der Erregungsleitung

|                             |                                                                            |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| marklose Fasern (Pferd)     | $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$                                          |
| markhaltige Fasern (Pferd)  | $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$                                         |
| markhaltige Fasern (Mensch) | $80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ |

↗ Nervensystem, S. 143

## Gleitende Erregungsleitung

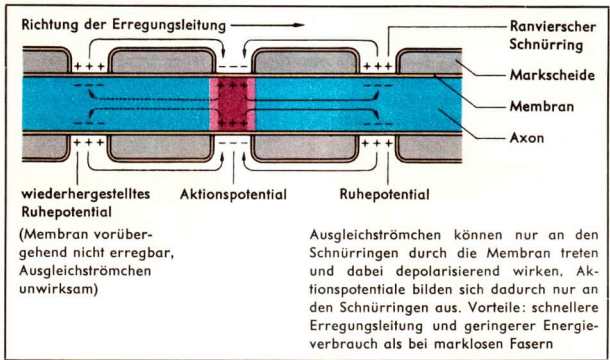
Gleitende Erregungsleitung tritt bei marklosen Nervenfasern auf. Entlang der Nervenfaser pflanzt sich die Erregungswelle kontinuierlich als Aufeinanderfolge von Aktionspotentialen fort.



## Sprunghafte Erregungsleitung

Sprunghafte Erregungsleitung tritt bei markhaltigen Nervenfasern auf. Infolge der isolierenden Wirkung der Markscheide pflanzt sich die Erregungswelle nicht kontinuierlich entlang der Nervenfaser fort, sondern sprunghaft von Schnürring zu Schnürring.





## Kodierung der Information

Die Kodierung einer Information an das Zentralnervensystem erfolgt durch Modulation der Impulsfrequenz. Durch Einwirkung eines überschwelligen Reizes (■ auf ein Lamellenkörperchen) erhöht sich die Durchlässigkeit der Rezeptormembran für Natrium-Ionen. Rhythmisch aufeinanderfolgende Aktionspotentiale werden ausgelöst und dem Zentralnervensystem zugeleitet. Dabei ist die Anzahl der Impulse je Zeiteinheit von der Stärke der Reize abhängig.

## Erregungsübertragung

Die Erregungsübertragung ist die Weitergabe der Erregung zwischen Neuronen (Nervenzellen) beziehungsweise von einem Neuron auf einen Effektor. Die Stellen der Erregungsübertragung sind die Synapsen.

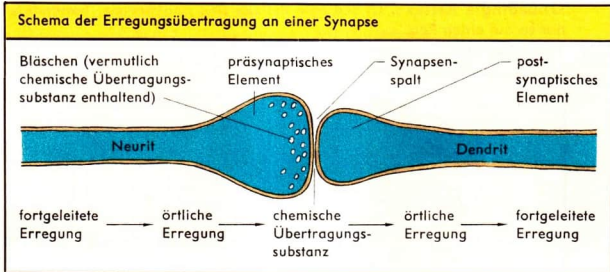
Die Erregungsübertragung erfolgt in der Regel durch chemische Stoffe (■ Noradrenalin, Azetylcholin), die als Überträgersubstanz aus den synaptischen Bläschen abgegeben werden, durch den Synapsenspalt zur Membran des postsynaptischen Elements diffundieren und dort eine Erregung hervorrufen können.

↗ Nervenzelle, S. 143 f.

## Synapsen

Synapsen sind Stellen der Erregungsübertragung. Sie regeln die Weitergabe der Erregung. In der Regel wird nur beim Eintreffen mehrerer Erregungen die Membran des postsynaptischen Elements erregt.

Bei Überbeanspruchung der Synapsen (■ Reizüberflutung) erschöpft sich der Vorrat an Überträgersubstanz, und eine Weitergabe der Information unterbleibt.



## 7.3. Erregungsverarbeitung und Reaktion

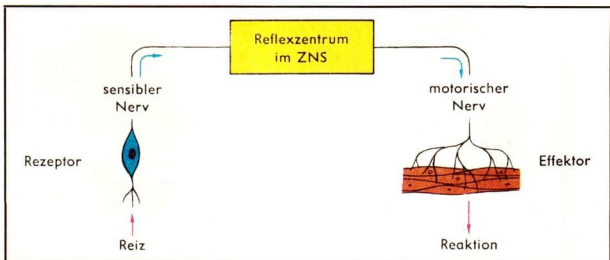
### 7.3.1. Reizbeantwortung bei Tieren

#### Allgemeines

Die reizaufnehmenden Organe der meisten Tiere stehen durch das Nervensystem mit den reizbeantwortenden Organen in Verbindung. Dabei verarbeitet bei höheren Tieren und beim Menschen vor allem das Zentralnervensystem (Gehirn, Rückenmark) die Erregungen und leitet sie entsprechend ihrer Bedeutung für den Organismus bestimmten Effektoren (Erforgsorganen) zu, die den Reiz durch eine Reaktion beantworten.

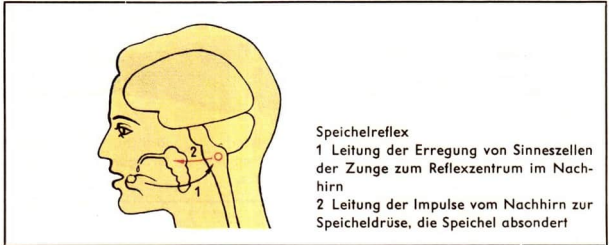
#### Reflexe

Reflexe sind unwillkürliche Reaktionen auf einen Reiz, sie laufen in Reflexbögen ab:



**Unbedingte Reflexe.** Unbedingte Reflexe sind angeborene, beständige Reaktionen auf einen Reiz.

■ Saug-, Schluck-, Speichelreflex

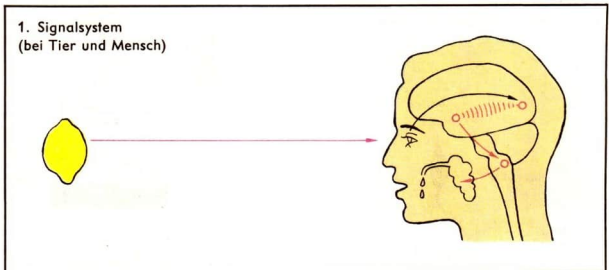


**Bedingte Reflexe (1. Signalsystem).** Bedingte Reflexe sind erworbene, unbeständige Reflexe auf ein Signal. Sie sind an die Funktion der Großhirnrinde gebunden. Ihre Gesamtheit nannte PAWLOW das erste Signalsystem.

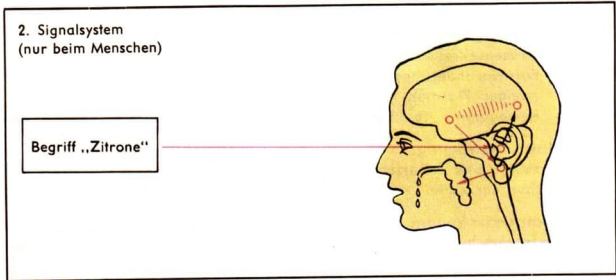
Entstehung eines bedingten Reflexes:

- Durch Betrachten einer unbekannten Speise entsteht ein Erregungsherd im Sehzentrum des Großhirns,
- die Speise im Mund führt zur Speichelabsonderung. Außerdem entsteht ein Erregungsherd im Geschmackszentrum des Großhirns,
- bei mehrfacher Wiederholung des Sehens und Schmeckens der Speise kommt es zu einer zeitweisen Verbindung beider Erregungsherde,
- nun löst das Betrachten der Speise (Signal) bereits die Absonderung des Speichels aus.

Bedingte Reflexe beruhen auf einem Hineinschalten von Fremdreizen in bestehende angeborene Reflexkreise. Der Ablauf des erworbenen Funktionskreises wird gespeichert.

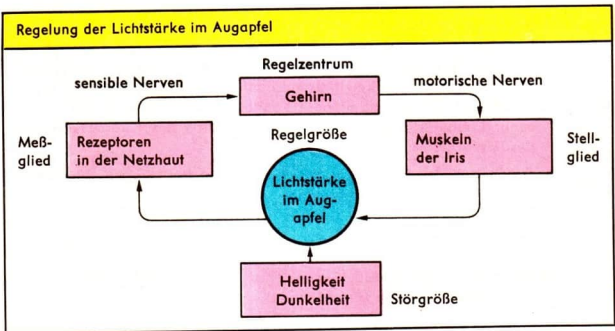


**Zweites Signalsystem des Menschen.** Das 2. Signalsystem ist nur beim Menschen ausgebildet; es ist das System der Sprache und des Denkens. Der Mensch entwickelt mit der Sprache sekundäre Signale in Form gesprochener oder geschriebener Wörter als Abstraktionen der primären Signale, auf die er reagiert. Seine Reaktionen werden also nicht nur durch Dinge oder Vorgänge der Umwelt ausgelöst. Das zweite Signalsystem befähigt den Menschen zu denken, seine Gedanken auszutauschen, planmäßig zu handeln und zu arbeiten.



**Biologischer Regelkreis.** Die Regelung von Körperfunktionen erfolgt in Regelkreisen. Der einfache Reflexbogen ist nur ein Teil eines biologischen Regelkreises. Regelung setzt Rückkopplung voraus, das heißt, Tätigkeiten der Effektoren haben Rückmeldungen im Zentralnervensystem zur Folge.

■ Regelung der Körpertemperatur, des Kohlendioxidgehaltes im Blut oder des Blutzuckerspiegels



↗ Pupillenadaptation, S. 224

## Reaktion

Reaktion ist die Beantwortung eines Reizes, der eine Erregung und Erregungsleitung ausgelöst hat. Reaktionen können mehr oder weniger unabhängig von der Reizart gleichförmig (■ Hohltiere, Pflanzen) oder abhängig von der auslösenden Reizart unterschiedlich verlaufen.

## Reaktionen bei Tieren

Hauptsächliche Reaktionen bei Tieren sind:

- Drüsensekretionen (■ Speichelabsonderung der Speicheldrüsen),
- Formveränderungen (■ Änderung der Zellform bei Protozoen durch strömendes Plasma),
- Bewegungen (■ Plasmabewegung, Flimmerbewegung, Muskelbewegung).

**Plasmabewegung.** Plasmabewegung ist in allen Zellen nachweisbar. Bei einigen Einzellern und Zellarten (■ Amöben, weiße Blutkörperchen) führt sie zum Ortswechsel der Zelle.

**Flimmerbewegung.** Flimmerbewegungen durch bewegliche Zellfortsätze treten in verschiedenen Geweben und bei einigen Organismenarten auf. Sie dienen der Fortbewegung (■ bei Pantoffeltierchen) oder dem Transport von Stoffen (■ Nährstoffe zu Orten des Verbrauchs, Fremdkörper zu Orten der Ausscheidung).

## Muskelbewegung

Muskelbewegung ist die Reaktion von Muskelzellen auf eine Erregung durch einen motorischen Nerv. Sie äußert sich in der Kontraktion der Myofibrillen in der Muskelzelle. Der kurze Zeitraum zwischen Reizeinwirkung und Reaktion ist die Latenzzeit.

Es gibt folgende Muskelbewegungen

- Einzelzuckung: kurze Kontraktion von 0,01 bis 0,2 s Dauer (Lidschlag)
- Tetanus: Dauerkontraktion als Ergebnis schnell aufeinander folgender Reize (■ Kontraktion der Skelettmuskeln bei Bewegungen, Sport, Arbeit)
- tetanischer Tonus: anhaltender Spannungszustand durch kontinuierliche Erregung einiger Muskelfasern (■ Kontraktion des Kaumuskels zum Halten des Unterkiefers)

Muskelbewegungen können willkürlich (■ Skelettmuskulatur) und unwillkürlich (■ Eingeweidemuskulatur) ablaufen.

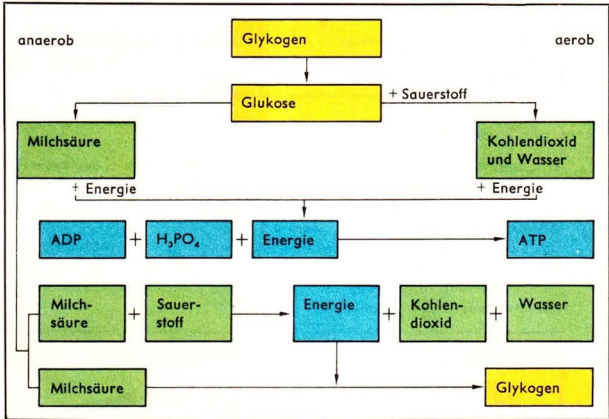
## Chemische Vorgänge bei der Muskelbewegung

Die Muskelbewegung läuft in zwei Phasen ab, der Arbeitsphase (Kontraktion) und der Erholungsphase (Erschlaffung).

**Arbeitsphase.** Die Kontraktion kommt durch ein gleitendes Ineinanderschieben der Muskeleiweiße Myosin und Aktin zustande. Die dabei erforderliche Energie

ist ATP-Energie. Sie wird vor allem aus dem Abbau von Glykogen über die Atmungskette unter Sauerstoffverbrauch freigesetzt (aerober Weg). Steht dafür nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung, erfolgt der Abbau teilweise durch Gärung bis zur Milchsäure (anaerober Weg).

**Erholungsphase.** Die während der Arbeitsphase entstandene Milchsäure wird zum Teil zu Kohlendioxid und Wasser oxydiert, dabei freigesetzte Energie wird zum Teil als ATP-Energie aufgefangen, zum Teil wird sie beim Aufbau von Glykogen aus dem Rest der Milchsäure gebunden.



**Muskelermüdung.** Reichern sich die Abbauprodukte Milchsäure, Kohlendioxid und Phosphorsäure im Muskel an und werden nicht schnell genug vom Blut abtransportiert, ermüdet der Muskel. Bei starker Belastung nichttrainierter Muskeln führt die Anreicherung der Abbauprodukte zum schmerzhaften „Muskelkater“.

↗ Bewegungssystem, S. 109; ↗ Atmungskette, S. 207

### 7.3.2. Reizbeantwortung bei Pflanzen

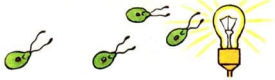
#### Allgemeines

Pflanzen haben keine Sinnesorgane; erregungsleitende Strukturen und Reaktionsorgane (Bewegungsorgane) sind nur schwach oder gar nicht ausgebildet. Die Beantwortung von Reizen verläuft in der Regel – unabhängig von der Art des auslösenden Reizes – als Bewegung, die auf Geißelschlag, Wachstumsvorgängen oder Turgoränderungen beruhen kann.



## Taxien

Taxien sind freie Ortsbewegungen durch Geißelschlag, deren Richtung durch den auslösenden Reiz bestimmt wird.

| Phototaxis                                                                                                                     | Chemotaxis                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Grüne Geißelalgen schwimmen zum Licht</p> |  <p>Spermatozoiden von Moosen schwimmen zu den Archegonien, die Zuckerlösung absondern</p> |

## Wachstumsbewegungen

Wachstumsbewegungen sind Krümmungsbewegungen, die in der Regel auf einer Änderung der Polarität der Zelle gegenüber dem Transport des Wachstoffs Auxin beruhen. Wachstumsbewegungen treten nur an wachsenden Pflanzenteilen auf, sie laufen relativ langsam ab.

Die Richtung der Krümmung kann unabhängig von der Richtung des auslösenden Reizes sein (Nastien, ■ Öffnungs- und Schließbewegungen von Blüten bei Temperaturänderung), oder sie kann von der Richtung des auslösenden Reizes bestimmt werden (Tropismen).

| Phototropismus                                                                                                                                                                                                                                                    | Geotropismus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Durch Änderung der Polarität der Zellen in der Sproßspitze wird Auxin verstärkt an der Schattenseite transportiert, die dadurch stärker als die belichtete Seite wächst.</p> |  <p>Durch Änderung der Zellpolarität reichert sich Auxin an der unteren Seite der Pflanze an, das wirkt beim Sproß wachstumsfördernd, bei der Wurzel wachstumshemmend.<br/>Als Rezeptoren des Schwerkraftreizes dienen bestimmte Stärkekörner.</p> |

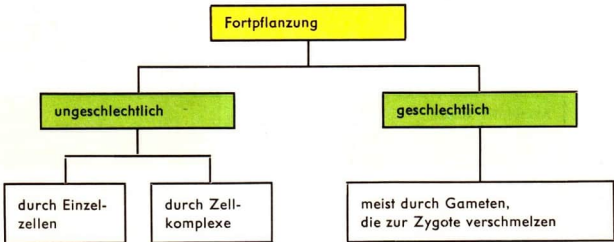
## Turgorbewegungen

Turgorbewegungen werden durch Änderung des Turgors hervorgerufen. Sie laufen in Organen ab, die Gewebe mit unterschiedlicher Saugspannung enthalten (■ Schlafbewegungen bei den Blättern der Bohne). Turgorbewegungen können sehr rasch ablaufen (■ Zusammenklappen der Blätter bei der Venusfliegenfalle in 0,02 bis 0,01 s).

## 8.1. Grundbegriffe

### Fortpflanzung

Fortpflanzung ist die Fähigkeit aller Organismen, artgleiche Nachkommen hervorzubringen. Fortpflanzung ist in der Regel mit Vermehrung verbunden. Bei der Fortpflanzung finden Vererbungsvorgänge statt, die die Erhaltung von Organismenarten über lange Zeiträume gewährleisten sowie die Entstehung neuer Arten ermöglichen.



### Vermehrung

Vermehrung ist die bei der Fortpflanzung erfolgende Erhöhung der Individuenzahl einer Art in der Tochtergeneration gegenüber der Elterngeneration. Der Grad der Vermehrung ist abhängig von den Umweltfaktoren.

↗ Populationsschwankung, S. 323

↗ Reaktion der Organismen auf den Temperaturfaktor, S. 312

### Wachstum

Wachstum ist ein mit Substanz- und Volumenzunahme verbundener nicht umkehrbarer Lebensvorgang, der durch Hormone reguliert wird.

↗ Wachstum bei Pflanzen, S. 258

## Individualentwicklung

Individualentwicklung (Ontogenese) ist die Entwicklung eines Organismus von der befruchteten Eizelle bis zum Tod. Die Ontogenese ist ein nicht umkehrbarer Vorgang.

↗ Phasen der Individualentwicklung, S. 249

## Zellteilung

Zellteilungen sind Voraussetzung für viele Fortpflanzungs-, Entwicklungs- und Wachstumsvorgänge. Bei Zellteilungen entstehen aus einer Zelle zwei oder mehr Zellen, die meist annähernd gleich sind. Zellteilungen beginnen stets mit einer Kernteilung, bei kernlosen Organismen mit der Teilung des Kernäquivalents. Sie können als Mitose oder als Meiose ablaufen.

## Mitose

Mitose ist die Form der Kern- und Zellteilung, bei der genetisch gleiche Zellen entstehen, deren Chromosomensatz dem der Ausgangszelle entspricht. Dabei wird die gleichmäßige Verteilung der Erbanlagen auf die Tochterzellen gewährleistet. Mitotische Teilungen treten bei der Bildung aller Körperzellen und bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung auf. Die Mitose verläuft in mehreren Phasen.

| Ablauf der Mitose                                                                              |                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Phase                                                                                          | Vorgänge                                                                                                                                                                           |
| Prophase      | Sichtbarwerden der Chromosomen, die in zwei Chromatide gespalten sind<br>Auflösung der Kernmembran<br>Teilung der Zentrosomen in tierischen Zellen<br>Bildung des Spindelapparates |
| Meta-phase   | Anordnung der Chromosomen in der Äquatorialebene                                                                                                                                   |
| Anaphase    | Teilung der Zentromere und Auseinanderrücken der Chromatide jedes Chromosoms<br>Transport der Chromatide durch den Spindelapparat an die Pole der Zelle                            |
| Telo-phase  | Auflösung der Spindel<br>Entstehung einer neuen Kernmembran<br>Bildung von zwei Tochterzellen durch Bildung einer neuen Zellmembran oder Durchschnürung                            |

## Meiose

Meiose ist die Form der Kern- und Zellteilung, bei der genetisch ungleiche Tochterzellen mit haploidem (reduziertem) Chromosomensatz entstehen. Durch die Reduktion des Chromosomensatzes wird bei der geschlechtlichen Fortpflanzung die arttypische Chromosomenzahl konstant gehalten. Meiotische Teilungen treten in der Regel bei der Bildung von Keimzellen auf. Die Meiose verläuft in zwei Teilungsprozessen, die beide aus Pro-, Meta-, Ana- und Telophase bestehen.

| Ablauf der Meiose                                                                                   |                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Phase                                                                                               | Vorgänge                                                                                                                                                                                         |
| Prophase I<br>     | Paarung der homologen Chromosomen, von denen jeweils eins mütterlicher und eins väterlicher Herkunft ist<br>Ausbildung der Kernspindel                                                           |
| Metaphase I<br>    | Anordnung der homologen Chromosomenpaare in der Äquatorialebene                                                                                                                                  |
| Anaphase I<br>     | Trennung der Chromosomenpaare, Transport ganzer, aus zwei Chromatiden bestehender Chromosomen an die Pole                                                                                        |
| Telophase I<br>    | Bildung von zwei Tochterzellen                                                                                                                                                                   |
| Prophase II<br>Metaphase II<br>Anaphase II                                                          | Die in der Telophase I gebildeten Tochterzellen durchlaufen eine mitotische Teilung; die Chromatide der Chromosomen beider Tochterzellen weichen auseinander und bilden jeweils einen neuen Kern |
| Telophase II<br> | Entstehung von vier haploiden Kernen beziehungsweise Zellen (Keimzellenbildung, Sporenbildung bei Moosen und Farnen)                                                                             |

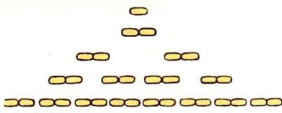
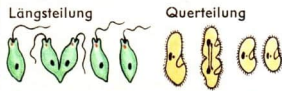
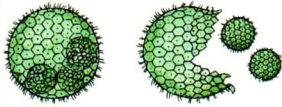
↗ Weitergabe und Verteilung der Erbanlagen, S. 267 ff.

↗ Chromosomensatz, S. 268

## 8.2. Ungeschlechtliche Fortpflanzung

### Allgemeines

Ungeschlechtliche Fortpflanzung ist die Entstehung von Nachkommen aus Zellen eines Organismus ohne Befruchtung. Bei ungeschlechtlicher Fortpflanzung entsprechen die Erbanlagen der Nachkommen völlig denen des Ausgangsorganismus. Die Nachkommen entstehen aus Einzelzellen oder aus Zellkomplexen.

| Formen ungeschlechtlicher Fortpflanzung durch Einzelzellen                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>■ Bakterien</p>                                                                                                                                                                                                | <p><b>Spaltung.</b> Spaltung ist die Zweiteilung kernloser Organismen. Spaltungen können unter günstigen Bedingungen innerhalb einer Stunde mehrmals hintereinander ablaufen.</p>                                                                                                                                              |
|  <p>■ Geißeltierchen ■ Wimpertierchen</p>                                                                                                                                                                          | <p><b>Zellteilung.</b> Kernhaltige einzellige Organismen teilen sich zu zwei selbständigen, neuen Organismen.</p>                                                                                                                                                                                                              |
|  <p>■ Volvox</p>                                                                                                                                                                                                   | <p><b>Bildung von Tochterkugeln.</b> Im Innern einer Zellkolonie bilden sich aus einzelnen Zellen durch wiederholte Teilungen Tochterkugeln, die beim Zerfall der Mutterkugel selbständig werden.</p>                                                                                                                          |
| <p>Sporen stehen frei</p>  <p>■ Pinselschimmel</p> <p>Sporen stehen in Sporenkapseln</p>  <p>■ Köpfchenschimmel, Wurmfarne</p> | <p><b>Sporenbildung.</b> Durch zahlreiche nacheinanderfolgende Zellteilungen entstehen meist viele einzellige Sporen, die zu neuen Organismen heranwachsen können. Sporen stehen frei oder in Sporenkapseln. Sie können gleich oder ungleich ausgebildet sein. Die Sporenbildung der Farne und Moose erfolgt durch Meiose.</p> |

### Formen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Zellkomplexe



■ Süßwasserpolypt

**Knospung.** Vom Elterntier werden Zellkomplexe abgeschnürt, die sich zu neuen Organismen entwickeln. Sie können am Elterntier verbleiben oder sich ablösen.

Ausläufer der Sproßachse



■ Erdbeere

**Ausläufer- und Brutknospenbildung.** Teilungsfähiges Gewebe von Sproßachse, Blättern oder Wurzeln kann sich zu neuen selbständigen Pflanzen entwickeln.

Ausläufer  
der Wurzel



■ Kratzdistel

Ableger  
aus Blättern



■ Begonie

↗ Generationswechsel, S. 245 u. S. 248

## 8.3. Geschlechtliche Fortpflanzung

### Geschlechtliche Fortpflanzung

Geschlechtliche Fortpflanzung ist die Entstehung von Nachkommen aus befruchteten Zellen, die genetisches Material von zwei getrenntgeschlechtigen Organismen oder von zwei unterschiedlichen Keimzellen enthalten. Formen geschlechtlicher Fortpflanzung sind Gametogamie und Konjugation.

### Konjugation

Konjugation ist eine geschlechtliche Fortpflanzungsart, bei der zwei Tiere über eine Plasmabücke wechselseitig je einen Wanderkern austauschen, der aus dem Kleinkern gebildet wird und genetisches Material enthält. Nach Trennung der Tiere kann ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung erfolgen. Die Konjugation zeigt besonders deutlich, daß Fortpflanzung nicht nur der Entstehung von Nachkommen dient, sondern auch der Neukombination elterlicher Erbanlagen. Konjugation kommt bei Wimpertierchen vor.



## Gametogamie

Gametogamie ist die häufigste Form der geschlechtlichen Fortpflanzung. Bei ihr verschmelzen zwei Keimzellen (Gameten) mit einfachem Chromosomensatz zur befruchteten Eizelle (Zygote). Die Erbanlagen beider Gameten werden auf die Nachkommen übertragen.

Nach der Ausbildung der Gameten werden verschiedene Formen der Gametogamie unterschieden.

| Form der Gametogamie                                                                                                                           | Ausbildung der Gameten                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Isogamie</p> <p>■ Kraushaaralge (<i>Ulothrix</i>)</p>      |  <p>Die Gameten sind physiologisch „männlich“ und „weiblich“ differenziert; morphologisch gleich ausgebildet</p> |
| <p>Anisogamie</p> <p>■ Geißelalge (<i>Chlamydomonas</i>)</p>  |  <p>Die Gameten sind physiologisch und morphologisch differenziert, beide sind beweglich</p>                     |
| <p>Oogamie</p> <p>■ Kugelalge (<i>Volvox</i>)</p>             |  <p>♂ Gamet (Spermazelle) meist klein, beweglich<br/>♀ Gamet (Eizelle) groß, unbeweglich</p>                     |

Oogamie ist die verbreitetste Form der Gametogamie bei höher entwickelten Tieren und Pflanzen.

## Geschlechtsverhältnisse

Die Geschlechtsverhältnisse drücken die Fähigkeiten der Organismen zur Ausbildung von gleichartigen oder unterschiedlichen Gameten aus.

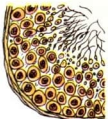
Organismen sind eingeschlechtlich oder zweigeschlechtlich (zwittrig).

| Eingeschlechtlichkeit                                                                                                                                                             | Zweigeschlechtlichkeit                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ein Organismus oder eine Blüte bildet nur männliche oder nur weibliche Keimzellen aus.</p> <p>■ Trichine                      Kiefer<br/>Kohlweißling                Weide</p> | <p>Ein Organismus oder eine Blüte bildet stets weibliche und männliche Keimzellen aus.</p> <p>■ Regenwurm                Kirsche<br/>Weinbergschnecke        Bohne</p> |

Bei eingeschlechtigen Samenpflanzen werden einhäusige und zweihäusige Pflanzen unterschieden.

| Einhäusige Pflanzen                                                                                                                                                           | Zweihäusige Pflanzen                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Männliche und weibliche Blüten stehen auf einer Pflanze</p>  <p>■ Kiefer, Hasel, Mais</p> | <p>Männliche und weibliche Blüten stehen auf zwei verschiedenen Pflanzen</p>  <p>■ Weide, Hopfen, Eibe</p> |

## Bildung von Geschlechtszellen

| Orte der Gametenbildung |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sippe                   | Männliche Gametenbildung                                                                                                                                                                           | Weibliche Gametenbildung                                                                                                                                                                                        |
| Moose<br>Farne          | <p>Antheridien mit Spermatozoiden</p>                                                                             | <p>Archegonien mit Eizellen</p>                                                                                                |
| Samen-<br>pflanzen      | <p>Pollenkorn mit Spermazellen</p>  <p>zwei Spermazellen<br/>vegetative Zelle<br/>(bildet den Pollenschlauch)</p> | <p>Embryosack des Fruchtblatts mit Eizelle</p>  <p>Eizelle mit Gehilfinnen<br/>sekundäre<br/>Embryosackkerne<br/>Antipoden</p> |
| Ringel-<br>würmer       | <p>Hoden (Testes)</p>  <p>Samenkapself<br/>Samenblasen<br/>Hoden<br/>Samentrichter<br/>Samenleiter</p>           | <p>Eierstöcke (Ovarien)</p>  <p>Ovarium<br/>Eihalter<br/>Eileiter</p>                                                         |
| Säuger,<br>Mensch       | <p>Hoden (Testes)</p>  <p>Hodenkanälchen mit Spermien verschiedener Reifegrade</p>                              | <p>Eierstöcke (Ovarien)</p>  <p>Primär-<br/>follikel<br/>Sekundär-<br/>follikel<br/>Tertiär-<br/>follikel</p>                |

Die Bildung von Geschlechtszellen (Gameten) erfolgt bei vielzelligen Organismen in Fortpflanzungsorganen: Gametangien oder Blüten bei Pflanzen, Gonaden bei Tieren.

Geschlechtszellen werden in der Regel durch Meiose gebildet, sie enthalten den haploiden Chromosomensatz.

↗ Generationswechsel, S. 245

↗ Keimdrüsen, S. 133

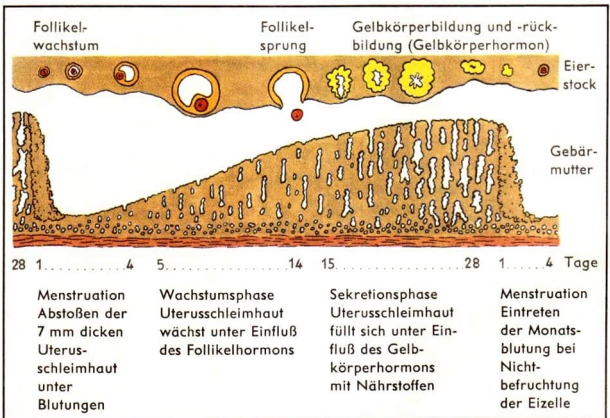
## Bildung der Keimzellen beim Menschen

**Weibliche Keimzellen.** Die weiblichen Keimzellen des Menschen entwickeln sich aus Eianlagen, die während der Embryonalentwicklung in den Eierstöcken (Ovarien) gebildet wurden. Nach Eintritt der Geschlechtsreife werden die Eizellen über mehrere Jahrzehnte (etwa vom 12. bis zum 50. Lebensjahr) einzeln nacheinander reif. Ihre Entwicklung bis zum befruchtungsfähigen Ei umfaßt etwa achtundzwanzig Tage (Menstruationszyklus).

**Männliche Keimzellen.** Die männlichen Keimzellen des Menschen werden nach Eintritt der Geschlechtsreife in den Hoden ständig in großer Anzahl neu gebildet.

## Menstruationszyklus des Menschen

Der Menstruationszyklus umfaßt die Entwicklung des Follikels zur befruchtungsfähigen Eizelle und die damit verbundenen zyklisch ablaufenden Veränderungen der Uterusschleimhaut.



Ist eine Befruchtung erfolgt, bleibt das Abstoßen der Schleimhaut aus, und der Keimling kann sich in der Schleimhaut einnisten.

↗ Geschlechtsorgane, S. 134 und 135

↗ Ontogenese des Menschen, S. 253

## Übertragung der männlichen Geschlechtszellen

Bei niederen Organismen (■ Algen, Hohltiere) schwimmen die männlichen Geschlechtszellen von ihrem Bildungsort zu den weiblichen Geschlechtszellen. Sie sind dabei an das Vorhandensein von freiem Wasser gebunden.

Bei höherentwickelten Organismen (■ Samenpflanzen, Insekten, Säuger) werden die männlichen Geschlechtszellen (Samenzellen) durch Bestäubung oder durch Begattung von ihrem Bildungsort zu den weiblichen Geschlechtsorganen übertragen.

**Begattung.** Begattung ist die Übertragung der tierischen Samenzellen (Spermazellen) zu den weiblichen Geschlechtsorganen. Sie erfolgt meist durch ein Begattungsglied. Die Spermazellen bewegen sich in den weiblichen Geschlechtsorganen aktiv zur Eizelle.

**Bestäubung.** Bestäubung ist die Übertragung der Pollenkörner mit den pflanzlichen Samenzellen aus den Staubblättern der Samenpflanzen zu den Narben der Fruchtblätter (Bedecksamer) oder zu den Samenanlagen (Nacktsamer). Sie kann durch Tiere oder durch den Wind erfolgen.

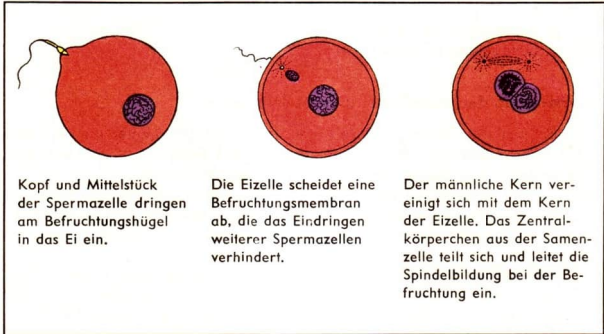
| Formen der Bestäubung                         |                                                   |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Selbstbestäubung                              | Fremdbestäubung                                   |
| Pollen gelangen auf die Narbe derselben Blüte | Pollen gelangen auf die Narbe einer anderen Blüte |

## Befruchtung

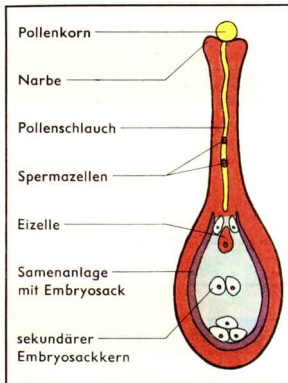
Befruchtung ist die Vereinigung von zwei geschlechtlich differenzierten haploiden Keimzellen zur diploiden Zygote.

| Befruchtungsverhältnisse bei Tieren                                                                                  |                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Äußere Befruchtung                                                                                                   | Innere Befruchtung                                                                                                        |
| Vereinigung der Geschlechtszellen außerhalb der weiblichen Geschlechtsorgane<br>■ bei Fischen und Fröschen im Wasser | Vereinigung der Geschlechtszellen innerhalb der weiblichen Geschlechtsorgane<br>■ bei Vögeln, Säugern, Mensch im Eileiter |

## Befruchtung bei Säugetieren



## Befruchtung bei Bedecktsamern



- Die vegetative Zelle des Pollenkorns bildet den Pollenschlauch. Beide Spermazellen gelangen durch den Pollenschlauch zur Samenanlage
- Verschmelzung einer Spermazelle mit der Eizelle, Bildung der Zygote
- Verschmelzung der anderen Spermazelle mit dem sekundären Embryosackkern

↗ Bedecktsamer, S. 43 ff.

**Doppelte Befruchtung.** Doppelte Befruchtung ist die Vereinigung der Eizelle und des sekundären Embryosackkerns mit je einer Spermazelle aus dem gleichen Pollenkorn. Sie kommt nur bei Bedecktsamern vor.

↗ Fortpflanzungs- und Verbreitungsorgane, S. 166 ff.

## 8.4. Generationswechsel

### Generationswechsel

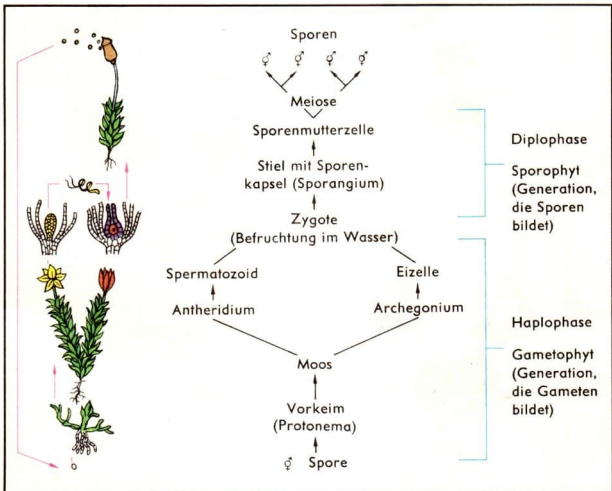
Generationswechsel ist die Aufeinanderfolge einer geschlechtlichen und einer oder mehrerer ungeschlechtlichen Generationen einer Art. Meist ist der Generationswechsel mit einem Kernphasenwechsel verbunden.

**Kernphasenwechsel.** Kernphasenwechsel ist der Wechsel von der Haplophase (haploider Chromosomensatz der Kerne) zur Diplophase (diploider Chromosomensatz der Kerne) durch die Befruchtung.

### Generationswechsel bei Pflanzen

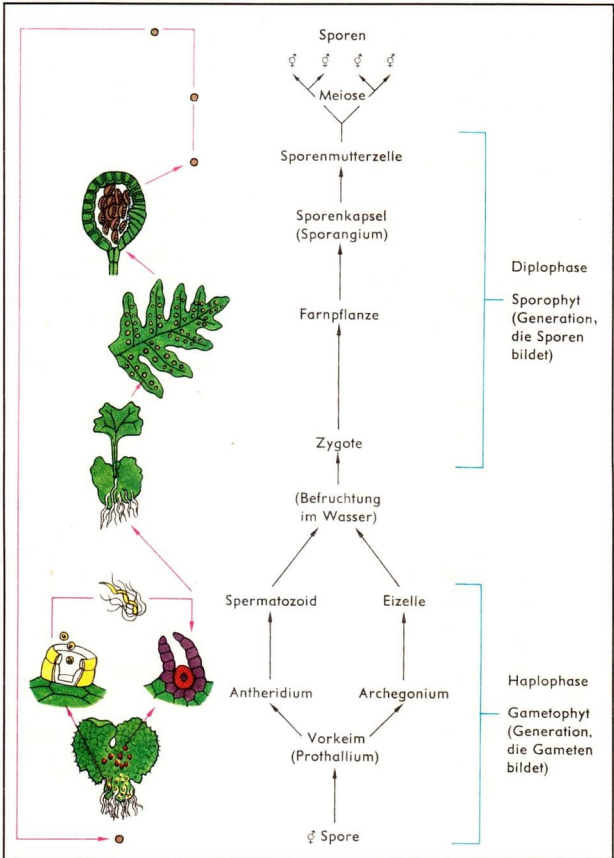
Im Generationswechsel der Pflanzen erfolgt mit zunehmender Höherentwicklung der Sippen eine Reduktion des Gametophyten als selbständige Pflanze zugunsten des Sporophyten.

**Generationswechsel bei einem Laubmoos.** Die grüne assimilierende Moospflanze ist der haploide Gametophyt, die Gameten entstehen durch Mitose. Aus der Zygote geht der diploide Sporophyt hervor, der auf dem Gametophyten verbleibt. Die Sporen entstehen durch Meiose, sie keimen zu selbständigen haploiden Gametophyten aus.

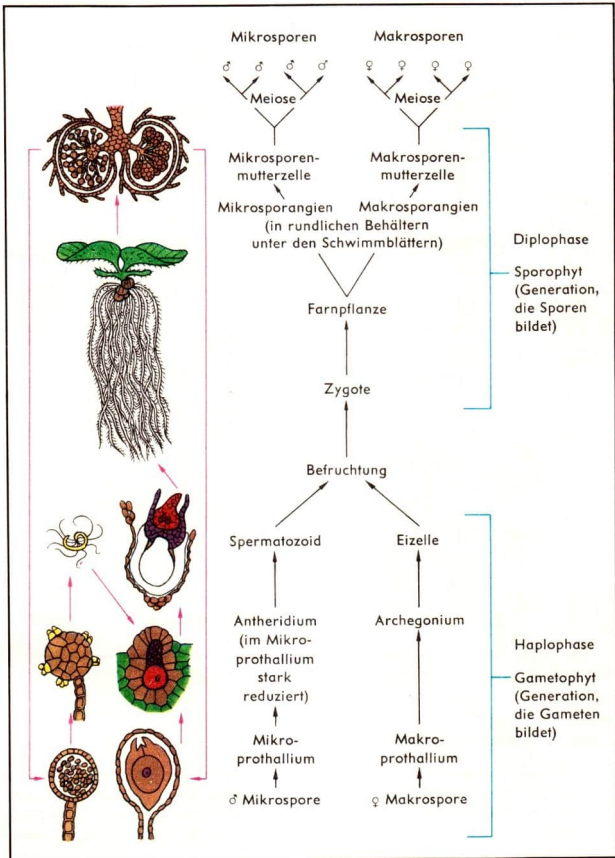




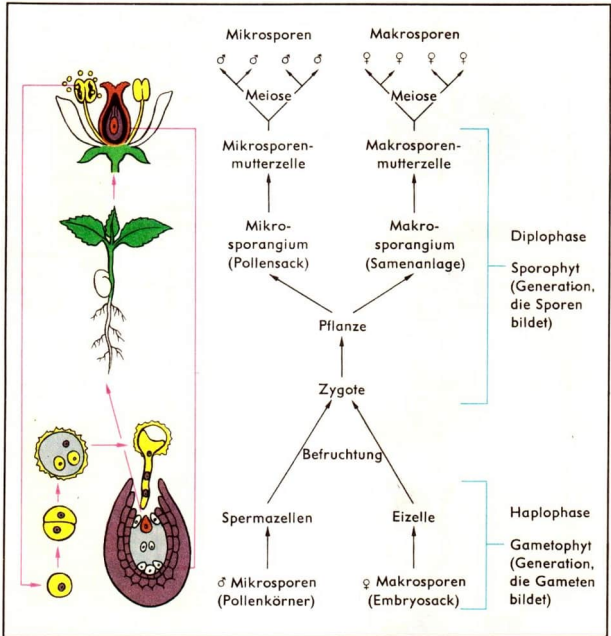
**Generationswechsel beim Wurmfarne.** Die grüne assimilierende Farnpflanze stellt den diploiden Sporophyten dar. Dieser bildet durch Meiose haploide Sporen, die zum Gametophyten auskeimen. Der Gametophyt ist nur als Vorkeim ausgebildet.



**Generationswechsel beim Schwimmparn.** Die grüne assimilierende Farnpflanze ist der diploide Sporophyt. Er bildet durch Meiose Sporen ungleicher Größe. Die auskeimenden Gametophyten sind stark reduziert, sie bleiben mit dem Sporophyten verbunden.



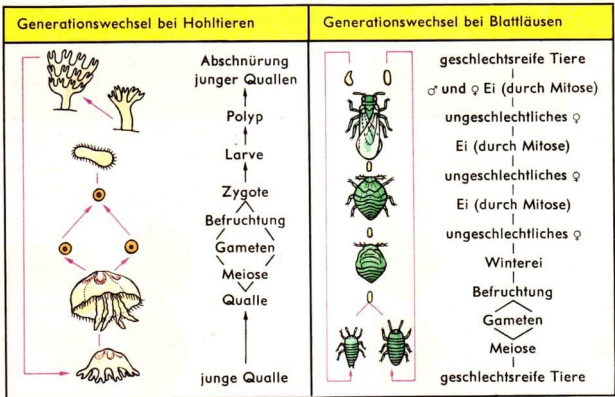
**Generationswechsel bei Bedecktsamern.** Die grüne Pflanze ist der Sporophyt. Der Gametophyt ist stark reduziert, Prothallien, Antheridien und Archegonien werden nicht mehr ausgebildet. Im Pollen – dem Träger des männlichen Gametophyten – entstehen zwei Spermazellen, in der Samenanlage – dem Träger des weiblichen Gametophyten – entwickelt sich der Embryosack mit der Eizelle.



↗ Bau der Blüten, S. 166

## Generationswechsel bei Tieren

Generationswechsel tritt bei Tieren besonders bei parasitischen Formen auf, er ist dann häufig mit einem Wirtswechsel verbunden. Die geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generationen einer Art können unterschiedlich stark differenziert sein. Der Generationswechsel kann durch Umweltfaktoren beeinflusst werden.



## 8.5. Individualentwicklung

### 8.5.1. Phasen der Individualentwicklung bei Mensch und Tieren

#### Allgemeines

Die Individualentwicklung (Ontogenese) der Organismen verläuft in Phasen, die trotz gewisser Unterschiede im Ablauf bei allen vielzelligen Organismen im Prinzip übereinstimmen. Die Phasen sind durch bestimmte Entwicklungsabläufe (■ Teilungen, Wachstum) gekennzeichnet; in ihnen wirken bestimmte Entwicklungsbedingungen (■ Hormone) unterschiedlich stark.

| Vergleich von Entwicklungsphasen bei Tieren und Pflanzen |                                                         |                                                  |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Phasen                                                   | Säugetier                                               | Einjährige Samenpflanzen                         |
| 1. Phase                                                 | Befruchtung<br>↓<br>Embryonalentwicklung<br>↓<br>Geburt | Befruchtung<br>↓<br>Samenbildung<br>↓<br>Keimung |
| 2. Phase                                                 | Jugendentwicklung                                       | vegetative Phase (Wachstum)                      |
| 3. Phase                                                 | Fortpflanzungsphase                                     | generative Phase (Fortpflanzung)                 |
| 4. Phase                                                 | Altern<br>↓<br>Tod                                      | Altern<br>↓<br>Tod                               |

| Furchungstypen                                |                                                                                    |                                                                                           |                                                                                    |                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dotter-<br>gehalt<br>des Eies                 | dotterarm                                                                          | dotterreich                                                                               | sehr dotter-<br>reich                                                              | im Zentrum<br>dotterreich                                                                                                                |
| Furchungs-<br>typ                             | vollständig<br>gleichmäßig                                                         | vollständig<br>ungleichmäßig                                                              | Keimscheiben-<br>furchung                                                          | Oberflächen-<br>furchung                                                                                                                 |
| Sippe                                         | ■ Lanzettfisch Seeigel                                                             | ■ Lurche                                                                                  | ■ Vögel<br>Kopffüßer                                                               | ■ Insekten                                                                                                                               |
| Zygote                                        |   |          |   |                                                         |
| Zweizellen-<br>stadium                        |   |          |   |                                                         |
| Vierzellen-<br>stadium                        |   |          |   |                                                         |
| Achtzellen-<br>stadium                        |   |          |   |                                                         |
| Morula<br>(Maulbeer-<br>keim)                 |   |          | keine<br>typische<br>Morula                                                        | keine<br>typische<br>Morula                                                                                                              |
| Blastula<br>(Blasen-<br>keim)                 |  |         |  |                                                        |
| Besonder-<br>heiten des<br>Furchungs-<br>typs | Furchungs-<br>zellen<br>annähernd<br>gleich groß                                   | Furchungs-<br>zellen am<br>unteren<br>(vegetativen)<br>Pol größer,<br>dort mehr<br>Dotter | Furchungs-<br>teilungen<br>nur am<br>oberen<br>(animalen<br>Pol)                   | Die im Inneren<br>entstehenden<br>Kerne wandern<br>an die Ober-<br>fläche, bilden mit<br>Plasma Zellen,<br>diese umschlie-<br>ßen Dotter |

## Embryonalentwicklung

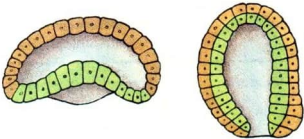
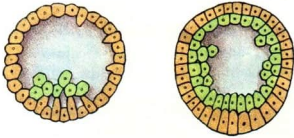
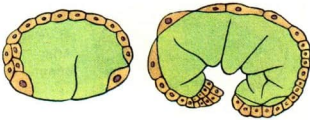
Die Embryonalentwicklung reicht von der Befruchtung des Eies bis zur Geburt oder dem Schlüpfen aus der Eihülle. Sie umfaßt die Furchung der Zygote, die Keimblatt- und die Organbildung.

### Furchung

Die Furchung ist eine Folge mitotischer Zellteilungen, bei der sich die Masse der Zygote kaum vermehrt. Die Furchungsart ist von der Dottermenge des Eies abhängig.

### Gastrulation

Gastrulation ist die Bildung des zweischichtigen Becherkeims (Gastrula) aus der einschichtigen Blastula. Die Gastrulation ist wie der Furchungstyp von der Dottermenge der Eizelle abhängig.

| Gastrulationstypen           |                                                                                                                        |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Furchungstyp                 | Gastrulationstyp                                                                                                       |
| vollständig<br>gleichmäßig   | Einstülpung<br><br>■ Lanzettfischchen |
| vollständig<br>gleichmäßig   | Einwanderung<br><br>■ Nesseltiere    |
| vollständig<br>ungleichmäßig | Umwachsung<br><br>■ Lurche          |



## Keimblattbildung

Die Keimblattbildung steht in engem Zusammenhang mit der Gastrulation. Die bei der Gastrula außen liegenden Zellen bilden das **Ektoderm**, die innen liegenden Zellen das **Entoderm**. Das **Mesoderm** ist bei den einzelnen Tiergruppen unterschiedlicher Herkunft; es entsteht aus Urmesodermzellen (■ bei Ringelwürmern) oder aus Abfaltungen des Entoderms (■ bei Chordatieren). Bei niederen Tiergruppen (Hohltiere, Schwämme) ist noch kein Mesoderm ausgebildet. Das Mesoderm bildet die sekundäre Leibeshöhle.

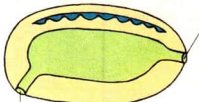
## Organbildung

Die Organe bilden sich durch Zellvermehrung, Faltung und Gewebedifferenzierung aus den Keimblättern. Dabei entstehen bei allen Organismengruppen aus gleichen Keimblättern gleiche Organe.

| Organbildung |                                                                                                                             |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Keimblatt    | Organ                                                                                                                       |
| Ektoderm     | Oberhaut mit Drüsen und Anhangsgebilden wie Nägel, Anfang und Ende des Darmkanals mit Drüsen, Nervensystem und Sinneszellen |
| Entoderm     | Mitteldarmepithel mit Drüsen, Leber, Bauchspeicheldrüse, Schwimmblase, Lunge, Kiemen, Schilddrüse                           |
| Mesoderm     | Innenskelett, Muskeln, Bindegewebe, Blut, Lymphe und entsprechende Gefäße, Ausscheidungs- und Geschlechtsorgane             |

## Urmundtiere und Neumundtiere

Nach der Art der Bildung der Mundöffnung werden Urmundtiere (Protostomier) und Neumundtiere (Deuterostomier) unterschieden. Bei den Urmundtieren wird der Urmund des Gastrulastadiums zur bleibenden Mundöffnung. Urmundtiere

| Entwicklung der Mund- und Afteröffnung                                                                                                                   |                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Urmundtiere                                                                                                                                              | Neumundtiere                                                                                                                                            |
|  <p>Urmund    Nervensystem</p> <p>sekundär angelegte Afteröffnung</p> |  <p>Urmund wird zur Afteröffnung</p> <p>sekundär angelegter Mund</p> |

haben meist ein ventrales Nervensystem und ein Außenskelett. Bei Neumundtieren wird der Urmund zur Afteröffnung und die bleibende Mundöffnung bildet sich neu. Neumundtiere haben ein dorsales Nervensystem und ein Innenskelett.

## Ontogenese beim Menschen

Die Ontogenese (Individualentwicklung) des Menschen umfaßt die vor- und die nachgeburtliche Entwicklung mit folgenden wichtigen Entwicklungsstufen: Begattung, Befruchtung, Embryonalentwicklung, Geburt, Säuglingsalter, Kindesalter, Jugendalter, Leistungsalter, Alter, Tod.

**Begattung.** Bei der Begattung erfolgt die Übertragung der im Hoden gebildeten Spermazellen durch das männliche Glied (Penis) in die Scheide (Vagina).

**Befruchtung.** Bei der Befruchtung wandern die Spermazellen durch die Gebärmutter in die Eileiter, dort vereinigen sich in der Regel ein Spermium und eine Eizelle.

**Embryonalentwicklung.** Die Embryonalentwicklung beginnt mit der Furchung der Zygote; der sich entwickelnde Embryo wandert in die Gebärmutter. Etwa 6 bis 7 Tage nach der Befruchtung nistet sich der Keimling auf der Entwicklungsstufe der Morula in die Uterusschleimhaut ein, er umgibt sich mit einer Zottenhaut (Chorion), die sich zum Teil in den der Ernährung dienenden Mutterkuchen (Plazenta) umbildet. Die innere Eihaut (Amnion) sondert Fruchtwasser ab, das den Embryo schützt. Über die 50 cm lange Nabelschnur sind Plazenta und Embryo verbunden.

| Entwicklung des menschlichen Keimlings |               |        |                                           |
|----------------------------------------|---------------|--------|-------------------------------------------|
| Alter                                  | Größe         | Masse  | markante Merkmale                         |
| nach 1 Monat                           | (1 × 1) 1 cm  | —      | —                                         |
| nach 2 Monaten                         | (2 × 2) 4 cm  | —      | Kopf, Rumpf, Gliedmaßen erkennbar         |
| nach 3 Monaten                         | (3 × 3) 9 cm  | 35 g   | Keimling füllt Uterushöhle aus            |
| nach 4 Monaten                         | (4 × 4) 16 cm | 100 g  | Geschlechtsorgane erkennbar               |
| nach 5 Monaten                         | (5 × 5) 25 cm | 300 g  | Kindesbewegungen spürbar, Herztöne hörbar |
| nach 9 Monaten                         | 50 cm         | 3300 g | Geburtsreife erreicht                     |

**Geburt.** Geburt ist das Ausstoßen des (in der Regel) geburtsreifen Keimlings (Fötus) durch hormongesteuerte rhythmische Muskelkontraktionen (Wehen) der Gebärmutter durch die Scheide aus der Gebärmutter.

| Phasen des Geburtsvorganges |                                                                                                                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Phase                       | Vorgang                                                                                                                               |
| Eröffnungsperiode           | durch Wehen wird der Geburtsweg erweitert, Fruchtblase springt, Fruchtwasser fließt aus                                               |
| Austreibungsperiode         | durch Wehen wird das Kind, normalerweise mit dem Kopf zuerst, durch den Geburtskanal geschoben; die Nabelschnur wird durchgeschnitten |
| Nachgeburtsperiode          | Plazenta und Fruchthüllen werden ausgestoßen                                                                                          |

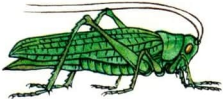
**Nachgeburtliche Entwicklung.** Die nachgeburtliche Entwicklung umfaßt den Zeitraum der Entwicklung von der Geburt bis zum Tod. Sie umfaßt verschiedene Phasen im Kindes- und Jugendalter, die volle Entwicklung der körperlichen und gesellschaftlichen Reife (die zeitlich längste Phase), sie geht über ins Rückbildungs- und Greisenalter und schließt ab mit dem Tod.

| Entwicklungsabschnitte         | Merkmale                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Säuglingsalter<br>0 bis 1 Jahr | ■ Schnellste nachgeburtliche Längen- und Gewichtszunahme; Beginn der Gebißentwicklung; aktive Beherrschung des Bewegungssystems (■ Aufrichten, Laufen); erste Wortnachahmungen                                                                     |
| Kindesalter<br>1 bis 13 Jahre  | ■ Schnelles körperliches Wachstum; Ausbildung des Milchgebisses, Beginn des Zahnwechsels; bewußter Gebrauch der Sprache, Erwerb der Grundlagen der Allgemeinbildung                                                                                |
| Jugendalter<br>13 bis 18 Jahre | ■ Abschluß des Längenwachstums; Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale, Eintritt der Geschlechtsreife. Beginn der Berufsausbildung, Beginn selbständiger gesellschaftlicher Tätigkeit, Gewinnung der gesellschaftlichen Reife               |
| Leistungsalter<br>ab 18 Jahre  | ■ Beendigung der Berufsausbildung; volle Entfaltung der körperlichen und geistigen Kräfte; Familienplanung und -gründung                                                                                                                           |
| Rückbildungs- und Greisenalter | ■ Nachlassen der Fortpflanzungsfunktionen; Nachlassen der körperlichen Leistungsfähigkeit (■ Beweglichkeit, Leistungen der Sinnesorgane), wird durch Lebenserfahrungen teilweise ausgeglichen; Nachlassen der Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit |
| Tod                            | ■ Ausfall lebenswichtiger Organe durch altersbedingten Funktionsabfall oder Krankheiten                                                                                                                                                            |

## Direkte und indirekte Entwicklung bei Tieren

Die direkte Entwicklung zeichnet sich vor allem durch Wachstumsvorgänge aus; die Jugendstadien gleichen in Gestalt und Lebensweise bereits weitgehend den erwachsenen Tieren (■ Säugetiere).

Bei der indirekten Entwicklung treten Larvenstadien auf, die sich in Gestalt und Lebensweise oft erheblich von den erwachsenen Tieren unterscheiden; die Individualentwicklung ist mit einer Metamorphose (Gestaltwechsel) verbunden.

| Metamorphosen bei Insekten                                                        |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Unvollkommene Metamorphose einer Heuschrecke                                      |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|  |  |  |                                                                                   |
| Ei                                                                                | Larve                                                                             | Imago (Vollinsekt)                                                                |                                                                                   |
| Vollkommene Metamorphose eines Schmetterlings                                     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|  |  |  |  |
| Ei                                                                                | Larve                                                                             | Puppe                                                                             | Imago (Vollinsekt)                                                                |

↗ Lurche, S. 89

### 8.5.2. Regulationsvorgänge in der Ontogenese

#### Allgemeines

Die Ontogenese bei Menschen und Tieren wird von inneren und äußeren Entwicklungsbedingungen bestimmt (determiniert), die in der Regel komplex auf die Entwicklungsprozesse einwirken. Ihre Wirkung wird durch die in den Erbanlagen festgelegte Variationsbreite mit bestimmt.

Innere Entwicklungsbedingungen:

- – Determinierende Stoffe in der Zygote (■ bei Mosaikkeimen),
- Wechselseitige Beeinflussung der Keimteile (■ bei Regulationskeimen),
- Wirkung von Hormonen.

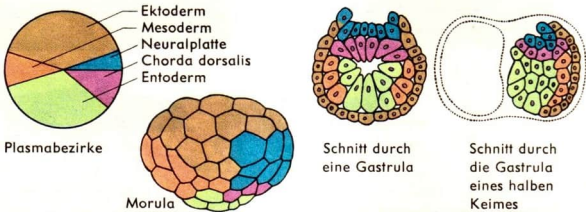
Äußere Entwicklungsbedingungen:

- – Einfluß von Temperatur, Nahrung, Sauerstoff, Wasser

## Mosaikkeime

Mosaikkeime sind Keime, deren Zellen sich weitgehend unabhängig von ihrer Umgebung entwickeln (Selbstdifferenzierung). Sie enthalten organeterminierende Stoffe, die zur Entwicklung bestimmter Organe und Gewebe aus bestimmten Plasmabezirken führen. Bei Trennung der Zellen nach der ersten Furchung entwickelt sich aus jeder der beiden Zellen nur ein halber Keim.

### Weiterentwicklung bestimmter Plasmاسorten im Seescheidenei



## Regulationskeime

Regulationskeime sind Keime, deren Keimteile sich wechselseitig beeinflussen (abhängige Differenzierung). Störungen, die während der Entwicklung auftreten (■ Verlust von Keimteilen) können durch eine von der Normalentwicklung abweichende Entwicklung anderer Embryonalzellen ausgeglichen werden. Bei Trennung der Zellen nach der ersten Furchung kann sich aus jeder Zelle ein vollständiger Keim entwickeln.

■ Bildung eineiiger Zwillinge

### Entwicklung getrennter Furchungszellen



## Hormonale Regulation

Hormonale Regulation ist die Beeinflussung der Keimentwicklung durch Hormone. Sie erfolgt vor allem in späteren Phasen der Ontogenese.

■ Kaulquappen durchlaufen nicht die Metamorphose zum Frosch, wenn die Schilddrüse entfernt wurde.

↗ Hormone, S. 136

## Wirkung äußerer Entwicklungsbedingungen

Äußere Einflüsse (Temperatur, Licht, Nahrung) können in bestimmten Entwicklungsphasen der Organismen modifizierend wirken oder unterschiedliche Entwicklungswege auslösen.

- Ausbildung von Königinnen oder Arbeitsbienen bei unterschiedlicher Fütterung der Larven.

## Prüfungsmethoden zur Feststellung von Regulationsmechanismen

**Explantation.** Die Explantation ist eine Prüfungsmethode zur Feststellung des Ausmaßes der Selbstdifferenzierung. Dazu werden aus Mosaikkeimen bestimmte Bereiche entnommen und in eine Nährlösung gebracht. Dort wird ihre Weiterentwicklung beobachtet.

**Transplantation.** Die Transplantation ist eine Prüfungsmethode zur Feststellung des Ausmaßes der abhängigen Differenzierung.

Einem Keim wird ein bestimmtes Stück entnommen und einem anderen Keim eingepflanzt.

- Das Einpflanzen eines Augenbechers unter die Bauchhaut eines Molchkeimlings löst an dieser Stelle die Bildung einer Linse aus.

### 8.5.3. Individualentwicklung bei Samenpflanzen

#### Entwicklung von Samen und Frucht

Der Samen entwickelt sich nach der Befruchtung aus Teilen der Samenanlage, die Frucht entwickelt sich aus dem Fruchtknoten oder den Fruchtblättern. An der Bildung der Frucht können zusätzlich auch Teile des Achsengewebes beteiligt sein.

↗ Frucht, S. 168

↗ Samen, S. 170

#### Samenbildung bei Bedecktsamern

Hülle der Samenanlage →  
 Samenschale  
 befruchtete Eizelle (Zygote) →  
 Keimling  
 befruchteter Embryosackkern →  
 Nährgewebe

#### Entwicklungsphasen bei Samenpflanzen

Entwicklungsphasen der Samenpflanzen sind Keimung, vegetative Phase, generative Phase.

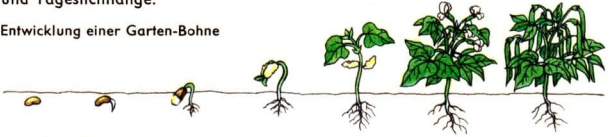
**Keimung.** Die Keimung beginnt unter speziellen Bedingungen (■ Ende der Samenruhe) bei Vorhandensein von Sauerstoff, Wasser und Wärme; der Keimling entwickelt sich aus der Zygote, ernährt sich heterotroph und durchbricht die Samenschale; diese Entwicklungsstufe ist bei Übergang der Keimpflanze zu autotropher Ernährung beendet; Dauer der Keimung: je nach Pflanzenart 1 bis 10 Tage.



**Vegetative Phase.** Wachstum der Keimpflanze; Differenzierung des Bildungsgewebes in die Dauergewebe: Haupt-, Grund-, Leit- und Festigungsgewebe; Ausbildung von Wurzel, Sproßachse und Blättern.

**Generative Phase.** Blütenbildung, Befruchtung, Samenentwicklung mit Keimlingsbildung und Samenreife; auslösende Faktoren sind Hormone, Temperatur und Tageslichtlänge.

Entwicklung einer Garten-Bohne

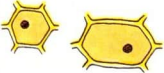
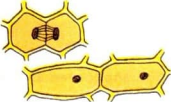
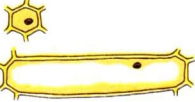


## Wachstum bei Pflanzen

Wachstum ist bei Pflanzen zeitlich unbegrenzt. Die Wachstumsvorgänge laufen in den Bildungsgeweben ab. Bildungsgewebe ist besonders in den Vegetationspunkten und im Kambium entwickelt.

| Vegetationspunkte                                                                                                                                                                                                                             | Kambium                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Vegetationspunkte an den Sproß- und Wurzelspitzen bewirken Längenwachstum und primäres Dickenwachstum</p>  <p>Streckungszone</p> <p>Vegetationspunkte</p> | <p>Kambium in Sproß und Wurzel der Nadelhölzer und vieler Zweikeimblättriger bewirkt das sekundäre Dickenwachstum</p>  <p>Leitbündel</p> <p>Kambium</p> <p>■ Sproßquerschnitt</p> |

## Wachstumsformen bei Pflanzenzellen

|                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Plasmawachstum</b></p>  <p>erfolgt durch Zunahme des Plasmas innerhalb einer Zelle</p> | <p><b>Zellteilungswachstum</b></p>  <p>erfolgt durch rasch wiederholte Zellteilungen bei gleichzeitiger Plasmazunahme</p> | <p><b>Zellstreckungswachstum</b></p>  <p>erfolgt durch Streckung der Zelle ohne wesentliche Plasmazunahme, es vergrößert sich besonders die Vakuole. Es ist für Pflanzen typisch</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 9.1. Grundbegriffe

### Vererbung

Die Vererbung ist ein charakteristisches Merkmal der lebenden Materie. Sie besteht in der Speicherung, Weitergabe, Rekombination und Realisierung der Erbinformation. Durch den Vererbungsprozeß wird gesichert, daß bei Vorfahren und Nachkommen gleiche oder ähnliche Prozeß- und Strukturmerkmale ausgebildet werden.

### Erbinformation

Die Erbinformation (genetische Information) ist die chemisch verschlüsselte Potenz des Organismus, in den verschiedenen Entwicklungsphasen spezifische Stoffe (■ RNS, Enzyme, Struktureiweiße) zu synthetisieren, welche die Ausbildung von Merkmalen und Eigenschaften des Organismus bewirken. Die Erbinformation ist relativ stabil; sie kann jedoch durch innere und äußere Faktoren beeinflusst werden.

↗ Mutationen, S. 274 und 287

### Erbgut

Als Erbgut (Idiotyp) des Organismus wird die Gesamtheit der in den Genen gespeicherten Erbinformationen bezeichnet. Beim Menschen wird der Genbestand auf  $10^5$  bis  $10^6$  Gene geschätzt.

### Gen

Ein Gen ist die Funktionseinheit des genetischen Materials, das die Information zur Synthese einer spezifischen RNS beziehungsweise eines spezifischen Eiweißes enthält. Gene sind Abschnitte eines DNS- oder RNS-Moleküls, sie sind aus Nukleotid(paar)en aufgebaut. Gleiche Gene einer Art haben prinzipiell die gleiche Struktur. Alle Gene haben die Fähigkeit zu mutieren.

↗ Allele, S. 269

## Variabilität

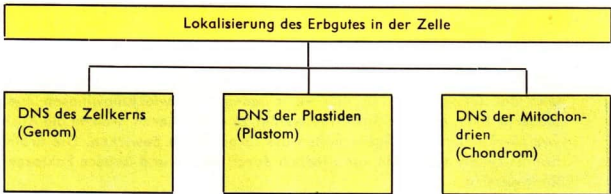
Die Variabilität ist die Veränderlichkeit der Organismen. Sie kann durch Veränderung der Erbinformation (Mutation, Rekombination) oder durch nicht erbliche, von Umweltfaktoren bewirkte, nur den Phänotyp beeinflussende Veränderungen (Modifikationen) hervorgerufen werden. Die von der Norm abweichenden Individuen werden als Varianten bezeichnet.

↗ Mutationen, S. 274 und 287

## 9.2. Die stoffliche Natur des genetischen Materials

### Erbträger

Erbträger sind spezifisch strukturierte Zellbestandteile, in denen Nukleinsäuren (DNS, RNS) als materielle Träger der genetischen Information lokalisiert sind.



↗ Transformation, S. 273

↗ Zellkern, S. 97

### Zusammensetzung und Struktur der Nukleinsäuren

Nukleinsäuren sind hochpolymere organische Verbindungen, die fadenförmige Makromoleküle – Polynukleotidketten – bilden. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung werden zwei Arten von Nukleinsäuren unterschieden:

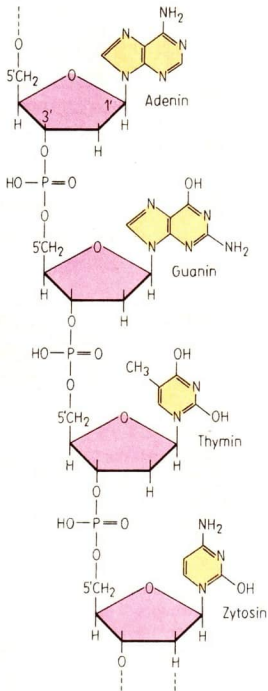
- Desoxyribonukleinsäuren – DNS (DNA)
- Ribonukleinsäuren – RNS (RNA)

**Bausteine.** Die Bausteine der Makromoleküle sind Nukleotide, die aus Zuckern, organischen Stickstoffbasen (Adenin, Thymin, Urazil, Guanin und Zytosin) und Phosphorsäureresten bestehen.

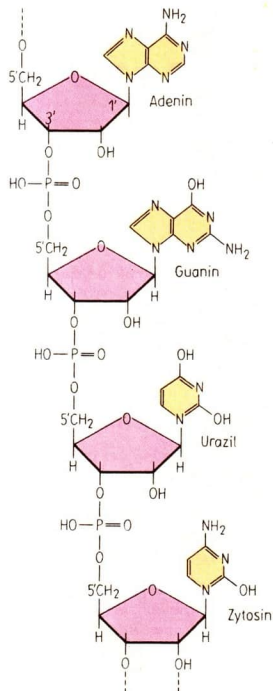
**Basenpaarung.** Basenpaarung ist die Bindung zwischen den Basen zweier Nukleotide.

- Die Basen der Polynukleotide stehen rechtwinklig zur Molekülebene;
- zwischen komplementären Basen zweier Nukleotidketten sind Wasserstoffbrücken ausgebildet;

■ Fragment einer DNS-Kette  
aus 4 Nukleotiden

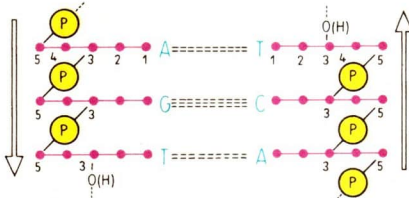


■ Fragment einer RNS-Kette

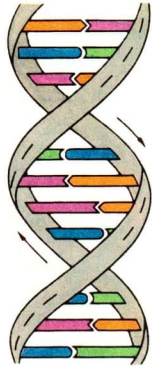


- die Wasserstoffbrücken verbinden beide Ketten zu einem Doppelstrang mit entgegengesetzter Polarität (Das 3'Hydroxylende der einen Kette steht dem 5' Phosphat-Ende der anderen Kette gegenüber)
- durch die Lage der Keto- und Aminogruppen werden die Wasserstoffbrücken nur zwischen Adenin und Thymin (bzw. Adenin und Urazil) sowie zwischen Guanin und Zytosin ausgebildet; die Reihenfolge (Sequenz) der Basen in der einen Kette bestimmt die Basenreihenfolge (Basensequenz) in der anderen Kette.

## ■ Fragment eines DNS-Doppelstranges



## ■ Ausschnitt aus einer DNS-Doppelhelix (Watson-Crick Modell)



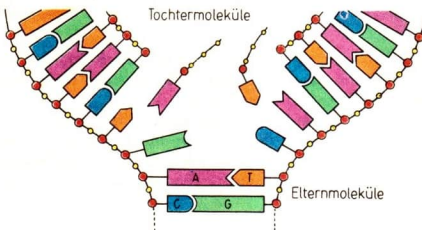
**Doppelhelixstruktur der DNS.** Die beiden unverzweigten Polydesoxyribonukleotidketten eines DNS-Moleküls sind in einer rechtsdrehenden Doppelspirale (Doppelhelix, Watson-Crick-Spirale) angeordnet. Bei einigen Organismen (■ Phage  $\Phi$ X 174) besteht die DNS nur aus einer Kette.

## Vermehrung des genetischen Materials

Die Vermehrung des genetischen Materials erfolgt durch die Selbstverdopplung (identische Replikation) der DNS. Sie ist die Voraussetzung für die Weitergabe der vollständigen Erbinformation der Mutterzelle an beide Tochterzellen.

Die **identische Replikation** ist die originalgetreue Verdopplung (Autoreduplikation) der DNS. Sie erfolgt auf der Grundlage der komplementären Basenpaarung der Nukleotide in zwei Teilschritten:

- Partielle enzymatische Spaltung der DNS-Doppelhelix (Elternmolekül) bei gleichzeitiger Entspiralisierung in zwei Einzelstränge;
- Ergänzung beider Einzelstränge durch komplementäre Basenpaarung zu Doppelsträngen (Tochtermolekülen) unter Mitwirkung von Enzymen (DNS-Polymerasen).



Schema der identischen Replikation der DNS

## 9.3. Realisierung der Erbinformation

### Verschlüsselung der Erbinformation

Die Erbinformation ist in den Nukleinsäuren, meist in der DNS, gespeichert und durch die Reihenfolge der Nukleotide verschlüsselt. Die lineare Anordnung und Aufeinanderfolge (Sequenz) der Nukleotide innerhalb eines DNS-Makromoleküls enthält die Information zur Synthese von RNS und Eiweißen. Die Aminosäuresequenz der Eiweiße ist in Form der Nukleotidsequenz der DNS und RNS verschlüsselt (kodiert).

### Der genetische Kode

Der genetische Kode ist die Verschlüsselung der Information über die Reihenfolge der in Proteinen vorkommenden 20 natürlichen Aminosäuren durch die vier unterschiedlichen Nukleotide der DNS. Der genetische Kode wird deshalb auch als Aminosäurekode bezeichnet.

Er ist durch folgende Merkmale charakterisiert:

- Der Aminosäurekode ist ein Triplettkode, jeweils 3 Nukleotide (ein Triplet) bilden eine Kodierungseinheit, ein Kodon, bei  $4^3$  Kombinationen ergeben sich insgesamt 64 Triplets (Kodonen);
  - 61 Kodonen dienen zur Verschlüsselung von 20 Aminosäuren, viele Aminosäuren werden durch mehrere Triplets kodiert, diese Erscheinung wird als „Degeneration“ des genetischen Kodes bezeichnet;
  - drei Kodonen dienen als Stopp-Signale (Punkt-Kodon) für die Polypeptidsynthese, zwei Kodonen für Aminosäuren dienen gleichzeitig als Start-Signale (Start-Kodon) für den Beginn der Polypeptidsynthese;
  - der genetische Kode ist nicht überlappend, jedes Nukleotid ist jeweils nur an der Bildung eines Kodons beteiligt;
  - der genetische Kode ist kommafrei, bei der Proteinsynthese wird die genetische Information zwischen Start- und Punktkodonen kommafrei Triplet für Triplet abgelesen und in ein Polypeptid übersetzt;
  - der genetische Kode ist universell, bei allen Organismen sind die Aminosäuren durch die gleichen Kodonen verschlüsselt.
- Aminosäurekode (Kodonen der m-RNS)

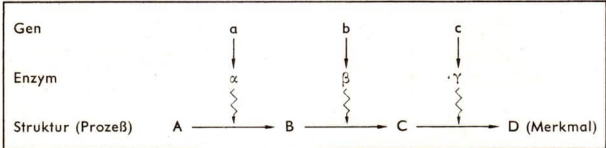
|                                                       |                 |
|-------------------------------------------------------|-----------------|
| AUG, GUG – Startkodonen; UAG, UAA, UGA – Stoppkodonen |                 |
| GUU, GUC, GUA, GUG – Valin                            |                 |
| UCU, UCC, UCA, UCG – Serin                            |                 |
| GAA, GAG                                              | – Glutaminsäure |



## Merkmalsausbildung

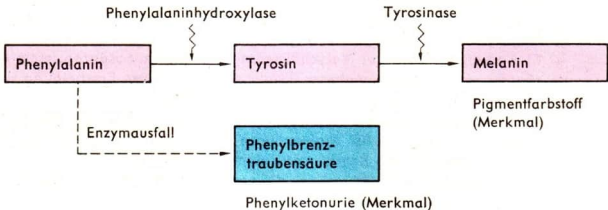
Die phänotypische Merkmalsausbildung erfolgt über Stoffwechselprozesse, die durch Gen-gesteuerte Enzyme katalysiert werden.

Synthesekette zur Ausbildung eines Merkmals



An der Ausprägung eines Merkmals sind meist zahlreiche Gene und die von ihnen kodierten Enzyme beteiligt.

Pigmentbildung als normale Merkmalsausbildung ( $\longrightarrow$ ) und Phenylketonurie als gestörte Merkmalsausbildung ( $\dashrightarrow$ )



Die Ein-Gen-Ein-Polypeptid-Theorie besagt, daß ein Gen jeweils die Bildung eines Polypeptids bestimmt und in einem Zweistufenprozeß (Transkription und Translation) realisiert.

## Proteinsynthese

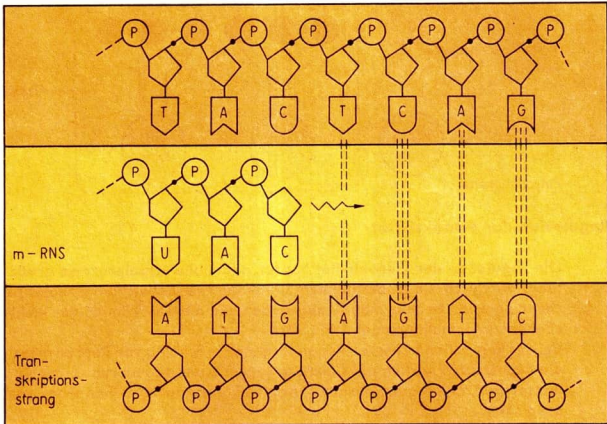
Die Proteinsynthese ist der wichtigste Schritt bei der Realisierung der Erbinformation. Sie vollzieht sich in zwei Teilprozessen – der Transkription und der Translation.

**Transkription.** Die Transkription ist das Umkopieren der in der DNS der Gene verschlüsselten Information auf RNS-Moleküle (m-RNS, Boten-RNS). Dabei wird die Nukleotidsequenz der DNS ohne Veränderung des Informationsgehaltes in die Nukleotidsequenz der m-RNS umgeschrieben. Diese Synthese der RNS-Moleküle erfolgt in Teilschritten:

- partielle Aufspaltung der Wasserstoffbrücken zwischen den komplementären DNS-Strängen eines Gens;

- Auseinanderweichen der beiden Einzelstränge;
- am Startpunkt der Transkription beginnende komplementäre Basenpaarung zwischen dem Transkriptionsstrang und RNS-Nukleotiden;
- Beendigung der enzymatischen RNS-Synthese am Transkriptionsendpunkt;
- enzymatische Trennung des m-RNS-Moleküls vom DNS-Strang;
- Wiederherstellung der Basenpaarung zwischen den beiden DNS-Strängen.

Schematische Darstellung der RNS-Synthese



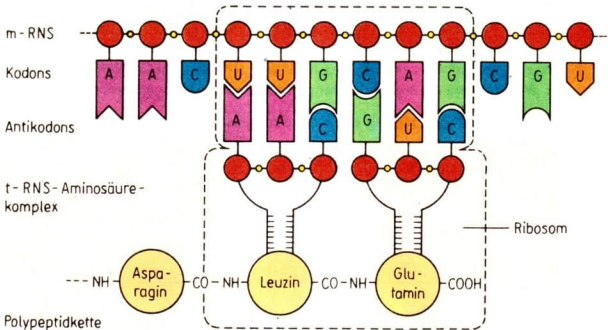
**Translation.** Die Translation ist die Übersetzung der in der Nukleotidsequenz der m-RNS kodierten genetischen Information in die Aminosäuresequenz der Polypeptide.

Dieser Prozeß verläuft in mehreren Teilschritten:

- Bindung enzymatisch aktivierter Aminosäuren an aminosäurespezifische RNS (Transport-RNS, t-RNS);
- Verknüpfung der m-RNS mit Ribosomen zum m-RNS-Ribosomen-Komplex;
- Transport der Aminosäuren durch t-RNS zu den m-RNS-Ribosomen-Komplexen;
- komplementäre Basenpaarung zwischen Nukleotid-Triplets (Kodonen) der m-RNS und bestimmten Nukleotid-Triplets der t-RNS (Antikodon);
- enzymatische Verknüpfung der an die t-RNS gebundenen Aminosäuren durch Peptidbindung am Ribosom;
- durch Wanderung des Ribosoms am m-RNS-Strang wird die Nukleotidsequenz der m-RNS mit Hilfe der Antikodonen und der Aminosäurespezifität der t-RNS in die Aminosäuresequenz des Polypeptids übersetzt.

↗ Genetischer Kode, S. 263

■ Schematische Darstellung der Proteinsynthese

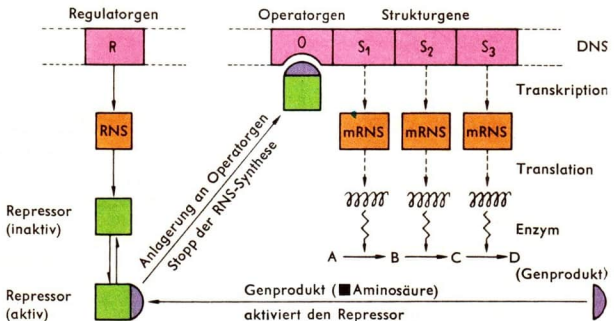


**Regulation der Genaktivität**

Die Regulation der Genaktivität hat für alle Stoffwechselprozesse große Bedeutung, da durch sie in bestimmten Situationen (■ Entwicklungsphasen) entsprechende genetische Information abgegeben und die Ausprägung der nichtentsprechenden Informationen gehemmt wird.

Bei der Regulation bewirken Regulatorgene die Bildung von Repressormolekülen; die Repressoren wirken auf Operatorgene ein und regulieren so den Transkriptionsprozeß. Die Regulationsmechanismen können im einzelnen sehr verschiedenartig sein.

Schematische Darstellung der Regulation durch Enzym-Repression



Bei der Regulation durch Enzym-Repression aktiviert der Überschuß eines Genproduktes in der Zelle den vorhandenen inaktiven Repressor. Der aktivierte Repressor lagert sich an das Operator-Gen an und blockiert damit die Wirksamkeit der Gene, die für die Synthese des im Überschuß vorhandenen Produkts verantwortlich sind.

## 9.4. Weitergabe und Verteilung der Erbanlagen

### Allgemeines

Die Weitergabe der Erbinformation erfolgt bei jeder Zellteilung und bei der Befruchtung. Die Zellteilung kernhaltiger Zellen ist meist mit Kernteilungsprozessen verknüpft. Während die Erbanlagen in den Plastiden und Mitochondrien mehr oder weniger gleichmäßig auf die Tochterzellen verteilt werden, erfolgt die Weitergabe der Erbinformation des Zellkerns mit großer Präzision bei der Kernteilung. Dabei werden aus dem Chromatin des Zellkerns fädige Strukturen, die Chromosomen, sichtbar. Nach der Art der Verteilung der Chromosomen wird zwischen der Mitose und Meiose unterschieden.

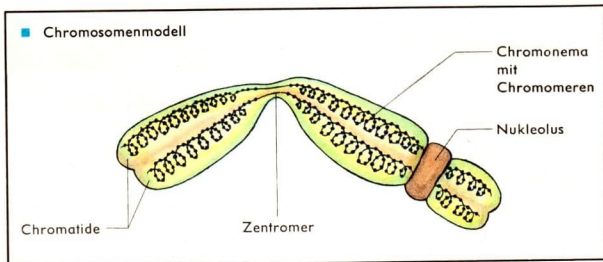
↗ Zellteilung, S. 236

### Chromosomen

Die Chromosomen sind die Träger der Erbanlagen des Zellkerns. Sie sind ständige Bestandteile der Zellen und unterliegen bei Zellteilungszyklen einem typischen Formwechsel:

- sichtbare kompakte ‚Transportform‘ während der Zellteilung,
- meist nicht sichtbare, entspiralisierte ‚Funktionsform‘ während der Interphase und in ausdifferenzierten Zellen.

Die Chromosomen bestehen – in der Transportform – aus zwei Chromatiden, die am Zentromer fest verbunden sind.



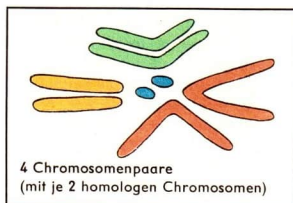
## Chromosomensatz

Der Chromosomensatz ist die Gesamtheit aller Chromosomen einer Zelle. Anzahl und Form der Chromosomen in jeder Zelle eines Organismus sind artspezifisch. Treten jeweils zwei in Form und Größe gleiche (homologe) Chromosomen auf, ist der Chromosomensatz **diploid** ( $2n$ ; ■ in Körperzellen vieler Samenpflanzen und Tiere). Tritt jedes Chromosom nur einmal auf, ist der Chromosomensatz **haploid** ( $n$ ; ■ in Keimzellen von Samenpflanzen und Wirbeltieren). Durch Mutation kann sich die Chromosomenzahl ändern. Treten jeweils drei, vier oder noch mehr gleiche Chromosomen auf, so ist der Chromosomensatz triploid, tetraploid; allgemein: **polyploid**.

Chromosomenzahl von Pflanzen und Tieren ( $2n$ )

| Pflanzen  |    | Tiere     |     |
|-----------|----|-----------|-----|
| Gerste    | 14 | Pferde-   |     |
| Roggen    | 14 | spulwurm  | 4   |
| Weizen    | 42 | Regenwurm | 32  |
| Mais      | 20 | Biene     | 16  |
| Raps      | 38 | Karpfen   | 104 |
| Kartoffel | 48 | Huhn      | 78  |
|           |    | Pferd     | 66  |

Diploider Chromosomensatz der *Drosophila* (Taufliege)



## Weitergabe der Erbanlagen bei Kreuzungen

Die Erbanlagen der Eltern werden durch die Chromosomen der Geschlechtszellen an die Nachkommen weitergegeben. Vereinigung von Geschlechtszellen mit unterschiedlichen Erbinformationen (Auftreten verschiedener Allele) wird als Kreuzung bezeichnet. Die aus einer Kreuzung hervorgehenden Nachkommen sind Bastarde (Mischlinge, Hybriden).

Bei der grafischen Darstellung von Kreuzungen werden folgende Bezeichnungen verwendet:

| Symbol                        | Bedeutung                                     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| X                             | Kreuzung                                      |
| P                             | Elterngeneration (Parentalgeneration)         |
| $F_1$                         | 1. Tochtergeneration (1. Filialgeneration)    |
| $F_2$                         | 2. Tochtergeneration (2. Filialgeneration)    |
| großer Buchstabe (A)          | dominantes Allel (merkmalsbestimmend)         |
| kleiner Buchstabe (a)         | rezessives Allel (merkmalsunterlegen)         |
| oder hochgestelltes + Zeichen |                                               |
| $a^+$                         | dominantes Normalallel (Wildtyp, Standardtyp) |
| a                             | rezessives Mutantenallel                      |

## Genotyp

Der Genotyp ist die Gesamtheit der in den Kern-Genen verschlüsselten Erbinformation.

## Phänotyp

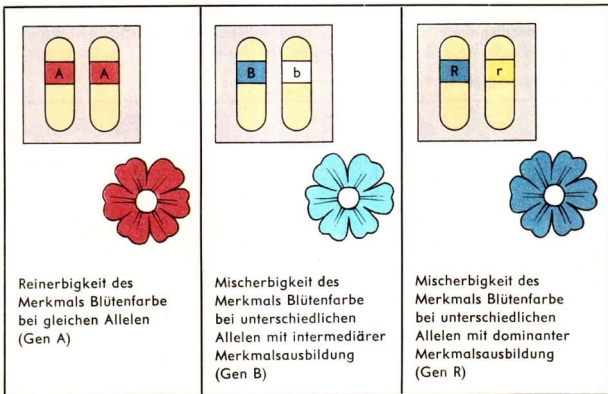
Der Phänotyp ist das äußere Erscheinungsbild eines Lebewesens, das sich aus allen Einzelmerkmalen – sowohl den morphologischen als auch den physiologischen – zusammensetzt.

## Allele

Allele sind verschiedene Zustandsformen eines Gens, die in homologen Chromosomen den gleichen Platz einnehmen. Durch Mutation entstehen aus einem Allel (Normalallel) andere Allele (Mutantenallele). Unterschiedliche Allele eines bestimmten Gens werden stets mit dem gleichen Symbol (meist Buchstaben) bezeichnet.

**Reinerbigkeit.** Sind die Allele eines Gens auf den homologen Chromosomen der beiden Geschlechtszellen gleich, so ist der entstehende Organismus in bezug auf dieses Gen reinerbig.

**Mischerbigkeit.** Sind die Allele eines Gens auf den homologen Chromosomen der beiden Geschlechtszellen unterschiedlich, dann ist das Kreuzungsprodukt mischerbig. Bei Mischerbigkeit kommt es durch unterschiedliche Wirkung der Allele zur Ausbildung verschiedener Phänotypen. Wirken beide Allele gleich stark, kommt es zur **intermediären Merkmalsausbildung**. Bei unterschiedlicher Wirkung der Allele bestimmt das dominante Allel die phänotypische Ausprägung.



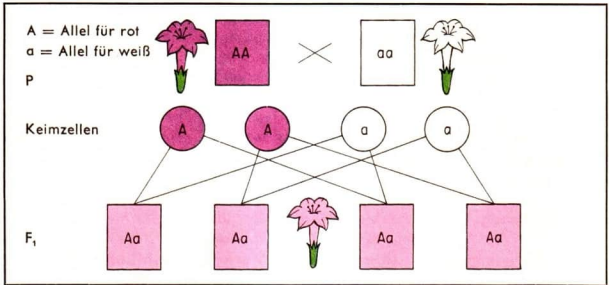


## Chromosomentheorie der Vererbung

Die Chromosomentheorie der Vererbung wurde durch die Ergebnisse zahlreicher Kreuzungsexperimente bestätigt; sie besagt, daß die Gene stets in Genkopplungsgruppen, die auf den Chromosomen fixiert sind, auf die Nachkommen weitergegeben werden. Die gesetzmäßige Verteilung der in den Chromosomen lokalisierten Genkopplungsgruppen wird durch die Mendelschen Gesetze erfaßt.

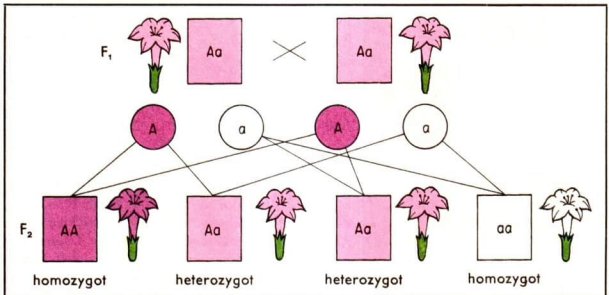
**1. Mendelsches Gesetz (Uniformitätsgesetz).** Kreuzt man zwei reinerbige (homozygote) Individuen, die sich in einem Allelenpaar unterscheiden, dann sind alle Nachkommen ( $F_1$ -Generation) untereinander einheitlich (uniform).

Kreuzungsschema



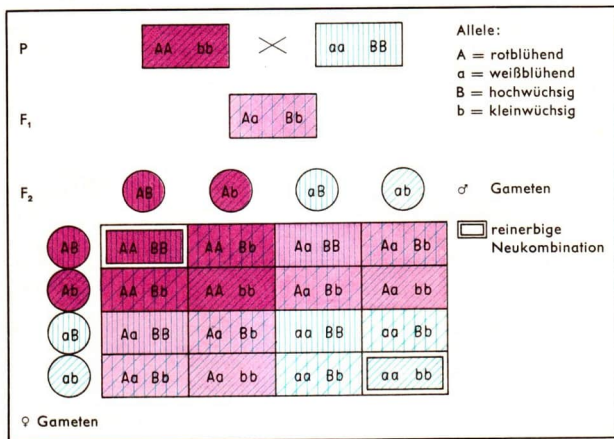
**2. Mendelsches Gesetz (Spaltungsgesetz).** Kreuzt man die Bastarde (heterozygot) der  $F_1$ -Generation, so sind die Nachkommen ( $F_2$ -Generation) nicht gleich, sondern spalten in bezug auf das mischerbige Allelenpaar nach bestimmten Zahlenverhältnissen auf. Im Genotyp ist das Verhältnis 1 : 2 : 1.

Kreuzungsschema



**3. Mendelsches Gesetz (Unabhängigkeitsgesetz).** Kreuzt man Individuen, die sich in mehreren Allelenpaaren unterscheiden, so werden die Allele unterschiedlicher Gene frei kombiniert und unabhängig voneinander nach dem Spaltungsgesetz vererbt (Gesetz von der Neukombination). Der Geltungsbereich dieses Gesetzes wird durch die Erscheinung der Kopplung zwischen bestimmten Genen eingeschränkt.

Kreuzungsschema



### Bedeutung der Mendelschen Gesetze

**Theoretische Bedeutung.** Die Mendelschen Gesetze sind von großer theoretischer Bedeutung für die Genetik. Durch sie wurde die Existenz von Erbträgern (Gene) bestätigt und die Vererbungslehre mit Hilfe mathematischer Gesetzmäßigkeiten wissenschaftlich begründet. Sie ermöglichen als statistische Gesetze Aussagen über die Verteilung und Neukombination (Rekombination) von Genen bei der Kreuzung diploider Pflanzen und Tiere.

**Praktische Bedeutung.** Anwendung in der Praxis finden die Mendelschen Gesetze vor allem in der Tier- und Pflanzenzüchtung, so bei der Reinzucht von Tieren, der Kombinationszüchtung bei Pflanzen, der Kreuzungszüchtung bei Tieren und bei der Heterosiszüchtung bei Pflanzen und Tieren. In der Humangenetik erlangen diese Gesetze große Bedeutung bei der Erforschung der Vererbungsvorgänge beim Menschen und bei der Untersuchung von Erbkrankheiten.

↗ Züchtung von Pflanzen und Tieren, S. 358

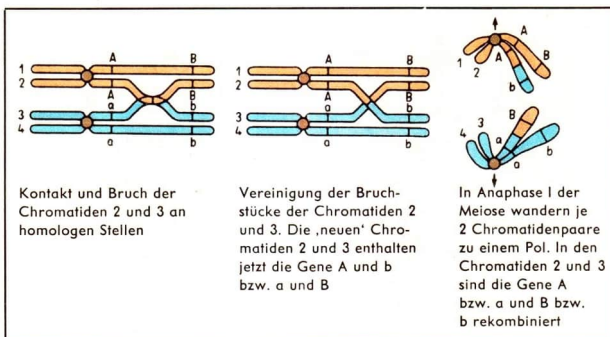
↗ Aufgaben der Humangenetik, S. 282

## Rekombination

Als Rekombination bezeichnet man Vorgänge, die zu einer Neu- und Umverteilung der Erbanlagen führen. Bei Organismen mit echten Zellkernen erfolgt Rekombination durch die Verteilung der Chromosomen bei der Mitose, Meiose und bei der Befruchtung (interchromosomale Rekombination).

**Crossing-over** ist der – in der Prophase der Meiose mögliche – Kontakt von Chromatiden benachbarter Chromosomen, der zum Bruch der Chromatiden an der Kontaktstelle führt. Dadurch findet ein Stückaustausch zwischen den Chromatiden statt. Damit verbunden ist ein Austausch der Gene dieser Bruchstücke (intrachromosomale Rekombination). Die Crossing-over-Häufigkeit zweier Gene eines Chromosoms nimmt mit ihrem relativen Abstand voneinander zu: Je weiter sie entfernt liegen, desto häufiger ist Crossing-over.

### Rekombination durch Crossing-over



## Extranukleäre Vererbung

Extranukleäre Vererbung wird durch Plastiden und Mitochondrien realisiert, die Träger genetischer Informationen sind und die Fähigkeit zu identischer Replikation besitzen. Die Gesamtheit der Erbanlagen dieser plasmatischen Zellbestandteile wird als Plasmotyp bezeichnet. Plasmotyp und Genotyp bilden eine dialektische Einheit.

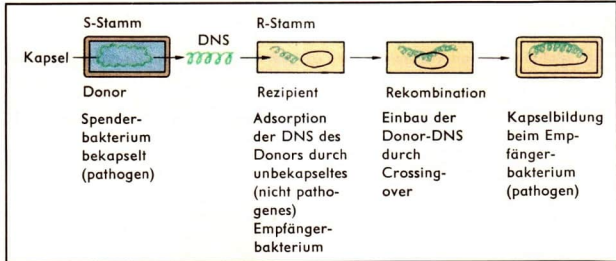
**Plastidenvererbung.** In den Plastiden ist spezifische DNS als Erbträger enthalten. Die Plastiden-DNS steuert und kontrolliert die Bildung von Struktur- und Enzymproteinen der Plastiden. Der Beweis dafür wurde an grün-weiß-gescheckten Plastiden-Mutanten erbracht.

**Mitochondrienvererbung.** Die Mitochondrien der Tiere und Pflanzen enthalten spezifische DNS als Träger von Erbinformationen. Mitochondrien-DNS steuert und kontrolliert die Synthese von Struktur- und Enzymproteinen der Mitochondrien.

## Übertragung von Erbinformationen bei Bakterien

**Transformation.** Die Transformation ist ein Prozeß, bei dem genetische Information zwischen Zellen mittels reiner DNS übertragen wird. Dieser Vorgang wurde als Rekombination bei Bakterien nachgewiesen. Vom Spender-Bakterium (Donor) ausgeschiedene DNS wird vom Empfänger-Bakterium (Rezipient) aufgenommen und in Form eines Stückaustausches in seine Erbanlagen integriert.

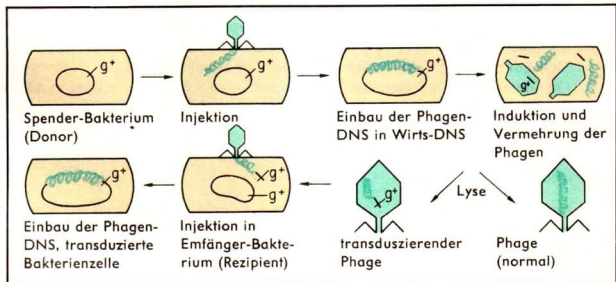
### Ablauf des Transformationsprozesses



Durch Transformation konnte erstmals die DNS als materieller Träger der genetischen Information nachgewiesen werden. Als eine wichtige Forschungsmethode hat sie große Bedeutung für die Aufklärung des Replikationsprozesses und der genetischen Feinstruktur, sie dient der Mutationsforschung und kann möglicherweise neue Wege für die Tier- und Pflanzenzüchtung und zur Beseitigung genetischer Defekte (Erbkrankheiten) eröffnen.

**Transduktion.** Transduktion ist die Übertragung von Bakteriengenen durch Bakteriophagen. Transduzierende Phagen nehmen durch einen Austauschprozeß

### Transduktion eines temperenten Phagen



DNS eines Wirtsbakteriums in die eigene Genoms substanz auf und übertragen diese auf ein anderes Bakterium, in dessen Genom die DNS des Spender-Bakteriums eingebaut wird.

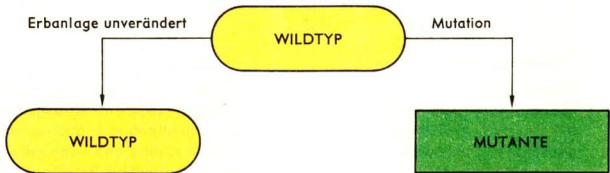
Die Transduktion ist in der genetischen Forschung von gleicher Bedeutung wie die Transformation.

## 9.5. Veränderungen der Struktur der Erbanlagen

### Mutationen

Mutationen sind Veränderungen der genetischen Information in Keimzellen oder Körperzellen (somatische Zellen), die nicht auf Rekombination beruhen und weitergegeben werden. Diese Veränderungen des Genotyps prägen sich phänotypisch mehr oder weniger stark aus und sind eine wesentliche Ursache der innerartlichen Variabilität von Organismen.

Die genetisch veränderten, vom normalen Wildtyp abweichenden Formen werden als Mutanten bezeichnet.



Die Mehrzahl der durch Mutation verursachten Merkmalsänderungen ist rezessiv und wird meist bei Diploiden nicht sofort im Phänotyp sichtbar.

Mutationen der Keimzellen sind Veränderungen der genetischen Information der Geschlechtszellen beziehungsweise der Zygote. Durch den Mechanismus der Zellteilung (Mitose) während der Individualentwicklung wird die veränderte Erbinformation auf alle Zellen des Organismus verteilt und bei der Fortpflanzung auf die Nachkommen übertragen.

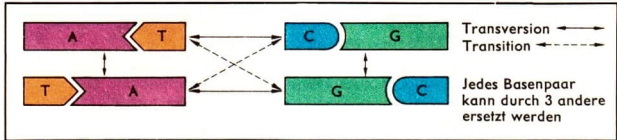
Mutationen der Körperzellen sind genetische Veränderungen in Körperzellen. Die Mutantenallele treten nur in den betroffenen Körperzellen oder in dem durch Zellteilung von ihnen gebildeten Zellverband auf. Sie werden nicht auf die Nachkommen vererbt.

### Genmutation

Genmutationen sind Veränderungen der Erbinformation eines einzelnen Gens, durch die eine neue Zustandsform des Gens, ein neues Allel, gebildet wird. Nach der Art der Veränderungen werden verschiedene Genmutationen unterschieden: Basenpaaraustausche, Rastermutationen und Segmentmutationen.

**Basenpaaraustausch.** Der Austausch eines Basenpaares in einem doppelsträngigen DNS-Molekül führt zu Veränderungen der Kodonen (Basentriplets) und damit zur Änderung des Informationsgehaltes.

#### Arten von Basenpaaraustauschen



#### Sichelzellanämie als Folge von Basenaustausch

| Aminosäurefolge            | 1     | 2        | 3        | 4      | 5             | 6—146 |
|----------------------------|-------|----------|----------|--------|---------------|-------|
| Tripletts im Normalallel   | GUA   | CAU      | ACA      | CCA    | GAA           |       |
| kodierte Aminosäure        | Valin | Histidin | Threonin | Prolin | Glutaminsäure |       |
| Tripletts im Mutantenallel | GUA   | CAU      | ACA      | CCA    | GUA           |       |
| kodierte Aminosäure        | Valin | Histidin | Threonin | Prolin | Valin         |       |

**Rastermutationen.** Durch Verlust (Deletion) oder Einschub (Insertion) von Basenpaaren im DNS-Molekül verändert sich die Nukleotidsequenz und damit die Zusammensetzung der Nukleotidtripletts (Kodonen), so daß sich der Translationsraster verschiebt. Die Wirkung dieser Mutationen besteht meist in der Bildung eines inaktiven Proteins.

#### Rastermutationen

|                                   |     |     |     |     |     |     |   |    |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|
| Triplett im Wildtyp-Gen           | ATG | TTA | CAT | ACA | TGT |     |   |    |
| kodierte Aminosäure               | Met | Leu | His | Thr | Cys |     |   |    |
| Tripletts im Mutantenallel        | ATG | TTA | C   | ATA | A   | CAT | T | GT |
| nach Deletion kodierte Aminosäure | Met | Leu | Ile | His | Val |     |   |    |



## Chromosomenmutation

Chromosomenmutationen sind Strukturveränderungen an Chromosomen, die mehrere Gene erfassen. Ursache der Strukturveränderung sind Chromosomenbrüche, die ein oder mehrere Chromosomen betreffen können. Durch diese Brüche kann es zum Strukturumbau der Chromosomen kommen, wobei folgende Chromosomenaberrationen (Chromosomenveränderungen) auftreten:

- Verluste von Chromosomenstücken (Deletionen);
- Umlagerung von Chromosomenstücken (Inversionen);
- Verdopplung von Chromosomenstücken (Duplikationen);
- Verlagerung von Chromosomenstücken in nicht homologe Chromosomen (Translokationen).

### ■ Mögliche Chromosomenmutationen

| Normal-Chromosomen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Chromosomenmutationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Deletion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Inversion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Duplikation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Translokation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">E</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">H</div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="border: 1px dashed red; height: 20px; width: 100%;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">H</div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">E</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">H</div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">E</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">H</div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">H</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">E</div> </div> |

## Genommutation

Genommutationen sind zahlenmäßige Veränderungen des Chromosomenbestandes durch den Verlust oder die Vervielfachung ganzer Chromosomen. Sie entstehen vor allem durch Störungen des Kernspindelmechanismus bei Mitose und Meiose.

**Euploidie.** Euploidie ist die Änderung der Anzahl ganzer Chromosomensätze. Bei Verminderung des diploiden Chromosomensatzes tritt Haploidie, bei Erhöhung um ein Vielfaches Polyploidie ein. Die Polyploidie hat für die Pflanzenzüchtung große Bedeutung. Die Mehrzahl polyploider Pflanzen ist gegenüber diploiden Pflanzen größer und ertragreicher. Die meisten Kulturpflanzen sind polyploid.

## ■ Chromosomensätze einiger Kulturpflanzen

|           |                               |
|-----------|-------------------------------|
| Kartoffel | 24, 36, 48 und 72 Chromosomen |
| Weizen    | 14, 28 und 42 Chromosomen     |
| Gerste    | 14 und 28 Chromosomen         |

↗ Chromosomensatz, S. 268

↗ Methoden der Züchtung, S. 359

**Aneuploidie.** Aneuploidie ist die Änderung der Anzahl einzelner Chromosomen des Chromosomensatzes. Der Verlust beziehungsweise die Vermehrung einzelner Chromosomen des diploiden Chromosomensatzes führt zur Monosomie beziehungsweise Polysomie. Die Aneuploidie wirkt sich meist nachteilig für den Organismus aus. Zahlreiche Erbkrankheiten des Menschen sind auf derartige Veränderungen zurückzuführen. Trisomie des Chromosoms 21 führt zu Schwachsinn (Langdon-Down-Syndrom).

## ■ Monosomie und Polysomie der Geschlechtschromosomen des Menschen

| Chromosomen | Bezeichnung            | Geschlecht | Fertilität |
|-------------|------------------------|------------|------------|
| XO          | Ullrich-Turner-Syndrom | ♀          | —          |
| XXY         | Klinefelter-Syndrom    | ♂          | —          |
| XXX         | Tripel-X-Syndrom       | ♀          | ±          |
| XXXY        | Tripel-X-Y-Syndrom     | ♂          | —          |

## Extranukleäre Mutation

Extranukleäre Mutationen sind Veränderungen der genetischen Information der Plastiden und Mitochondrien, die sich als Funktionsstörungen dieser Zellorganellen auswirken. Die häufigsten Formen der Plastidenmutationen sind Defekte bei der Ausbildung von Blattfarbstoffen und Defekte der Photosyntheseaktivität. Sie äußern sich im Auftreten von gelben oder weißen Zellverbänden.

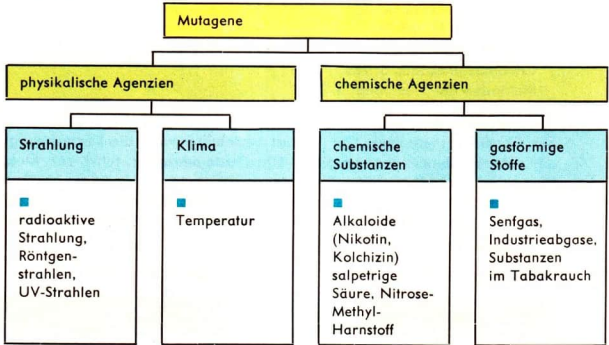
■ Mitochondrienmutationen verursachen meist Atmungsdefekte.

Plastidenmutationen werden in der Züchtung für die Gewinnung von Zierpflanzen mit panaschierten Blättern genutzt.

## Mutationsauslösung

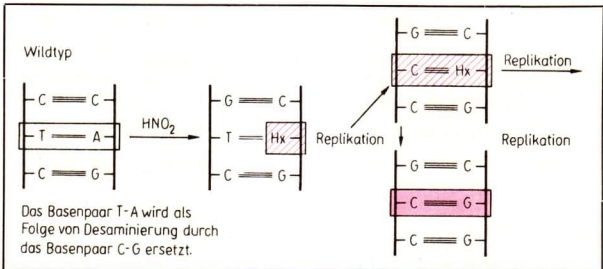
Gelegentlich treten Mutationen „spontan“ auf, das heißt ohne im einzelnen erkennbare Ursache. Sie können bewirkt werden durch Stoffwechselstörungen, chemische Stoffe in der Nahrung, Klimafaktoren. Sie treten unter natürlichen Umweltbedingungen in den einzelnen Genen in einer bestimmten Häufigkeit auf. Diese Genmutationsrate beträgt durchschnittlich nur  $10^{-5}$  bis  $10^{-6}$  Mutationen je Zellgeneration, da lebende Zellen die Fähigkeit besitzen, Veränderungen der DNS zu korrigieren.

**Induzierte Mutationen.** Induzierte Mutationen werden experimentell durch Einwirkung bestimmter chemischer oder physikalischer Agenzien (Mutagene) hervorgerufen.



Durch salpetrige Säure kommt es zur Desaminierung der Aminobasen und damit zu anderen Basenpaarungen der Nukleotide. So kann Adenin durch salpetrige Säure in Hypoxanthin übergeführt werden, das nicht mit Thymin, sondern mit Zytosin paart.

■ Desaminierung von Adenin

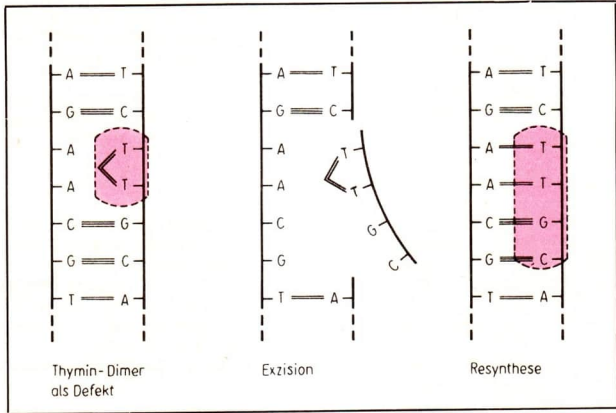


**Reparatur von DNS-Schäden**

Die genetisch bedingte Reparatur von DNS-Schäden erfolgt durch spezifische Enzyme. Beim Reparaturprozeß wird die anomale DNS-Struktur beseitigt und der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt. Dies geschieht meist durch Exzi-

sionsreparatur, die gekennzeichnet ist durch „Einschneiden“ im Bereich des DNS-Defektes, den lokalen Abbau der DNS des defekten Bereiches, die Resynthese des fehlenden Stückes durch Basenpaarung und die Wiederherstellung des originalen Zustandes.

#### Reparatur von DNS-Schäden



#### Bedeutung der Mutationen

Mutationen haben für alle Organismen große Bedeutung. Sie sind eine wesentliche Grundlage der Evolution und Züchtung.

**Evolutionsfaktor.** Die durch spontane Mutationen hervorgerufenen Veränderungen im Erbanlagenbestand einer Population stellen das elementare Evolutionsmaterial dar. Zusammen mit der Rekombination bewirkt die Mutation, daß ständig neue Erbanlagen und Neukombinationen des Erbgutes in den Organismen auftreten. Durch die Selektion werden unter den gegebenen Umweltbedingungen Träger vorteilhafter Genkombinationen begünstigt.

**Züchtungsmethode.** Die Mutationszüchtung ist eine Methode der Pflanzenzüchtung und beruht auf induzierten Mutationen. Durch Anwendung mutagener Agenzien wird die Mutationsrate künstlich erhöht, die Formenmannigfaltigkeit der Organismen vergrößert und damit eine breitere Basis für die Möglichkeiten zur Auslese geschaffen.

■ Mutationszüchtung bei Süßlupine und mehlttauresistenter Gerste

↗ Mutation als Evolutionsfaktor, S. 287

↗ Methoden der Züchtung, S. 359

## 9.6. Vererbungsvorgänge beim Menschen

### Allgemeines

Der Mensch unterliegt genau wie alle anderen Organismen den genetischen Gesetzmäßigkeiten. Die Erforschung der Vererbungsvorgänge beim Menschen ist jedoch komplizierter, weil die Nachkommenzahl gering und die Generationsdauer sehr lang ist, weil die Umweltbedingungen (soziale Verhältnisse) sehr unterschiedlich sind und weil viele unterschiedliche phänotypische Merkmale auftreten.

Aus sittlich-moralischen Gründen können genetische Experimente am Menschen nicht durchgeführt werden, deshalb sind Familienanalyse, Zwillingsforschung und statistische Untersuchungen wichtigste Methoden der Humangenetik.

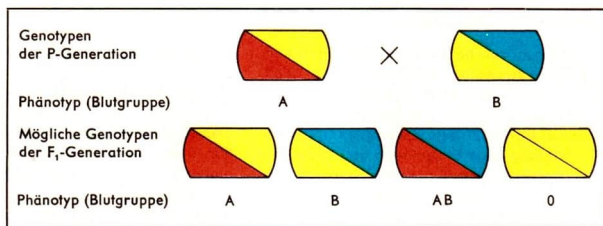
### Vererbungsprozesse

Beim Menschen sind bisher relativ viele genetische Erscheinungen aufgeklärt worden. Umfangreiches Wissen liegt über viele Erbgänge vor (■ bei Blutgruppen, Serumgruppen, Nasenform, Augenfarbe, Pigmentierungen).

**Vererbung der Blutgruppen.** Bisher sind über 10 verschiedene Blutgruppensysteme des Menschen genetisch analysiert. Das bekannteste ist das AB0-System. Dieses Blutgruppensystem wird durch ein Gen bedingt, das in drei Hauptallelen –  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^0$  – für die Blutgruppen-Antigene A, B und 0 vorliegt:

$I^A$  und  $I^B$  sind dominant über  $I^0$ ;  $I^A$  und  $I^B$  können gleichzeitig nebeneinander ausgeprägt werden.

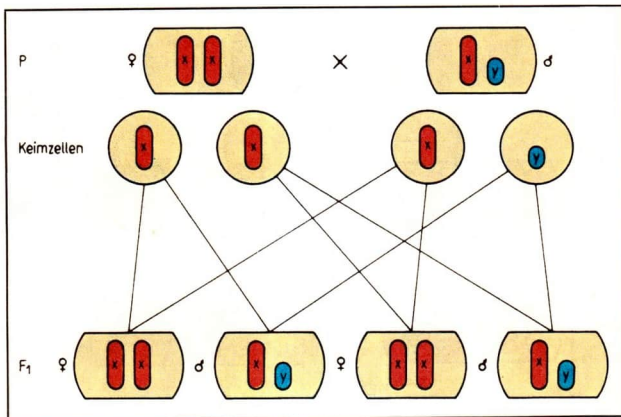
Schema für einen Erbgang des AB0-Blutgruppensystems



**Genotypische Geschlechtsbestimmung.** Der Chromosomensatz des Menschen besteht aus 22 homologen Chromosomenpaaren (Autosomen) und 2 in Form und Größe unterschiedlichen Geschlechtschromosomen (Heterosomen), dem X- und dem Y-Chromosom. Das Geschlecht wird durch die Kombination der Geschlechtschromosomen bestimmt: xx = weiblich    xy = männlich

Das Y-Chromosom enthält die das männliche Geschlecht bestimmenden Gene, sie sind gegenüber denen des X-Chromosoms dominant.

## Schema der Geschlechtsbestimmung



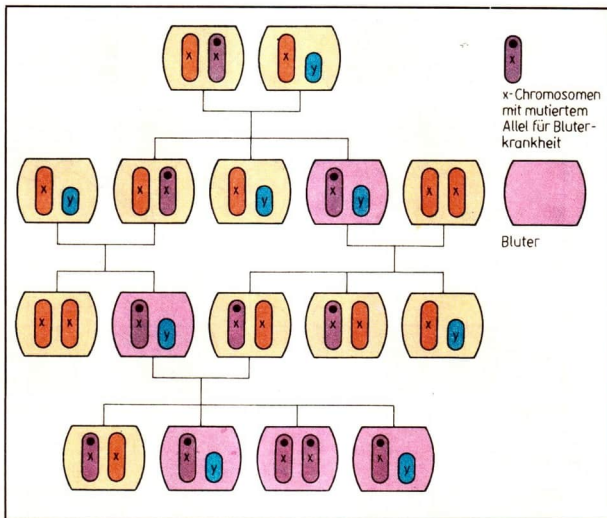
## Erbkrankheiten

Erbkrankheiten sind die Folge der phänotypischen Ausprägung mutierter Erbanlagen, die zu krankhaften Erscheinungen (■ Anomalien, Mißbildungen) führen. Vom Menschen sind gegenwärtig etwa 2000 Erbkrankheiten und genetische Defekte bekannt. Erbkrankheiten sind noch nicht heilbar. In einigen Fällen sind sie so zu beeinflussen, daß die Symptome kaum in Erscheinung treten. Die Ausprägung des Erbschadens kann dominant, intermediär oder rezessiv gegenüber dem Normalallel sein.

| Dominante Erbfehler                                                             | Rezessive Erbfehler                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nachtblindheit<br>Kurzfingerigkeit<br>Kurzsichtigkeit<br>Zwergwuchs<br>Taubheit | Phenylketonurie<br>Sichelzellanämie<br>Albinismus<br>Rot-Grün-Blindheit<br>Bluterkrankheit |

Bei der Bluterkrankheit kommt es als Folge der Fehlleistungen bestimmter Blutbestandteile nur zu einer verzögerten Blutgerinnung, dies kann bei Verletzungen zum Tode führen. Das Gen für die Bluterkrankheit liegt im X-Chromosom. Daraus ergibt sich ein X-Chromosom-gebundener Erbgang (geschlechtsgebundener Erbgang).





## Aufgaben der Humangenetik

Die Humangenetik hat durch die Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der Vererbung beim Menschen große Bedeutung für die moderne Medizin.

Zu den Aufgaben der Humangenetik gehören:

- Aufklärung der Blutgruppengenzusammensetzung und ihre Vererbung,
- Aufklärung der Einflüsse von Erbanlagen und Umwelt auf die Merkmalsausprägung durch die Zwillingsforschung,
- Ständige Kontrolle und Untersuchung von Lebensmitteln, Medikamenten, Konservierungsmitteln, der Luft und anderer Umweltbedingungen auf Vorhandensein von mutationsauslösenden Stoffen,
- Zurückdrängen von Umweltverhältnissen, die eine Gefährdung der Erbinformation des Menschen darstellen,
- Weiterer Ausbau von Methoden und Verfahren zur Behandlung der Auswirkungen von Erbkrankheiten,
- Umfassender Ausbau des Systems der genetischen Eheberatung.

✂ Erbkrankheiten, S. 367

## 10.1. Entstehung des Lebens auf der Erde

### Leben als biologisches System

Leben existiert nur in zeitlich und räumlich strukturierten Systemen, die sich gegenüber der nicht lebenden Materie durch spezifische Merkmale auszeichnen. Diese charakteristischen Merkmale erfassen sowohl die stofflichen Strukturen (Elemente) als auch die Prozeßstrukturen (Wechselbeziehungen zwischen den Elementen).

↗ Leben, S. 7

↗ Biologische Systeme, S. 8 ff.

### Stoffliche Zusammensetzung lebender Materie

Die lebende Materie besteht aus den gleichen chemischen Elementen, die auch in der nicht lebenden Materie vorkommen, jedoch in anderer prozentualer Zusammensetzung. Diese quantitativ unterschiedliche Zusammensetzung widerspiegelt die qualitative Veränderung der Stoffe im Prozeß der Entstehung des Lebens auf der Erde. Es bildeten sich charakteristische energiereiche, meist makromolekulare organische Verbindungen.

↗ Elementare Zusammensetzung der Zelle, S. 174 ff.

### Bedingungen für die Entstehung des Lebens

Die Entstehung von lebender Materie erfolgte vor über drei Milliarden Jahren. In der Entwicklung der Erde waren die notwendigen Bedingungen vorhanden:

| Wichtige Substanzen der Urerde und vorhandene Energiequellen    |                                                                                     |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| feste Oberfläche                                                | Uratmosphäre                                                                        | Energiequellen                                                                     |
| Karbid<br>Nitride<br>Sulfide<br>Nichtmetalloxide<br>Metalloxide | Wasserstoff<br>Ammoniak<br>Wasserdampf<br>Methan<br>Schwefelwasserstoff<br>Edelgase | UV-Strahlung<br>radioaktive Strahlung<br>Wärmestrahlung<br>Elektrische Entladungen |

festen Oberfläche, Urozean, Uratmosphäre. Die Uratmosphäre war ohne freien Sauerstoff und hatte reduzierenden Charakter. Energiequellen für endotherme Syntheseprozesse waren ausreichend vorhanden.

## Phasen der Entstehung des Lebens

Die Entstehung des Lebens auf der Erde aus nicht lebender Materie ist ein historisch bedingter Entwicklungsprozeß, der durch verschiedene Phasen gekennzeichnet ist:

- abiogene Entstehung niedermolekularer organischer Stoffe,
- abiogene Entstehung hochmolekularer organischer Stoffe,
- Entstehung von Uroorganismen,
- biogene Synthese organischer Stoffe.

## Abiogene Entstehung organischer Stoffe

Die abiogene Entstehung organischer Stoffe vollzog sich in der Uratmosphäre und im Urozean unter Einfluß des Sonnenlichts und unter Einwirkung anderer Energiequellen. Zahlreiche fotochemische und chemische Reaktionen liefen ab und führten zur Bildung relativ stabiler organischer Verbindungen (■ Aminosäuren, Monosaccharide, Purine und Pyrimidine) aus Elementen und einfachen anorganischen Molekülen (■ Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff; Ammoniak, Methan).

In Modell-Versuchen, die den Bedingungen der Uratmosphäre entsprechen, kann die Entstehung organischer Verbindungen nachgewiesen werden:



| Ausgangsstoffe                        | Reaktionsbedingungen            | Reaktionsprodukte                              |
|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| Methan, Ammoniak, Wasser, Wasserstoff | wäßrige Lösung, UV-Strahlung    | Aminosäuren (Glyzin, Alanin)                   |
| Zyanwasserstoff, Ammoniak, Wasser     | 60 °C, wäßrige Lösung           | Purinbasen (Adenin)                            |
| Formaldehyd (Methanal)                | Kalziumkarbonat als Katalysator | Monosaccharide (Glukose, Ribose, Desoxyribose) |

## Abiogene Entstehung hochmolekularer organischer Stoffe

Aus niedermolekularen organischen Stoffen entstanden komplizierte makromolekulare organische Verbindungen (■ Polypeptide, eiweißartige Stoffe, Nukleotide, Polynukleotide).

In Experimenten wurde die Bildung dieser biologisch wichtigen Makromoleküle durch Selbstorganisation der Materie nachgewiesen:

| Modellexperiment zur Entstehung makromolekularer Stoffe |                               |                            |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Ausgangsstoffe                                          | Reaktionsbedingungen          | Reaktionsprodukte          |
| Aminosäuren                                             | 65 °C, Phosphorsäure          | Polypeptide                |
| Ribose, Purinbasen, Phosphorsäure                       | 50 °C bis 60 °C, Autokatalyse | verschiedene Nukleinsäuren |

## Entstehung von Uroorganismen

Der Übergang von makromolekularen nicht lebenden organischen Verbindungen zu Uroorganismen ist noch nicht bekannt.

Bisher konnten erst Teilprozesse dieser Entwicklung wissenschaftlich nachgewiesen werden. Über die Organisation von Makromolekülen und die Entstehung der Uroorganismen im Urozean gibt es zwei Hypothesen, die beide auf materialistische Weise wesentliche Teilprobleme der Lebensentstehung erklären.

Die **Koazervathypothese** von OPARIN gibt eine wissenschaftlich begründete Vorstellung über die Entstehung komplizierter Makromoleküle und die Ausbildung von Reaktionsnetzen.

Die **Molekularhypothese** von SCHRAMM, CALVIN, KAPLAN und anderen erläutert die Herausbildung des Mechanismus der Autoreproduktion, der Informationsspeicherung und der enzymgesteuerten Stoffwechselprozesse.

| Inhaltliche Aussagen der Koazervat- und Molekularhypothese                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Koazervathypothese                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Molekularhypothese                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Abiogene Entstehung organischer Verbindungen</p> <p>↓</p> <p>Abiogene Entstehung komplizierter, meist makromolekularer Stoffe, darunter Polypeptide und Polynukleotide</p> <p>↓</p> <p>Bildung von polymolekularen Systemen, den Koazervaten, auf kolloidchemischer Grundlage</p> <p>↓</p> <p>Evolution der Koazervate durch Entstehung eines koordinierten Reaktionsnetzes unter Wirkung der Auslese, Fähigkeit zur Selbsterneuerung</p> <p>↓</p> <p>Uroorganismen mit enzymatisch gesteuerten Stoffwechselprozessen und den charakteristischen Merkmalen des Lebens</p> | <p>Abiogene Entstehung organischer Verbindungen</p> <p>↓</p> <p>Abiogene Entstehung komplizierter, meist makromolekularer Stoffe, darunter Polypeptide und Polynukleotide</p> <p>↓</p> <p>Autoreplikation der Polynukleotide und Synthese von Polypeptiden auf ihrer Matrize (Entstehung des genetischen Apparates)</p> <p>↓</p> <p>Vervollkommen der Autoreplikation und der Polypeptidsynthese unter Wirkung der Auslese; Entstehung von Nukleinsäuren und Enzymeiweißen</p> <p>↓</p> <p>Bildung von polymolekularen Eiweiß- und Nukleinsäure-Systemen als erste Lebewesen (Uroorganismen) mit autoreguliertem Stoffwechsel</p> |

Mit den Uroorganismen entwickelte sich eine neue, höhere Entwicklungsstufe der Materie, das Leben, mit neuen Gesetzmäßigkeiten und Merkmalen.

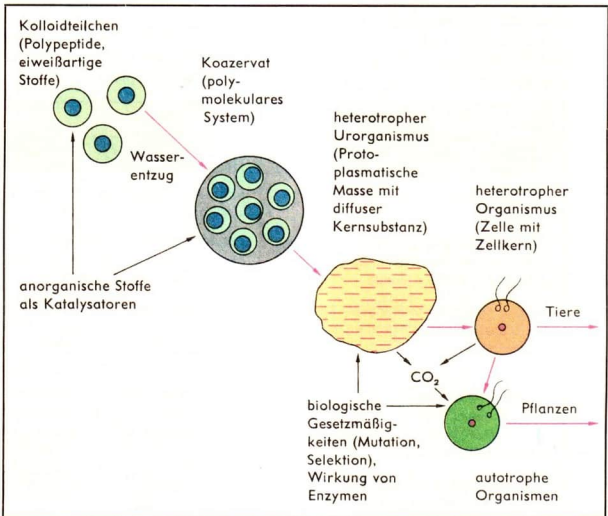
## Biogene Synthese organischer Stoffe

Über die Lebensweise der ersten Uroorganismen gibt es unterschiedliche Auffassungen; eine davon – die Koazervathypothese – besagt, daß sich die ersten Lebewesen heterotroph durch Aufnahme abiogen gebildeter organischer Substanzen ernährten. Die Energie für die Lebensprozesse wurde durch Gärung gewonnen, da freier Sauerstoff in der Atmosphäre fehlte.

Unter Einfluß biologischer Gesetzmäßigkeiten (■ Mutation, Selektion, Isolation) entwickelten sich Formen von Organismen mit Assimilationsfarbstoffen, die zur Synthese organischer Stoffe durch Photosynthese fähig waren.

Durch den Photosyntheseprozess wurde freier Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben; damit waren Voraussetzungen für die vollständigere Nutzung der chemischen Energie durch aerobe Atmung gegeben. Zwischen autotropher Kohlenstoffassimilation (Photosynthese) und Dissimilation (Atmung) hat sich ein dynamisches Gleichgewicht herausgebildet.

Hypothetisches Schema zur Entstehung und Entwicklung der Uroorganismen



↗ Bedeutung der Photosynthese, S. 202

## 10.2. Evolutionsfaktoren

### Allgemeines

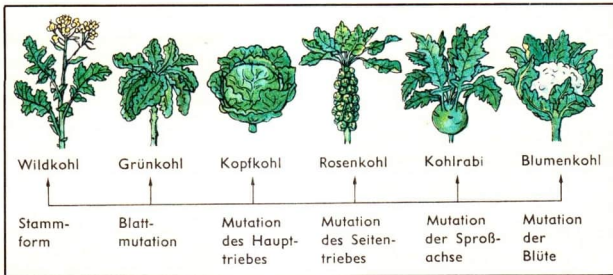
Die Evolution der Organismen erfolgt in enger Wechselwirkung mit der Umwelt. Dieser Prozeß wird kausal durch das Zusammenwirken von Evolutionsfaktoren (Entwicklungsfaktoren) bedingt und erfolgt in der Auseinandersetzung der Organismen mit der Umwelt. Als Hauptfaktoren der phylogenetischen Entwicklung sind in den Populationen Mutation, Rekombination, Populationsschwankungen, Isolation und Selektion wirksam.

↗ Evolution, S. 7

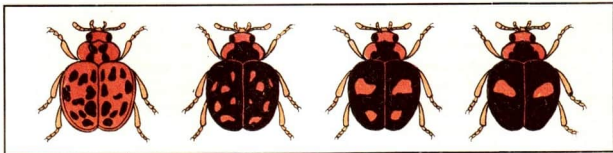
### Mutation als Evolutionsfaktor

Mutationen stellen einen primären Entwicklungsfaktor dar. Durch Mutation treten im genetischen Bestand einer Population ständig Veränderungen auf. Diese Mannigfaltigkeit der Genotypen ist die Voraussetzung für die Erhaltung und Weiterentwicklung der Population im Prozeß der Selektion.

- Durch Mutation entstandene und durch Züchtung weiterentwickelte Varietäten des Wildkohls



### Varianten des Marienkäfers in Ostasien



↗ Mutationen, S. 274



## Rekombination

Durch Prozesse der Rekombination werden Gene neu kombiniert, so daß sich die Anzahl der Genotypen innerhalb einer Population erhöht. Die Vielzahl der unterschiedlichen Genkombinationen bildet, wie die durch Mutation entstandenen neuen Allele, eine Voraussetzung für das Wirken der Selektion.

↗ Rekombination, S. 272

## Populationsschwankungen als Evolutionsfaktor

Populationsschwankungen wirken sich sowohl auf die Gesamtheit des Erbanlagenbestandes (Genpool) als auch auf seine Kombinationsmöglichkeiten bei der Rekombination aus. Größenschwankungen der Populationen zeigen, daß durch Zufallswirkung bei kleineren Populationen eine schnellere Evolution erfolgt als bei sehr großen. Rhythmische Populationsschwankungen schaffen günstige Voraussetzungen für die Evolution einer Population.

- Die Darwinfinken auf den Galapagos-Inseln bilden Populationen aus nur 100 bis 1000 Tieren; es entstanden 14 Arten.

↗ Populationsschwankung, S. 323

## Isolation als Evolutionsfaktor

Isolation ist durch Unterbrechung der geschlechtlichen Fortpflanzung zwischen Gruppen von Individuen einer Population ein wichtiger Evolutionsfaktor. In den Teilpopulationen (Isolaten) mit jeweils unterschiedlichem Genpool ist die Neubildung von Sippen möglich. Bei den Isolationsmechanismen werden verschiedene Formen der Isolation unterschieden:

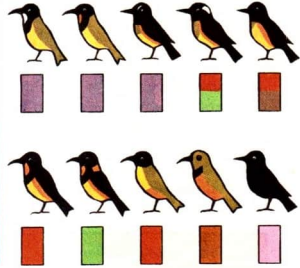
- geographische Isolation,
- ökologische Isolation,
- fortpflanzungsbiologische Isolation,
- genetische Isolation.

**Geographische Isolation.** Die Isolation erfolgt durch geographische Faktoren (■ Meere, Gebirge, Wüsten, Höhlen, Flüsse). Durch die räumliche Trennung entstehen Teilpopulationen mit unterschiedlichem Allelbestand und veränderten Selektionsbedingungen.

Die Unterschiede in den Teilpopulationen bewirken die Entstehung geographischer Rassen und Arten.

**Ökologische Isolation.** Ökologische Isolation wirkt in Populationen, die gleiche geographische Gebiete, aber verschiedene Biotope besiedeln (■ Talrassen, Berg-rassen). Die unterschiedlichen Umweltbedingungen in den Biotopen führen zur Entstehung ökologisch-isolierter Formen. Oft wirken ökologische und geographische Isolation zusammen.

## Geographische Rassen des Fliegenschnäppers (Salomonen-Inseln)



Ökologische Arten der Darwinfinken (Galapagos-Inseln) entwickelten sich aus einer Art des bodenbewohnenden, körnerfressenden Finks *Geospiza*, der vom Festland (Südamerika) aus die Galapagos-Inseln besiedelte. Durch ökologische Isolation entstanden in verschiedenen Biotopen 14 Arten.

| Insektenfresser                                                                    |           | Pflanzenfresser                                                                    |                                                                                   |                |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Bäume                                                                              |           | Kakteen                                                                            | Boden<br>(Ursprungs-<br>biotop)                                                   |                |
|  |           |  |  |                |
| Pinaro-<br>Loxias                                                                  | Gerthidia | Camar-<br>rhynchus                                                                 | Geospiza-Arten                                                                    | Geospiza spec. |

Allele, S. 269

**Fortpflanzungsbiologische Isolation.** Die Isolation entsteht durch Fortpflanzungsbarrieren (■ unterschiedliches Paarungsverhalten, verschiedene Paarungszeiten, Veränderungen der Fortpflanzungsorgane), die bewirken, daß eine Paarung zwischen bestimmten Individuen einer Population unterbunden wird. Die so isolierten Individuen können Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Sippen werden.

**Genetische Isolation.** Genetische Isolation erfolgt durch Änderungen in den Chromosomensätzen oder Genanordnungen, sie kommt besonders bei Pflanzen vor.

## Selektion

Selektion (natürliche Auslese) ist die Förderung oder Einschränkung von Organismen einer Population in ihrer Entwicklung und Fortpflanzung durch die Einwirkung von Umweltbedingungen (Selektionsfaktoren).

Die Selektion wirkt als richtender Faktor in der Evolution, da sie die Genbestände einer Population quantitativ verschiebt, indem sie die durchschnittliche Nachkommenzahl des besser angepassten Genotyps gegenüber anderen erhöht. Die Selektionsfaktoren wirken nicht direkt auf den Genotyp, sondern auf bestimmte Merkmale des Phänotyps ein.

| Wichtige Selektionsfaktoren                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selektionsfaktor                                                                               | Richtende Wirkung für Evolution                                                                                                                                                                                                                                          |
| Klima ■ Trockenheit<br>und<br>Boden                    starker Wind<br><br>lange Kälteperioden | Förderung xeromorpher Pflanzen<br>■ Kakteen, Hartlaubgewächse, Steppengräser<br><br>Begünstigung flugunfähiger Tiere<br>■ stummelflügelige Insekten und Vögel<br><br>Begünstigung von Pflanzen mit kurzer Vegetationszeit<br>■ Frühlings-Enzian, Krokus, Brocken-Anemone |
| Feinde                                                                                         | Förderung geschützter Formen<br>■ Tarnfarbe bei Tieren (Laubfrosch, Schneehuhn)<br>Schutz vor Tierfraß bei Pflanzen durch Bitterstoffe (Lupine), Dornen (Schlehe), Drüsenhaare (Brennnessel)                                                                             |
| Parasiten und Krankheitserreger                                                                | Förderung resistenter Formen<br>■ Mehltäuresistenz bei Pflanzen<br>Immunität gegen Krankheitserreger bei Tieren                                                                                                                                                          |
| Konkurrenz (innerartlich und zwischenartlich)                                                  | Begünstigung konkurrenzstarker Formen<br>■ Im Bergland verdrängt die Rot-Buche die Wald-Kiefer                                                                                                                                                                           |

↗ Reaktionsweisen der Organismen auf Umweltfaktoren, S. 310

## Zusammenwirken der Evolutionsfaktoren

Die Evolutionsfaktoren wirken nicht isoliert voneinander, sondern bilden in ihrer Gesamtheit ein komplexes Wirkungsgefüge, welches die Richtung und Geschwindigkeit des komplizierten Evolutionsprozesses bestimmt. Durch Mutation und Rekombination verändert sich ständig der Genbestand einer Population als Voraussetzung für das Wirken der Selektion im Verlauf der Populationsschwankungen und bei Isolation. Durch das Wirken der Evolutionsfaktoren über große Zeiträume kann es zur Entwicklung neuer Gattungen, Familien, Ordnungen oder Klassen aus ursprünglich einheitlichen Populationen kommen.

### ■ Entwicklung der Nacktsamer aus Samenfarren

- ↗ Historischer Ablauf der Evolution der Organismen, S. 298
- ↗ Wissenschaftliche Begründung der Abstammungslehre, S. 306

## 10.3. Phylogenetische Entwicklungstendenzen

### Allgemeines

Die stammesgeschichtliche Evolution der Organismen ist ein dynamischer Prozeß, in dessen Verlauf sich die Formenmannigfaltigkeit der heutigen Organismengruppen als Ergebnis der Angepaßtheit an vielfältige Umweltverhältnisse entwickelte. Durch das Wirken der Evolutionsfaktoren entstand aus wenigen primitiven Formen eine Vielzahl höherentwickelter Organismen.

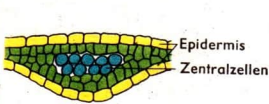
Beim Vergleichen der äußeren Gestalt und des inneren Baues von Pflanzen und Tieren sind drei Grundtendenzen der stammesgeschichtlichen Entwicklung erkennbar, die alle auf fortschreitenden, nicht umkehrbaren Vorgängen beruhen:

- Höherentwicklung (generelle Vervollkommenung in Anpassung an die Umweltverhältnisse);
- Spezialisierung (spezielle Vervollkommenung in Anpassung an die Umweltverhältnisse);
- Rückbildung.

### Höherentwicklung

Die Höherentwicklung von Organismen ist durch ständig zunehmende Differenzierung (Arbeitsteilung) sowie Zentralisierung der Zellen, Gewebe und Organe und damit durch zunehmende Kompliziertheit von Bau und Funktion gekennzeichnet. Höherentwicklung widerspiegelt die Zunahme der relativen Umweltunabhängigkeit in Form von Leistungssteigerung und zunehmender Angepaßtheit. **Differenzierung.** Differenzierung ist die quantitative Veränderung einzelner Körperabschnitte, die durch Umbildungen zu Funktionsverbesserungen führen (qualitative Veränderung).

Blattdifferenzierung bei Moosblatt und Laubblatt



Blatt eines Laubmooses



Blatt eines Bedecktsamers

Differenzierung der Zähne bei Wirbeltieren



undifferenzierter  
Zahn bei  
Kriechtieren



Differenzierung  
zu Schneide-,  
Eck- und Backen-  
zähnen bei  
Säugern

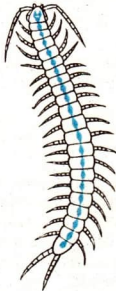
↗ Extremitäten der Gliederfüßer, S. 68

**Zentralisierung.** Zentralisierung ist – in der Entwicklung der Organismen – die Herausbildung von Funktionszentren.

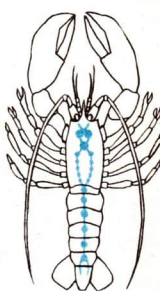
Entwicklung eines zentralisierten Nervensystems bei wirbellosen Tieren



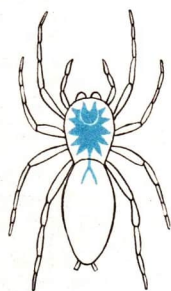
Ringelwurm



Hundertfüßer



Krebs



Spinne

**Leistungssteigerung.** Leistungssteigerung von Organen ermöglicht höhere Leistungen des Gesamtorganismus und damit eine Zunahme der relativen Umweltunabhängigkeit.

Leistungssteigerungen von Herz und Lunge der Wirbeltiere bewirken bei Säugern und Vögeln konstante umweltunabhängige Körpertemperatur (gleichwarme Tiere).

↗ Blutkreislauf der Wirbeltiere, S. 85

↗ Atmung der Wirbeltiere, S. 86

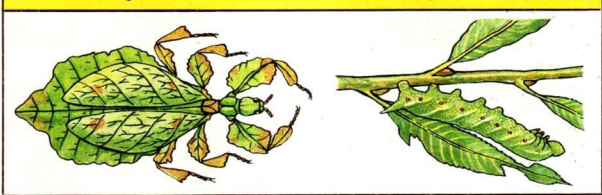
## Spezialisierung

Die Spezialisierung führt bei den Organismen durch Veränderungen in Bau und Funktion zu besserer Angepaßtheit an spezifische Umweltbedingungen. Der Vorteil der optimalen (besseren) Angepaßtheit führt aber zur Einengung des Toleranzbereiches gegenüber der Umwelt und damit zum Verlust der Anpassungsfähigkeit bei Veränderung der Umweltverhältnisse.

Die Spezialisierung tritt in verschiedener Weise in Erscheinung.

**Angepaßtheit.** Die Angepaßtheit ist die spezielle Ausprägung von Merkmalen und Eigenschaften in spezifischen Umweltbedingungen.

### Blatt- oder zweigähnliche Gestalt bei Heuschrecken und Raupen als Schutzanpassung



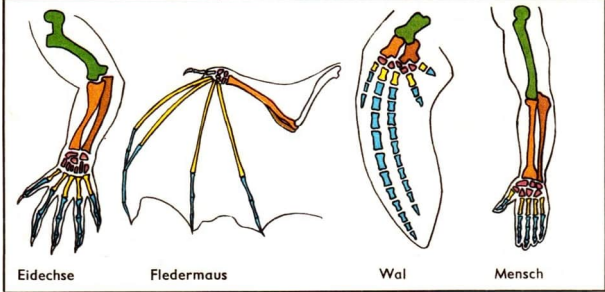
**Homologe Organe.** Homologe Organe sind ursprungsgleiche Organe, die in Anpassung an spezifische Umweltverhältnisse wesentliche Veränderungen in Bau und Funktion aufweisen.

### Blattmetamorphosen bei Schmetterlingsblütlern





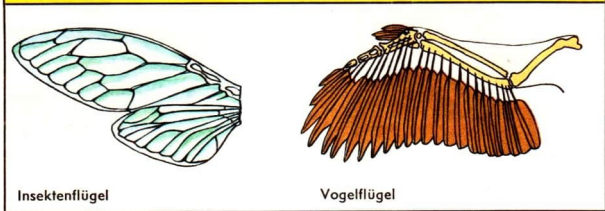
Ausbildung von Vordergliedmaßen bei Wirbeltieren



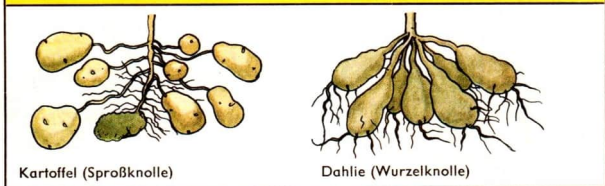
↗ Mundgliedmaßen der Insekten, S. 71

**Analoge Organe.** Analoge Organe sind Organe unterschiedlichen Ursprungs, die in Anpassung an gleiche Umweltverhältnisse Ähnlichkeiten in äußerem Bau und Funktion aufweisen.

Flügelbildung bei Vogel und Insekt



Speicherknollen bei Kartoffel (Stengel) und Dahlie (Wurzel)

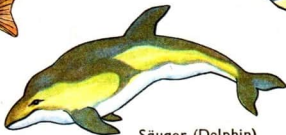


**Konvergenzen.** Konvergenzen sind Parallelentwicklungen bei nicht verwandten Pflanzen- und Tiergruppen. Unter gleichartigen Umweltbedingungen entwickeln sich bei ursprünglich verschieden gestalteten Organen oder Organismen Funktions- und Formähnlichkeiten.

#### Körperform bei schnell schwimmenden Wassertieren



Fisch (Flußbarsch)



Säuger (Delphin)

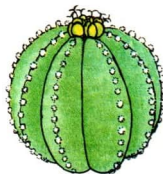


Vogel (Pinguin)

#### Sukkulenz bei Kakteen und Wolfsmilchgewächsen



Melonen-Kaktus



Melonen-Wolfsmilch

### Rückbildung

Die Rückbildung bestimmter Organe oder Organteile deutet auf bessere Angepaßtheit an bestimmte Umweltverhältnisse hin. Durch Änderung von Umweltverhältnissen können bis dahin lebensnotwendige Organe funktions- und bedeutungslos werden, so daß Mutanten mit Rückbildungserscheinungen dieser Organe im Selektionsvorteil sind. Andererseits können auch Mutanten mit Rückbildungserscheinungen an bereits vorhandene, aber bis dahin nicht genutzte Umweltverhältnisse besser angepaßt sein und sich in der neuen Umwelt (ökologische Nische) schneller entwickeln.

Noch vorhandene Organreste werden als Rudimente bezeichnet.

- – Rückbildung der Hintergliedmaßen beim Wal und aller Gliedmaßen der Blindschleiche,
- Rückbildung des Verdauungskanals beim Bandwurm,
- Rückbildung der Laubblätter bei der Klee-Seide.

## Allgemeine Entwicklungsregeln

Durch den Einfluß der Umwelt unterliegen alle Organismen einem stammesgeschichtlichen Entwicklungszwang. Bei gleichbleibender Umwelt wirken die gleichen Faktoren über lange Zeit parallel auf verschiedene Organismengruppen ein und rufen gerichtet erscheinende Entwicklungen hervor. Daraus lassen sich allgemeine stammesgeschichtliche Entwicklungsregeln ableiten.

Regeln für stammesgeschichtliche Entwicklungsrichtungen:

- Veränderte Umweltbedingungen beim Übergang vom Lebensmilieu „Wasser“ in das Milieu „Luft“ führen bei Landtieren und Landpflanzen

- zur Ausbildung spezieller Organe zur Wasseraufnahme (Wurzel, Mund),
- zur Ausbildung von Verdunstungseinrichtungen (■ Kutikula, Hornhaut),
- zur Spezialisierung der Fortpflanzung (■ Blüten, Kopulationsorgane).

Landbewohner zeigen infolge vielfältiger Umwelteinflüsse und kleiner Populationen ein schnelleres Tempo der stammesgeschichtlichen Entwicklung als Meeresbewohner.

Festsitzende Tiere können nur im Wasser leben (Herbeistrudeln der Nahrung und Geschlechtszellen).

↗ Größen- und Proportionsregel, S. 313

## 10.4. Entwicklung der Organismen in den Erdzeitaltern

### Fossilien

Fossilien sind erhalten gebliebene Reste oder Spuren von Lebensformen der Pflanzen und Tiere früherer Erdzeitalter.

Fossilien

- geben ein Abbild von Organismen früherer Erdzeitalter,
- lassen Formenwandel, Reihenfolge und Geschwindigkeit im Evolutionsprozeß erkennen,
- beweisen die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Organismen.

**Fossilienbildung.** Nach dem Tod der Organismen wird deren organische Substanz meist völlig abgebaut, so daß nur wenig Überreste zur Fossilienbildung erhalten bleiben. Nach der Art der Entstehung werden verschiedene Fossilienformen unterschieden.

| Fossilienformen |                                                          |                                                                                                                                                              |
|-----------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fossilienform   | Entstehungsart                                           | Beispiele für Fossilfunde                                                                                                                                    |
| Hartteile       | Erhaltung anorganischer Strukturen des Organismenkörpers | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Knochenreste von Wirbeltieren</li> <li>– Schalen von Weichtieren</li> <li>– Schuppenpanzer von Reptilien</li> </ul> |

| Fossilienformen |                                                                                                                         |                                                                                                                      |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fossilienform   | Entstehungsart                                                                                                          | Beispiele für Fossilienfunde                                                                                         |
| Versteinering   | Mineralisation poröser Hartteile<br>Mineralisation von Körperhöhlräumen<br>Mineralisation der gesamten Organismenkörper | — echte Versteinering: Holz, Muschelschalen<br>— Steinkern: Seeigel, Ammoniten<br>— Abguß: Korallenstöcke, Seelilien |
| Abdruck         | Einbettung von Organismen oder von Fährten in Sedimente (Ton, Schlamm, Sumpf)                                           | — Abdruck von Insekten, Laubblättern, Urvogel, Farnen<br>— Fährten von Sauriern                                      |
| Inkohlung       | Einbettung von Organismen oder Organismenresten in Braun- und Steinkohle                                                | — Steinkohlenfarne                                                                                                   |
| Einschlüsse     | Einschlüsse durch Harz, Kieselsäure, Eis                                                                                | — Bernsteineinschlüsse von Insekten<br>— Sibirisches Mammut                                                          |
| Mumifizierung   | Einbettung in konservierende Stoffe, wie Gerbstoffe (Moor)                                                              | — Moorfunde von eiszeitlichen Menschen und Tieren                                                                    |

## Übergangsformen

Übergangsformen sind fossile oder rezente Organismen, die Merkmale verschiedener systematischer Formengruppen in sich vereinen. Sie beweisen sowohl die Höherentwicklung als auch die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen bestimmten Organismengruppen bei Pflanzen und Tieren.

- — Urvogel (*Archaeopteryx*) zeigt neben Vogelmerkmalen auch Reptilienmerkmale;
- Quastenflosser (*Latimeria*) besitzt als Knochenfisch auch Merkmale landbewohnender urtümlicher Lurche;
- Nacktfarne (*Psilophyta*) weisen auch Merkmale meeresbewohnender Grünalgen auf.

### Reptilien- und Vogelmerkmale des Urvogels

Urtümliche Merkmale, die auf die Verwandtschaft mit Reptilien hinweisen:

- relativ schwach ausgebildetes Gehirn,
- bezahnter Kiefer,
- Ausbildung langer Schwanzwirbel,
- nicht verwachsene Mittelhandknochen.



Abgeleitete Merkmale, die die Zugehörigkeit zu den Vögeln zeigen:

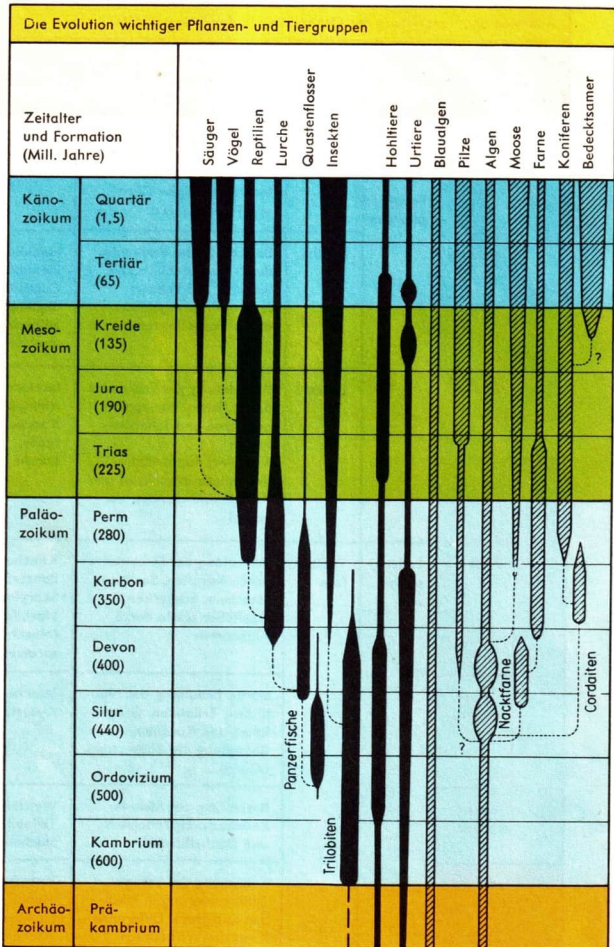
- Ausbildung von Federn,
- Ausbildung hohler Knochen,
- Ausbildung der Vordergliedmaßen als Flügel,
- Ausbildung eines Gabelbeins.

### Historischer Ablauf der Evolution der Organismen

| Auftreten und Verbreitung der Organismen in der Erdgeschichte |         |              |                  |                                                                                                       |                                                    |
|---------------------------------------------------------------|---------|--------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Erdzeitalter                                                  |         | Hauptgruppe  |                  | Entwicklung und Verbreitung der Organismen                                                            | erstes Auftreten                                   |
| Ära                                                           | Periode | Pflanzen     | Tiere            |                                                                                                       |                                                    |
| Erdneuzeit                                                    | Quartär | Bedecktsamer | Säuger und Vögel | Herausbildung der menschlichen Gesellschaft                                                           | Mensch                                             |
|                                                               | Tertiär |              |                  | Entwicklung der rezenten Pflanzen- und Tierformen                                                     |                                                    |
| Erdmittelzeit                                                 | Kreide  | Nacktsamer   | Saurier          | Letzte Blüte der Ammoniten, Aussterben der Saurier, starke Entfaltung der Ein- und Zweikeimblättrigen | Bedecktsamer, immergrüner Laubwald                 |
|                                                               | Jura    |              |                  | Entfaltung der Nacktsamer (Nadelbäume), der Saurier und Insekten, erneutes Aufblühen der Ammoniten    | Vögel, Säuger, Ginkgoarten                         |
|                                                               | Trias   |              |                  | starke Verbreitung der Reptilien (Saurier, Schildkröten, Krokodile) und Nacktsamer                    | Schmetterlinge, Dinosaurier, säugerähnliche Formen |

| Auftreten und Verbreitung der Organismen in der Erdgeschichte |                          |               |            |                                                                                                                                                                |                                                                  |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Erdzeitalter                                                  |                          | Hauptgruppe   |            | Entwicklung und Verbreitung der Organismen                                                                                                                     | erstes Auftreten                                                 |
| Ära                                                           | Periode                  | Pflanzen      | Tiere      |                                                                                                                                                                |                                                                  |
| Erdaltzeit                                                    | Perm                     | Farnpflanzen  |            | Entwicklung von Insekten mit vollkommener Metamorphose, Reptilien mit trockenschaligen Eiern und Nacktsamern                                                   | Käfer, Nadelbäume, Cycadeen                                      |
|                                                               | Karbon                   |               | Lurche     | Besiedlung des Festlandes durch Lungenschnecken, Insekten und Panzurlurche, Waldvegetation durch Farnpflanzen                                                  | Nacktsamer (Samenfarne, Cordaiten), Reptilien, Süßwassermuscheln |
|                                                               | Devon                    |               | Fische     | Besiedelung des Festlandes durch Farne, Bärlappgewächse und Schachtelhalme<br>Korallen, Panzerfische, Weichtiere (Muscheln) und Krebse sind im Meer verbreitet | Insekten, Ammoniten, Knorpelfische, Lurche                       |
|                                                               | Silur                    | Lagerpflanzen | Wirbellose | Besiedlung der Flachmeere durch Korallen, Seelilien, Muscheln, Schnecken, Kopffüßer sowie durch Algenarten                                                     | Knochen- und Panzerfische, Skorpione, Nacktfarne (Nacktsprosser) |
|                                                               | Ordovizium               |               |            | starke Entfaltung der Nautiliden, Trilobiten, Graptolithen und Korallen, Besiedlung des Süßwassers (Algen)                                                     | Muscheln, Kieferlose                                             |
|                                                               | Kambrium                 |               |            | Besiedlung des Meeresbodens durch Trilobiten und Stachelhäuter                                                                                                 | Weichtiere, Trilobiten, Stachelhäuter                            |
|                                                               | Erdurzeit<br>Erdfrühzeit |               |            | Entstehung des Lebens, Differenzierung in Pflanzen und Tiere, Differenzierung der Wirbellosen                                                                  | Einzeller, Blaualgen, Hohltiere, Schwämme                        |





## 10.5. Stammesentwicklung des Menschen

### Der Mensch als biosoziale Einheit

Der Mensch ist ein gesellschaftliches Wesen, das auch biologischen Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Es besteht eine dialektische Einheit von biologischen und gesellschaftlichen Komponenten, von biologischer und gesellschaftlicher Evolution des Menschen.

**Biologische Evolution.** Die Lebensäußerungen des menschlichen Organismus laufen nach biologischen Gesetzmäßigkeiten ab. In der relativ langen biologischen Evolution der unmittelbaren Vorfahren des Menschen bildeten sich mit dem Wandel der Existenzbedingungen die biologischen Voraussetzungen für den Übergang zur gesellschaftlichen Lebensweise der Menschen heraus. Zu diesen Voraussetzungen gehören:

- aufrechter Gang und aufrechte Körperhaltung,
- Vergrößerung und Differenzierung des Gehirns,
- Abbau instinktiven Verhaltens sowie Zunahme der geistigen Flexibilität,
- hochorganisierte biologische Gruppenbildung.

**Gesellschaftliche Evolution.** In der Phase des Übergangs zur gesellschaftlichen Lebensweise des Menschen bekamen die gesellschaftlichen Faktoren hohen biologischen Auslesewert; sie erlangten schließlich den bestimmenden Einfluß auf die gesamte Lebensweise des Menschen und seiner weiteren Entwicklung.

Zu diesen gesellschaftlichen Faktoren gehören:

- planvolle Herstellung und Gebrauch von Werkzeug,
- Entwicklung der Sprache,
- Ausbildung der Lernfähigkeit,
- Ausbildung des Gedächtnisses.

**Wechselwirkung biologischer und gesellschaftlicher Prozesse.** Die weitere Entwicklung der Menschheit vollzieht sich vorwiegend auf gesellschaftlicher Ebene durch spezifische gesellschaftliche Gesetze. Durch die auf den Menschen wirkenden biologischen Gesetzmäßigkeiten (■ Stoffwechsel, Entwicklung, Wachstum) sind Entwicklungsmöglichkeiten gegeben, deren Grad der Realisierung weitgehend durch die gesellschaftlichen Verhältnisse bestimmt wird. Die gesellschaftlichen Bedingungen ermöglichen es dem Menschen, immer umfassendere Bereiche seiner Umwelt seinen Bedürfnissen entsprechend zu gestalten und durch den sozialen Fortschritt weitgehende Unabhängigkeit von den Einflüssen der natürlichen Umwelt zu erreichen.

### Die Stellung des Menschen im System der Organismen

Der Mensch läßt sich auf Grund seiner biologischen Merkmale ins System der Organismen einordnen. Die Anzahl der mit anderen Sippen gemeinsamen Merkmale läßt seine Zugehörigkeit zu den Chordaten und innerhalb dieser zu den Wirbeltieren, Säugetieren, Primaten erkennen.

| Stellung des Menschen im System der Tiere |                                        |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| Ordnung                                   | Primaten ( <i>Primates</i> )           |
| Unterordnung                              | Affen ( <i>Anthropoidea</i> )          |
| Überfamilie                               | Menschenähnliche ( <i>Homonoidea</i> ) |
| Familie                                   | Menschenartige ( <i>Homominidea</i> )  |
| Gattung                                   | Mensch ( <i>Homo</i> )                 |
| Art                                       | <i>Homo sapiens</i>                    |

| Morphologisch-anatomischer Vergleich von Menschenaffe und Mensch |                     |                     |                     |                             |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Merkmal                                                          | Orang-Utan          | Gorilla             | Schimpanse          | Mensch                      |
| Wirbelsäule                                                      | einfache Krümmung   | einfache Krümmung   | einfache Krümmung   | doppelte S-förmige Krümmung |
| Hüftbeine                                                        | brettartig          | brettartig          | brettartig          | schaufelförmig              |
| Stirnhöhlen                                                      | nicht vorhanden     | vorhanden           | vorhanden           | vorhanden                   |
| Zwischenkiefer                                                   | selbständig         | selbständig         | verwachsen          | verwachsen                  |
| Nasenwurzel                                                      | schmal              | verbreitert         | verbreitert         | verbreitert                 |
| Gehirnvolumen                                                    | 450 cm <sup>3</sup> | 600 cm <sup>3</sup> | 500 cm <sup>3</sup> | 1450 cm <sup>3</sup>        |
| Zahnbogen                                                        | parallel            | parallel            | parallel            | hufeisenförmig              |
| Hand                                                             | Kletterorgan        | Kletterorgan        | Kletterorgan        | Greiforgan                  |
| Handwurzelknochen                                                | neun                | acht                | acht                | acht                        |
| Nierenpapillen                                                   | eine                | eine                | mehrere             | mehrere                     |
| Ohrmuscheln                                                      | klein               | klein               | groß, gefaltet      | groß, gefaltet              |

## Die Entwicklung des Menschen aus tierischen Vorfahren

Die Entwicklung des Menschen aus tierischen Vorfahren wird durch fossile Funde belegt. Die Einordnung und Wertung der Fossilien bereitet wegen ihrer Lücken- und Bruchstückhaftigkeit noch Schwierigkeiten. Es gibt zur Zeit nur Hypothesen, die auf der Grundlage der fossilen Bruchstücke die Abstammung des Menschen zu erklären versuchen.

| Übersicht über fossile Funde zur Hominoiden-Evolution        |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                            |                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fossilgruppe<br>Auftreten<br>(Mill. Jahre)                   | Vertreter                                                                                                                                               | Merkmale                                                                                                                                                                   |                                                                                                       |
|                                                              |                                                                                                                                                         | biologische                                                                                                                                                                | gesellschaftliche                                                                                     |
| Älteste Hominoide<br>(Menschenähnliche)<br>30                | <i>Propliopithecus</i>                                                                                                                                  | kleine, vierfüßig<br>laufende Greif-<br>kletterer                                                                                                                          | —                                                                                                     |
| Baumaffen<br>(Dryopithecinen)<br>22 bis 18                   | <i>Dryopithecus</i> ,<br><i>Proconsuliden</i> ,<br><i>Sivapithecus</i>                                                                                  | Menschenaffen-<br>ähnliche Formen,<br>Stammgreifkletterer,<br>vierfüßige Fort-<br>bewegung,<br>zum Teil Hangler                                                            | —                                                                                                     |
| Tier-Mensch-<br>Übergangsformen<br>(Vormenschen)<br>20 bis 7 | <i>Kenyapithecus</i> ,<br><i>Ramapithecus</i>                                                                                                           | aufrechter Gang,<br>hominide Zahn-<br>bögen, kleine Eck-<br>zähne                                                                                                          | Gebrauch von<br>Naturgegen-<br>ständen als<br>„Werkzeug“,<br>„Urhorde“                                |
| Urmenschen<br>(Australopithecinen)<br>4 bis 1                | <i>Australopithecus</i><br><i>africanus</i> ,<br><i>Australopithecus</i><br><i>habilis</i>                                                              | aufrechter Gang,<br>Stand-Schreit-<br>Extremitäten,<br>menschliches Becken<br>und Gebiß,<br>Hirnvolumen<br>450 cm <sup>3</sup> bis 700 cm <sup>3</sup> ,<br>Stirn fliehend | Geräteherstel-<br>lung, Gebrauch<br>von Werk-<br>zeugen,<br>Anfänge<br>der Sprache,<br>Jagd in Horden |
| Frühmenschen<br>(Archanthropinen)<br>0,5 bis 0,25            | <i>Homo erectus</i><br><i>erectus</i><br>( <i>Pithecanthropus</i> )<br>— <i>pekinensis</i><br>( <i>Sinanthropus</i> )<br>— <i>heidel-<br/>bergensis</i> | flacher Schädel,<br>Überaugenwülste,<br>kinnlose Kiefer,<br>schlank, hochwüch-<br>sig, Hirnvolumen<br>800 cm <sup>3</sup> bis 1300 cm <sup>3</sup>                         | Herstellung von<br>Steinwerk-<br>zeugen, Jäger<br>und Sammler,<br>Höhlen-<br>bewohner                 |

| Übersicht über fossile Funde zur Hominoiden-Evolution |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fossilgruppe<br>Auftreten<br>(Mill. Jahre)            | Vertreter                                                                                                                                                                                        | Merkmale                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                       |                                                                                                                                                                                                  | biologische                                                                                                                                                                       | gesellschaftliche                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Altmenschen<br>(Paläanthropinen)<br>0,25 bis 0,03     | <i>Homo sapiens</i><br><i>præneander-</i><br><i>thalensis</i> ,<br><i>Homo sapiens</i><br><i>neanderthalensis</i><br>(Ehringsdorf,<br>Neanderthal),<br><i>Homo sapiens</i><br><i>praesapiens</i> | gedrungener Körper-<br>bau, fliehende und<br>niedrige Stirn,<br>Überaugenwülste,<br>großer Hinterkopf,<br>Hirnvolumen<br>1 200 cm <sup>3</sup> bis<br>1 700 cm <sup>3</sup>       | Herstellung von<br>Spezialwerk-<br>zeugen (Faust-<br>keil, Schaber,<br>Bohrer) aus<br>Stein und Holz,<br>Erzeugung von<br>Feuer, Jagdkult,<br>Totenbestat-<br>tung, Höhlen-<br>bewohner                                                                                                        |
| Jetztmenschen<br>(Neanthropinen)<br>0,25 bis 0,01     | <i>Homo sapiens</i><br><i>sapiens</i><br>(Cro-Magnon-<br>Typ)                                                                                                                                    | schlanker Körper-<br>bau, hohe Stirn,<br>kaum Überaugen-<br>wulst, großer Hirn-<br>schädel, Kinnvor-<br>sprung, Hirnvolumen<br>1 200 cm <sup>3</sup> bis<br>1 600 cm <sup>3</sup> | gesellschaftliche<br>Arbeitsteilung<br>und Herstellung<br>komplizierter<br>Werkzeuge aus<br>Knochen, Stein<br>und Holz<br>(Speer, Har-<br>pune, Pfeil und<br>Bogen als Fern-<br>waffen), künst-<br>lerische Tätig-<br>keit (Höhlen-<br>zeichnungen),<br>Sesshaftigkeit<br>und Behausun-<br>gen |

## Menschenrassen

Menschenrassen sind Gruppen (Populationen) von Menschen, die sich in ihrem Genbestand und dadurch bedingte phänotypische Merkmale (Rassenmerkmale) voneinander unterscheiden. Die Rassenbildung des Menschen vollzog sich auf der Entwicklungsstufe des Jetztmenschen (*Homo sapiens*). Durch natürliche Isolationsfaktoren (■ geographische Isolation) und gesellschaftliche Isolationsfaktoren (■ Sprache, Religion) entstanden Isolate, aus denen sich durch die langanhaltende großräumige Isolation in Anpassung an die Milieunterschiede verschiedene Rassen der Art *Homo sapiens* herausbildeten. Die zwischen den Rassen bestehenden Merkmalsunterschiede sind für das Menschsein ohne Bedeutung, da sie nicht das gesellschaftliche Wesen des Menschen beeinflussen. Die Menschen-



rassen sind keine unveränderlichen Gruppen; durch zunehmende Aufhebung der Isolate in der Gegenwart kommt es zu einer ständigen Vermischung der Rassen, die zu einer großen Variabilität der Menschheit führt. Die menschlichen Rassen werden in drei Rassenkreisen mit spezifischen biologischen Merkmalen zusammengefaßt: den europiden, den mongoliden und den negriden Rassenkreis.

| Übersicht über die Menschenrassen  |                              |                                         |                               |
|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| Allgemeine morphologische Merkmale | Rassenkreise                 |                                         |                               |
|                                    | europider Rassenkreis        | mongolider Rassenkreis                  | negrider Rassenkreis          |
| Körperbau                          | schlank                      | untersetzt                              | unterschiedlich               |
| Gesichtsform                       | starkes Gesichtsrelief       | schwaches Gesichtsrelief, Nasenlidfalte | mäßiges Gesichtsrelief        |
| Nase                               | schmal                       | niedrige Nasenwurzel                    | flach, breit                  |
| Körperbehaarung                    | relativ stark                | schwach                                 | sehr schwach                  |
| Haarform                           | schlichtes bis welliges Haar | schwarzes, dickes straffes Haar         | krauses bis spiralisches Haar |
| Pigmentierung                      | pigmentarm                   | pigmentreich                            | sehr pigmentreich             |

## 10.6. Geschichte der Abstammungslehre

### Allgemeines

Die Herausbildung einer wissenschaftlichen Theorie der stammesgeschichtlichen Entwicklung wurde beeinflusst vom Entwicklungsstand der Produktivkräfte, von den vorhandenen Erkenntnissen, von der Ideologie der herrschenden Klasse und der Weltanschauung der einzelnen Forscher.

### Vorwissenschaftliche Etappe

Jahrhundertlang wurde unter dem Einfluß des kirchlichen Dogmas von der Schöpfung die Auffassung von der Konstanz der Arten vertreten. Eine Entwicklung der Organismen wurde für möglich gehalten, als zunehmende Kenntnisse (■ Morphologie und Anatomie) sowie der Vergleich lebender Organismen mit Funden fossiler Reste Ähnlichkeiten und Veränderlichkeiten der einzelnen Orga-



nismengruppen erkennen ließen. Diese Erscheinung wurde von vielen Forschern zu ergründen versucht (■ CUVIER, LAMARCK); der unzureichende Erkenntnisstand in der Biologie und idealistische Vorstellungen über die Entwicklung ließen aber wissenschaftlich fundierte Erklärungen noch nicht zu.

### Wissenschaftliche Begründung der Abstammungslehre

Die wissenschaftliche Abstammungslehre wurde durch Ch. DARWIN begründet. 1859 erschien „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“, darin erläutert DARWIN die Entwicklung der Organismen unter dem Einfluß natürlicher Faktoren; später bezieht er auch den Menschen in die stammesgeschichtliche Entwicklung ein. Er begründet seine Darlegungen durch Schlußfolgerungen, die er aus zahlreichen Beobachtungen und eigenen züchterischen Arbeiten ableitet, und die sich als objektiv wirkende Naturgesetze bestätigt haben.

- die Erzeugung von mehr Nachkommen als zur Arterhaltung notwendig sind, bildet die Grundlage der Selektionsvorgänge;
- die Individuen einer Art ähneln einander nie völlig;
- durch die Wirkung der natürlichen Selektion („Kampf ums Dasein“) haben diejenigen Organismen die größte Chance sich fortzupflanzen, die den bestehenden Umweltverhältnissen am besten entsprechen;
- die Richtung der Selektion wird durch die Umwelt bestimmt, ändern sich die Umweltverhältnisse, so ändert sich auch die Auslese-richtung;
- neben der natürlichen Selektion wirkt noch eine „geschlechtliche Zuchtwahl“, bei der das Weibchen die Partnerwahl trifft und damit spezifische Merkmale der Männchen selektiert;
- erfolgt die Selektion über längere Zeit in der durch die Umweltverhältnisse bedingten gleichen Richtung, können neue Arten entstehen, die zweckmäßig an ihre Umwelt angepaßt sind, während Arten mit ungünstigen Abweichungen zugrunde gehen oder an Bedeutung verlieren.

### Der Kampf um die Durchsetzung und Weiterentwicklung der Abstammungslehre

Die Darwinsche Evolutionstheorie führte unter den Naturforschern zu heftigen Auseinandersetzungen und stieß bei Theologen und idealistischen Philosophen auf großen Widerstand. Das mutige Eintreten bedeutender Wissenschaftler aus vielen Ländern (■ E. HAECKEL, Th. HUXLEY; K. TIMIRJASEW, KOWALEWSKI) und neue Ergebnisse biologischer Forschung (■ Mendelsche Gesetze) führten schließlich zur allgemeinen Anerkennung der genialen Schlußfolgerungen Darwins, ihrer Weiterentwicklung und schöpferischen Anwendung.

**Historische Bedeutung der Abstammungslehre.** Die Aufdeckung der Entwicklungsgesetze der lebenden Natur als materialistische, wissenschaftliche Lehre entzog nicht nur zahllosen idealistischen Auffassungen im biologischen Bereich den Boden. Die logischen weltanschaulichen Konsequenzen der wissenschaftlichen Abstammungslehre wurden auch zur geistigen Waffe der Arbeiterbewegung im Klassenkampf. Der Darwinismus hat objektiv zur geistigen Befreiung der Arbeiterklasse aus den Fesseln der bürgerlichen Ideologie beigetragen.

## 11.1. Lebensraum und Umwelt

### Lebensraum

Der Lebensraum ist der Raum, der den Organismen die für sie notwendigen Lebensbedingungen bietet. Ein Lebensraum kann unterschiedliche Ausdehnung haben (■ Biosphäre, Biotop).

### Biotop

Ein Biotop ist ein in sich einheitlicher und gegen Nachbarbiotope deutlich abgegrenzter Lebensraum einer Organismengesellschaft. Er umfaßt alle auf die Organismengesellschaft wirkenden Umweltfaktoren. Der Biotop einer Pflanzengemeinschaft wird auch Standort genannt.

↗ Biozönose, S. 323

### Biosphäre

Die Biosphäre umfaßt alle Organismen auf der Erde einschließlich ihres Lebensraumes. Sie umfaßt die Lufthülle (Atmosphäre) in den Polarländern bis 8 km Höhe, in den Tropen bis 18 km Höhe, die Erdkruste (Lithosphäre) bis zu einer Tiefe von 4 km und das Meer (Hydrosphäre) in seiner gesamten Tiefenausdehnung.

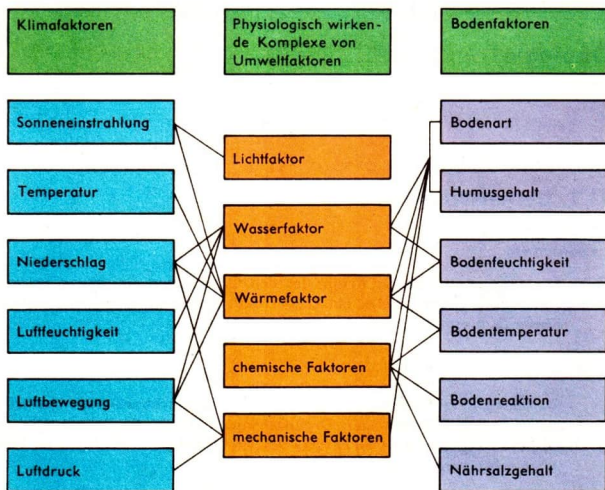
### Umwelt

Die Umwelt ist die Gesamtheit der auf einen Organismus oder eine Organismengesellschaft einwirkenden äußeren Lebensbedingungen.

### Umweltfaktoren

Umweltfaktoren sind die einzelnen Faktoren, die in ihrer Gesamtheit die Lebensbedingungen von Organismen und Organismengesellschaften bilden. Zu ihnen gehören sowohl abiotische als auch biotische Faktoren.

**Abiotische Faktoren.** Zu den abiotischen Faktoren gehören die Faktoren des Klimas und des Bodens; sie bilden miteinander Komplexe, die physiologisch auf die Organismen einwirken.



**Biotische Faktoren.** Zu den biotischen Faktoren gehören alle Erscheinungen, durch die die Organismen gegenseitig aufeinander einwirken, sich fördern oder hemmen.

| Fördernde biotische Faktoren                                                                      | Hemmende biotische Faktoren                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Stoffaustausch<br>Arbeitsteilung<br>Keimzellenübertragung<br>Samenverbreitung<br>Nahrungsüberfluß | Raumkonkurrenz<br>Nahrungskonkurrenz<br>Stoffentzug<br>Giftstoffe<br>Feinde |

### Beeinflussung der Umweltfaktoren durch die Produktion

In der Kulturlandschaft werden die Umweltfaktoren durch die Tätigkeit des Menschen direkt oder indirekt mehr oder weniger bleibend beeinflusst:

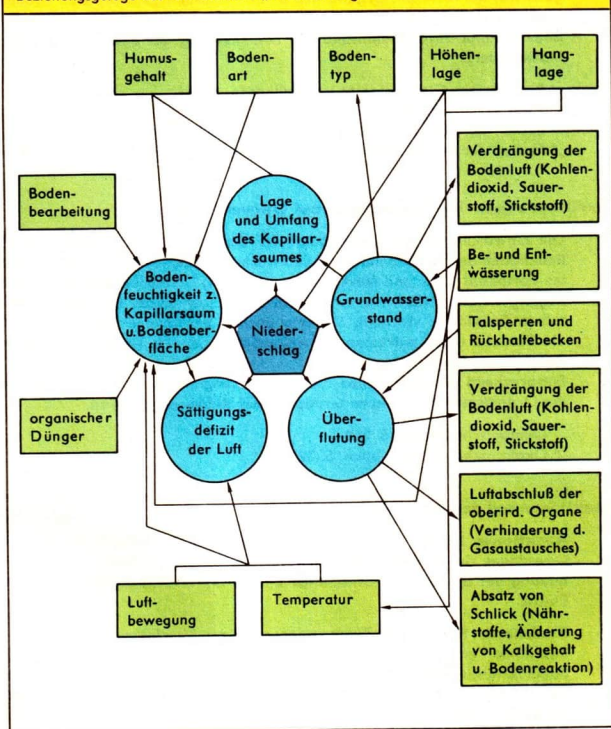
- Veränderung der Bodenfaktoren (■ durch Bodenbearbeitung, Be- und Entwässerung, Abgabe von Phenolen);
- Veränderung der Klimafaktoren (■ durch Anlage von Windschutzstreifen, Abholzen von Wäldern, Abgabe von Ruß und Stauben);
- Veränderung von biotischen Faktoren (■ durch Einsatz von Herbiziden und Insektiziden, Anlage von Monokulturen).

## Wirkungen der Umweltfaktoren

- Die Umweltfaktoren wirken in vielfältiger Weise auf die Organismen ein; sie
- liefern Energie und Nährstoffe,
  - beeinflussen Bau und Leistung der Organismen,
  - beeinflussen Verbreitung und Vergesellschaftung der Organismen.

Die Umweltfaktoren wirken nicht isoliert; jeder Faktor steht mit anderen Faktoren der Umwelt in einem Beziehungsgefüge, das komplex auf die Organismen einwirkt.

Beziehungsgefüge des Klimafaktors „Niederschlag“



## 11.2. Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt

### Allgemeines

Organismen und Umwelt stehen in enger Wechselbeziehung, sie beeinflussen sich gegenseitig und bilden eine dialektische Einheit.

Änderungen der biotischen und abiotischen Umweltfaktoren können mehr oder weniger starke Veränderungen in den Einzelorganismen (■ Ausbildung von Licht- oder Schattenblättern), in der Populationsgröße sowie in der Zusammensetzung der Organismengesellschaften (■ Störung des biologischen Gleichgewichts) hervorrufen. Organismen und Organismengesellschaften können auch verändernd auf die abiotischen Umweltfaktoren einwirken (■ Änderung der Bodenazidität durch Humusbildung, Beeinflussung der Bodenfeuchtigkeit durch Moospolster).

- ↗ Biologisches Gleichgewicht in Biozöosen, S. 324
- ↗ Ökologische Potenz, S. 318
- ↗ Einfluß der Biozöosen auf abiotische Umweltfaktoren, S. 325
- ↗ Einfluß der verschiedenen Faktoren auf die Photosynthese, S. 200

### Reaktionsweisen der Organismen auf Umweltfaktoren

Die Einwirkungen der Umweltfaktoren lösen bei den Organismen bestimmte Reaktionen aus (■ Aktivitäten des Stoffwechsels, Besonderheiten im Bau, bestimmtes Fortpflanzungs- und Verbreitungsverhalten). Diese Reaktionen sind in der Regel genetisch fixiert und in mehr oder weniger engen Grenzen bei den einzelnen Individuen variabel. Sie ermöglichen bestimmten Organismengruppen die Existenz unter extremen Umweltbedingungen (■ Trockenheit, Salzgehalt, Belichtungsdauer).

Entsprechend den Reaktionen auf die Wirkung der einzelnen Faktoren bilden die Organismen ökologische Gruppen oder ökologische Typen.

- ↗ Ökologische Potenz, S. 318
- ↗ Ökologische Artengruppen, S. 320

### Reaktionen auf den Lichtfaktor

**Reaktionen bei Pflanzen.** Pflanzen reagieren auf Lichtintensität oder Belichtungsdauer durch vielfache Anpassungserscheinungen, besonders in der Ausbildung der Blätter, im Vorkommen und in der Ausbildung der reproduktiven Phase.

**Reaktionen bei Tieren.** Tiere reagieren auf den Lichtfaktor insbesondere durch bestimmte Verhaltensweisen (■ Lichtaktivität), Fortpflanzungs- und Entwicklungsdauer. Die Auslösung von Aktivitätsphasen erfolgt häufig durch einen Wechsel der Lichtintensität. Räuber und Beutetiere besitzen häufig den gleichen Tag-Nacht-Rhythmus.



### Vergleich von Licht- und Schattenpflanzen

| Ökologischer Typ | Lichtpflanzen                                                                                                                    | Schattenpflanzen                                                                                                        |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Charakteristik   | gedeihen optimal bei voller Belichtung                                                                                           | ertragen keine volle Belichtung                                                                                         |
| Blattbau         | gestaffelte Palisaden- und Schwammschicht, kleine Blattfläche, enge Interzellularen, starke Kutikula, eingesenkte Spaltöffnungen | flach ausgebreitete Palisaden- und Schwammschicht; kegelförmige Zellen im Palisadengewebe; große und dünne Blattflächen |
| Vorkommen        | Gesteinsfluren, Wegränder, niedrige Rasen, Schuttplätze, Steppen                                                                 | Feldschicht von Wäldern                                                                                                 |
| Vertreter        | die meisten Kulturpflanzen; Echte Kamille, Rot-Klee, Wald-Kiefer                                                                 | Aronstab, Haselwurz, Maiglöckchen, Wald-Veilchen, Wald-Sauerklee                                                        |

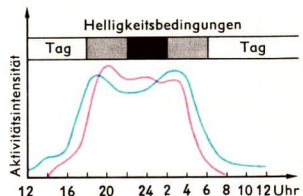
### Vergleich von Kurztagspflanzen, Langtagpflanzen und Tagneutralen

| Ökologischer Typ | Kurztagspflanzen                                                                                          | Langtagpflanzen                                                                                  | Tagneutrale                                                                                                      |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Charakteristik   | Übergang von vegetativer Phase zu reproduktiver Phase bei täglicher Belichtung von weniger als 12 Stunden | Übergang von vegetativer zu reproduktiver Phase bei täglicher Belichtung von mehr als 12 Stunden | keine Beziehung zwischen täglicher Belichtungsdauer und dem Übergang von der vegetativen zur reproduktiven Phase |
| Vertreter        | Hirse, Reis, Baumwolle, Hanf                                                                              | Saat-Roggen, Saat-Hafer, Saat-Weizen, Spinat, Rot-Klee                                           | Einjähriges Rispengras, Sonnenblume                                                                              |

Aktivität der Wildkatze und der Waldmaus in Abhängigkeit von der Lichtintensität

Waldmaus

Wildkatze





## Reaktion der Organismen auf den Temperaturfaktor

Organismen reagieren auf den Temperaturfaktor in erster Linie durch Beschleunigung oder Verzögerung der physiologisch-chemischen Prozesse (■ Keimung, Atmung, Zellteilungen), durch Verhaltensweisen (■ Fächeln, Plustern, Öffnungszustand bei Blüten) sowie durch Anpassung im Körperbau.

| Beziehungen zwischen Temperatur (in °C) und Keimung |           |           |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Kulturpflanze                                       | Minimum   | Optimum   | Maximum   |
| Roggen                                              | 1 bis 2   | 25        | 30        |
| Weizen                                              | 3 bis 4,5 | 25        | 30 bis 32 |
| Gerste                                              | 3 bis 4,5 | 20        | 28 bis 30 |
| Hafer                                               | 4 bis 5   | 25        | 30        |
| Mais                                                | 8 bis 10  | 32 bis 35 | 40 bis 44 |
| Buschbohne                                          | 10        | 32        | 32        |

| Beziehung zwischen Temperaturfaktor und Teilung von Pantoffeltierchen |                                   |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Temperatur in °C                                                      | Teilungen                         |
| 0                                                                     | eine Teilung in 13 Tagen          |
| 5 bis 10                                                              | eine Teilung in 23 bis 26 Stunden |
| 25 bis 30                                                             | eine Teilung in 6 bis 11 Stunden  |

## Thermoregulation bei Tieren

Viele Wirbeltiere besitzen die Fähigkeit der Wärmeregulation und zeigen in ihrem morphologischen Bau Anpassungen an den Temperaturfaktor.

| Formen der Wärmeregulation bei Tieren |                                    |                                                       |                                     |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Arten der Regulation                  | Mechanismen der Regulation         | individuelle Regulation                               | soziale Regulation                  |
| ethologisch                           | Ausnutzung der Umwelt, Nestbau     | Ortsveränderung, Körpereinstellung (Helio-regulation) | Zusammenrücken, Nestbau, Isolierung |
| morphologisch-physiologisch           | Änderung von Körperform und -farbe | Körperhaltung, Aufplustern, Farbänderungen            | Kompaßnest                          |
| physikalisch                          | Lüftung, Verdunstung               | Fächeln, Atmen, Schwitzen                             | Fächeln                             |
| chemisch                              | Stoffwechsel (Chemo-regulation)    | Verbrennung                                           | Verbrennung                         |

## Beziehungen zwischen Körperbau und Temperaturfaktor

**Größenregel.** Innerhalb einer Art sind die Bewohner kälterer Regionen durchschnittlich größer. Die Individuen mit größerem Volumen besitzen eine relativ kleinere Körperoberfläche.

**Proportionsregel.** Die Körperanhänge werden innerhalb einer Art und bei nahe verwandten Arten in wärmeren Bereichen relativ beziehungsweise absolut länger, ihre Körperoberfläche wird dadurch größer.

## Reaktion auf den Wasserfaktor

Auf den Wasserhaushalt der Organismen wirkt sowohl das zur Aufnahme zur Verfügung stehende Wasser (■ Grundwasser, Trinkwasser, Luftfeuchtigkeit) als auch die zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge notwendige Wasserabgabe (■ Transpiration, Exkretion) ein.

Durch Anpassungserscheinungen, besonders im Bau und in der Intensität der Stoffwechselvorgänge, reagieren die Organismen auf den Wasserfaktor.

| Anpassung der Pflanzen an den Wasserfaktor |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ökologischer Typ                           | Anpassungserscheinung                                                                                                                                                                                                                                          |
| Tiefwurzler                                | Ausbildung langer Pfahlwurzeln zum Erreichen des tiefliegenden Grundwassers                                                                                                                                                                                    |
| Sukkulente                                 | Umbildung von Sproß- und Wurzelteilen zu Wasserspeicherorganen; Reduzierung der Oberfläche durch säulen- oder kugelförmige Gestalt; Ausbildung derbwandiger Epidermis, mehrschichtiger dicker Kutikula, geringer Anzahl von häufig eingesenkten Spaltöffnungen |
| Dürreharte Pflanzen (Xerophyten)           | Ausbildung kleiner nadelförmiger, borstlicher schuppenförmiger oder zu Dornen umgebildeter Blätter, mehrschichtiger Epidermis, teils mit Wachs-, Kalk- oder Haarschicht; großer Anzahl eingesenkter Spaltöffnungen, starken Sklerenchymgewebes                 |
| Pflanzen feuchter Standorte (Hygrophyten)  | Ausbildung großer Blätter mit reduzierter Kutikula, dünnwandiger Epidermiszellen, teils mit papillenartigen Ausstülpungen, geflügelter Sprosse, häufig nach außen vorgewölbter Spaltöffnungen, eines wenig entwickelten Wurzelsystems                          |

↗ Umbildungen der Sproßachse und der Laubblätter, S. 160 und 165

↗ Transpiration und Evaporation, S. 217

| Anpassung von Tieren an den Wasserfaktor |                                                                                                                      |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ökologischer Typ                         | Anpassungserscheinung                                                                                                |
| Feuchtlufttier                           | nur geringer Verdunstungsschutz,<br>Existenz in wasserdampfgesättigter Atmosphäre,<br>Aufsuchen luftfeuchter Biotope |
| Trockenlufttier                          | Hautverhornung, Chitinpanzer, Gehäusebildung                                                                         |

↗ Einteilung der Wirbeltiere, S. 88 ff.

## Reaktion der Organismen auf chemische Faktoren

Auf chemische Faktoren reagieren die Organismen in erster Linie mit physiologischen Prozessen (■ Art der Dissimilation bei Aerobiern und Anaerobiern). Die meisten Arten sind an bestimmte chemische Faktoren angepaßt.

| Bevorzugte Bodenreaktion bei landwirtschaftlichen Kulturen |             |               |             |
|------------------------------------------------------------|-------------|---------------|-------------|
| Kulturpflanze                                              | pH-Wert     | Kulturpflanze | pH-Wert     |
| Roggen                                                     | 5,0 bis 7,0 | Zuckerrübe    | 6,0 bis 7,5 |
| Weizen                                                     | 6,5 bis 7,5 | Runkelrübe    | 6,0 bis 7,5 |
| Gerste                                                     | 6,0 bis 7,5 | Erbse         | 6,0 bis 7,0 |
| Hafer                                                      | 5,0 bis 7,0 | Lupine        | 4,0 bis 6,0 |
| Raps                                                       | 6,0 bis 7,0 | Rot-Klee      | 6,0 bis 7,5 |
| Kartoffel                                                  | 5,0 bis 6,5 | Luzerne       | 6,5 bis 8,0 |

Veränderungen der chemischen Faktoren können zum Teil durch Anpassungserscheinungen kompensiert werden; häufig führen sie aber zu Störungen im Wachstum und zur Unterdrückung der generativen Phase.

| Anpassung von Meerestieren an Brackwasserbiotope |                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tierart                                          | Anpassung an die Wirkung des Brackwasserbiotops                                                                                                                                                             |
| Gemeiner Seestern,<br>Miesmuschel                | Anpassung der Chloridkonzentration der Körperflüssigkeit an die osmotischen Bedingungen des umgebenden Brackwassers, Verkleinerung des Körpers, Herabsetzung der Vitalität, späterer Eintritt der Laichzeit |
| Strandkrabbe                                     | aktive Aufrechterhaltung der Körpersaftkonzentration                                                                                                                                                        |
| Flunder                                          | Eintritt von Brackwasser in die Körperflüssigkeit durch dünne Haut wird kompensiert durch Einstellen des Trinkens und erhöhte Harnabscheidung                                                               |

## Beziehungen zwischen Organismen und biotischen Faktoren

Beziehungen zwischen Organismen und ihren biotischen Umweltfaktoren werden in fast allen Lebensäußerungen deutlich;

im Bau:

- Reduktion des Verdauungstraktes bei Entoparasiten,
- Unterschiedliche Ausbildung der Geschlechtsorgane bei staatenbildenden Organismen,
- Reduktion des Wurzelsystems bei Schmarotzerpflanzen;

in der Ernährung:

- Heterotrophe Ernährung bei Schmarotzerpflanzen,
- Ausnutzung zellulosereicher Nahrung bei Wiederkäuern;

im Verhalten:

- Verzögerte Selbständigkeit bei Nesthockern,
- Unterordnen unter ein Leittier bei Herden oder Rudeln.

Biotische Umweltfaktoren können fördernd oder hemmend sein, sie wirken direkt oder indirekt auf die Organismen ein.

| Wirkung biotischer Faktoren auf Organismen                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>indirekte Beziehungen:</p> <p>Einwirkung einer Organismengruppe auf die Umwelt anderer Organismen</p> <p>Baumschicht schafft besonderes Binnenklima für die Krautschicht mit spezifischen Verhältnissen der Temperatur, der Belichtung, der Luftfeuchtigkeit, des Sättigungsdefizites, der Transpirationsbelastung</p> | <p>direkte Beziehungen:</p> <p>unmittelbare Einwirkung von Organismen auf andere Organismen</p> <p>Saison- und Dauerehe<br/>Brutfürsorge und Brutpflege<br/>Herden-, Rudel-, Schwarm-, Stock- und Staatenbildung<br/>Überwinterungs- und Schlafgesellschaften<br/>Konkurrenz, Allelopathie, Parasitismus, Symbiose</p> |

↗ Biotische Faktoren, S. 308

↗ Vergesellschaftung, S. 322 ff.

## Konkurrenz der Organismen um Raum und Nahrung

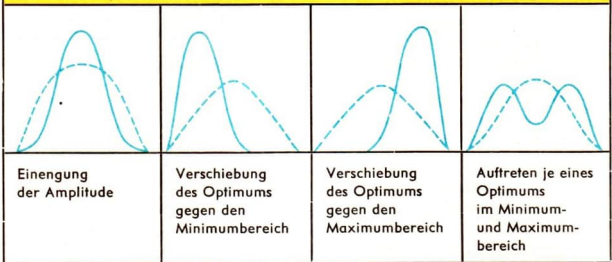
Konkurrenz ist der Wettbewerb von Individuen mit gleichen oder ähnlichen Ansprüchen an die Umwelt um Energie, Stoffe und Raum.

**Innerartliche Konkurrenz.** Innerartliche Konkurrenz ist der Wettbewerb zwischen Individuen der gleichen Art.

**Zwischenartliche Konkurrenz.** Zwischenartliche Konkurrenz ist der Wettbewerb zwischen Individuen verschiedener Arten. Die konkurrenzschwächeren Arten werden von den konkurrenzstärkeren in der Entwicklung, im Wachstum und in der Stoffproduktion gehemmt und häufig aus dem Bereich optimaler Lebens-

bedingungen verdrängt. Konkurrenzschwächere Arten müssen aus dem Bereich des physiologischen Optimums in den des ökologischen Optimums ausweichen.

Physiologisches Optimum (gestrichelt) und durch Konkurrenz bedingte Möglichkeiten des ökologischen Optimums im Hinblick auf einzelne Umweltfaktoren



↗ Toleranzbereich (Minimum, Optimum, Maximum), S. 318

## Parasitismus

Parasitismus ist die Beziehung zwischen zwei Organismen unterschiedlicher Arten, bei der der eine (Parasit) dem anderen (Wirt) Stoffe entzieht, sich auf dessen Kosten ernährt und ihn schädigen kann. Parasiten sind zeitweilig (■ Stechmücke), dauernd (■ Madenwurm) oder während bestimmter Entwicklungsphasen (■ Leberegel) auf den Wirt angewiesen.

Besonderheiten der Lebensweise und des Körperbaus von Parasiten

| Tierische Parasiten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Pflanzliche Parasiten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Entoparasiten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>leben im Inneren der Wirte</li> <li>Verlust von Organen (■ Bewegungsorgane, Sinnesorgane, Verdauungsorgane)</li> <li>große Anzahl von Nachkommen</li> <li>keine Brutpflege</li> </ul> <b>Ektoparasiten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>leben ständig oder zeitweilig außen auf den Wirten</li> </ul> | <b>Vollschmarotzer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>entnehmen alle zum Leben nötigen Stoffe der Wirtspflanze</li> <li>heterotrophe Ernährung</li> <li>chlorophyllarm bis chlorophyllfrei, Wurzelsystem stark reduziert, keine oder schuppenförmige Blätter, Saugorgane</li> </ul> <b>Halbschmarotzer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>entnehmen dem Wirt Wasser und Nährsalze durch Saugorgane</li> <li>chlorophyllhaltig</li> <li>autotrophe Ernährungsweise, Fähigkeit zur Photosynthese</li> </ul> |

↗ Saprophytismus, S. 205



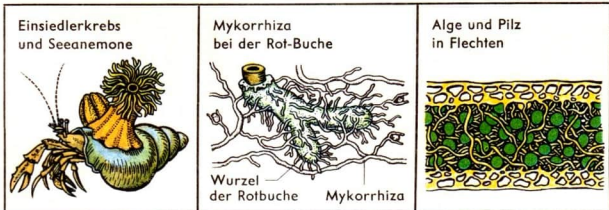
### Parasiten als Feinde von Schädlingen

- Ablage der Schlupfwespen Eier in der Raupe
- Entwicklung der Schlupfwespenlarve
- Absterben der Raupe beziehungsweise Puppe des Kohlweißlings

### Symbiose

Eine Symbiose ist die Verbindung zwischen zwei Organismen verschiedener Arten mit gegenseitiger Abhängigkeit und gegenseitigem Nutzen. Symbiosen gibt es zwischen Pflanze und Pflanze, zwischen Pflanze und Tier sowie zwischen Tier und Tier.

- **Mykorrhiza (Pflanze – Pflanze)**
  - Pilzmyzel stellt Kontakt zwischen Wurzeln der Samenpflanzen und Boden her
  - Pilz entnimmt den Wurzeln Kohlenhydrate und Wachstumsstoffe
  - Wurzeln der Samenpflanzen entnehmen dem Pilz Mineralsalze und Wachstumsstoffe
- **Knöllchenbakterien und Schmetterlingsblütengewächse (Pflanze – Pflanze)**
  - Bakterien entnehmen den Schmetterlingsblütengewächsen organische Substanzen
  - Schmetterlingsblütengewächse verdauen die Bakterien, die Stickstoffverbindungen durch Bindung des Luftstickstoffes aufgebaut haben
- **Flechten (Pflanze – Pflanze)**
  - Algen entziehen dem Pilz Nährsalze und Wasser
  - Pilze entziehen den Algen Kohlenhydrate
- **Algen in Protozoen, Schwämmen, Nesseltieren (Pflanze – Tier)**
  - Algen nehmen stickstoffhaltige Stoffwechselendprodukte der Wirtstiere auf
  - Algen geben durch Photosynthese Sauerstoff ab, den die Wirte aufnehmen
- **Bakterien im Pansen der Wiederkäuer (Pflanze – Tier)**
  - Bakterien nutzen Zellwandzellulose der Futterpflanzen als Nährstoff
  - Wiederkäuern wird durch Pansenbakterien der Zellinhalt der Pflanzen aufgeschlossen
- **Einsiedlerkrebs und Seeanemone (Tier – Tier)**
  - Seeanemone ernährt sich von Beutetieren des Einsiedlerkrebses
  - Einsiedlerkrebs wird von Seeanemone gegen Feinde geschützt





## 11.3. Ökologische Potenz

### Allgemeines

Die Organismen sind Veränderungen der Umweltbedingungen bis zu einem gewissen Grade angepaßt und ertragen sie innerhalb gewisser Grenzen. Die Organismen besitzen eine genetisch determinierte physiologische und ökologische Potenz sowie einen Toleranzbereich gegenüber den Umweltfaktoren.

↗ Reaktionsweisen der Organismen auf Umweltfaktoren, S. 310

### Ökologische Potenz

Die ökologische Potenz ist das Vermögen der Organismen, Schwankungen von Umweltfaktoren unter den Bedingungen der Konkurrenz innerhalb des Toleranzbereiches zu ertragen. Je größer die ökologische Potenz einer Art ist, um so unterschiedlicher können die Standorte sein, auf denen sie gedeihen kann.

### Physiologische Potenz

Die physiologische Potenz ist das Vermögen der Organismen, Schwankungen von Umweltfaktoren ohne Beeinflussung durch Konkurrenz innerhalb des Toleranzbereiches zu ertragen.

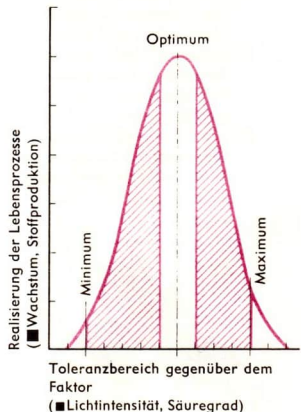
### Toleranzbereich

Der Toleranzbereich ist die Spanne innerhalb der Ausprägung eines Umweltfaktors, in der ein Organismus seine Lebensprozesse aufrechterhalten kann.

Jeder Toleranzbereich besitzt ein Optimum und wird durch ein Minimum und ein Maximum begrenzt.

### Ökologische Potenz und Individualentwicklung

Bei zahlreichen Organismen kommt es im Verlauf ihrer Individualentwicklung zu einer Veränderung der ökologischen Potenz, das heißt zu einer Verschiebung des Toleranzbereiches eines oder mehrerer Faktoren. Das kann in extremen Fällen zu einem Biotopwechsel



führen (■ Amphibien, Insekten, Nesthocker). Die Beachtung dieser entwicklungsbedingten Veränderung der ökologischen Potenz, vor allem der Optimumbereiche, ist zur Erhöhung der Stoffproduktion in der Tier- und Pflanzenhaltung von großer Bedeutung.

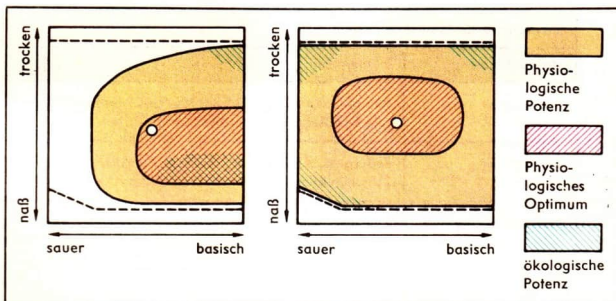
Optimale Lebensbedingungen während der Individualentwicklung des Haushuhnes

| Entwicklungsstufe                                                | Alter in Wochen | Temperatur-optimum in °C | Eiweiß-Stärke-Verhältnis | Tägliche Nährstoff-masse in g |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Embryo                                                           |                 | 37,8 bis 38              | 1:0                      | etwa 1                        |
| Küken                                                            | 2<br>4 bis 8    | 28 bis 30<br>25          | 1:3,7<br>1:3,7           | 20<br>35 bis 65               |
| Junghenne                                                        | 12 bis 20       | 5 bis 13                 | 1:4                      | 90 bis 115                    |
| Legehenne<br>hohe Leistung<br>mittlere Leistung<br>ohne Leistung | ab 24           | 12 bis 15                | 1:3,7<br>1:5<br>1:10     | 120<br>100<br>50              |

## Ökologische Potenz und Konkurrenz

Konkurrenzschwache Arten werden von konkurrenzstärkeren häufig aus dem Optimumbereich ihres Toleranzbereiches gegen das Minimum oder Maximum oder gegen beide hin verdrängt. Sie bevorzugen diese Bereiche nicht, sondern ertragen auf Grund ihrer ökologischen Potenz die hier herrschenden Umweltbedingungen.

✂ Konkurrenz der Organismen um Raum und Nahrung, S. 315



## Ökologische Artengruppen und Zeigerarten

**Ökologische Gruppen.** Ökologische Gruppen umfassen Tiere und Pflanzen mit ähnlicher ökologischer Potenz.

### Ökologische Gruppen im Hinblick auf einige Umweltfaktoren

| Umweltfaktor              | Ökologische Gruppen                                                                                                                    |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Licht                     | Lichtpflanzen, Schattenpflanzen, Tagneutrale, Langtagspflanzen, Kurztagspflanzen;<br>lichtaktive, dunkelaktive, dämmerungsaktive Tiere |
| Wasser                    | Wasserpflanzen, Sumpfpflanzen, Trockenrasenpflanzen;<br>Trockenlufttiere, Feuchtlufttiere                                              |
| Bodenreaktion             | saure Böden, neutrale Böden oder kalkhaltige Böden<br>bevorzugende Arten                                                               |
| Nährsalzreichtum          | nährsalzreiche Böden bevorzugende Arten, nährsalzarme<br>Böden ertragende Arten                                                        |
| Temperatur                | warme Standorte bevorzugende Arten, kalte Standorte<br>bevorzugende oder ertragende Arten                                              |
| Salzgehalt<br>des Wassers | Salzwassertiere, Brackwassertiere, Süßwassertiere;<br>Süßwasseralgen, Salzwasseralgen                                                  |

**Zeigerarten.** Zeigerarten sind Pflanzen und Tiere mit einem engen Toleranzbereich gegenüber bestimmten Umweltfaktoren. Ihr Vorkommen zeigt die konkrete Ausprägung des Umweltfaktors an. Zeigerarten werden in der Landwirtschaft und Forstwirtschaft zur Ermittlung von Umweltfaktoren (■ Grad der Bodenfeuchtigkeit, Gehalt an Nährsalzen, Säuregrad des Bodens) genutzt.

### Zeigerarten für Umweltfaktoren

| Umweltfaktor     | Zeigerarten                                                                                                                                                                                |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Feuchtigkeit     | Sumpf-Dotterblume, Großes Mädesüß, Gelbe Schwertlilie,<br>alle Großseggenarten, alle Torfmoosarten                                                                                         |
| Trockenheit      | Federgas, Kleine Graslilie, Blauroter Steinsame,<br>Schwalbenschwanz, Karthäuser-Nelke, Diptam                                                                                             |
| Nährsalzreichtum | Dreilappiges Leberblümchen, Gelbes Windröschen,<br>Ausdauerndes Bingelkraut, Wiesen-Storchschnabel, Pastinak,<br>Kohl-Kratzdistel, Klatsch-Mohn, Echter Erdrauch,<br>Sonnenwend-Wolfsmilch |

| Zeigerarten für Umweltfaktoren |                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Umweltfaktor                   | Zeigerarten                                                                                                                                             |
| Nährsalzarmut                  | Einjähriger Knäuel, Acker-Spark, Hederich, Heidelbeere, Preiselbeere, schmalblättrige Hainsimse, Blutwurz, Blutauge, Schlangel-Schmiele                 |
| Saure Böden                    | Borstgras, Heidekraut, Preiselbeere, Schlangel-Schmiele, Moosbeere, Scheidiges Wollgras, Rundblättriger Sonnentau, Rauschbeere, Bauernsenf, Lämmersalat |
| neutrale bis basische Böden    | Aufrechte Trespe, Wiesen-Salbei, Esparsette, Wundklee, Kronwicke, Frauenschuh, Blauer Gauchheil, Rundes Hasenohr, Möhren-Haftdole                       |

### Nutzung der ökologischen Potenz

Die Anwendung des Wissens über die ökologische Potenz der Haustierte und Kulturpflanzen ist ein wesentliches Mittel für die planmäßige Steigerung der tierischen und pflanzlichen Produktion in der Land- und Forstwirtschaft. Optimale Umweltbedingungen für Kulturpflanzen und Haustierte können durch eine Reihe von Maßnahmen geschaffen werden.

- Maßnahmen zur Produktionssteigerung
  - Berücksichtigung der unterschiedlichen ökologischen Potenz in den einzelnen Stadien der Individualentwicklung
  - Standortgerechter Anbau von Kulturpflanzen
  - Düngung zur optimalen Nährstoffversorgung und günstigen Beeinflussung des Säuregrades des Bodens
  - Bewässerung zu trockener und Entwässerung zu nasser Standorte
  - Mechanische Bodenbearbeitung zur Lockerung und Durchlüftung des Bodens zur besseren Wasserversorgung der Wurzeln und zur Verbesserung der Lebensbedingungen für die aeroben Mikroorganismen des Bodens
  - Vollwertige Ernährung der Haustierte (■ Vitaminzusätze)
  - Unterbringung der Tiere in hellen, gutbelüfteten, schädlingsfreien Ställen
  - Berücksichtigung der Verhaltensweisen der Tiere

| Hohe Leistungen durch optimale Ernährung und Haltung von Haustieren |                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Haustier                                                            | Leistung                                            |
| Rind                                                                | 7 000 l bis 8 000 l Milch je Rind im Jahr           |
| Huhn                                                                | 250 Eier bis 300 Eier je Huhn in der Legeperiode    |
| Schwein                                                             | Schlachtreife bereits nach 5 bis 6 Monaten Mastzeit |



| Standortgerechter Anbau von Kulturpflanzen |                                                        |                                                                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Kulturpflanze                              | Umweltansprüche                                        | Anbaugebiet                                                                  |
| Weizen, Rüben                              | nährstoffreiche, schwach saure bis neutrale Lehm Böden | Lößgebiete, Grundmoränengebiete                                              |
| Roggen, Kartoffeln                         | sandig-lehmige, saure bis schwach saure Böden          | Talsand- und Sandergebiete des Flachlandes, Sandsteingebiete des Hügellandes |
| Raps                                       | mildes Klima                                           | Gebiete in Mecklenburg mit Einwirkung des Seeklimas                          |
| Wein                                       | wärmeliebend                                           | Südhänge in sommerwarmen Gebieten an Unstrut, Saale und Elbe                 |



| Ertragssteigerung durch Schaffung einer optimalen Bodenfeuchtigkeit |                         |              |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|
| Kulturpflanze                                                       | Ertragssteigerung durch |              |
|                                                                     | Abwasserverregnung      | Entwässerung |
| Winterroggen                                                        | 25%                     | 51%          |
| Kartoffeln                                                          | 12%                     | 50%          |
| Klee bzw. Kleeegras-gemeinde                                        | 515%                    | 20%          |

## 11.4. Vergesellschaftung von Organismen

### Allgemeines

In den natürlichen Lebensräumen leben die Organismen nicht isoliert voneinander, sondern in Gemeinschaften. Die Organismen dieser Gemeinschaften sind durch mannigfaltige hemmende und fördernde Einflüsse miteinander verbunden. Es gibt verschiedene Formen der Vergesellschaftung.

### Vergesellschaftungsformen

Die Vergesellschaftungsformen der Organismen sind unterschiedlich. Sie können das Zusammenleben von Individuen einer Art oder mehrerer Arten umfassen;

sie können lose sein (■ Schlafgesellschaften bei Vögeln) oder sie stellen vorübergehende oder dauernde feste Beziehungen zwischen den Organismen dar (■ Partnerbeziehungen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung, Brutpflege, Symbiose).

## Biozönose

Eine Biozönose ist eine Vergesellschaftung von Organismen vieler Tier-, Pflanzen- und Bakterienarten, die ähnliche Ansprüche an den Lebensraum stellen, sich in ihren Ansprüchen ergänzen, in vielfältiger Beziehung zueinander stehen und sich gegenseitig beeinflussen. Der Lebensraum der Biozönose ist der Biotop.

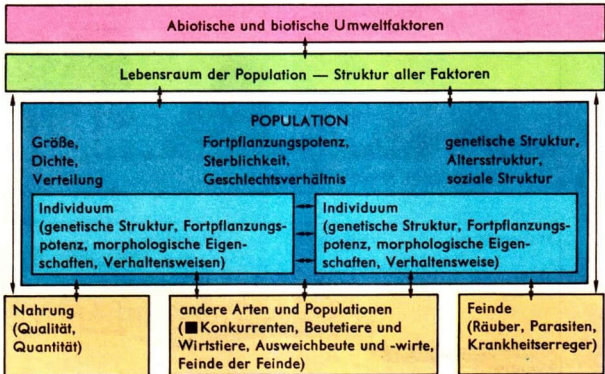
## Population

Eine Population ist die Vergesellschaftung von Organismen einer Art in einem abgegrenzten natürlichen Lebensraum. Die Organismen einer Population bilden eine Fortpflanzungsgemeinschaft.

## Populationsschwankung

Populationsschwankungen sind Schwankungen in der Individuenzahl (Populationsgröße) einer Population. Hauptursache der Populationsschwankungen sind Veränderungen der abiotischen und biotischen Umweltfaktoren, vor allem aber der Beziehungen zwischen verzehrenden (Räuber, Parasiten, Krankheitserreger) und verzehrten Arten (Beutetier, Pflanzen).

- Bedingungsgefüge einer Population in der Biozönose und im Ökosystem



↗ Populationsschwankungen als Evolutionsfaktor, S. 288



Schwankungen von Fried- und Raubfischpopulationen in einer Talsperre (in kg)

| Jahr | Friedfisch | Raubfisch | Jahr | Friedfisch | Raubfisch |
|------|------------|-----------|------|------------|-----------|
| 1945 | 1 100 +    | 430 —     | 1952 | 3 310 +    | 1 820 —   |
| 1947 | 790 —      | 2 440 +   | 1955 | 1 170 —    | 370 —     |
| 1950 | 2 210 +    | 3 370 +   | 1958 | 500 —      | 2 200 +   |

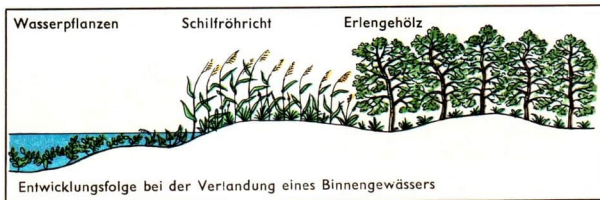
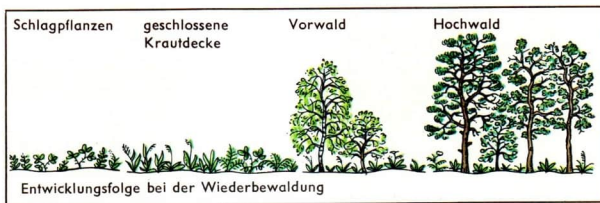
### Biologisches Gleichgewicht in Biozöosen

Ein biologisches Gleichgewicht besteht bei ausgeglichenen Beziehungen zwischen den Organismen einer Biozönose. Die Populationsgrößen schwanken dabei über einen längeren Zeitraum um einen Mittelwert, und es herrscht ein ausgeglichenes Verhältnis im Stoffumsatz zwischen den Produzenten, Konsumenten und Reduzenten.

### Entwicklungsfolgen von Biozöosen

Auf unbesiedelten Rohböden, nach natürlicher oder von Menschen hervorgerufener Vernichtung von Biozöosen und im Verlandungsgebiet von Binnengewässern kommt es in engem Zusammenhang mit Standortsveränderungen durch die Besiedlung mit Organismen zur Entwicklung aufeinanderfolgender Biozöosen.

Entwicklungsfolgen von Biozöosen



**Entwicklungsfolge bei der Besiedlung von Rohböden**  
(Uferschlick, Verwitterungsmaterial, künstliche Aufschüttungen)

| Phasen   |                                                           | Wirkung auf Umwelt                                                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Phase | Besiedlung durch Bakterien, Algen, Pilze, Flechten, Moose | geringe Wirkung, beginnende biologische Verwitterung und Humusbildung                                        |
| 2. Phase | lückige Erstbesiedlung von Samenpflanzen                  | beginnende Humus- und Kleinklimabildung                                                                      |
| 3. Phase | geschlossene Vegetationsdecke von Kräutern und Gräsern    | Humusanreicherung, beginnende Bestandsklimabildung, Herabsetzung von Erosion und Auswaschung                 |
| 4. Phase | Aufkommen von Gehölzen, vor allem Sträuchern              | wie 3. Phase, Beginn der Aufschließung der Nährsalze tieferer Bodenschichten                                 |
| 5. Phase | Entwicklung eines Vorwaldes                               | Beginn der Bildung eines Waldbodens und eines Waldbinnenklimas                                               |
| 6. Phase | Entwicklung einer stabilen Waldbiozönose                  | Ausprägung der mit der Waldbiozönose im Gleichgewicht stehenden Faktoren des Klimas, der Luft und des Bodens |

### Einfluß der Biozönosen auf abiotische Umweltfaktoren

Biozönosen beeinflussen die abiotischen Faktoren ihres Biotops. Die Beeinflussung kann vorübergehend sein und sich nur auf bestimmte Populationen oder Schichten auswirken, sie kann aber auch von länger andauernder Wirkung sein (■ Veränderung der Bodenstruktur).

- Wirkung der Baumschicht auf Klimafaktoren der Strauchschicht und Krautschicht
  - Herabsetzung der Sonneneinstrahlung am Tage und der Ausstrahlung in der Nacht
  - Ausgleich der Temperatur im Tagesgang; geringere Erhitzung am Tage, geringere Abkühlung nachts
  - Ausgleich der Luftfeuchtigkeit im Tagesgang
  - Herabsetzung des Sättigungsdefizits der Luft und der Transpirationsbelastung
  - Herabsetzung der Luftbewegung
- Wirkung von Biozönosen auf Bodenfaktoren
  - Anreicherung mit Humus
  - Aufschließung der Nährsalze tiefer Bodenschichten durch tiefgehende Wur-

- zeln; Zuführung dieser Nährsalze in obere Bodenschichten durch Mineralisation der abgefallenen Pflanzenteile und tierischer Reste
- Herabsetzung der Bodenfeuchtigkeit durch Transpiration
- Ausgleich der Bodenfeuchteschwankung
- Verhinderung des harten Aufpralls der Niederschläge auf den Boden und die dadurch hervorgerufene Verschlammung, Verdichtung und Nährsalzauswaschung der oberen Schichten
- Herabsetzung der Bodenerosion
- Ausgleich der Bodentemperaturen

## 11.5. Das Ökosystem als Einheit von Biozönose und Biotop

### Allgemeines

Ökologische Systeme sind Struktur-, Funktions- und Produktionseinheiten, in denen biotische und abiotische Faktoren in Wechselwirkung zueinander stehen. Es gibt ökologische Systeme unterschiedlicher Organisationsstufen.

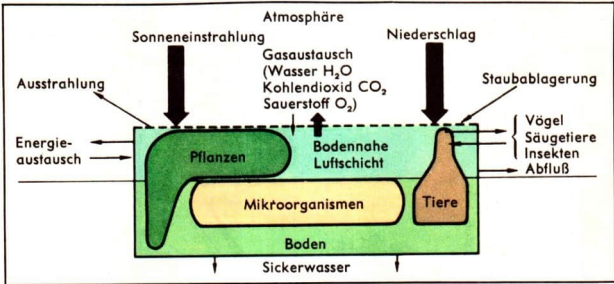
| Ökologisches System                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Beispiel                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Einzelorganismus und Umwelt</li> <li>– Biozönose und Biotop (Ökosystem)</li> <li>– Biozönosen und Umwelt von Landschaftsteilen</li> <li>– Biozönosen und Umwelt einer Landschaft</li> <li>– Biozönosen und Umwelt einer Bioregion</li> <li>– Biosphäre</li> </ul> | <p>Topfblume, Aquarienfisch<br/>Buchenwald, Sumpfwiese<br/>Bachniederung des norddeutschen Flachlandes;<br/>Trockenhang im Hügelland<br/>Thüringer Kalkhügelland</p> <p>Mitteuropäisches Buchenwaldgebiet</p> <p>alle Organismen der Erde einschließlich Umwelt</p> |

### Ökosystem

Ein Ökosystem ist die Einheit der Organismen einer Biozönose und der Umweltfaktoren des dazugehörigen Biotops einschließlich der in ihm wirkenden Wechselbeziehungen.

- In naturnahen Ökosystemen herrscht zwischen den einzelnen Elementen ein biologisches Gleichgewicht
- Ökosysteme besitzen eine Struktur
- Ökosysteme sind offene Systeme mit ständigem Stoff- und Energiestrom

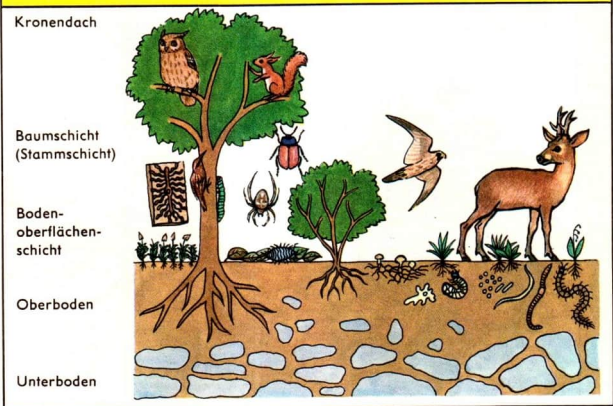
## Das Ökosystem als offenes System



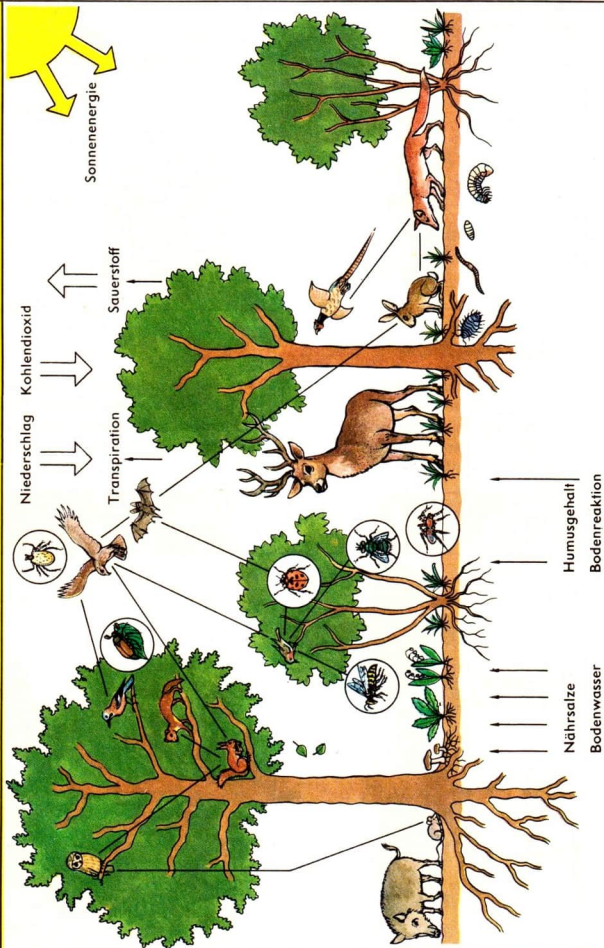
## Struktur eines Ökosystems

Die Struktur eines Ökosystems ergibt sich aus der räumlichen Stellung der biotischen und abiotischen Elemente sowie aus der zeitlichen Abfolge der Entwicklung und der Beziehungen zwischen diesen Elementen. Räumliche und zeitliche Ordnung drücken die Angepaßtheit der biotischen Elemente an die optimale Nutzung der Umweltfaktoren aus.

## Räumliche Ordnung eines Ökosystems (oberirdische und unterirdische Schichtung der Tier- und Pflanzenwelt)



Beziehungen zwischen den Elementen eines Ökosystems



### Zeitliche Ordnung der Entwicklung der Organismen in einem Laubmischwald-Ökosystem

- Entwicklung der Frühjahrsblüher
- Laubentfaltung der Strauchschicht
- Laubentfaltung der Baumschicht
- Entwicklung der Sommerblüher
- Beginnender Blattfall der Baum- und Strauchschicht
- Beginn der positiven Bilanz der Photosynthese bestimmter Schattenpflanzen, die im relativen Dunkel der belaubten Baumschicht von Reservestoffen zehren
- Abschluß des Blattfalls der Baum- und Strauchschicht

### Der Stoffstrom

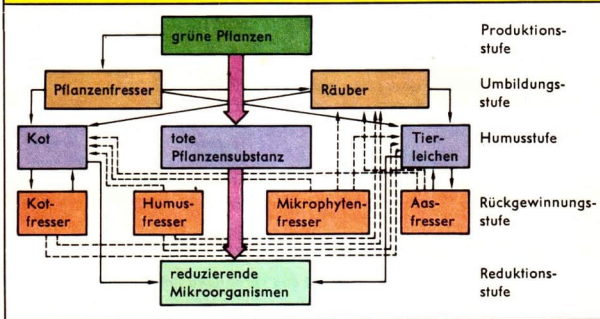
Der Stoffstrom umfaßt die Gesamtheit der Prozesse, durch die anorganische und organische Stoffe im Ökosystem verteilt und umgewandelt werden. Hervorgerufen wird der Stoffstrom durch Assimilation und Dissimilation der Produzenten, Konsumenten, Reduzenten.

**Produzenten.** Produzenten sind alle autotrophen Organismen, die durch Photosynthese oder durch Chemosynthese aus anorganischen Stoffen organische Stoffe bilden.

**Konsumenten.** Konsumenten sind heterotrophe Organismen, die aus körperfremden organischen Stoffen körpereigene organische Stoffe bilden.

**Reduzenten.** Reduzenten sind heterotrophe Organismen, die abgestorbene tierische und pflanzliche Organismen zersetzen und dabei die darin enthaltenen Stoffe mineralisieren.

### Gefüge des Durchflusses organischer Substanzen in Ökosystemen



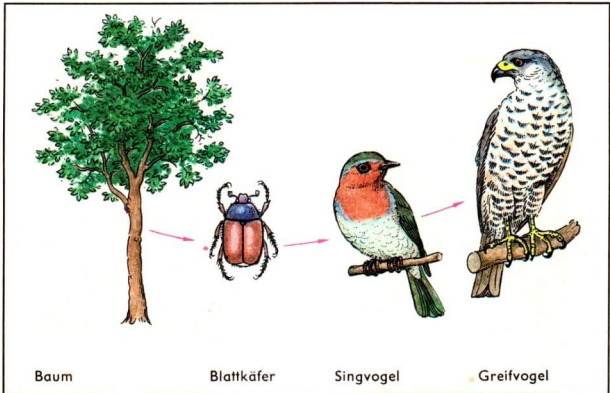
↗ Stoffkreisläufe, S. 213 und 214



## Nahrungsketten

Nahrungsketten sind elementare Bestandteile des Stoffstromes. Sie umfassen neben den Produzenten zwei bis drei Konsumentenglieder und den Endkonsumenten. Nahrungsketten sind in Ökosystemen zu komplizierten Nahrungskettengefügen verbunden. Sie gehen oft weit über die Grenzen von Ökosystemen hinaus. Der Mensch ist Endglied vieler Nahrungsketten.

### ■ Terrestrische Nahrungskette

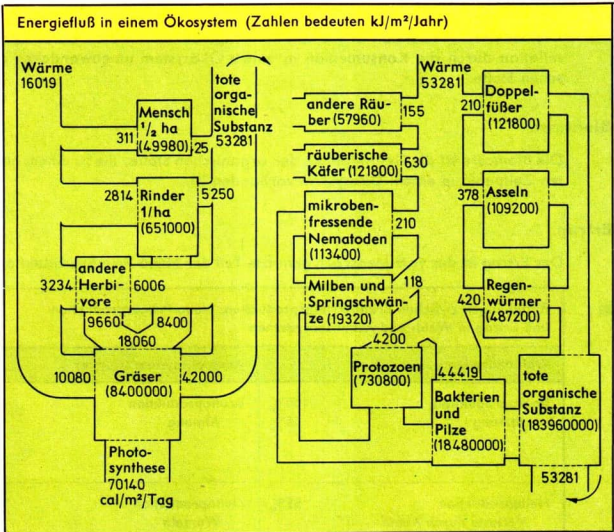


In Nahrungsketten nimmt der Nutzungsgrad an Biomasse und Energie von Glied zu Glied ab (■ Von 10 000 kg durch Algen produzierter Biomasse nutzt der Thunfisch nur noch 1 kg).

| Biomasseverlust in einer Nahrungskette |           |                            |        |
|----------------------------------------|-----------|----------------------------|--------|
| Algen                                  | 10 000 kg | Makrele                    | 10 kg  |
| Zooplankton                            | 1 000 kg  | Thunfisch                  | 1 kg   |
| Hering                                 | 100 kg    | menschliche Körpersubstanz | 0,1 kg |

## Energiefluß in Ökosystemen

Der Energiefluß in Ökosystemen ist eng verbunden mit der Weiterleitung der von den autotrophen Organismen produzierten organischen Substanz in den Nahrungsketten. Die Menge der genutzten Energie nimmt beim Durchfluß durch das Ökosystem ab.



## Stoffproduktion im Ökosystem

Die biologische Stoffproduktion in einem Ökosystem ergibt sich aus der assimilatorischen Leistung der autotrophen Organismen (Produzenten) und der Umsetzung der produzierten Biomasse durch die heterotrophen Organismen (Konsumenten).

## Primärproduktion

Die Primärproduktion ist die Gesamtmenge der von den Produzenten eines Ökosystems in einer bestimmten Zeiteinheit aus anorganischen Stoffen erzeugten organischen Stoffe; sie ist in starkem Maße von den Umweltfaktoren abhängig.

**Brutto-Primärproduktion.** Die Brutto-Primärproduktion ist die Primärproduktion einschließlich der von den Produzenten für die eigene Dissimilation verbrauchten organischen Stoffe.

**Netto-Primärproduktion.** Die Netto-Primärproduktion ist die Primärproduktion abzüglich der von den Produzenten für die eigene Dissimilation verbrauchten organischen Stoffe.

↗ Einfluß verschiedener Faktoren auf die Photosynthese, S. 200

## Sekundärproduktion

Die Sekundärproduktion ist die Gesamtmenge der durch die heterotrophe Assimilation durch die Konsumenten in einem Ökosystem umgewandelten organischen Stoffe.

## Biomasse

Die Biomasse ist die Gesamtmasse der organischen Stoffe, die zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem Ökosystem vorhanden ist.

## Ertrag

Der Ertrag ist der vom Menschen genutzte Teil der Netto-Primärproduktion.

### Beziehungen zwischen Brutto-Primärproduktion, Netto-Primärproduktion und Ertrag in Wald- und Ackerökosystemen

| Waldökosystem                                             |      | Ackerökosystem (Gerste) |      |
|-----------------------------------------------------------|------|-------------------------|------|
| Bruttoproduktion                                          | 100% | Bruttoproduktion        | 100% |
| Atmung                                                    | 45%  | Atmung                  | 40%  |
| <hr/>                                                     |      | <hr/>                   |      |
| Nettoproduktion                                           | 55%  | Nettoproduktion         | 60%  |
| Verluste durch Abfall von Nadeln, Laub, Zweigen und Borke | 16%  | Wurzeln                 | 12%  |
| Wurzeln                                                   | 3%   | <hr/>                   |      |
| Samen                                                     | 1%   | Strohertrag             | 24%  |
| Verluste durch Fällung, Vermessung und Transport          | 3%   | Körnerertrag            | 24%  |
| <hr/>                                                     |      | <hr/>                   |      |
| Holzertrag                                                | 32%  |                         |      |

### Schätzung der biologischen Stoffproduktion im Weltmaßstab

| Ökosystem  | Größe in km <sup>2</sup> | gebundener Kohlenstoff in t |
|------------|--------------------------|-----------------------------|
| Wald       | 43 700 000               | 8 800 000 000               |
| Kulturland | 27 000 000               | 4 300 000 000               |
| Steppe     | 31 000 000               | 1 900 000 000               |
| Ödland     | 33 000 000               | 100 000 000                 |

## 11.6. Beeinflussung von Ökosystemen durch den Menschen

### Allgemeines

Die Kenntnis der ökologischen Potenz der Tier- und Pflanzenarten erlauben dem Menschen zielgerichtete Eingriffe in Ökosysteme und die Schaffung künstlicher Ökosysteme, um hohe Leistungen in der Tier- und Pflanzenproduktion zu erzielen (■ Be- und Entwässerung, Düngung, Schädlingsbekämpfung). Andererseits wirken sich viele Tätigkeiten des Menschen schädigend auf die Ökosysteme aus (■ durch Industrieabgase).

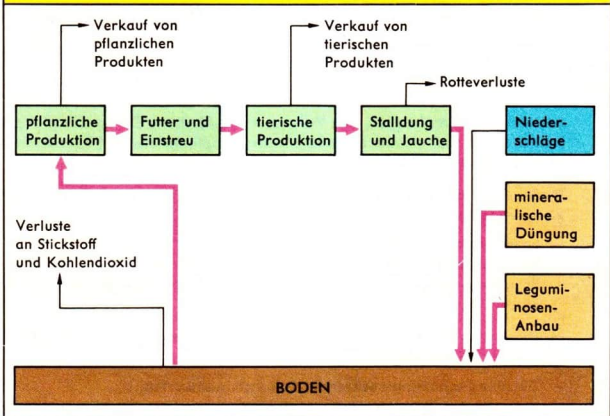
↗ Nutzung der ökologischen Potenz, S. 321

↗ Landeskultur, S. 337 ff.

### Auswirkungen der Düngung

- Ausgleich der Verluste durch Ernteerträge im Stoff- und Energiestrom der land- und forstwirtschaftlichen Ökosysteme,
- Erhöhung des Angebots an Nährsalz-Ionen,
- Schaffung günstiger Lebensbedingungen für die Bodenorganismen,
- Verbesserung der Bodenstruktur,
- Veränderung der Zusammensetzung der Kulturbiozöten.

#### Düngung als Komponente im Stoffkreislauf des landwirtschaftlichen Betriebes



## Auswirkung von Be- und Entwässerungen

- Schaffung eines optimalen Wasserangebotes für die Kulturpflanzen,
- Beeinflussung des Lufthaushaltes und damit des Gasaustausches im Boden,
- Beeinflussung der Tätigkeit der Bodenorganismen, stärkere Mineralisation der abgestorbenen organischen Substanz,
- Beeinflussung vor allem des Stickstofffaktors durch die Mineralisation,
- quantitative und qualitative Verbesserung der Stoffproduktion.

## Monokulturen

Monokulturen sind vom Menschen geschaffene relativ artenarme labile Ökosysteme mit sehr einfachem Nahrungskettengefüge, in denen nur durch ständige Einflußnahme des Menschen (Bodenbearbeitung, Nährsalzzufuhr, Schädlings- und Unkrautbekämpfung) ein relatives Gleichgewicht und eine hohe Stoffproduktion erzielt werden können.

**Bedeutung von Monokulturen.** Monokulturen haben Bedeutung durch:

- ökonomisch günstigen Einsatz der modernen Agrochemie und Agrotechnik bei der Pflege und Nutzung,
- hohe biologische Stoffproduktion.

**Negative Auswirkungen.** Monokulturen wirken negativ durch:

- starke oberirdische und unterirdische Konkurrenz,
- nicht optimale Nutzung der Umweltfaktoren,
- einfache Nahrungskettengefüge – labiles biologisches Gleichgewicht,
- Anfälligkeit gegen Schädlingsbefall,
- Rohhumusanreicherung und Entbasung des Bodens (■ in Fichten- und Kiefernmonokulturen).

## Schädlingsbekämpfung

Schädlingsbekämpfung ist eine Voraussetzung für hohe Erträge. Es gibt eine biologische und eine chemische Schädlingsbekämpfung, die im Pflanzenbaubetrieb miteinander kombiniert sind.

**Bedeutung der Schädlingsbekämpfung.** Die Bedeutung der Schädlingsbekämpfung liegt in der

- Erhöhung der Erträge durch Pflanzenschutz um 20%,
- Herabsetzung der Sekundärproduktion in Kulturbiozöten,
- Erhaltung des gewünschten einseitigen biologischen Gleichgewichts in Kulturbiozöten.

**Maßnahmen zur biologischen Schädlingsbekämpfung.** Zu Maßnahmen der biologischen Schädlingsbekämpfung gehören

- Züchtung schädlingsresistenter Kulturpflanzensorten,
- planmäßiger Fruchtwechsel unter dem Aspekt der Schädlingsbekämpfung,

- Anbau von Kulturpflanzen auf Standorten, die ihren Hauptschädlingen keine zusagenden Lebensbedingungen bieten,
- Erhaltung von Biotopen schädlingsvertilgender Tiere (Hecken, Feldgebüsche),
- Chemosterilisierung der Schädlinge.

Unerwünschte Nebenwirkungen der chemischen Schädlings- und Unkrautbekämpfung sind

- Vernichtung auch von Nützlingen,
- Schäden an Kulturpflanzen und Nutztieren,
- Anreicherung von Herbizid- und Insektizidrückständen im Boden,
- Anreicherung von Herbizid- und Insektizidrückständen in Pflanzen und Tieren einschließlich der Kulturpflanzen und der Nutztiere,
- Eintritt von Herbizid- und Insektizidrückständen in Nahrungsketten, die über Haustiere führen und beim Menschen enden.

↗ Nahrungsketten, S. 330

### Schaffung künstlicher Ökosysteme in der Tier- und Pflanzenproduktion

- Schaffung optimaler Umweltbedingungen im Stall
  - Schaffung einer sauerstoffreichen, lichtoptimalen, schädlingfreien Umwelt,
  - strenge Einhaltung von Tagesrhythmen mit Wechsel von Aktivität und Ruhe,
  - Verabreichung leicht verdaulicher Eiweiße und optimaler Futtergemische, Zugabe von Vitaminen,
  - Einhaltung optimaler Gruppenzusammensetzungen.
- Schaffung optimaler Umweltbedingungen in Gewächshäusern
  - Schaffung optimaler Lichtverhältnisse durch Zusatzbelichtung zur Steigerung der Photosynthese,
  - Schaffung gewünschter Belichtungsverhältnisse durch Zusatzbelichtung beziehungsweise Abdeckung (Kurz- und Langtagsbedingungen),
  - Schaffung optimaler Temperaturen,
  - Schaffung einer optimalen Luftfeuchtigkeit,
  - Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Gewächshausatmosphäre.

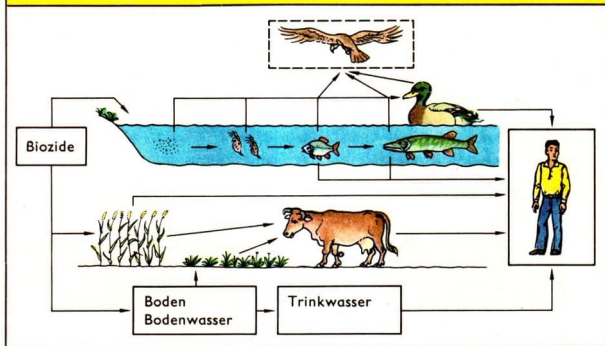
### Negative Beeinflussung und Schädigung von Ökosystemen durch den Menschen

| Ökosystemschädigende Umweltbelastungen                     |                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Umweltbelastung                                            | Wirkung auf Ökosysteme                                                                                                                                |
| Verunreinigung der Flüsse und Seen durch Industrieabwässer | Schädigung und Abtöten von Wasserpflanzen und Wassertieren, Minderung der Produktion von tierischer und pflanzlicher Biomasse in Gewässer-ökosystemen |



| Umweltbelastung                                                                                                       | Wirkung auf Ökosysteme                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eutrophierung von Bächen, Teichen und Seen durch Gülle der Tierproduktion und von den Äckern abgeschwemmte Düngesalze | Starke Produktion von Phytoplankton, starker Sauerstoffverbrauch durch aerobe Reduzenten bei der Zersetzung der in großen Mengen produzierten Biomasse. Zusammenbruch des Ökosystems durch Sauerstoffmangel |
| Bodenerosion durch Schaffung von Monokulturen oder nicht standort-gerechte Bodenbearbeitung                           | Abschwemmung von Feinerde, Humus und Nährsalzen, Rinnenbildung, Boden-zerstörung, Verkarstung                                                                                                               |
| Luftverunreinigung durch Stäube und Abgase der Industrie, der Verkehrs-mittel und der Heizungsanlagen                 | Schädigung und Tod von Tieren, Pflanzen und Menschen. Herabsetzung der biologischen Stoffproduktion (Schädi-gung von Nadelwäldern, Krebsgefahr)                                                             |
| Anreicherung von Biozidrückständen im Boden, in der Pflanze, im Tier und im Menschen                                  | Schädigung der Organismen, Folgen heute noch nicht abzusehen (■ Störung der Fortpflanzung, Schädigung des genetischen Apparates)                                                                            |

#### Akkumulation von Bioziden in Nahrungsketten



Unsere Gesellschaft unternimmt große Anstrengungen und wendet beträchtliche ökonomische Mittel auf, um durch vielfältige Maßnahmen die Umweltbelastung und ihre Wirkung auf die Ökosysteme herabzusetzen oder zu beseitigen.

↗ Landeskultur, S. 337 ff.

## 12.1. Natur und Gesellschaft

### 12.1.1. Beachtung der Naturgesetze

#### Allgemeines

Die Natur ist für den Menschen Grundlage seiner Existenz. Der Mensch bedarf zur Aufrechterhaltung seiner Lebensfunktionen Stoffe und Energie aus der Natur (■ Wasser, Nahrung, Sauerstoff). Die Natur ist Quelle der Produktion, der Erkenntnis, der Gesunderhaltung, der Kunst und der Lebensfreude.

Die Nutzung, Erhaltung und Gestaltung der Natur wird von den gesellschaftlichen Verhältnissen (■ Produktionsverhältnisse, Stand von Wissenschaft und Technik) und von den gesellschaftlichen Bedürfnissen bestimmt. Die Natur kann nur nachhaltig für die Gesellschaft genutzt werden, wenn allgemeingültige wesentliche Zusammenhänge zwischen lebender und nichtlebender Natur berücksichtigt werden.

Unkenntnis oder Mißachtung der Naturgesetze führen zu unbeabsichtigten Ergebnissen und oftmals zu schwerwiegenden Mißerfolgen.

#### Standortgerechte Pflanzenproduktion

Der Anbau von Kulturpflanzen ist dort am wirtschaftlichsten, wo die natürlichen Standortbedingungen den Umweltansprüchen der Arten am besten entsprechen. Durch geeignete Fruchtfolge wird das natürliche Nährstoff- und Wasserangebot intensiv genutzt. Ohne materiellen Mehraufwand können höhere Erträge und größere Ertragssicherheit erzielt werden.

↗ Nutzung der ökologischen Potenz, S. 321

#### Biologisches Gleichgewicht und Regulation in Ökosystemen

Eingriffe in Ökosysteme zur Steigerung der Stoffproduktion (■ Anbau von Monokulturen) erfordern gleichzeitig Maßnahmen zur Regulation des biologischen Gleichgewichts. Die Regulation erfolgt besonders durch den sachgerechten Einsatz von Bioziden, durch geeignete Fruchtfolge und durch entsprechende Stoffzufuhr in Form der Düngung.

↗ Stoffstrom und Energiefluß im Ökosystem, S. 329 und S. 330

↗ Biologisches Gleichgewicht in Biozönosen, S. 324

## Wasserbilanz und Regulation des Wasserabflusses

Eingriffe in die Vegetation erfordern häufig Maßnahmen zur Regulierung des Wasserabflusses. Maßnahmen zur Verzögerung des Abflusses erhöhen die nutzbare Wassermenge. Die Regulierung erfolgt durch das Anlegen von Wasser-rückhaltebecken, die gleichzeitig eine Speicherfunktion haben (■ Talsperren, Staubecken).

Durch intensive Pflanzenproduktion (dichter Pflanzenbestand, mehrmalige Ernten im Jahr) erhöht sich die Verdunstung durch die Vegetation erheblich. Der Ausgleich erfolgt durch Bewässerung.

Durch Abholzung von Wäldern wird die Verdunstung durch die Vegetation herabgesetzt. Der steigende Grundwasserspiegel kann in Gebieten mit hohem Grundwasserstand örtlich zur Versumpfung des Geländes führen. Eine erneute Nutzung erfordert meistens eine Entwässerung.

↗ Auswirkungen von Be- und Entwässerung, S. 334

## Evolution der Ökosysteme und ihre Lenkung

Beim gegenwärtigen Klima entwickeln sich unter natürlichen Bedingungen die meisten Land-Ökosysteme in Mitteleuropa zu Wäldern. Durch Eingriffe kann diese Entwicklung verhindert oder auch beschleunigt werden.

Zur Erhaltung von Wiesen- und Heideflächen in Erholungsgebieten muß die Wiederbewaldung durch Beweidung, Selektivherbizide oder Abholzung verhindert werden.

Bei der Bewaldung von Dünen und Ödland werden durch Anpflanzung besonders geeigneter Gehölze und Wahl besonderer Anbauverfahren natürliche Entwicklungsstadien verkürzt oder übersprungen.

↗ Entwicklungsfolgen von Biozöosen, S. 324

### 12.1.2. Nutzung der Natur

#### Allgemeines

Die Natur ist eine Quelle des gesellschaftlichen Reichtums. Unter Ausnutzung natürlicher Stoffe und Energie schafft die Gesellschaft materielle und kulturelle Werte, die in Wirtschaft, Sozialwesen, Wissenschaft und Kunst ihren Ausdruck finden.

#### Wirtschaftliche Nutzung der Natur

Wirtschaftliche Nutzung der Natur ist die Nutzung der Naturreichtümer in allen Wirtschaftszweigen. Umfassende Kenntnisse der Gesetzmäßigkeiten in der Natur, leistungsfähige, den natürlichen Bedingungen angepaßte Technologien und rationelle Produktionsverfahren sind Voraussetzungen für eine effektive Nutzung der Naturreichtümer, die den steigenden Ansprüchen an den Lebensstandard und der Zunahme der Weltbevölkerung Rechnung trägt.

| Naturreichtum | Bedeutung                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Boden         | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ — Produktionsmittel für Land- und Forstwirtschaft, für Gartenbau</li> <li>— Baugrund für Produktionsstätten, für Verkehrsanlagen, für Siedlungsbauten</li> </ul>                                                                                 |
| Wasser        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ — Mittel für biologische Stoffproduktion</li> <li>— Produktionsmittel in Industrie und Landwirtschaft, zur Erzeugung elektrischer Energie, in der Fischereiwirtschaft</li> <li>— Trinkwasser</li> <li>— Transport- und Verkehrsmittel</li> </ul> |
| Luft          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ — Mittel für biologische Stoffproduktion</li> <li>— Produktionsmittel in der Industrie, zur Erzeugung elektrischer Energie</li> </ul>                                                                                                            |
| Bodenschätze  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ — Rohstoffe für Industriegüterproduktion</li> <li>— Energieträger</li> </ul>                                                                                                                                                                     |
| Organismen    | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ — Ausgangsstoffe in der Nahrungsmittelproduktion</li> <li>— Rohstoffe für Industriegüterproduktion</li> <li>— Erzeuger von Energieträgern</li> <li>— Produktionsmittel in der Industrie (■ biologische Reinigung)</li> </ul>                     |

↗ Allgemeine Aufgaben, S. 342 ff.

### Soziale und ideelle Nutzung der Natur

Soziale und ideelle Nutzung der Natur ist die Nutzung der Natur als unersetzliche Quelle für die Gesunderhaltung, Reproduktion und Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Lebensfreude des Menschen. Dabei werden sowohl einzelne Naturreichtümer genutzt (■ Boden als Baugrund für soziale und kulturelle Einrichtungen; Mineral- und Thermalquellen als therapeutische Mittel; Pflanzen als Schmuck für Wohn- und Arbeitsräume) als auch – in vielen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens – die Natur in ihrer Gesamtheit. Die Natur bildet auch eine hohe ethisch-ästhetische Wertkategorie im sozialistischen Kunstschaffen (■ „Die Wälder wachsen noch. Die Äcker tragen noch. Die Menschen atmen noch“ – Brecht in der Emigration).

| Lebensbereich                        | Nutzung der Natur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gesund-<br>erhaltung<br>und Erholung | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Erhöhung des geistigen und körperlichen Leistungsvermögens durch Aufenthalt in sauberer gesunder Landschaft</li> <li>— Ausgleich negativer Auswirkungen in industriellen Ballungszentren (■ Gedrängefaktor, Reizüberflutung, Luftverunreinigung)</li> <li>— Verringerung des finanziellen Aufwands für Sozialleistungen</li> </ul> |
| Freizeit-<br>gestaltung              | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Beschäftigung mit Gartenbau und Kleintierzucht,</li> <li>— Einrichtung und Nutzung von Naherholungszentren,</li> <li>— Wanderungen, Jagd</li> </ul>                                                                                                                                                                                |
| Wohn- und<br>Arbeitsplatz-<br>kultur | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Auflockerung der Wohn- und Industriegebiete durch Grünanlagen,</li> <li>— Ausgestaltung der Räume mit Zimmerpflanzen, Aquarien, Terrarien,</li> <li>— Berücksichtigung der Bedürfnisse an Licht und Luft beim Bau von Wohnungen, Schulen und Produktionsstätten</li> </ul>                                                         |
| Ästhetik<br>und Kunst                | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Bereicherung des Schönheitsempfindens durch Anregungen aus der Natur,</li> <li>— Ästhetische Wirkungen durch zweckmäßig und abwechslungsreich gestaltete Kulturlandschaft, durch Wechsel von Licht und Schatten, durch Kontakt zu freilebenden Tieren,</li> <li>— Anregungen bei der Schaffung von Kunstwerken</li> </ul>          |

### Wissenschaftliche Nutzung der Natur

In der wissenschaftlichen Forschung ist die Natur Arbeits- und Erkenntnisgegenstand. Die Vertiefung und Erweiterung von Kenntnissen über biologische Sachverhalte ist notwendig auch für eine rationelle Nutzung der Natur in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht. Sie erfordert in vielen Wissenschaftsbereichen Untersuchungen unter naturnahen Freilandbedingungen, in Siedlungs- und Industriezentren, zur Erhaltung vorhandener Tier- und Pflanzenarten, zur Gewinnung neuer Nutzpflanzen und Haustiere.

- Umfangreiche Forschungsprojekte zur erhöhten Nutzung von Boden, Binnengewässern und Meeren unter Nutzung des natürlichen Energieangebotes und optimaler Gestaltung von Standortfaktoren für die Eiweißproduktion. Gewinnung von genaueren Kenntnissen über den Zeigerwert von Pflanzen unter natürlichen Umweltbedingungen für eine sichere und ökonomische Standortbeurteilung in der Agrarwirtschaft.
- Gewinnung von Kenntnissen über das natürliche Verhalten von Haustieren in der Herde zur Steigerung der biologischen Stoffproduktion.

### 12.1.3. Gestaltung und Erhaltung der Natur

#### Allgemeines

In allen Ländern, besonders aber in denen mit entwickelter Industrie, wird den sogenannten natürlichen Produktivkräften (■ Luftbewegung, fließendes Wasser) zunehmend Interesse entgegengebracht. Die Leistungsfähigkeit der Ökosysteme ist zu erhalten und möglichst zu steigern. Eine Steigerung des Energieumsatzes und der biologischen Stoffproduktion und die Erhöhung des Erholungswertes erfordern Arbeit, gesellschaftlichen Aufwand, eine bedarfsgerechte Planung der Landschaftsstruktur und eine optimale Pflege und Gestaltung der Kulturlandschaft.

#### Kulturlandschaft

Die Kulturlandschaft entsteht durch die zunehmende Aneignung der Natur durch den Menschen (■ Naturnutzung, Naturgestaltung). Sie besteht aus noch weitgehend natürlichen und aus umgestalteten Landschaftselementen.

**Natürliche Landschaftselemente** haben von ihrem ursprünglichen Charakter wenig eingebüßt. Sie sind für die Existenz von Leben, für den natürlichen Stoff- und Energiekreislauf und für das Wohlbefinden der Menschen unentbehrlich.

- Naturnahe Wälder, saubere Gewässer, Pflanzen und Tiere

**Kulturelle Landschaftselemente** sind durch gesellschaftliche Arbeit weitgehend umgestaltete Objekte. Bei der großräumigen Landschaftsgestaltung werden sie mit natürlichen Elementen harmonisch verbunden.

- Land- und forstwirtschaftliche Kulturen, Siedlungen, Industrieanlagen

#### Landschaftsplanung

Landschaftsplanung ist notwendig für die Erhaltung einer gesunden Kulturlandschaft auch in kommenden Generationen. Sie beginnt mit der Analyse der Landschaftsstruktur. Die gegenwärtigen und zu erwartenden natürlichen und durch den Menschen hervorgerufenen Einflüsse werden langfristig in Beziehung gesetzt und bedarfsgerecht geplant.

- Erfassen der Gewässergüte, der hauptsächlichen Verschmutzungsquellen, des zu erwartenden Abwasseranfalls sowie Sicherung von Maßnahmen zur Mehrfachnutzung der Gewässer

#### Landschaftspflege

Landschaftspflege ist vorratspfleglicher Umgang mit der Natur, insbesondere die Erhaltung und Wiederherstellung von Landschaftselementen zur langfristigen, rationellen Nutzung in Wirtschaft, Sozialwesen, Kultur und Wissenschaft. Vorrangig sind Maßnahmen zur Beseitigung und Verhütung von Verunreinigungen des Bodens, der Gewässer und der Luft.



- Reinigung verschmutzter Gewässer, Erhöhung der Speicherkapazität für Wasser und Verhütung von Verunreinigungen des Wassers; Rekultivierung von Kippen und Halden, Wiederaufforstung von Kahlschlägen.

## 12.2. Sozialistische Landeskultur

### 12.2.1. Allgemeine Aufgaben

#### Landeskultur unter sozialistischen Produktionsverhältnissen

Unter sozialistischen Produktionsverhältnissen sind Boden und Gewässer Volkseigentum. Dadurch können gesetzliche und moralische Grundlagen zur umfassenden planmäßigen Gestaltung der Umwelt und ihrer Nutzung im Interesse der Gesellschaft geschaffen und für alle Bürger wirksam werden.

Sozialistische Landeskultur umfaßt Maßnahmen zur vorratspfleglichen und rationalen Naturnutzung.

#### Vorratspflegliche Nutzung

Vorratspflegliche Nutzung der Natur heißt Nutzung der Natur bei Erhöhung der Erträge, Beseitigung entstandener Schäden und Erhaltung der Naturreichtümer für kommende Generationen.

- Sparsamer Wasserverbrauch, sparsamer Umgang mit Rohstoffen, Erschließung neuer Rohstoffquellen und Energieträger, Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit; Aufforstung aller Schlagflächen in der Forstwirtschaft, rechtzeitiges Verjüngen der Waldbestände;  
Einhalten der Schonzeiten in der Jagd.

#### Rationelle Naturnutzung

Rationelle Naturnutzung bedeutet die volkswirtschaftlich sinnvolle Nutzung der Naturreichtümer, wobei gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse gegeneinander abzuwägen und in ein optimales Verhältnis zu bringen sind. In der sozialistischen Gesellschaft wird dieses Problem zunehmend besser gelöst.

- Steigende Industrialisierung und Erhöhung der Bauvorhaben sind mit möglichst weitgehender Erhaltung oder Verbesserung der natürlichen Ressourcen und Umweltbedingungen ökonomisch abzustimmen.

#### Aufgaben des sozialistischen Staates

Zu den Aufgaben des sozialistischen Staates für die Landeskultur gehören:

- Organisation und Finanzierung einer wirksamen praktischen landeskulturellen Arbeit,

- Aufklärung der Bevölkerung über die Notwendigkeit der Landeskultur,
- Förderung der wissenschaftlichen Arbeit zur rationalen Planung und Pflege der Landschaft auf gesetzlicher Grundlage.

In der DDR sind diese Aufgaben in der Verfassung verankert und ihre Lösung im Landeskulturgesetz vom 14. Mai 1970 gesetzlich geregelt.

### Verantwortung des einzelnen

Die Bemühungen des Staates um eine sozialistische Landeskultur erfordern von jedem Bürger ein entsprechendes Umweltbewußtsein. Jeder ist aufgefordert,

- schädliche Wirkungen auf die natürlichen Ressourcen bei der Arbeit und im privaten Leben zu vermeiden,
- beim Umgang mit den Naturreichtümern sowohl gegenwärtige als auch zukünftige Bedürfnisse zu berücksichtigen,
- sich der eigenen Verantwortung gegenüber den Mitmenschen und gegenüber kommenden Generationen bewußt zu sein und danach zu handeln.

### Internationale Zusammenarbeit

Eine Reihe von Naturreichtümern (■ fließende Gewässer, Luftströmung, Weltmeere) werden durch mehrere Staaten genutzt. Die gemeinsamen Interessen werden auf Grund vertraglicher Regelungen wahrgenommen.

**Zusammenarbeit im RGW.** Die Mitgliedsländer des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe haben vereinbart, gemeinsam mit der Lösung volkswirtschaftlich bedeutsamer landeskultureller Aufgaben zu beginnen.

- – Ausarbeitung von Maßnahmen zum Schutz der Natur
- Schutz der Gewässer vor Verunreinigung
- Schaffung neuer biologischer Pflanzenschutzmittel

**Abkommen mit kapitalistischen Ländern.** Vereinbarungen, die mit kapitalistischen Ländern zu Problemen der Landeskultur abgeschlossen wurden, richten sich vorrangig gegen großflächige oder menscheitsgefährdende Verschmutzungen der Umwelt.

- – Abkommen über das Verbot oberirdischer Kernwaffenversuche
- Abkommen über das Verbot zur Herstellung biologischer Kampfmittel
- Konvention zur Reinhaltung der Ostsee

## 12.2.2. Nutzung und Reinhaltung des Wassers

### Allgemeines

Wasser ist eines der wichtigsten Naturvorkommen. Rationelle Nutzung, Sicherung des natürlichen Reinigungsvermögens, ausreichende Reinigung der Abwässer, Anlagen und Maßnahmen zur Wasserspeicherung sind vordringliche Aufgaben.

## Wasserhaushalt der DDR

Die jährliche Wasserezufuhr durch Niederschläge und Zufluß schwankt um einen Mittelwert; in niederschlagsreichen Jahren ist das Wasserdargebot fünf Mal so groß wie in niederschlagsarmen Jahren. Der größte Teil des Wassers verdunstet, nur ein Teil kann genutzt werden. In der DDR wie in anderen Industrieländern ist der Wasserhaushalt sehr angespannt.

| Jährlich verfügbare Wassermenge<br>je Kopf der Bevölkerung<br>in m <sup>3</sup> |        |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Weltdurchschnitt                                                                | 12 000 |
| Europäische<br>Industriestaaten                                                 | 1 200  |
| DDR                                                                             | 850    |

| Jährliche Wasserbilanz der DDR<br>in Md. m <sup>3</sup> |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Zufuhr<br>(langfristiges Mittel)                        | 60  |
| Nutzbare Menge<br>(langfristiges Mittel)                | 15  |
| Verdunstung und Transpiration                           | 45  |
| Trinkwasserbedarf (1975)                                | 1,1 |
| Brauchwasserbedarf<br>der Industrie (1975)              | 8   |
| Brauchwasserbedarf<br>der Landwirtschaft                | 2   |

## Nutzung des Wassers

Wasser wird als Trink- und Brauchwasser genutzt. Es steht in Form von Niederschlägen, Oberflächen- und Grundwasser zur Verfügung; die Nutzbarmachung von Meerwasser für die Wirtschaft ist noch beschränkt.

Oberflächengewässer dienen auch als Schifffahrtswege, Produktionsstätten der Fischerei und zur Erholung.

| Nutzung des Oberflächen- und Grundwassers                                                                  |                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Trinkwasser                                                                                                | Brauchwasser                                                                      |
| Nahrungsmittelproduktion<br>Getränkeproduktion<br>Arzneimittelproduktion<br>Reinigungsmittel<br>Viehtränke | Energieumformung<br>Reaktionsmittel<br>Lösungsmittel<br>Kühlmittel<br>Bewässerung |

Es wird geschätzt, daß sich der Wasserbedarf in der DDR in den nächsten 20 Jahren etwa verdoppeln wird. In niederschlagsarmen Jahren wird dann die 4- bis 5fache Menge des natürlichen Dargebots benötigt. Der steigende Wasserbedarf erfordert die größte Sparsamkeit im Verbrauch, die Mehrfachnutzung und Erschließung von Reserven.

- Eine 6- bis 8fache Nutzung wird künftig als möglich angesehen, wobei die Investitionen für jede Mehrfachnutzung erheblich steigen. Voraussetzung für eine Mehrfachnutzung ist die Reinhaltung der Gewässer.
- Natürliche Wasserspeicher (■ Moosschicht der Wälder, Tümpel) und Rückhaltebecken verzögern den Abfluß von Niederschlagswasser und erhöhen die nutzbare Wassermenge.
- An der Aufbereitung von Meerwasser zu Brauchwasser wird intensiv gearbeitet. Die Bewässerung einiger landwirtschaftlicher Kulturen mit Brackwasser erwies sich örtlich als wirtschaftlich günstig.

## Verunreinigung und Erwärmung des Wassers

Die Verunreinigung der Gewässer erfolgt durch anorganische und organische Stoffe aus Abwässern und Abprodukten aus Haushalten, Industrie und Landwirtschaft. Nach dem Ausmaß der Verunreinigung wird das Wasser nach seiner Qualität in vier Nutzungsklassen eingeteilt.

**Abwasser.** Abwasser, das ungereinigt in die Oberflächengewässer eingeleitet wird, verschmutzt diese.

Abwasser mit vorwiegend organischen Substanzen erhöht den Phosphor- und Nitratgehalt der Gewässer, führt zur Massenvermehrung von Mikroorganismen und zu Sauerstoffmangel für höhere Lebewesen.

Abwässer mit anorganischen Substanzen (■ Arsen- oder Schwefelverbindungen) können alles Leben vergiften und zur Unbrauchbarkeit des Gewässers führen.

**Verunreinigte Niederschläge.** Mit dem Niederschlagswasser gelangen an die Luft abgegebene Schadstoffe (■ Ruß, giftige Abgase, radioaktive Stoffe) in die Gewässer.

**Verunreinigtes Sickerwasser.** Absickerndes Niederschlagswasser bringt besonders an Stellen unsachgemäßer Müllablagerung Verunreinigungen in das Grundwasser.

**Erwärmung durch Kühlwasser.** Eine geringe Erhöhung der jährlichen Durchschnittstemperatur in Gewässern durch Einleitung von Kühlwasser erhöht die biologische Aktivität der Organismen und damit den Sauerstoffbedarf, Sauerstoffmangel schränkt die natürliche Selbstreinigung ein.

## Reinhaltung der Gewässer

Vorbeugende Reinhaltung der Gewässer ist eine wichtige volkswirtschaftliche Aufgabe. Sie erweist sich wirtschaftlicher als nachträgliche Instandsetzung. Durch ein komplexes Programm der Abwasserreinigung konnte in der DDR einer weiteren Verschlechterung der Gewässer Einhalt geboten werden. Einige Wasserläufe konnten um zwei Nutzungsklassen verbessert werden.

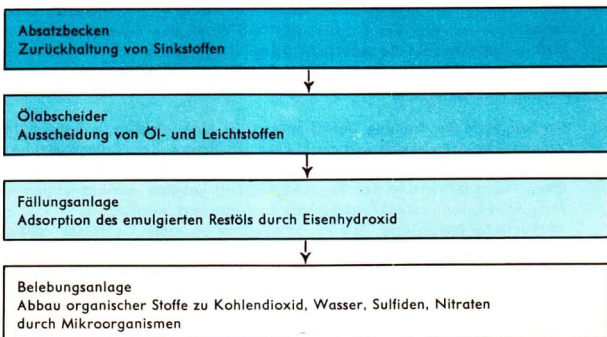
**Natürliche Reinigung.** In einem biologisch gesunden Gewässer vollzieht sich ständig eine Selbstreinigung, die einen ungestörten Stoff- und Energiekreislauf gewährleistet. Alle anfallenden Stoffe werden in einem bestimmten Rhythmus zu gelösten Nährsalzen abgebaut. Zunehmender Bodenschlamm zeigt bereits Störungen an. Die natürliche Reinigung ist von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung.

**Abwasserreinigung.** Die Reinigung der Abwässer erfolgt auf der Grundlage physikalischer, chemischer und biologischer Gesetzmäßigkeiten, teilweise werden die verschiedenen Verfahren kombiniert angewandt.

| Mechanische Verfahren                                                                      | Chemische Verfahren                                        | Biologische Verfahren                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Rückhalten grober Stoffe durch Siebe                                                       | Ausflockung von Kolloiden durch Zusatz von Fällungsmitteln | Abbau von Schadstoffen durch Mikroorganismen in Oxydationsteichen   |
| Abscheiden schwimmfähiger Stoffe durch Öl- und Fettabscheider                              | Tötung von Keimzellen (■ Wurmeier) durch Zusatz von Chlor  | Abbau von Schadstoffen durch Mikroorganismen auf Rieselfeldern      |
| Ausscheidung sinkbarer Stoffe in Absatzbecken durch Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit | Neutralisation schädlicher Lösungen durch Chemikalien      | Abbau von Schadstoffen durch Bodenorganismen bei Abwasserverregnung |

**Abwasserverregnung.** Die Beregnung landwirtschaftlicher Kulturen mit Abwässern ist materialaufwendig, aber durch die Ertragssteigerung finanziell sehr wirtschaftlich; allerdings ist sie nur auf begrenzten Flächen und zu bestimmten Zeiten einsetzbar.

**Kombinierte Reinigung.** Durch Kombination von mechanischen, chemischen und biologischen Verfahren gelingt es selbst in der petrochemischen Industrie das Abwasser vollständig zu reinigen.



### 12.2.3. Nutzung und Reinhaltung der Luft

#### Nutzung der Luft

Saubere atmosphärische Luft ist eine Existenzbedingung für die Lebewesen; sie wird in der Industrie als Arbeitsmittel und Rohstoff genutzt.

| Nutzung durch Lebewesen                                                | Nutzung in der Industrie                                                           |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Sauerstoff zur biologischen Oxydation für Tiere, Pflanzen und Menschen | Sauerstoff für Oxydationsvorgänge in der chemischen Industrie und im Verkehrswesen |
| Kohlendioxid als Nährstoff für autotrophe Pflanzen                     | Gewinnung von Sauerstoff, Stickstoff und Edelgasen durch Luftzerlegung             |
| Luftstickstoff als Nährstoff für einige Mikroorganismen                | Herstellung flüssiger Luft                                                         |

#### Verunreinigung der Luft

Verunreinigungen der Luft erfolgen hauptsächlich durch Emissionen chemischer Werke, der Kohleverbrennung und durch Abgase der Kraftfahrzeuge und Flugzeuge. Nicht alle Schadstoffe verteilen sich in der gesamten Troposphäre. Wasserdampf und auch einige toxische Stoffe verbleiben in unteren Abschnitten der Troposphäre. Ballungen von Schadstoffen werden durch bestimmte Witterungseinflüsse begünstigt.

**Feste Verunreinigungen:** Durch Verbrennung anfallende Flugasche und Schwebstäube, Ruß, Blei- und Quecksilberverbindungen und kristalline Kohlenwasserstoffe. Verdriftete Düngemittel und Biozide.

**Gasförmige Verunreinigungen:** Abgase der Haushalte, Industrie und Verkehrsmittel mit Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Stickoxiden und Chlor.

**Radioaktive Verunreinigungen:** Niederschläge mit radioaktiven Stoffen aus unkontrollierten oberirdischen Kernspaltungen.

#### Schadwirkungen durch verunreinigte Luft

Schadwirkungen an Pflanzen, Tieren und Menschen werden besonders durch Schwefel- und Bleiverbindungen, Kohlenmonoxid und kristalline Kohlenwasserstoffe der Abgase hervorgerufen.

- Hohe Konzentrationen von Kohlenmonoxid in der Luft verkehrsreicher Straßen kann bei längerem Aufenthalt Unwohlsein, Einschränkung des Sehvermögens und Schädigungen der Hirnfunktionen zur Folge haben. Stärkere Verunreinigung durch Schwefelverbindungen in ungereinigten Abgasen führen bei Nutzpflanzen und Nutztieren zu starken Schädigungen. Besonders gefährdet sind immergrüne Nadelgehölze, weil sie ihr Laub in größeren Abständen



wechseln. Fortführende Luftverunreinigung wird als mögliche Ursache für die Zunahme bösartiger Geschwulsterkrankungen angesehen. Die Kombination toxischer Stoffe, Schwefeldioxid und Tabakrauch, wirken besonders gesundheitsschädigend.

## Reinhaltung der Luft

Die zulässigen Grenzwerte für Luftverunreinigungen entsprechen in der DDR der höchsten Kategorie der Weltgesundheitsorganisation. Ein Meßnetz zur Ermittlung von Luftverunreinigungen (mehrere Tausend stationäre und mobile Meßstellen) liefert Angaben für gezielte und effektive Maßnahmen zur Luftreinhaltung.

**Entstaubung:** 20fache Verringerung der anfallenden Staubmenge durch schrittweise Umstellung der Energiebereitstellung von Kohle auf Gas und Erdöl; Einsatz von Elektrofiltern zur Senkung der Abgabe von Staub bei Kohleverbrennung um etwa ein Drittel.

**Entgiftung der Abgase:** Bindung der Gifte in Abgasen durch Zusatz von Chemikalien; Verbrennung giftiger Abgase.

**Effektivere Verbrennung fester Brennstoffe:** Effektivere Verbrennung der Kohle durch die Errichtung weiterer zentraler Heizwerke.

**Verbesserungen von Verbrennungsmotoren:** Verbesserung der Verbrennungsmotoren hinsichtlich der Abgasbildung.

Senkung des Bleigehalts der Abgase in der DDR in den nächsten Jahren um die Hälfte;

Verminderung des Kohlenmonoxidgehaltes der Abgase durch Verbesserung der Leerlaufeinstellung.

**Atomteststopabkommen:** Einschränkung der radioaktiven Verseuchung der Luft durch das 1963 international abgeschlossene Atomteststopabkommen. Leider traten einige Staaten diesem Abkommen noch nicht bei.

**Grünanlagen:** Rückhaltung von Schwebstaub durch die Laubmasse von Holzgewächsen in Großstädten und Grüngürteln um Industriegebiete.

## 12.2.4. Nutzung und Schutz des Bodens

### Allgemeines

Der Boden dient allen flächenbeanspruchenden Tätigkeiten der Gesellschaft. Je höher die gesellschaftlichen Bedürfnisse entwickelt sind, um so größer sind die Ansprüche an den Boden. Durch intensivere Nutzung und Schutz des Bodens können die wachsenden Ansprüche befriedigt werden.

### Nutzung des Bodens

|                  |                                                                                          |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ■ Landwirtschaft | Landwirtschaftliche Kulturen<br>Forstwirtschaftliche Kulturen<br>Gartenbauliche Kulturen |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|

|                           |                                                                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Industrie                 | Abbau der Industriestoffe<br>Baugrund für Industrieanlagen<br>Ablagerung von Industriemüll  |
| Sozial- und Verkehrswesen | Grünanlagen als Erholungsgebiete<br>Baugrund für Siedlungen<br>Baugrund für Verkehrsanlagen |

Die Bodenfläche kann nicht vergrößert werden. Die weitere Industrialisierung der Wirtschaft kostet Bodenfläche. Die Flächenverluste müssen durch **intensive Nutzung** des verbleibenden Kulturbodens ausgeglichen werden.

| Maßnahmen zur intensiven Nutzung des Kulturbodens |                                                                           |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Standortgerechter Anbau leistungsfähiger Sorten   | Umlagerung des Kulturbodens bei Bauten und sofortige Wiedernutzbarmachung |
| Tiefgründige Bodenbearbeitung                     | Kultivieren von Ödland                                                    |
| Optimale Düngung und Wasserversorgung             | Herabsetzung von Erosionen durch Schutzpflanzungen                        |

## Schädigung des Bodens

**Bodenverarmung.** Unzureichende Bearbeitung, mangelhafte Nährstoffzufuhr und ungeeignete Fruchtfolge führen zur Verarmung des Bodens.

**Verunreinigungen.** Größere Verunreinigungen durch Einsickern von Motorenöl, durch übermäßige Anreicherung von Pflanzenschutzmitteln oder durch Eindringen giftiger Abgase führen zur Schädigung des Kulturbodens und damit zur Ertragsminderung oder zu völligem Ertragsausfall.

**Erosion.** Wasser und Wind können die fruchtbare obere Bodenschicht abtragen. In der DDR sind etwa 10% der landwirtschaftlichen Nutzfläche erosionsgefährdet. Die Erosionsgefahr nimmt mit der Bewirtschaftung großer Flächen zu.

## Maßnahmen zum Schutz des Bodens

- Erhöhung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch komplexe Melioration; dazu gehören optimale Düngung, Be- oder Entwässerung, mechanische Bodenbearbeitung und zweckmäßige Fruchtfolge,
- sachgemäße Lagerung beziehungsweise sachgemäßer Einsatz von Stoffen (■ Motorenöl, Pflanzenschutzmittel) zur Verhütung von Verunreinigungen,
- Anpflanzungen von Windschutzstreifen (■ Hecken) und ganzjährig bodendeckenden Pflanzen (■ Düngegräser) zur Eindämmung der Erosion,
- Umlagerung und Wiedernutzbarmachung von Kulturboden bei Bauvorhaben (■ Industriebauten, Verkehrsanlagen, Siedlungsbauten).

## 12.2.5. Schutz vor Lärm

### Allgemeines

Das Gehörorgan des Menschen ist an bestimmte Frequenzen akustischer Schwingungen angepaßt. Teilweise werden die Schwingungen als angenehm, teilweise als störend empfunden. Die Lärmempfindlichkeit ist subjektiv und altersabhängig, Jugendliche sind am wenigsten, Menschen vom 45. bis 59. Lebensjahr am meisten geräuschempfindlich.

### Schädigungen durch Lärm

Übermäßiger und fortwährender Einfluß von Lärm verursacht psychische und organische Schäden. Eine Anpassung an Lärm ist nicht nachgewiesen.

Als **psychische Schädigungen** treten hauptsächlich Konzentrationsschwäche, Unruhe, erhöhte Erregbarkeit, Schlafstörungen und Nachlassen des Assoziationsvermögens auf.

Als **organische Schädigungen** treten vor allem Erhöhung der Herzfrequenz, Zunahme der Leukozyten, Störungen der Gehirn- und Nerventätigkeit auf sowie Schädigungen der Gehörorgane, die zur Ertaubung führen können.

↗ Synapsen, S. 228

↗ Reize, S. 221

### Schutzmaßnahmen vor Lärm

Zur Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der Menschen in der DDR sind auch verstärkt Maßnahmen zur Minderung von Lärm planmäßig durchzuführen.

- – Kurorte, Erholungsgebiete und die Umgebung von Krankenhäusern, Kinderkrippen und Schulen können zu Lärmschutzgebieten erklärt werden.
- Durch Anpflanzungen dichter Gehölze um lärmintensive Produktionsstätten kann der Lärm gemindert werden.
- Für Maschinen und Verkehrsmittel sind in der DDR verbindliche Lärmgrenzwerte festgelegt.
- Jeder Bürger muß durch sein Verhalten zur Lärminderung beitragen.

## 12.2.6. Beseitigung der Abprodukte

### Abprodukte

Abprodukte sind Stoffe, die durch Bearbeitung ihren ursprünglichen Gebrauchswert verloren haben. Sie fallen in der Produktion, bei Dienstleistungsarbeiten und in Haushalten an.

Abprodukte können zu Verlusten an Kulturboden, zur Wasser- und Luftverunreinigung und zur Verunstaltung der Landschaft beitragen.

| Abprodukte                                                                                                                      |                                                                                                                              |                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| festе Abprodukte                                                                                                                | flüssige Abprodukte                                                                                                          | gasförmige Abprodukte                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Asche</li> <li>Schrott</li> <li>Plaste</li> <li>Abraum</li> <li>Chemikalien</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Säuren</li> <li>Laugen</li> <li>Phenole</li> <li>Farbstoffe</li> <li>Öle</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Schwefeldioxid</li> <li>Kohlendioxid</li> <li>Schwefelwasserstoff</li> <li>Stickoxide</li> <li>Chlor</li> </ul> |

### Schadlose Beseitigung von Abprodukten

Abprodukte können durch Wiederverwertung als Rohstoffe ohne Beeinträchtigung der Umwelt schadlos beseitigt werden.



**Wiederverwertung.** Abprodukte sind meistens vollwertige Rohstoffe und kein minderwertiger Ersatz. Ihre Nutzung ist ein dringendes Erfordernis der Volkswirtschaft.

- Verwendung von Schrott zur billigeren Herstellung von Roheisen, Altpapier zur Herstellung von neuem Papier, Altöl zur Herstellung von hochwertigem Motorenöl, Asche zur Herstellung von zementähnlichen Baumaterialien.

**Ablagerung.** Die Ablagerung von Industrie- und Siedlungsmüll muß so erfolgen, daß möglichst geringe Verluste an Kulturboden, keine Grundwasserverschmutzung und keine Belästigung durch üblen Geruch auftreten.

**Verbrennung.** Die Verbrennung von Müll in umweltschonenden Verbrennungsanlagen reduziert die Müllmenge um etwa 80%. Es entsteht eine hygienisch unbedenkliche Schlacke.

**Kompostierung.** Aus dem Müll werden Glas, Porzellan und Plaste entfernt. Die verbleibenden Substanzen werden mit Klärschlamm versetzt und kompostiert.

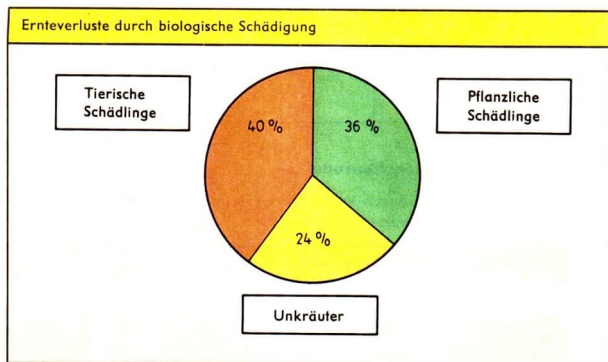
### 12.2.7. Anwendung von Bioziden

#### Allgemeines

Biozide werden eingesetzt, um die Leistungen von Pflanzen und Tieren zu steigern oder einzuschränken. Große wirtschaftliche Bedeutung erlangten die Insektizide und Herbizide als Pflanzenschutzmittel.

## Nutzen der Pflanzenschutzmittel

Etwa ein Drittel der Welternte geht durch biologische Pflanzenschädigungen verloren. Durch sachgerechten Einsatz von Insektiziden und Herbiziden können die Ernteverluste erheblich eingeschränkt werden.



## Einsatz der Pflanzenschutzmittel

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erfordert Verantwortung und unterliegt gesetzlichen Bestimmungen. Zeitpunkt, Ort und Art des Mittels sind beim Einsatz zu beachten:

- – Einhalten einer Karenzzeit zwischen letztem Einsatz und Erntezeitpunkt
- Verbot des Einsatzes bienenschädigender Pflanzenschutzmittel in der Zeit, in der Bienen blühende Kulturpflanzen befliegen
- Verbot des Einsatzes einiger Mittel in Wasserschutzgebieten
- Ausbringen durch Flugzeuge nur bis zu einer Windgeschwindigkeit von 4 m/s
- Nur beschränkter Einsatz von DDT, dessen Toxizität unverändert oder über Zwischenstufen im lebenden Gewebe lange Zeit erhalten bleibt

### 12.2.8. Schutz von Gehölzen und Hecken

#### Allgemeines

Hecken und Gehölze dienen zur Uferbefestigung an Fließgewässern, schützen den Kulturboden vor Erosion, beeinflussen den Wasserhaushalt und das Klima der bodennahen Luftschicht günstig, bieten Schutz vor Lärm und binden Abgase, bieten vielen Nutzorganismen Brutplatz, Unterschlupf und Nahrung und bewahren die Landschaft vor Eintönigkeit.

## Schutzmaßnahmen

Maßnahmen zum Schutz von Hecken und Gehölzen berücksichtigen deren landeskulturellen Wert; sie dienen dazu, die örtlich notwendige Beseitigung von Gehölzen (■ als Konkurrenten im Kulturpflanzenanbau, als Störfaktoren bei großflächiger Bodenbearbeitung) auszugleichen.

- – Bepflanzung kleinerer Flächen in Agrargebieten, die einer maschinellen Bearbeitung nicht zugänglich sind, mit Hecken und Gehölzen
- Ersatz des fehlenden Waldes durch Hecken, Gehölze und Baumreihen in Industriegebieten

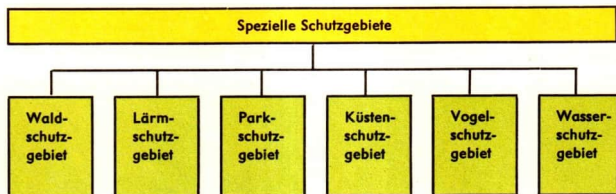
## 12.2.9. Naturschutz

### Allgemeines

Der Naturschutz ist Bestandteil der Landeskultur. Für einige Landschaftsgebiete und Naturobjekte gelten auf Grund wirtschaftlicher, wissenschaftlicher, sozialer, ethischer und ästhetischer Bedürfnisse besondere Schutzbestimmungen.

### Naturschutzgebiete

In Naturschutzgebieten ist die wirtschaftliche Nutzung auf ein notwendiges Mindestmaß beschränkt. Es ist nicht gestattet, den Zustand des Gebietes zu verändern, Baumaßnahmen durchzuführen, Pflanzenschutzmittel anzuwenden, Pflanzen zu beschädigen, Tiere zu beunruhigen und die angelegten Wege zu verlassen. Naturschutzgebiete dienen vorrangig wissenschaftlichen Untersuchungen. Die Fläche aller Naturschutzgebiete beträgt in der DDR etwa 0,7% des Gesamtterritoriums.



### Landschaftsschutzgebiete

Landschaftsschutzgebiete werden land- und forstwirtschaftlich genutzt; die Anlage von Industrie-, Verkehrs- und Siedlungsbauten in diesen Gebieten bedarf aber besonderer Genehmigung.

Landschaftsschutzgebiete dienen vorrangig als Erholungsgebiete. Die Fläche aller Landschaftsschutzgebiete beträgt in der DDR etwa 18% des Gesamtterritoriums.



### **Naturdenkmale**

Naturdenkmale sind biologische oder geologische Einzelgebilde der Natur oder kleinere Biotope, die wegen ihres landschaftsgeschichtlichen und ästhetischen Wertes der Nachwelt erhalten bleiben sollen. Die meisten Naturdenkmale sind Einzelbäume.

### **Geschützte Arten**

Pflanzen- und Tierarten, die besonderen Wert für die Forschung oder Nutzen für die Volkswirtschaft haben, die selten und in ihrem Bestand gefährdet sind, werden unter Schutz gestellt. Die unter diesen Schutz fallenden Arten werden im Landeskulturgesetz festgelegt.

Geschützte Pflanzenarten dürfen nicht beschädigt oder entnommen werden.

Geschützte Tierarten dürfen nicht belästigt oder getötet werden.

## 13.1. Die Wissenschaft Biologie als gesellschaftliche Erscheinung

### Allgemeines

Biologie — die Wissenschaft von der lebenden Natur — entstand und entwickelte sich mit der gesellschaftlichen Evolution des Menschen; zunehmende Erkenntnisse über die Natur (■ über Stoffwechselprozesse, Vererbung, Krankheitsursachen) wirken fördernd auf die gesellschaftliche Entwicklung, der gesellschaftliche Fortschritt ermöglicht die Gewinnung neuer Erkenntnisse über Vorgänge in der Natur.

In diesem Prozeß wechselseitiger Beeinflussung wird die Biologie durch die Aufgabenstellung und die Organisation der Forschung und deren materiellen und personellen Aufwand durch die jeweils herrschende Gesellschaftsordnung gesteuert. Sie hat durch die weltanschauliche Deutung und die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten ihrer Erkenntnisse entsprechend den jeweiligen Klasseninteressen große Bedeutung für den ideologischen Klassenkampf.

- ↗ Der Mensch als biosoziale Einheit, S. 301
- ↗ Biologismus, S. 370
- ↗ Historische Bedeutung der Abstammungslehre, S. 306

### Zusammenwirken der Wissenschaften

Bei der Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der lebenden Natur muß sich die Biologie auf die von anderen Naturwissenschaften erkannten Gesetze (■ Gesetz von der Erhaltung der Energie) stützen und deren Gültigkeit im Bereich der lebenden Natur beachten. Für die Zielstellung und die Anwendung der Erkenntnisse ihrer Wissenschaftsgebiete bedarf die Biologie auch der Zusammenarbeit mit den Gesellschaftswissenschaften.

### Das moderne Bild von der lebenden Natur

Das moderne Bild von der lebenden Natur basiert auf der dialektisch-materialistischen Betrachtungsweise der Lebenserscheinungen.

Es sieht die Natur als Einheit sich entwickelnder Systeme unterschiedlicher Strukturebenen (innerorganismische und außerorganismische Strukturen), die miteinander in Wechselwirkung stehen und sich beeinflussen.

Es geht von der Erkenntnis aus, daß die Evolution die Daseinsform der lebenden Natur ist (■ Entwicklung erster Lebewesen aus makromolekularen Strukturen, Entwicklung von Organismengemeinschaften).

## Marxistisch-leninistisches Menschenbild

Das marxistisch-leninistische Menschenbild basiert auf der Einheit von gesellschaftlichem Wesen und biologischer Natur des Menschen.

Die biologische Evolution führte unter anderem zum Menschen und damit gleichzeitig zum gesellschaftlichen Leben.

Die weitere Entwicklung der Menschheit vollzieht sich vorwiegend nach gesellschaftlichen Gesetzen, die auch die Entwicklung jedes einzelnen beeinflussen. Durch die biologischen Grundlagen jedes Menschen sind Entwicklungsmöglichkeiten gegeben, deren Realisierung jedoch weitgehend von der Gesellschaft bestimmt wird. Deshalb ist die optimale Entwicklung aller Menschen nur im Sozialismus/Kommunismus möglich.

## 13.2. Biologie und gesellschaftliche Praxis

### 13.2.1. Biologie als unmittelbare Produktivkraft

#### Allgemeines

Die biologische Forschung gewinnt Erkenntnisse über die lebende Natur, deren Anwendung eine immer bessere Befriedigung der gesellschaftlichen Bedürfnisse ermöglicht. Die Biologie wirkt so als unmittelbare Produktivkraft. Sie schafft wissenschaftliche Grundlagen

- für die Sicherung der Ernährung der weiterhin anwachsenden Erdbevölkerung,
- für den Schutz, die Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit,
- für den Schutz der Umwelt vor weiteren Schädigungen und für die Beseitigung bereits entstandener Schäden,
- für die vorratspflegliche und sinnvolle Nutzung der natürlichen Ressourcen.

Die Biologie schafft wissenschaftliche Voraussetzungen, die eine immer bessere Beherrschung der Lebensprozesse sowie die bewußte und planmäßige Gestaltung der Biosphäre ermöglichen.

#### Steigerung der biologischen Stoffproduktion

Biologische Stoffproduktion ist die Neubildung organischer Substanz aus anorganischen Stoffen, sie erfolgt nur durch die autotrophe Assimilation und ist abhängig von inneren und äußeren Faktoren.

Eine Steigerung der biologischen Stoffproduktion kann durch Beeinflussung äußerer Faktoren erfolgen (■ Lichtintensität, Kohlendioxidgehalt der Luft, Tempe-

ratur) oder durch Verbesserung der genetischen Potenz der Organismen zur Stoffproduktion.

Bei allen Verfahren steht die Anwendung der Ergebnisse biologischer Forschung im Vordergrund.

■ Eine Hauptaufgabe der biologischen Forschung ist es, den Ausnutzungsgrad der Sonnenenergie bei der Photosynthese durch landwirtschaftliche Nutzpflanzen (bisher 1% bis 2%) zu erhöhen und dadurch den Ertrag wesentlich zu steigern.

↗ Photosynthese, S. 198

↗ Nutzung der ökologischen Potenz, S. 321

## Nutzung und Bewirtschaftung der Meere

Die Nutzung und Bewirtschaftung der Meere liefert gegenwärtig nur etwa 1% der Nahrung der Menschen, obwohl fast 71% der Erdoberfläche vom Weltmeer bedeckt sind. Vor allem wird der Fischreichtum der Meere als Nahrungslieferant genutzt.

Neben der technischen Vervollkommenung der Fischfangflotten bestehen biologischen Möglichkeiten zur besseren Ausnutzung der Ressource „Welt meere“ darin,

- unter Ausnutzung ökologischer Erkenntnisse über den Stoffstrom in Ökosystemen die Nahrungskette im Meer zu verkürzen und sie derjenigen der pflanzenfressenden Nutztiere des Landes anzugleichen und dabei das Plankton stärker zu nutzen

### Nahrungskette im Meer

Phytoplankton → Zooplankton → Kleinkrebse → Weichtiere  
→ Friedfische → Raubfische → Mensch

### Nahrungskette auf dem Land

Pflanze → pflanzenfressendes Nutztier → Mensch

- unter Ausnutzung genetischer und stoffwechselphysiologischer Erkenntnisse geeignete Meeresorganismen für die Züchtung auszuwählen und Bedingungen für ihre optimale Haltung zu schaffen

■ Bewirtschaftung von Austernbänken seit über 20 Jahren in der Oberschelde (Holland) mit einer Ertragssteigerung von 1 Million Austern auf 30 Millionen Austern je Jahr, Kultivierung von Muscheln, Tintenschnecken, Krebstieren und Fischen in „Meeresfarmen“ in Japan, Haltung und Zucht von Süßwasserfischen (Forellen) im Brackwasser an der Ostseeküste der DDR,

Züchtung essbarer Arten von Meeresalgen mit einem durchschnittlichen Ertrag von 6 bis 7 Tonnen Frischalgen je Hektar in Japan.

↗ Nahrungsketten, S. 330

## Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion

Die immer bessere Erforschung der Lebensprozesse bei Kulturpflanzen und Nutztieren und der Wechselbeziehung zwischen Organismen und Umweltfaktoren (■ ökologische Potenz, Individualentwicklung) ermöglicht Tierhaltung und Pflanzenbau unter Bedingungen, die zu hohen Erträgen führen:

- Herabsetzung der Entwicklungszeit für Tomaten von 75 Tagen auf 60 Tage, für Gurken von 60 Tagen auf 27 Tage durch Anbau unter Glas bei Zusatzbeleuchtung mit Licht günstiger Wellenlängen.

Der Einsatz physikalisch-technologischer und chemisch-technologischer Mittel und Methoden unter Berücksichtigung biologischer Erkenntnisse führt zu wesentlichen Produktionssteigerungen in der Landwirtschaft:

- – Schaffung optimaler Wachstumsbedingungen für Kulturpflanzen durch Bodenbearbeitung, Melioration, Düngung, Schädlingsbekämpfung;
- Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Pflanzen- und Tierproduktion durch züchterische Beeinflussung der Organismen mit dem Ziel, den Einsatz von Maschinen und Maschinensystemen zu ermöglichen, die weitgehend den biologischen Ansprüchen der Organismen entsprechen (■ Pflanzbreite, Tiefe der Schälfrucht);
- verlustarme Einbringung, Lagerung und Weiterverarbeitung der Ernteerträge durch Anwendung von Erkenntnissen über Stoffwechselvorgänge (■ Futterpflanzensilierung, Pelletierung von Grünfutter oder Stroh, Getreidetrocknung in speziellen Aufbereitungsanlagen);
- industriemäßige Fleischproduktion in Mastanlagen für Rinder, Schweine, Geflügel (■ Züchtung neuer Rassen, Haltung unter biologisch optimalen Bedingungen).

## Züchtung von Pflanzen und Tieren

Züchtung ist die Anwendung biologischer Kenntnisse, um durch planmäßige Kreuzung, Auslese und Vermehrung von Pflanzen und Tieren Formen hervorzu- bringen, durch die die Ansprüche der Menschen immer besser befriedigt werden können.

Durch die Züchtung werden wesentliche Grundlagen für die Steigerung der Tier- und Pflanzenproduktion geschaffen. Dabei müssen quantitative und qualitative Ertragssteigerungen erreicht sowie Organismen gezüchtet werden, die den Erfordernissen der fortschreitenden Mechanisierung der Tierhaltung und des Pflanzenbaus entsprechen (■ kurzhalbmiges, standfestes Getreide).

## Ziele der Züchtung

**Pflanzenzüchtung.** Hauptziele der Pflanzenzüchtung sind: Erhöhung der Ertragsfähigkeit, der Ertragssicherheit und der Qualität, verbesserte Standort- anpassung, erhöhte Widerstandsfähigkeit sowie die Eignung für maschinelle Be- arbeitung. Dazu gehören:

- hohe Ausnutzung der wachstumsfördernden Faktoren wie Dünger, Wasser, Licht (■ hohe Anzahl von Körnern bei Getreide, von Knollen bei Kartoffeln, große Mengen Grünmasse bei Futterpflanzen);
- gute Lagerfähigkeit, hoher Gehalt an Vitaminen und Nährstoffen;
- Anpassung an Klima und Boden;
- Resistenz gegen Pflanzenkrankheiten und tierische Schädlinge (■ Virosen, Nematoden).

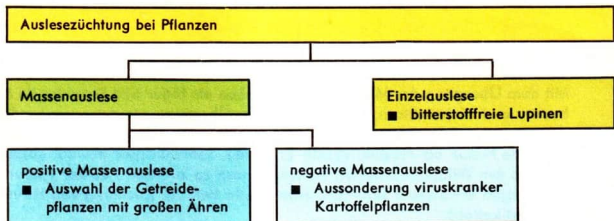
**Tierzüchtung.** Hauptziele sind: Erhöhung der Leistungsfähigkeit und der Widerstandsfähigkeit, Verbesserung der Qualität, Eignung für industriemäßige Produktion. Das heißt:

- hohe Milchleistung bei Rindern, Verkürzung der Mastzeiten bei Bullen, Schweinen und Geflügel, Erhöhung der Fleischleistung;
- Verbesserung der Eignung für die Haltung in Massentällen;
- hohe Widerstandsfähigkeit gegen Tierseuchen (■ Maul- und Klauenseuche, Schweinepest),
- Verkürzung der Zeit bis zur Fortpflanzungsfähigkeit.

## Methoden der Züchtung

**Allgemeines.** Auf der Grundlage von Erkenntnissen der Genetik, der Populationsforschung, der Ökologie und der Fortpflanzungsbiologie werden die Methoden der Auslese, der Kreuzung und der Mutationsauslösung gezielt angewendet. Entsprechend den unterschiedlichen Nachkommenzahlen, Generationsfolgen und den Haltungsbedingungen ist ihr Einsatz bei Pflanzen und Tieren unterschiedlich.

**Auslesezüchtung.** Bei der Auslesezüchtung werden Organismen mit solchen Merkmalen und Eigenschaften ausgelesen, die den angestrebten Züchtungszielen am besten entsprechen. Die Auslese erfolgt auch im Zusammenhang mit anderen Züchtungsmethoden. Sie ist die älteste Form der Züchtung.



**Kreuzungszüchtung.** Eltern mit unterschiedlichen positiven Merkmalen und Eigenschaften werden gekreuzt mit dem Ziel, neue Nutzierrassen beziehungsweise Kulturpflanzensorten mit verbesserten Eigenschaften hervorzubringen. Die Erbanlagen der Eltern werden in den Nachkommen kombiniert, die Nachkommen mit positiven Merkmalskombinationen ausgelesen.



Es werden verschiedene Kreuzungen unterschieden:

**Kombinationskreuzung:** die positiven Merkmale der beiden Eltern treten bei den Nachkommen kombiniert auf (■ Süßlupine mit weißen Samen und platzfesten Hülsen);

**Verdrängungskreuzung:** durch Einkreuzen eines Elters mit wertvollen Eigenschaften sollen nachteilige Eigenschaften aus einer Rasse oder Sorte entfernt („verdrängt“) werden.

**Heterosiszüchtung:** nach einer Kreuzung kann infolge Mischerbigkeit leistungsfördernder Gene eine Leistungssteigerung (Heterosis) in der  $F_1$ -Generation auftreten; die Leistungen der Nachkommen sind höher als die der Eltern, jedoch geht diese Steigerung in den folgenden Generationen zurück (■ Gebrauchskreuzung).

↗ Weitergabe der Erbanlagen bei Kreuzungen, S. 268

**Mutationszüchtung.** Bei der Mutationszüchtung werden durch Behandlung von Samen oder vegetativen Pflanzenteilen mit verschiedenen Mutagenen (■ UV-Strahlen, Chemikalien) Mutationen ausgelöst, positive Mutanten unter den Nachkommen werden ausgeselen. Diese Methode kann bis jetzt nur bei Pflanzen angewendet werden.

- Veränderung des Chromosomensatzes (Ploidie) durch Mutation führt zu Pflanzen mit meist vervielfachtem Chromosomensatz (Polyploidie) und häufig vergrößerten Organen sowie wesentlich höheren Erträgen (■ triploide Zuckerrüben, hexaploides Getreide). Fast alle Kulturpflanzen sind natürliche Polyploide.
- Veränderung der Gene durch Einfluß energiereicher Strahlen oder bestimmter chemischer Verbindungen auf die Struktur der DNS kann ebenfalls zur Verbesserung verschiedener Eigenschaften bei Kulturpflanzen führen (■ Standfestigkeit bei Getreide).

↗ Mutationen, S. 274 ff.

## Herausbildung und Weiterentwicklung der Kulturpflanzen und Haustiere

Mit dem Übergang der Menschheit vom Leben als Jäger und Sammler zu Ackerbauern und Viehzüchtern, das heißt mit dem Übergang von der aneignenden zur produzierenden Wirtschaftsform nutzte der Mensch erstmalig seine Kenntnisse über die Natur als Produktivkraft. Er lernte, Samenkörner bewußt auszulegen und aus den Wildpflanzenarten Kulturpflanzen zu züchten. Aus der Haltung der beim Jagen erbeuteten Jungtiere entwickelte sich die Züchtung von Haustieren (Domestikation).

**Kulturpflanzen.** Kulturpflanzen werden als Nahrungsmittel, Rohstoffe, Zierpflanzen, als Futter-, Heil- und Genußmittel genutzt.

Ertragssteigerung und qualitative Verbesserung werden durch Züchtung und geeignete Anbaumethoden erreicht. Gegenwärtig nutzt der Mensch etwa 12000 Arten als Kulturpflanzen.

**Herkunft und Alter einiger Kulturpflanzen:**

| Kulturform | Wildform      | Herkunft   | Mindestalter der Kulturform |
|------------|---------------|------------|-----------------------------|
| Gerste     | Wildgerste    | Asien      | 8 000 Jahre                 |
| Kartoffel  | Wildkartoffel | Südamerika | 7 000 Jahre                 |
| Roggen     | Wildroggen    | Europa     | 3 500 Jahre                 |
| Futtermübe | Wildrübe      | Europa     | 3 000 Jahre                 |
| Zuckerrübe | Futtermübe    | Europa     | 200 Jahre                   |

**Haustiere.** Haustiere sind zur Nutzung und aus Liebhaberei gehaltene Tiere, deren Leistungsfähigkeit und Wert ständig durch Züchtung, geeignete Haltung, Pflege und Fütterung weiterentwickelt werden.

**Abstammung einiger Haustiere und ihr Mindestalter**

| Kulturform | Wildform           | Mindestalter der Kulturform |
|------------|--------------------|-----------------------------|
| Hund       | Wolf               | 10 000 Jahre                |
| Schaf      | Wildschaf          | 8 000 Jahre                 |
| Rind       | Ur                 | 8 000 Jahre                 |
| Schwein    | Wildschwein        | 8 000 Jahre                 |
| Pferd      | Wildpferd          | 8 000 Jahre                 |
| Huhn       | Indisches Wildhuhn | 8 000 Jahre                 |
| Kaninchen  | Wildkaninchen      | 2 000 Jahre                 |

## Anwendung von Struktur- und Funktionsprinzipien lebender Systeme zur Lösung technischer Probleme

Biologische Strukturen und Prozesse werden für die Lösung technischer Probleme zunehmend mehr angewandt. Die Möglichkeiten dieser Nutzung werden von der Bionik erforscht.

Für die Konstruktion von Meßgeräten und EDV-Anlagen werden Strukturen und Prozesse bei Lebewesen als Vorbild benutzt. Oft sind die Leistungen in der Natur höher, die Strukturen rationeller (■ die Speicherung der Erbinformation erfolgt in Strukturen, bei denen 100 Atome die gleiche Leistung erreichen wie sie bei den kleinsten technischen Festkörpern durch etwa 100 000 Millionen Atome erreicht werden).

Sowjetische Biophysiker entwickelten ein Sturmwarngerät für Schiffe, das auf dem Prinzip eines infrarotempfindlichen Organs bei Quallen beruht, mit dem diese Tiere bereits 10 bis 15 Stunden vor dessen Auftreten das Herannahen eines Sturmes registrieren.

## 13.2.2. Biologie und Gesunderhaltung des Menschen

### Allgemeines

Die Gesunderhaltung des Menschen ist abhängig vom Stand der Erforschung der Lebensvorgänge beim Menschen und der Möglichkeiten ihrer Beeinflussung sowie von der Möglichkeit der Anwendung dieser Erkenntnisse. Diese Anwendung wird maßgeblich von der Gesellschaftsordnung bestimmt (■ soziale Bedingungen, Volksbildung, Gesundheitswesen, Umweltschutz). Im Sozialismus ist der Gesundheitsschutz mit allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens verbunden. Jeder Bürger trägt hohe Verantwortung für die Erhaltung seiner Gesundheit und seiner Arbeitskraft sowie für die Gesunderhaltung seiner Mitmenschen.

### Persönliche Maßnahmen zur Gesunderhaltung

**Allgemeines.** Unser sozialistischer Staat bietet allen Bürgern Voraussetzungen für eine gesunde Lebensweise. Jeder einzelne sollte sowohl in seinem als auch im gesellschaftlichen Interesse seine Rechte und Pflichten für die Gesunderhaltung nutzen (■ Teilnahme an Impfungen und Reihenuntersuchungen, Kauf kalorienreduzierter Nahrungsmittel, Anwendung des in Schule und Vorschulerziehung erworbenen Wissens über Gesunderhaltung und Hygiene).

**Persönliche Hygiene.** Tägliche Körperpflege, der Witterung entsprechende Kleidung, regelmäßiger Wechsel von Arbeit und Erholung, regelmäßige sportliche Betätigung, ausreichender Schlaf, zweckmäßige Gestaltung der Wohnung und des Arbeitsplatzes, Vermeidung von Lärm gehören in den Bereich der persönlichen Verantwortung jedes einzelnen für seine Gesundheit.

**Gesundheitsfördernde Ernährung.** Richtige Ernährung ist ein wesentlicher Faktor für die Gesunderhaltung. Die tägliche Nahrung muß nach Menge, Zusammensetzung und Art der Zubereitung den wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechen. tierische und pflanzliche Produkte müssen dabei im richtigen Verhältnis zueinander stehen. Die Nahrung muß außerdem ausreichend Vitamine enthalten und dem Energiebedarf entsprechen. Übermäßiger Genuß von zu scharfen Gewürzen, von Genußmitteln (■ Alkohol, Nikotin) ist zu vermeiden.

| Energiebedarf männlicher Bevölkerungsgruppen                          | kJ     | kcal  |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|-------|
| 14- bis 16jährige Schüler                                             | 12 600 | 3 000 |
| Erwachsene mit vorwiegend geistiger Arbeit                            | 10 000 | 2 400 |
| mit mäßiger körperlicher Anstrengung<br>(Maschineneinrichter)         | 12 600 | 3 000 |
| mit mittelschwerer körperlicher Arbeit<br>(Schlosser, Tischler)       | 15 100 | 3 600 |
| mit schwerer körperlicher Arbeit<br>(Transport- oder Tiefbauarbeiter) | 17 600 | 4 200 |

**Energiebedarf.** Der Energiebedarf umfaßt die Energie, die zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge notwendig ist. Der Energiebedarf ist abhängig von der Tätigkeit, vom Alter und vom Geschlecht.

### Staatliche Maßnahmen zur Gesunderhaltung

In der Verfassung der DDR wird jedem Bürger das Recht auf den Schutz seiner Gesundheit und seiner Arbeitskraft garantiert. Dieses Grundrecht bringt den humanistischen Charakter unserer sozialistischen Gesellschaft zum Ausdruck und wird mit Hilfe zahlreicher staatlicher Maßnahmen zum Gesundheits-, Arbeits- und Jugendschutz, zum Schutz von Mutter und Kind, zur Förderung der Familie, des Erholungswesens und zur Schaffung optimaler Umweltverhältnisse realisiert.

### Gesundheitsschutz

Der Gesundheitsschutz umfaßt alle staatlichen Maßnahmen zur Gesunderhaltung und zur medizinischen Betreuung der Bevölkerung. Dazu gehören:

- ärztliche und zahnärztliche Betreuung in den Wohngebieten, in Betrieben, Schulen und Vorschuleinrichtungen;
- Unterhaltung, Ausbau und Neueinrichtung von Ambulatorien, Polikliniken, Krankenhäusern, Spezialkliniken und Kureinrichtungen;
- Vergabe von Vorbeugungs-, Heil- und Genesungskuren;
- Vorbeugung gegen Krankheiten durch Röntgenreihenuntersuchungen, gesetzlich festgelegte Impfungen gegen Infektionskrankheiten (■ Kinderlähmung, Diphtherie, Wundstarrkrampf);
- Seuchenschutzmaßnahmen;
- Überwachung von Erzeugung, Lagerung, Bearbeitung, Verkauf von Lebensmitteln und Medikamenten;
- Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft, des Bodens und des Wassers, Schutz vor Lärm;
- Ausbildung von Ärzten und anderen Mitarbeitern des Gesundheitswesens.

Durch die konsequente Durchsetzung dieser Maßnahmen konnten vor allem bei der Bekämpfung von Infektionskrankheiten große Erfolge erzielt werden:

Rückgang einiger Infektionskrankheiten in der DDR  
(Erkrankungen je 10 000 Einwohner)

| Krankheit     | 1950 | 1955 | 1960 | 1965 | 1970 | 1977 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Diphtherie    | 10,5 | 4,6  | 2,2  | 0,1  | —    | —    |
| Poliomyelitis | 0,2  | 0,5  | 0,08 | —    | —    | —    |
| Tuberkulose   | 50,4 | 26,2 | 13,6 | 9,4  | 6,0  | 2,9  |

## Arbeitsschutz

Der Arbeitsschutz umfaßt Maßnahmen und Einrichtungen zur Erhaltung der Gesundheit während des Arbeitsprozesses. Dazu gehören:

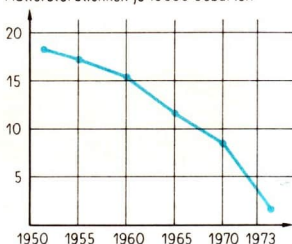
- – Sicherung der Gesundheit durch Schutzeinrichtungen an Maschinen und Geräten;
- richtige Beleuchtung, Belüftung und Beheizung der Arbeitsräume und Produktionsstätten, Vermeidung beziehungsweise Eindämmung von Lärm, Stauben, schädlichen Abgasen;
- Bereitstellung von Arbeitsschutzkleidung durch die Betriebe;
- Arbeitsschutzbelehrungen für die Werktätigen.

## Schutz von Mutter und Kind

Der Schutz von Mutter und Kind umfaßt alle staatlichen und gesellschaftlichen Maßnahmen zur Betreuung und Unterstützung von Mutter und Kind. Dazu gehören:

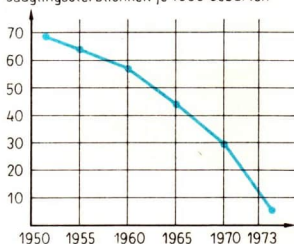
- – Schwangerenfürsorge, kostenlose Entbindung in Kliniken oder Krankenhäusern, Einrichtung und Unterhaltung von Mütterberatungsstellen;
- bezahlter Schwangerschafts- und Wochenurlaub (26 Wochen) und Erhaltung des Arbeitsplatzes für mindestens ein Jahr;
- Bezahlte Freistellung für ein Jahr ab zweitem Kind und Erhaltung des Arbeitsplatzes bis zu drei Jahren;
- Zahlung von Geburtenbeihilfen;
- Einrichtung und Unterhaltung von Kinderkrippen, Kindergärten und Horten zur Unterstützung berufstätiger Mütter;
- Ferienbetreuung der Kinder in Ferienlagern der Betriebe, der Schulen, in Ferienspielen;
- verkürzte Arbeitszeit bei vollem Lohn für Mütter mit zwei und mehr Kindern;
- Zusatzurlaub für Mütter im Mehrschichtbetrieb oder mit drei und mehr Kindern.

Müttersterblichkeit je 10000 Geburten



Rückgang der Müttersterblichkeit  
in der DDR

Säuglingssterblichkeit je 1000 Geburten



Rückgang der Säuglingssterblichkeit  
in der DDR



## Schutz der Jugend

Der Jugendschutz umfaßt alle Maßnahmen und gesetzlichen Regelungen zur Sicherung einer gesunden Entwicklung aller Jugendlichen. Er sichert:

- – eine hohe Bildung und ständige Weiterbildung für alle Jugendlichen;
- gleichberechtigte Mitwirkung in Beruf und Politik;
- kürzere Arbeitszeit und längeren Urlaub als für Werktätige über 18 Jahre;
- besondere Förderung des Sports und der Arbeit der Jugendorganisation;
- gesetzlichen Schutz vor Alkohol und anderen schädlichen Einflüssen.

## Förderung der Familie

Zahlreiche Maßnahmen dienen der Förderung eines glücklichen Familienlebens in sozialer Sicherheit. Dazu gehören:

- – die Möglichkeit der Familienplanung, der Geburtenregelung durch Schwangerschaftsverhütung oder legalen Schwangerschaftsabbruch;
- die Schaffung und Unterhaltung von Ehe- und Sexualberatungsstellen;
- die Einrichtung von medizinisch-genetischen Beratungsstellen;
- ein umfangreiches Wohnungsbauprogramm;
- die materielle Unterstützung durch günstige Kredite für junge Ehepaare;
- die Förderung und besondere Betreuung von Familien mit zwei und mehr Kindern;
- die verfassungsmäßige Sicherung des Rechtes auf Arbeit und der Gleichberechtigung der Frau.

## Schaffung optimaler Umweltbedingungen

Ziel zahlreicher staatlicher Maßnahmen und Gesetze ist die Vermeidung oder Verminderung gesundheitsschädigender Umwelteinflüsse (■ Reinhaltung von Luft, Boden, Wasser; Schutz vor Lärm), die Erhaltung von Erholungsgebieten sowie die Schaffung gesundheitsfördernder Wohnverhältnisse (■ Städteplanung, Schaffung von Parkanlagen, Grünflächen, Volkssporteinrichtungen).

↗ Sozialistische Landeskultur, S. 342 ff.

## Erholungswesen

Zahlreiche staatliche und gesellschaftliche Maßnahmen und Einrichtungen dienen der Förderung der aktiven Erholung und damit der Gesunderhaltung der Bevölkerung:

- Förderung des Schulsports, des Massensports und des Leistungssports, Errichtung und Unterhaltung von Sportanlagen;
- Schaffung und Schutz von Naherholungsgebieten, Kleingartenanlagen, Ferienheimen, Zeltplätzen;
- Förderung des Feriendienstes, der Touristik im In- und Ausland.



## Hauptaufgaben der medizinischen Forschung in der DDR

Mit der fortschreitenden Entwicklung der Medizin und der umfassenden Anwendung ihrer Erkenntnisse zum Wohle aller Bürger in der DDR, mit der immer besseren medizinischen Betreuung der Bevölkerung, durch die ständig sich verbessernden Arbeits- und Lebensbedingungen ist es gelungen, die früher so gefürchteten Infektionskrankheiten immer besser unter Kontrolle zu bringen (■ Tuberkulose, Diphtherie, Keuchhusten, Masern) oder ihr Auftreten ganz zu verhindern (■ Pocken, Kinderlähmung). Hauptaufgabe der Forschung sind nunmehr vor allem das immer bessere Erkennen von Ursachen, Verlauf und Bekämpfungsmöglichkeiten von Krebs, Herz-Kreislaufkrankungen und Erbkrankheiten.

### Krebsforschung

Krebs ist die Bezeichnung für die Ausbildung bösartiger Wucherungen, die zu einer immer weitergehenden Zerstörung der Gewebe und zu schweren Krankheitserscheinungen führen. Eine Heilung ist nur bei sehr frühzeitigem Erkennen und rechtzeitiger Behandlung möglich. Krebs kann fast alle Organe befallen. An der Erforschung der Ursachen von Krebskrankheiten wird in vielen Ländern der Erde intensiv gearbeitet. In der DDR wurde eine Arbeitsgruppe für Krebsforschung geschaffen, in der Wissenschaftler verschiedener Disziplinen – in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern innerhalb des RGW und in anderen Staaten – intensiv an der Aufdeckung der Krebsursachen und von Möglichkeiten zu ihrer Bekämpfung mitwirken.

### Erforschung und Bekämpfung von Herz-Kreislaufkrankungen

Erkrankungen von Herz und Kreislauf sind in zunehmendem Maße Todesursache (■ 1972 in der DDR 111 465 Todesfälle infolge Herz-Kreislaufkrankungen gegenüber 656 Todesfällen infolge Infektionskrankheiten – ohne Tbk). Eine der Ursachen dafür ist die ungesunde Lebensweise vieler Bürger (■ Überernährung, Bewegungsarmut, ungesundes Verhältnis von passiver und aktiver Erholung). Mediziner und Biologen suchen nach wirkungsvollen Behandlungsmethoden und umfassenderen Vorbeugungsmaßnahmen.

| Anteil von Infektions- und Kreislaufkrankheiten an den Todesursachen |             |                              |                                |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------|--------------------------------|
| Jahr                                                                 | Tuberkulose | andere Infektionskrankheiten | Herz- und Kreislaufkrankheiten |
| 1910                                                                 | 18%         | 12%                          | 17%                            |
| 1963                                                                 | 3%          | 3%                           | 40%                            |
| 1977                                                                 | 0,4%        | 0,2%                         | 49,7%                          |

## Erforschung der Erbkrankheiten

Erbkrankheiten, die als Folge von Störungen im genetischen Material auftreten, sind bisher nicht heilbar. Gegenwärtig sind über 1 500 genetische Defekte beim Menschen bekannt, die im einzelnen unterschiedlich häufig auftreten und unterschiedlich schwere Folgen haben. Durch die Aufklärung von Struktur und Funktion sowie durch frühzeitiges Erkennen von Veränderungen des genetischen Materials gelingt es bei einzelnen Erbkrankheiten, die Folgen zu mindern oder fast ganz zu beseitigen (■ Phenylketonurie: durch Erkennung des erblichen Stoffwechseldefekts kurz nach der Geburt und spezielle Diät-Nahrung im Kindesalter kann sich das Kind nahezu normal entwickeln; in der DDR werden nahezu alle Neugeborenen auf PKU untersucht). Durch gezielte Forschung sollen weitere Möglichkeiten dieser Art erschlossen werden.

In der DDR wird unter anderem durch die Einrichtung von medizinisch-genetischen Beratungsstellen die Möglichkeit geschaffen, Ehepaare, deren Genbestand die Geburt erkrankter Kinder vermuten läßt, verständnisvoll zu beraten.

↗ Aufgaben der Humangenetik, S. 282

## 13.3. Mißbrauch biologischer Erkenntnisse

### 13.3.1. Mißbrauch für Aggressionsmittel

#### Allgemeines

Die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse ist abhängig von der Gesellschaftsordnung. Je nach den Zielen, die die herrschende Klasse verfolgt, wird die Wissenschaft zum Nutzen oder zum Schaden der Menschheit angewendet. Im Imperialismus wird die Wissenschaft vorrangig mit dem Ziel entwickelt und angewendet, den Profit der Ausbeuterklasse zu steigern, ihre Macht zu festigen, die Ausbeutung und Unterdrückung des eigenen Volkes und anderer Völker zu verstärken und die Menschen ideologisch zu verwirren. Die Wissenschaft wird auch mißbraucht, um gefährliche Kampfmittel zu gewinnen.

#### Biologische Kampfmittel

Biologische Kampfmittel (B-Waffen) sind die potentiell gefährlichsten aggressiven Kampfmittel. Von imperialistischen Staaten wurden große Anstrengungen unternommen, um krankheitserregende Organismen auf Vorrat zu erzeugen, ihre Widerstandsfähigkeit gegen Medikamente und Antibiotika zu erhöhen und effektive Verbreitungsmethoden zu entwickeln. Zu den gefährlichsten biologischen Kampfmitteln gehören

- krankheitserregende Viren;
- krankheitserregende Mikroorganismen (■ Cholera- und Pesterreger);
- auf biologischem Wege erzeugte giftige Stoffe (■ Toxine).

## **Kernwaffen**

Kernwaffen (A-Waffen) richten durch die bei Kernspaltung oder Kernfusion freiwerdende Energie und die dadurch erzeugte Druckwelle, die Licht-, Hitze- und Kernstrahlung gewaltige Schäden an. Sie vernichten das menschliche Leben und seine natürlichen Grundlagen.

- Die Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki im August 1945 töteten und verkrüppelten über 100 000 Menschen, noch heute leiden und sterben Menschen an den Folgen dieser Explosionen. Mögliche genetische Konsequenzen sind noch nicht abzusehen.

## **Chemische Kampfstoffe**

Chemische Stoffe, die auf Grund ihrer Toxizität Menschen, Tiere oder Pflanzen schädigen oder vernichten können, werden als Waffen (C-Waffen) eingesetzt. Bereits im 1. Weltkrieg wurden durch Einsatz chemischer Kampfstoffe 130 000 Menschen betroffen, davon 100 000 getötet. Während des Faschismus dienten solche Stoffe zum Mord an Antifaschisten, Juden und Kriegsgefangenen (■ Zyklon B).

In verschiedenen imperialistischen Staaten (■ USA, England, BRD) werden seit vielen Jahren chemische Kampfstoffe mit hoher Wirksamkeit hergestellt und erprobt. Zu diesen Stoffen gehören neurotoxische Mittel, psychotoxische Mittel und phytotoxische Kampfstoffe.

## **Neurotoxische Mittel**

Neurotoxische Mittel sind organische Phosphorverbindungen, die als Nervengifte (■ Tabun, Sarin) bereits in sehr geringen Mengen wirken und alles menschliche und tierische Leben gefährden können.

## **Psychotoxische Mittel**

Psychotoxische Mittel sind chemisch unterschiedliche Stoffe, die eigentlich als medizinische Mittel entwickelt wurden. Durch entsprechende Dosierung können Bewußtseinsstörungen, psychotische Zustände und schwere körperliche Schäden hervorgerufen werden.

## **Phytotoxische Kampfstoffe**

Phytotoxische Kampfstoffe sind mißbräuchlich angewendete Unkrautbekämpfungsmittel (Herbizide), die zu einer schweren Schädigung der Pflanzenwelt eines Gebietes führen können, teilweise nur sehr langsam abgebaut werden und dadurch den Boden für längere Zeit für den Pflanzenbau unbenutzbar machen. Sie wirken auch auf Menschen und Tiere giftig. Ihre Einwirkung während der Embryonalentwicklung kann Mißbildungen an den Nachkommen hervorrufen.

- Von 1961 bis 1969 vernichteten die USA in Südvietnam durch wiederholtes Besprühen mit Herbiziden 13000 km<sup>2</sup> Reisfelder und Plantagen, 25000 km<sup>2</sup> Waldgebiete, 1,3 Millionen Menschen erlitten Vergiftungen.
- 1976 entwichen in Seveso (Italien) bei einer Havarie in einer chemischen Fabrik giftige Bestandteile solcher Mittel, sie richteten beträchtlichen Schaden in der Landwirtschaft an, vergifteten viele Bewohner und machten das Gebiet unbewohnbar.

### Kampf gegen Wissenschaftsmißbrauch für Aggressionen

Der Kampf gegen Wissenschaftsmißbrauch wird von vielen friedliebenden, fortschrittlichen Menschen in der ganzen Welt geführt.

Dank der ständig wachsenden wirtschaftlichen, politischen und militärischen Stärke der sozialistischen Staatengemeinschaft unter der Führung der Sowjetunion und deren beharrlicher Friedenspolitik sowie des internationalen antiimperialistischen Kampfes ist es gelungen, internationale Verträge abzuschließen, die den Gefahren eines ABC-Waffenkrieges erfolgreich entgegenwirken.

| Übersicht über internationale Verträge, die die ABC-Waffen betreffen                                   |                                                                                                                                               |                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Vertrag                                                                                                |                                                                                                                                               | bisher unterzeichnet von                             |
| 5. 8. 1963                                                                                             | Moskauer „Vertrag über das Verbot der Kernwaffenversuche in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser“                                     | über 100 Staaten                                     |
| 12. 6. 1968                                                                                            | Vertrag über die Nichtweiterverbreitung von Kernwaffen                                                                                        | fast 100 Staaten                                     |
| 16. 12. 1970                                                                                           | Vertrag über das Verbot der Stationierung von Kernwaffen und anderen Massenvernichtungsmitteln auf dem Meeresboden                            | von der UNO-Vollversammlung gebilligt                |
| 10. 4. 1972                                                                                            | Internationale Konvention über das Verbot der Entwicklung, Herstellung und Lagerung von bakteriologischen (biologischen) und toxischen Waffen | am gleichen Tag bereits von 44 Staaten unterzeichnet |
| Noch weigern sich die imperialistischen Großmächte, auch dem Verbot der chemischen Waffen zuzustimmen. |                                                                                                                                               |                                                      |

### 13.3.2. Mißbrauch für biologische Beeinflussung

#### Psychische Beeinflussung

Erkenntnisse der Pharmakologie und Psychiatrie ermöglichen in immer größerem Umfang den Einsatz bestimmter Medikamente (■ Psychopharmaka), um den Geisteszustand des Menschen zu beeinflussen und die Wirkungen von Geistes-

krankheiten zu mindern. Die unkontrollierte Anwendung solcher Mittel führt zu schweren gesundheitlichen Schäden.

Psychopharmaka werden als Rauschgifte von immer mehr Menschen in kapitalistischen Ländern benutzt, um sich von ihren sozialen Problemen abzulenken und in einen Rauschzustand des Wohlbefindens zu versetzen. Als Nebenwirkungen auftretende Enthemmung führt häufig zu Brutalität und Verbrechen. Besonders viele Jugendliche sind dem Rauschgift verfallen.

- 1971 nahmen 30% der Jugend in den USA Marihuana, in New York starben 1969 über 900, in Berlin (West) 1977 89 Menschen durch Rauschgifte.

Psychopharmaka könnten auch bewußt eingesetzt werden, um große Menschengruppen psychisch zu lenken.

Psychopharmaka, die beispielsweise unbemerkt dem Trinkwasser beigelegt werden, könnten die Bewohner ganzer Stadtteile, Städte oder Länder je nach Bedarf der Ausbeuter bewußt zu friedlich und zufrieden gestimmten oder zu aggressiven Menschen werden lassen.

## Genetische Manipulation des Menschen

Ausgehend von der Behauptung, daß die Unzulänglichkeiten der kapitalistischen Gesellschaft durch die Unfähigkeit des Menschen bedingt sind, sich seiner wissenschaftlich-technischen Umwelt biologisch anzupassen, wird von bürgerlichen Ideologen und Wissenschaftlern das Problem der „Menschenzüchtung“ diskutiert. Durch Eingriffe in das genetische Material sollen standardisierte, an unterschiedliche Funktionen angepaßte Menschengruppen mit abgestufter Intelligenz hervorgebracht werden.

Die Realisierung solcher Projekte würde das Wesen des Menschen in sein Gegenteil verkehren. Statt die Gesellschaft zu verändern und wirklich menschenwürdig zu machen, sollen die Menschen biologisch an eine überlebte menschenfeindliche Gesellschaft angepaßt werden. Derartige Vorhaben verdeutlichen überzeugend die Verantwortung des Wissenschaftlers für die Nutzung der Ergebnisse seiner Forschungsarbeit.

### 13.3.3. Ideologischer Mißbrauch

#### Allgemeines

Erkenntnisse der Biologie werden auch für die ideologische Beeinflussung der Menschen im Sinne des Kapitalismus mißbraucht. Diese Beeinflussung tritt als Biologismus in Erscheinung.

#### Biologismus

Der Biologismus ist eine soziologische und philosophische Strömung in der bürgerlichen Ideologie. Der Biologismus überträgt biologische Begriffe auf gesellschaftliche Erscheinungen und behauptet, daß die Entwicklung der Gesellschaft überwiegend nach biologischen Gesetzen erfolgt. Er versucht, mechani-



stisch biologische Begriffe auf die Gesellschaft zu übertragen. Das ist jedoch unwissenschaftlich, da die Gesellschaft qualitativ anderen Gesetzen unterliegt als die Natur.

Die herrschenden Ausbeuterklassen versuchen, mit Hilfe des Biologismus die gesellschaftlichen Probleme in den kapitalistischen Ländern zu rechtfertigen und die Unmöglichkeit ihrer Lösung durch gesellschaftliche Veränderungen nachzuweisen. Sie bedienen sich dazu auch profilierter Fachwissenschaftler, deren biologisch richtige Erkenntnisse ideologisch mißbraucht werden. Biologismus tritt in vielen Formen und in vielen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens kapitalistischer Länder auf (■ Sozialdarwinismus).

## Sozialdarwinismus

Der Sozialdarwinismus macht die von DARWIN entdeckten Prinzipien biologischer Evolution mechanistisch auch zur Grundlage gesellschaftlicher Prozesse. So werden Konkurrenz und Klassenkampf als natürliche Auslesemechanismen, als „Kampf ums Dasein“ bezeichnet. Der Sozialdarwinismus entstand etwa Mitte des 19. Jahrhunderts und diente der Bourgeoisie im Kampf gegen die sozialistische Bewegung. Der Sozialdarwinismus wurde Bestandteil der faschistischen Ideologie und diente dazu, die Vernichtung anderer Rassen und Völker ideologisch zu rechtfertigen.

## Neosozialdarwinismus

Der Neosozialdarwinismus umfaßt verschiedene aktuelle biologische Auffassungen, die den Sozialdarwinismus auf der Grundlage moderner biologischer Begriffe fortführen und den gegenwärtigen gesellschaftlichen Bedingungen des Monopolkapitalismus anpassen. Mit Hilfe dieser unwissenschaftlichen Auffassungen wird versucht, die soziale Rangordnung als von angeblichen genetischen Grundlagen der geistigen Leistungsfähigkeit bestimmt darzustellen (■ einseitige Deutung von Intelligenztests an Angehörigen verschiedener sozialer Schichten). Die – eindeutig auf gesellschaftliche Bedingungen zurückgehenden – Entwicklungsunterschiede zwischen Angehörigen verschiedener Rassen werden fälschlich als auf biologische Ursachen zurückgehend erklärt, um damit die Ausbeutung, Unterdrückung und Vernichtung sozial benachteiligter Rassen und Bevölkerungsgruppen zu rechtfertigen.

## Biologistische Auffassungen zur Bevölkerungsentwicklung

Das rasche Wachstum der Bevölkerung auf der Erde wird von Vertretern biologistischer Auffassungen als eine Ursache vieler Verfallserscheinungen in den kapitalistischen Ländern und der wirtschaftlichen Rückständigkeit in den Entwicklungsländern angegeben. Es wird behauptet,

- durch medizinische Maßnahmen (■ Seuchenbekämpfung, Senkung der Säuglingssterblichkeit) werde das „natürliche“ Gleichgewicht zwischen Geburtenziffern und Sterberate gestört, die „natürliche Auslese“ verhindert;



- zunehmende Aggressivität, Bandentätigkeit, anwachsende Kriminalität und Konkurrenzkampf seien Folgen der Überbevölkerung und stünden nicht mit der Gesellschaftsordnung in Zusammenhang;
- Hunger und Unterernährung, die in weiten Gebieten der Erde herrschen, seien Folgen des raschen Bevölkerungswachstums.

Eine radikale Geburtenkontrolle anstatt Verbesserung der sozialen Bedingungen wird von den Vertretern des Biologismus als günstiger „Ausweg“ angesehen. Die Entwicklung – auch die Bevölkerungsentwicklung – in den sozialistischen Ländern beweist eindeutig die Unwissenschaftlichkeit und Unhaltbarkeit dieser biologistischen Auffassungen: Mit zunehmender Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen, mit steigendem kulturellem Niveau und höherer Bildung für alle steigt die Lebenserwartung und die Geburtenrate regelt sich ein.

- Gegenwärtig leiden etwa eine halbe Million Menschen chronischen Hunger. Andererseits werden zur Zeit nur 10% des Festlandes der Erde landwirtschaftlich genutzt, dieser Anteil könnte nach wissenschaftlichen Schätzungen auf 16% erhöht werden. Dabei könnte die gesamte heute lebende Menschheit bereits von einer Fläche von 2,2% des Festlandes ausreichend ernährt werden, wenn die vorliegenden Erkenntnisse, Methoden und Produktionsmittel überall angewendet und die Produkte allen zugute kommen könnten.

Die Probleme der Weltbevölkerung und ihres Wachstums können nur über die Entwicklung der Gesellschaft, durch Kampf gegen Ausbeutung und Unterdrückung, gegen Rüstung und Krieg sowie durch die Sicherung der Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Wohle der Menschheit gelöst werden.

↗ Biologie als unmittelbare Produktivkraft, S. 356

↗ Gesundheitsschutz, S. 363

## Biologismus und menschliches Verhalten

Verfallserscheinungen in der kapitalistischen Gesellschaft (■ Aggressivität, Brutalität, Konkurrenzkampf) werden von Vertretern des Biologismus auf beim Menschen angeblich erhalten gebliebene Verhaltensweisen seiner tierischen Vorfahren zurückgeführt. Biologische Gesetzmäßigkeiten werden auf die Gesellschaft übertragen. Dieser Versuch soll dazu beitragen, die bestehenden gesellschaftlichen Verhältnisse zu rechtfertigen und zu festigen, da sie „naturgegeben“ und demnach nicht zu ändern seien.

Diese biologistischen Auffassungen verschleiern, daß auch die Entwicklung individueller menschlicher Verhaltensweisen einschließlich der Ausprägung möglicherweise angeborener Verhaltenstendenzen von den herrschenden gesellschaftlichen Bedingungen bestimmt wird und nur in einer Gesellschaft, in der die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen abgeschafft wurde, die volle Entfaltung der Persönlichkeit jedes einzelnen und damit die Ausprägung der positiven Anlagen möglich ist.

↗ Ethologie, S. 11

↗ Genetische Manipulation, S. 370

## 13.4. Aufgaben der Biologie im Sozialismus

### Allgemeines

Die Biologie hat im Sozialismus alle Potenzen, die vor ihr stehenden komplizierten Aufgaben zu lösen. Gemeinsam mit den Wissenschaftlern der übrigen sozialistischen Staaten – koordiniert im Rahmen des RGW – werden die Biologen der DDR immer besser das Wesen des Lebens erforschen und durch ihre Erkenntnisse und Entdeckungen dazu beitragen, daß die materiellen und kulturellen Bedürfnisse der Menschen immer besser befriedigt werden können.

### Sicherung gesunder, bedarfsgerechter Ernährung

Die biologische Forschung muß dazu beitragen, die Produktion hochwertiger, den Erkenntnissen der Ernährungswissenschaft entsprechender Nahrungsmittel (■ fettarme, eiweißreiche, vitaminreiche Nahrung mit ausreichend Ballaststoffen) mit rationellen, material- und arbeitsökonomisch günstigen Mitteln zu sichern. Sie muß wissenschaftlichen Vorlauf schaffen für

- die Erhöhung der Effektivität in der landwirtschaftlichen Produktion (■ Erhöhung der industriemäßigen Produktion, der Bodenfruchtbarkeit);
- die Züchtung ertragsreicherer Pflanzensorten und hochleistungsfähiger Tier-rassen (■ eiweißreiche Pflanzen, schnellwüchsige Fleischschweine);
- die wirksamere Bekämpfung von Schädlingen, Tier- und Pflanzenkrankheiten (■ Auffinden selektiver Biozide);
- die mikrobielle Nahrungsproduktion in größerem Umfang, um durch rasche Zunahme der Biomasse mit hohem Gehalt an Eiweißen, durch Nutzung billiger Nährsubstrate (■ Abfallstoffe aus der Zelluloseherstellung, der Erdöl-industrie) großen volkswirtschaftlichen Nutzen zu erzielen.

### Erforschung der Regulierung der Biosynthese

Durch weitere Aufdeckung der Regulationsmechanismen bei der Bildung von Bio-masse soll die Erzeugung von Enzymen auf biologischem oder chemischem Wege in gewünschter Menge und Wirkung und dadurch eine bessere Steuerung der Tier- und Pflanzenproduktion ermöglicht werden.

### Aufdeckung der Möglichkeiten gezielter Änderung des genetischen Materials

Durch immer tieferes Eindringen in die Struktur und Funktion des genetischen Materials und durch Aufdecken seines Verhaltens gegenüber äußeren und inneren Faktoren soll seine gezielte Beeinflussung ermöglicht werden. Diese Beeinflussung soll zu neuen günstigen Anlagen führen (■ Resistenz gegen Krankheiten) beziehungsweise nachteilige Erscheinungen (■ krankmachende Veränderungen im Genbestand) beseitigen oder ihre Ausprägung verhindern. Angestrebt werden unter anderem Erfolge in der Tier- und Pflanzenzüchtung sowie die erfolgreiche Bekämpfung von Erbkrankheiten – auch beim Menschen.

## **Erforschung des Immunitätssystems des Menschen**

Die Aufdeckung und Überwindung der Immunitätsbarriere des Organismus soll die Möglichkeit der Organverpflanzung und dadurch die Heilung lebensbedrohender Krankheiten weiter verbessern (■ Nierentransplantation).

## **Wirkstoffforschung**

Der Wirkstoffforschung wird in zunehmendem Maße Bedeutung beigemessen. Aufgaben der Wirkstoffforschung sind:

- das Auffinden weiterer Antibiotika und Impfstoffe;
- die Erhöhung der Produktion biologisch wirksamer Stoffe durch die Erforschung günstiger Lebensbedingungen für die Mikroorganismen;
- die Entwicklung wirtschaftlicher Produktionsverfahren zur Gewinnung von Biomasse durch Mikroorganismen.

## **Altersforschung**

Die Erforschung der Biologie des Alterns und der Alterskrankheiten soll dazu beitragen, Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Lebensfreude des Menschen bis ins hohe Alter zu erhalten. Sie gewinnt mit der ständig zunehmenden Lebenserwartung in den sozialistischen Ländern immer mehr an Bedeutung.

## **Kosmosbiologie**

Kosmosbiologie und Raumfahrtmedizin untersuchen die Wirkung kosmischer Faktoren auf lebende Organismen sowie die Möglichkeiten der biologischen Lebenssicherung des Menschen auch während eines längeren Aufenthaltes im Kosmos. Dazu gehören

- die Schaffung weitgehend natürlicher Lebensbedingungen (■ künstliche Schwerkraft, Regelung des Blutdrucks);
- die Nachahmung wichtiger Stoffkreisläufe der Natur in Minimalausführungen unter kosmischen Bedingungen (■ Gewinnung von Trinkwasser aus der Atemluft, Anreicherung des Sauerstoffgehalts durch Kohlenstoff assimilierende Pflanzen, Gewinnung von Pflanzenfrischkost);
- die Schaffung günstiger Bedingungen für eine rasche Wiederanpassung der Raumfahrer an irdische Bedingungen.

## A.1. Erkenntnismethoden

### Allgemeines

Erkenntnisse sind richtige, getreue Widerspiegelungen der realen Wirklichkeit im Bewußtsein der Menschen.

Um zu Erkenntnissen zu gelangen, werden in der Wissenschaft gezielt bestimmte Methoden angewendet (in den Naturwissenschaften ■ Beobachtungsmethode, Modellmethode, induktive Methode). Ihre Auswahl zur Lösung eines Problems ist abhängig von verschiedenen Faktoren (■ Untersuchungsgegenstand, Problemstellung, materiell-technische Möglichkeiten).

### Beobachtungsmethode

Die Beobachtungsmethode nutzt zur Überprüfung von Hypothesen die zielgerichtete sinnliche Wahrnehmung des gewählten Objektes der Beobachtung. Dabei kann die Wahrnehmung direkt oder indirekt, unmittelbar oder vermittelt sein.

### Experimentelle Methode

Die experimentelle Methode nutzt zur Überprüfung von Hypothesen Experimente, das heißt bewußte, systematische Einwirkungen auf Prozesse der objektiven Realität.

| Zielstellung der Beobachtungsmethode und der experimentellen Methode in der Biologie                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beobachtungsmethode                                                                                                                                                                                                                                        | experimentelle Methode                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Feststellen von Eigenschaften und Merkmalen, räumlichen Beziehungen oder zeitlichen Abfolgen der jeweiligen biologischen Erscheinung, ohne dabei grundlegend verändernde Eingriffe an den Objekten oder deren Prozessen und deren Bedingungen vorzunehmen. | Erkennen der Ursachen von Vorgängen der lebenden Natur, wobei die Vorgänge unter veränderten Bedingungen untersucht werden. Entsprechend der Problemstellung werden nur eine oder wenige Bedingungen verändert, alle anderen Bedingungen werden möglichst konstant gehalten. |

## Lösen eines Problems durch Anwenden einer Erkenntnismethode

Die Lösung eines Problems erfolgt in bestimmten Schrittfolgen, die bei den verschiedenen Methoden in ihrer Realisierung ähnlich sind.

| Schrittfolge             | Realisierung                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erkennen des Problems    | Beobachtungsmethode                                                                                                                                                                   | Experimentelle Methode                                                                                                                                                                                             |
|                          | 1. Durch Beobachtung und gegebenenfalls Vergleich festgestellte Abweichung von bekannten Abläufen oder Erscheinungen.                                                                 |                                                                                                                                                                                                                    |
| Aufstellen der Hypothese | 2. Auf Grund bisheriger Kenntnisse aufgestellte Vermutung über die Ursachen der festgestellten Abweichung.                                                                            |                                                                                                                                                                                                                    |
| Planung                  | 3. Ableiten von Folgerungen aus der Hypothese<br><br>4. Gedankliche Ausarbeitung eines Planes zur Durchführung der Beobachtung (Ablaufplan)                                           | 3. Ableiten von experimentell überprüfbaren Folgerungen aus der Hypothese<br><br>4. Gedankliche Ausarbeitung eines Planes – Experimentieranordnung (Reihenfolge der praktischen Tätigkeiten – Ablaufplan)          |
| Durchführung             | 5. Bereitstellen der materiell-technischen Basis<br><br>6. Durchführung der Beobachtung<br>7. Erfassen und Notieren der gewonnenen Ergebnisse                                         | 5. Bereitstellen der materiell-technischen Basis und Aufbau der Experimentieranordnung<br>6. Durchführung des Experiments<br>7. Erfassen und Notieren der aus dem Experiment gewonnenen Beobachtungen und Meßwerte |
| Auswertung               | 8. Vergleich der Ergebnisse von Handlung 7 mit den abgeleiteten Folgerungen von Handlung 3<br>9. Vergleich der Ergebnisse von Handlung 8 mit der Hypothese (Bestätigung, Widerlegung) | 8. Vergleich der Ergebnisse von Handlung 7 mit den abgeleiteten Folgerungen von Handlung 3<br>9. Vergleich der Ergebnisse von Handlung 8 mit der Hypothese (Bestätigung, Widerlegung)                              |

## A.2. Biologische Arbeitsverfahren

### A.2.1. Bestimmen von Pflanzen und Tieren

#### Allgemeines

Das Bestimmen dient der Identifizierung von Organismenarten. Es ist eine wichtige Voraussetzung für Arbeiten auf verschiedenen biologischen Gebieten (■ Taxonomie, Ökologie, Landwirtschaft, Medizin).

Als Objekte werden meist mehrere unbeschädigte Exemplare der zu bestimmenden Art benötigt, da vor allem bei Pflanzen manchmal nicht alle zum Bestimmen erforderlichen Merkmale an einem Exemplar zu finden sind (■ ♂ und ♀ Blüten getrennt, Zweige mit Blüten und Früchten).

#### Bestimmungsschlüssel

Bestimmungsschlüssel sind nach herausragenden Merkmalsunterschieden der Sippen aufgestellte Schlüssel, bei denen zwischen zwei oder mehr Fragen zu entscheiden ist. Gebräuchlich sind dichotome (zweiteilige) Schlüssel, in denen jeweils zwei Merkmale oder Merkmalskomplexe, die bei verschiedenen Arten unterschiedlich ausgebildet sind, einander gegenübergestellt werden.

|                                                                           |   |
|---------------------------------------------------------------------------|---|
| 1 Kronblätter gelb bis rotbraun .....                                     | 2 |
| 1+ Kronblätter weiß oder auch anders gefärbt, nie gelb bis rotbraun ..... | 9 |
| 2 Sproßachse krautig .....                                                | 3 |
| 2+ Sproßachse verholzt .....                                              | 7 |

#### Bestimmungsweg

Jede Bestimmung beginnt mit einer genauen Beobachtung des Objekts. Stets sind alle im Bestimmungsschlüssel genannten Merkmale zu berücksichtigen und die Aussagen des Ziffernpaares zu lesen. Am Objekt ist zu prüfen, welche Aussage zutrifft. Dann wird entschieden, unter welcher Ziffer weiterzulesen ist.

### A.2.2. Sammeln und Fangen von Naturobjekten

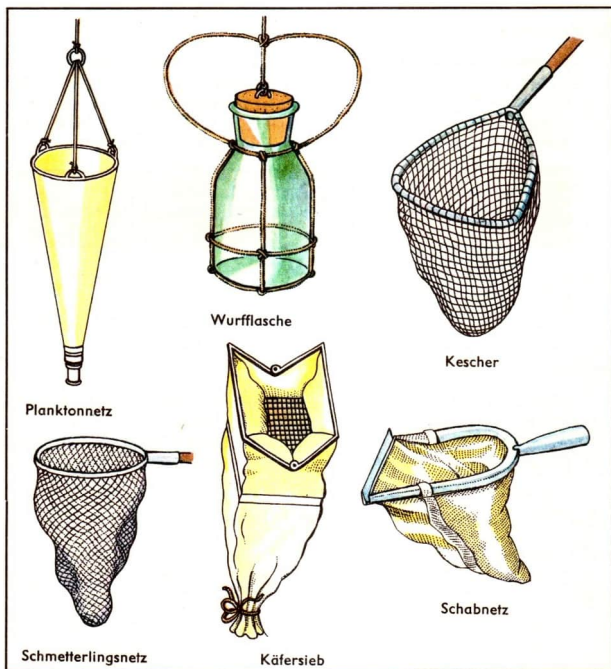
#### Allgemeines

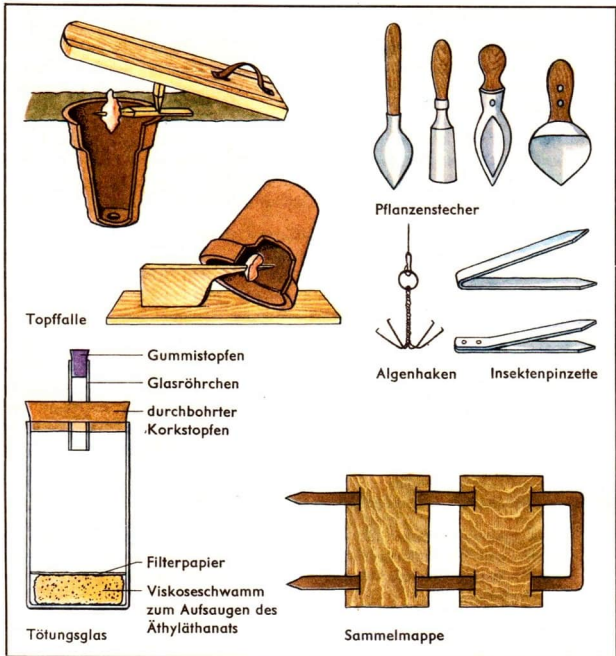
- Beim Sammeln und Fangen von Naturobjekten stets gewissenhaft die Naturschutzbestimmungen beachten;
- beim Sammeln und Fangen planmäßig vorgehen (■ geeigneter Standort, Beachtung der Jahreszeit, Auswahl der Ausrüstungsgegenstände);
- nur sammeln, was unbedingt erforderlich ist;



- beim Sammeln von Pflanzen auf Vollständigkeit des Objekts achten (■ Zweige mit ♂ und ♀ Blüten; Blüten und Früchte);
- Pflanzen nur in frischem Zustand sammeln;
- zarte Pflanzen sofort in die Sammelmappe einlegen;
- beim Fangen und Transportieren von Tieren jede Tierquälerei vermeiden;
- kleinere Tiere unmittelbar nach dem Fangen töten, dabei jede Tierquälerei vermeiden;
- nach Möglichkeit das Sammeln auf tote Teile der Tiere beschränken (■ Gehäuse von Weichtieren, Eierschalen, Gewölle, Rupfungen);
- beim Sammeln und Transportieren von Fossilien die Fundstücke vor Beschädigungen schützen.

## Ausrüstung für das Sammeln und Fangen von Naturobjekten





### A.2.3. Ökologische Beobachtungen

#### Allgemeines

Ökologische Beobachtungen dienen dem Erkenntnisgewinn über die Wechselbeziehungen zwischen Organismus und Umwelt. Sie werden nach unterschiedlichen Gesichtspunkten durchgeführt; untersucht werden:

- der Einzelorganismus und seine Abhängigkeit von Umweltfaktoren (Autökologie);
- Populationen und ihre Schwankungen in Abhängigkeit von Umweltfaktoren (Demökologie);
- Biozönosen und die in ihnen realisierten Beziehungen zwischen den beteiligten Organismenarten und Umweltfaktoren (Synökologie).

## Bestandsaufnahme einer Phytozönose

Bestandsaufnahmen liefern Grundlagen für viele weitere ökologische und soziologische Untersuchungen (■ Feststellen des Bodentyps durch Zeigerpflanzen, Verbreitung bestimmter Arten). Bestandsaufnahmen erfolgen in verschiedenen Arbeitsschritten:

- **Auswahl der Aufnahmefläche.** Die Aufnahmefläche wird nach bestimmten Gesichtspunkten ausgewählt: Sie soll einen möglichst einheitlichen Pflanzenbestand aufweisen, eine möglichst einheitliche Geländeform umfassen (■ Hanglage), ihre Größe soll abhängig vom Artenreichtum sein (■ Wiese 6 m<sup>2</sup>, Hochmoor 1 m<sup>2</sup>).
- **Aufstellen der Artenliste.** Alle auf der Aufnahmefläche wachsenden Pflanzenarten werden in einer Liste aufgeführt, dabei sollen sie möglichst der Schichtung entsprechend geordnet werden (■ Strauchschicht, Krautschicht, Moosschicht). Unbekannte Arten werden am Aufnahmeort bestimmt, oder sie werden in der Liste vorläufig als Nummer geführt und später bestimmt.
- **Feststellen der Artmächtigkeit.** Von allen aufgeführten Arten wird der Deckungsgrad (Anteil des von der Art bedeckten Bodens) und die Häufigkeit (Individuenanzahl) geschätzt. Beide Werte kombiniert ergeben die Artmächtigkeit, sie wird in der Regel nach der Braun-Blanqueschen Tabelle mit den Werten r, +, 1, 2, 3, 4, 5 angegeben (■ r: sehr geringer Deckungsgrad, 1 bis 5 Individuen; 5: mehr als 3/4 der Aufnahmefläche bedeckend, beliebig viele Individuen).

## Erfassen abiotischer Umweltfaktoren

Das Erfassen abiotischer Umweltfaktoren in bestimmten Biotopen liefert wichtige Grundlagen für Untersuchungen vieler biologischer Bereiche (■ Physiologie: Photosyntheseintensität, Morphologie: Blattausbildung, Soziologie: Verbreitung der Organismen).

Bei Vergleichsuntersuchungen in verschiedenen Biotopen (■ Waldrand – Waldinneres, Getreidefeld – Hackfruchtacker) werden die Untersuchungen (■ Temperaturmessungen, Messung der Lichtintensität) in allen Biotopen unter gleichen Bedingungen (■ Tageszeit, Meßhöhe) durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse werden in einer Tabelle oder in einer graphischen Darstellung festgehalten.

- **Messen der Lichtintensität.** Zum Messen werden Belichtungsmesser oder lichtempfindliche Papiere verwendet. Die Messungen werden je nach der Aufgabenstellung zu unterschiedlichen Tageszeiten, zu unterschiedlichen Jahreszeiten und in unterschiedlichen Biotopbereichen (■ Krautschicht, Strauchschicht) durchgeführt.
- **Temperaturmessungen.** Zum Messen werden Luft- und Bodenthermometer verwendet. Zum Feststellen von Extremwerten sind Minimum-Maximumthermometer geeignet. Entsprechend der Aufgabenstellung werden die Messungen zu unterschiedlichen Tageszeiten (■ mittags, nach Sonnenuntergang) und in unterschiedlichen Bereichen (■ Strauchschicht – freie Fläche; Bodenoberfläche – 30 cm Tiefe) durchgeführt.

■ **Untersuchung von Bodenstruktur und Bodenart.** Für grobe Einschätzungen von Bodenstruktur und -art eignen sich Fingerprobe und Spatendiagnose. Fingerprobe: Zerreiben einer leichtangefeuchteten Bodenprobe zwischen den Fingern, Kneten der Probe in der Hand (■ rau, körnig, nicht formbar – Sand; etwas körnig, gut formbar – Lehm).

Spatendiagnose: Ausheben einiger Spatenstiche Boden und Abstechen einer glatten Wandfläche; gibt einen Überblick über Korngröße, Durchwurzelung des Bodens, Bodenschichtung (■ humushaltige Schichten dunkel).

Für genauere Untersuchungen werden mehrere Bodenproben aus 10 cm bis 15 cm Tiefe entnommen, gemischt und im Labor untersucht (■ auf Gehalt an Nährsalz-Ionen, pH-Wert).

↗ Reaktionsweisen der Organismen auf Umweltfaktoren, S. 310

## A.2.4. Arbeiten mit Mikroorganismen

### Allgemeines

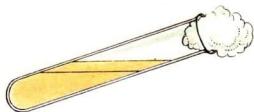
Bei mikrobiologischen Arbeitstechniken ist das Anlegen von Pilz- und Bakterienkulturen von besonderer Bedeutung. In den Kulturen können die Bedingungen relativ leicht variiert werden (■ Temperatur, Zusammensetzung des Nährbodens); durch Verdünnungsreihen und Färbemethoden können die Mikroorganismen in den Kulturen quantitativ und qualitativ bestimmt werden. Zur technischen Ausrüstung gehören:

Brutschrank, Sterilisationskasten, Bunsenbrenner oder Spiritusbrenner, Impfösen, Kolben oder Bechergläser, Petrischalen, Dampftopf zum Sterilisieren der Nährböden, Farbstoffe.

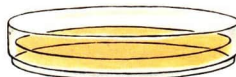
### Nährböden

Kulturen von Mikroorganismen können auf natürlichen Nährböden (■ Kartoffelscheiben, Fleischbrühe, Milch) sowie auch auf künstlichen Nährböden angelegt werden.

Bei künstlichen Nährböden werden ausgewählte Stoffe (■ Traubenzucker, Fleischbrühe, Nährsalze) als Nährsubstrat verwendet. Die Zusammensetzung kann variiert werden. Häufig werden Agar oder farblose Gelatine als Geliermittel zugesetzt. Die flüssig gemachten Nährböden werden in sterilisierte Reagenzgläser oder Petrischalen gegossen, die mit Wattestopfen oder Deckel verschlossen werden.



Schrägar im Reagenzglas



Nähragar in Petrischale

| Nährböden für Bakterien- und Pilzkulturen |                                                                                            |                                                                                                  |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Substrate                                 | Bakterien                                                                                  | Schimmelpilze                                                                                    |
| allgemeine Charakteristik                 | eiweißreiche, neutrale oder alkalische Nährböden (pH 7,0 bis pH 8,0)                       | kohlenhydratreiche, saure Nährböden (pH 4,5 bis pH 6,5)                                          |
| feste Nährböden                           | Scheiben oder Keile gekochter Kartoffeln oder Möhren                                       | Schwarzbrotscheiben oder -brei, Zitronenscheiben, Pferdemist                                     |
| flüssige Nährböden                        | Fleisch- oder Fleischextraktbrühe, Kartoffelwasser, Magermilch, Auskochen von Erde und Heu | Obst und Traubensäfte, Rosinen- und Backpflaumenextrakte, Malzextraktlösung, Pferdemistabkochung |

| Nährböden für Anreicherungskulturen |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Substrate                           | Bakterien                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Schimmelpilze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Nährsubstrate                       | <p><b>Azetobacter:</b><br/>100 ml Bodenextrakt, 0,05 g <math>K_2PO_4</math>, 1,0 g Mannit, beimpft mit Erde</p> <p><b>Essigsäurebakterien:</b><br/>alkoholische Flüssigkeiten (Wein, Bier) in offenen Gefäßen</p> <p><b>Milchsäurebakterien:</b><br/>saure Milch, Sauerkrautsaft</p> <p><b>Spirillen:</b><br/>Grabenwasser mit Pepton (1%lg)</p> | <p><b>Gießkannenschimmel</b> (<i>Aspergillus</i>), <b>Wurzelschimmel</b> (<i>Rhizopus</i>), <b>Pinselfschimmel</b> (<i>Penicillium</i>):<br/>feuchtes (gesäuertes und ungeäuertes) Brot in Petrischalen bei verschiedenen Temperaturen</p> <p><b>Köpfchenschimmel</b> (<i>Mucor</i>):<br/>frischer Pferdemist unter Glasglocke</p> |

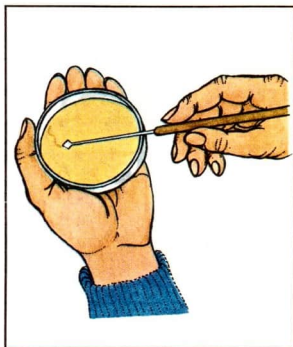
## Sterilisieren

Das Sterilisieren dient der Keimfreimachung von Geräten und Materialien (■ Nährböden, Instrumente) durch Abtöten oder Entfernen der Mikroorganismen und ihrer Dauersporen. Zum Keimfreimachen kann Heiß- und Kaltsterilisation angewendet werden:

- trockenes Erhitzen auf 160 °C bis 180 °C,
- Erhitzen durch Wasserdampf auf 100 °C bei Normaldruck im Dampftopf (möglichst an drei aufeinanderfolgenden Tagen je 20 Minuten),
- Erhitzen durch Wasserdampf auf 130 °C bei Überdruck im Autoklaven,
- Ausglühen oder Abbrennen in der Flamme (■ bei Impfösen, Nadeln),
- Behandeln mit chemischen Reagenzien (■ Äthylenoxid, Formaldehyd, Äthanol),
- Behandeln mit Röntgenstrahlen, ultraviolettem Licht (■ Heimsenne),
- Filtrieren durch bakteriendichte Filter.

### Beimpfen von Nährböden

Mit Impföse wenig Impfmateriel aus anderen Kulturen entnehmen, damit leicht über den Nährboden streichen, ohne ihn zu beschädigen. Kulturgefäß sofort verschließen! Sofort beschriften!



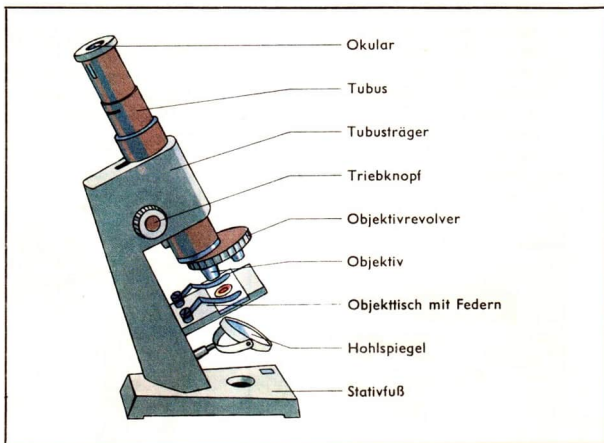
## A.2.5. Arbeiten mit dem Mikroskop

### Das Mikroskop

Das Mikroskop ist ein optisches Gerät, mit dessen Hilfe Abbilder von Gegenständen so vergrößert werden können, daß mit dem bloßen Auge nicht wahrzunehmende Einzelheiten zu erfassen sind.

| Mikroskoptypen        |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Typ                   | Vergrößerung    |
| Lupe (Lupenmikroskop) | bis 20fach      |
| Schülermikroskope     | bis 200fach     |
| Kursmikroskope        | bis 1 200fach   |
| Forschungsmikroskope  | bis 1 500fach   |
| Elektronenmikroskope  | bis 600 000fach |



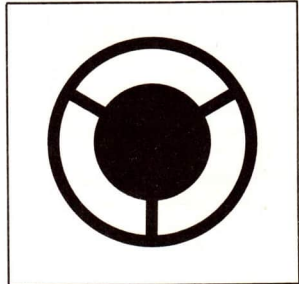


## Handhabung des Mikroskops

1. Aufstellen des Mikroskops am Arbeitsplatz, Spiegel zur Lichtquelle (Fenster – ohne direkte Sonneneinstrahlung, künstliche Lichtquelle) einstellen.
2. Blende ganz öffnen, Okular entfernen, ins Mikroskop sehen. Das Gesichtsfeld ganz ausleuchten (Spiegel schwenken). Bei guter Ausleuchtung Okular wieder einsetzen.
3. Tubus durch Drehen an der Stellschraube heben. Objektträger mit dem Objekt auf den Objekttisch legen und mit den Federn befestigen.
4. Tubus bis knapp über das Deckglas senken, dabei von der Seite beobachten, damit das Objektiv nicht auf das Deckglas stößt. In das Okular sehen und Tubus langsam heben, bis erforderliche Scharfeinstellung erreicht wird.
5. Stets mit dem linken Auge ins Mikroskop sehen, das rechte Auge offenhalten (Ausnahme bei größerer Sehkraft des rechten Auges).
6. Durch vorsichtiges Verschieben des Objektträgers den besten Bildausschnitt suchen.
7. Bei Benutzung von Mikroskopen mit auswählbaren Objektiven verschiedener Vergrößerung stets mit gering vergrößernden Objektiven beginnen und dann zu stärker vergrößernden Objektiven übergehen.
8. Mit Hilfe der Blende Bildhelligkeit und Kontrast regulieren.
9. Sorgfältiges Beobachten des Objektes, dabei planmäßig die verschiedenen Ebenen scharf einstellen (fokussieren).

## Dunkelfeldbeleuchtung

Mit Hilfe von Dunkelfeldkondensoren, Zentralblenden oder extrem schiefer Spiegeleinstellung wird das Objekt so schief beleuchtet, daß der Lichtstrom selbst nicht ins Objektiv tritt. Nur die an den feinen Strukturen des Präparates gebeugten oder gestreuten Strahlen gelangen ins Objektiv. Einzelheiten, die im Hellfeld schlecht erkennbar sind, erscheinen durch die starken Kontraste zwischen strahlender Helle und völliger Dunkelheit deutlich.



Zentralblende

Weitere Methoden sind:

Auflichtmikroskopie, Fluoreszenzmikroskopie, Interferenzmikroskopie, Phasenkontrastmikroskopie, Polarisationsmikroskopie, Stereomikroskopie, Ultraviolett-mikroskopie.

## Mikropräparate

Mikropräparate (Präparate für die mikroskopische Untersuchung) werden nach ihrer Haltbarkeit (Frisch- und Dauerpräparat) oder nach der Art ihrer Herstellung (Quetsch-, Schnitt-, Abziehpräparat) eingeteilt.

## Herstellung von Mikropräparaten

Für die Herstellung von Mikropräparaten gelten **allgemeine Regeln**:

- Größte Sauberkeit beachten, Schmutzteilechen können später das mikroskopische Bild verfälschen;
- vor Beginn der Arbeit Präpariergeräte griffbereit legen;
- Lichtdurchlässigkeit der Objekte beachten, nötigenfalls entsprechend dünne Schnitte anfertigen;
- Austrocknen frischer Objekte vermeiden, nötigenfalls in Flüssigkeit (Wasser) aufbewahren.

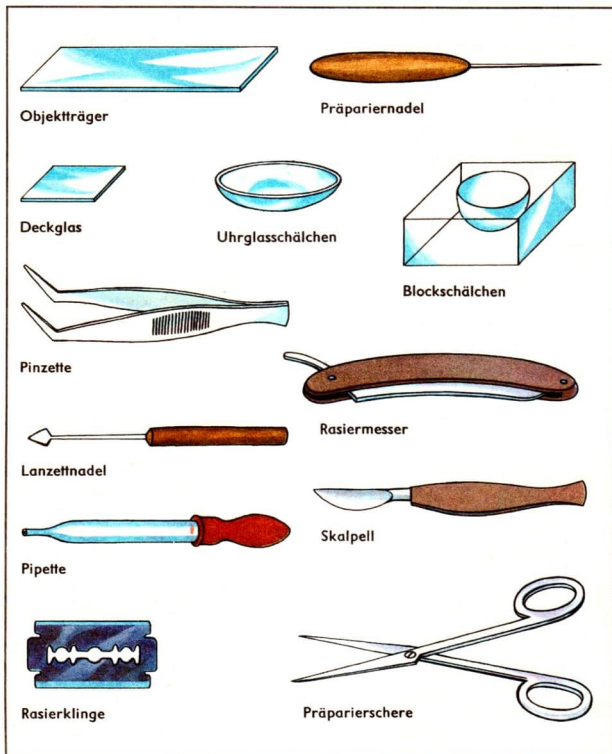
**Abziehpräparat:** kleines Stück eines Gewebes (■ Innenhaut einer Zwiebelschuppe) quadratisch ausschneiden, vorsichtig mit der Pinzette abziehen. Weiterbehandeln wie Frisch- oder Dauerpräparat.

**Schnittpräparat:** Objekt (■ Stengel einer Taubnessel) zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand nehmen, mit der Rasierklinge waagrecht und langsam durch den Stengel ziehen. Zur Herstellung von Gewebeschnitten können auch Mikrotome (■ Zylindermikrotom, Schlittenmikrotom) verwendet werden. Schnitte auf Brauchbarkeit prüfen; geeignete Schnitte weiterbehandeln wie Frisch- oder Dauerpräparat.

**Ausstrichpräparat:** Flüssigkeit (■ Saft einer zerriebenen Kartoffel, Blutstropfen) auf Objektträger tropfen, vorsichtig durch Entlangstreichen mit der Deckglas-kante verteilen, antrocknen lassen. Dann nach Bedarf als Dauerpräparat weiter-behandeln.

**Quetschpräparat:** Objekt (■ kleines Stück einer Ligusterbeere) im Wasser-tropfen zwischen Objektträger und Deckglas (oder zwei Deckgläsern) zerdrük-ken, weiterbehandeln als Frischpräparat.

## Arbeits- und Präpariergeräte



## Herstellen eines Frischpräparats

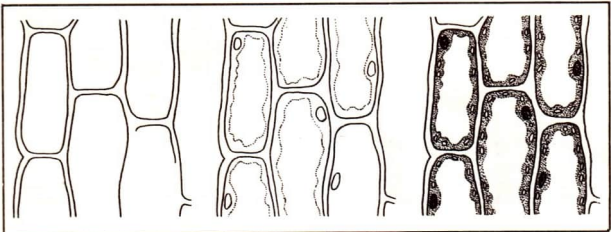
1. Säubern von Objektträger und Deckglas.
2. Meist Auftropfen von Flüssigkeit auf Objektträger.
3. Aufbereitung des Objektes (■ Entnahme aus Kulturflüssigkeit mit Pipette, Schneiden, Zerreißen).
4. Auflegen des Objektes (oder Auftropfen mit Pipette).
5. Auflegen des Deckglases.

## Herstellen eines Dauerpräparates

1. Säubern von Objektträgern und Deckgläsern.
2. Fixieren des Objektes (1 Stunde bis mehrere Tage).
3. Auswaschen des Objektes mit Wasser.
4. Herstellen von Schnitten (falls erforderlich).
5. Auswaschen mit destilliertem Wasser.
6. Färben und kurzes Abspülen.
7. Schrittweiser Entzug des Wassers durch Alkohol (■ Optal) steigender Konzentration 20% bis 100% (jeweils 10 Minuten).
8. Einlegen in Xylol (10 Minuten).
9. Aufbringen eines Tropfens Einschußharz (■ Neutralbalsam) auf Objektträger.
10. Auflegen des Objektes (Schnittes).
11. Abdecken mit Deckglas (seitlich auflegen!).
12. Aufkleben von Etiketten und Beschriften.

## Zeichnen mikroskopischer Objekte

- Objekt genau mikroskopisch beobachten;
- während des Zeichnens das Objekt mit dem linken Auge immer wieder beobachten, ständig mit der Zeichnung vergleichen;
- Größen- und Lageverhältnisse möglichst genau festhalten;
- durch Änderung der Feineinstellung die optische Ebene ändern, um plastische Darstellung des Objekts zu ermöglichen;
- Zufälligkeiten im Bild (■ Luftblasen) nicht mitzeichnen;
- Zeichnung stets genau und sauber beschriften.



## A.2.6. Präparieren von Pflanzen und Tieren

### Präparationstechniken

Präparationstechniken sind in der Biologie Verfahren zum Herrichten und Haltbarmachen von Naturobjekten für wissenschaftliche Untersuchungen, für Lehr-, Sammlungs- und Ausstellungszwecke.

- Herbarisieren, Injektionsverfahren, Balgherstellung, Mumifikationsverfahren, Paraffinierungsverfahren, Dermoplastik, Skeletterstellung

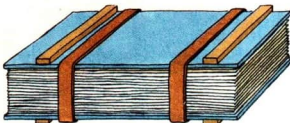
### Allgemeine Regeln

Bei allen Präparationstechniken sollte beachtet werden:

- beim Sammeln die Naturschutzbestimmungen einhalten;
- möglichst unbeschädigte, typische Exemplare auswählen;
- sorgfältig arbeiten und Arbeitsschutzbestimmungen einhalten;
- Präparat eindeutig beschriften mit Namen des Objekts, Tag und Ort des Sammelns oder Fangens, eventuell ökologischen Angaben, Namen des Bestimmers;
- Präparat staubfrei aufbewahren.

### Herbarisieren von Pflanzen

- Pflanzen vor dem Herbarisieren genau bestimmen;
- Pflanzen so auf die rechte Seite eines Zeitungsbogens legen, daß sich die Pflanzenteile nicht überdecken, dann mit der linken Hälfte des Zeitungsbogens bedecken;
- zwischen die Bögen 5 bis 10 Lagen Zeitungspapier legen;
- den Stapel in die Pflanzenpresse oder zwischen zwei feste Platten legen, die beschwert werden;
- nach jeweils ein bis zwei Tagen die Zwischenlagen auswechseln;
- die völlig getrockneten Pflanzen einzeln auf einen weißen Zeichenkarton legen und mit schmalen Klebestreifen anheften;
- Herbarblätter beschriften.



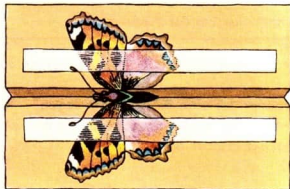
Pflanzenpresse



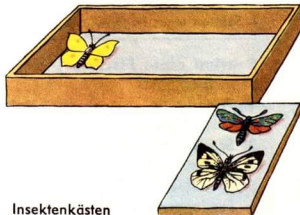
Herbarblatt

## Präparieren von Insekten

- Abtöten durch Essigäther;
- mit Insektennadel durch rechte Flügeldecke (Nadelaustritt zwischen 2. und 3. Beinpaar) auf Filzplatte nadeln;
- Objekte beschriften, Kärtchen evtl. mitnadeln;
- Fühler und Beine richten;
- Schmetterlinge auf Spannbrett mit zwei Spannstreifen spannen;
- an der Luft trocknen lassen;
- Umsetzen in Insektenkästen;
- Kästen staubdicht verschließen.



Spannbrett für Schmetterlinge



Insektenkästen

## Sezieren von Tieren

**Allgemeines.** Beim Sezieren müssen Arbeitsanweisungen und Arbeitsschutzbestimmungen besonders sorgfältig eingehalten werden.

Nach Abschluß der Sektion müssen die Geräte sorgfältig gereinigt, der Arbeitsplatz gesäubert, Abfälle in vorgesehene Behälter gelegt und die Hände gründlich gewaschen werden.

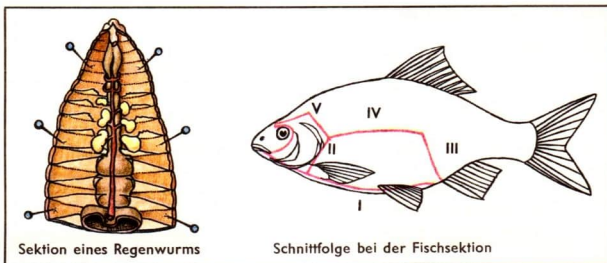
Kleinere Tiere (Wirbellose, Fische) werden vorteilhaft im Präparierbecken unter Wasser (Naßsektion) sezziert; größere Tiere (■ Taube, Meerschweinchen) werden trocken auf dem Präparierbrett (Trockensektion) sezziert.

**Erforderliche Geräte.** Präparierbrett, Präparierbecken, spitze und runde Scheren, spitze und runde Pinzetten, Skalpell, Präpariernadeln.

**Sektion eines Regenwurms.** Regenwurmsektionen werden als Naßsektionen in folgenden Schritten durchgeführt:

1. Großen Regenwurm durch Einlegen in 10%iges Äthanol (15 min.) töten!
2. Regenwurm im Präparierbecken unter Wasser langgestreckt feststecken – dunkle Rückenseite nach oben!
3. Aufschneiden mit spitzer Schere (von hinten her);  
Haut mit Pinzette dabei anheben!
4. Seitenwände auseinanderziehen, mit Skalpell abtrennen und mit Stecknadeln feststecken!
5. Organe beobachten, mit Abbildung vergleichen und benennen!
6. Protokoll mit Skizze anfertigen!





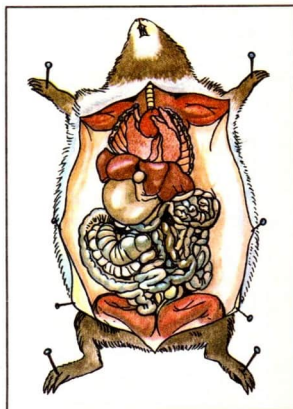
**Sektion eines Fisches.** Die Naßsektion von Fischen erfolgt in verschiedenen Schritten:

1. Fisch im Präparierbecken unter Wasser auf eine Körperseite legen!
2. Leib in der Mittellinie des Bauches von After bis Kiemenstrahlen aufschneiden!
3. Schrägschnitt hinter dem Kiemendeckel bis zur Seitenlinie!
4. Schnitt vom After bis zur Seitenlinie!
5. Schnitt längs der Seitenlinie!
6. Freilegen der Wirbelsäule und der Dornfortsätze!
7. Freipräparieren der Kiemen durch Abschneiden der Kiemendeckel neben dem Auge!
8. Beobachten der Organe!
9. Protokoll mit Skizze anfertigen!

**Sektion eines Meerschweinchens.**

Die Sektion eines Meerschweinchens ist eine Trockensektion, dabei wird in folgenden Schritten vorgegangen:

1. Objekt mit Präpariernadeln am Kopf und Schwanz feststecken!
2. Bauchdecke mit Pinzette anheben und aufschneiden, Schnitt mit runder Schere bis Afteröffnung und Maul erweitern!
3. Bauchdecke zurückklappen und feststecken!
4. Organe beobachten, mit Abbildung vergleichen und benennen!
5. Protokoll und Skizze anfertigen!



Befestigen der Bauchdecke

## A.2.7. Biochemische und biophysikalische Arbeitstechniken

### Allgemeines

In der biologischen Forschung spielen auch Arbeitstechniken eine Rolle, die in erster Linie in anderen Naturwissenschaften entwickelt wurden und auch zur Anwendung gelangen.

### Nachweisreaktionen organischer Verbindungen

| Nachweis für  | Reagenz                                              | Durchführung                                                                                                                                                                                                                                                          | Ergebnis (Reaktion)                                                                                             |
|---------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stärke        | Jod-Kaliumjodidlösung                                | auf die Probe etwas Jod-Kaliumjodidlösung auftropfen                                                                                                                                                                                                                  | blauschwarze Färbung zeigt Stärke an                                                                            |
| Traubenzucker | Fehlingsche Lösung                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Fehling-I- und Fehling-II-Lösung im gleichen Verhältnis mischen</li> <li>— Probe mit dieser Lösung versetzen</li> <li>— Erhitzen (Vorsicht! Siedeverzug!)</li> </ul>                                                         | ziegelrote Färbung zeigt reduzierende Zucker an (Traubenzucker/Glukose, Malzucker/Maltose, Milchzucker/Laktose) |
|               | Biophan-G-Papier                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Probe zerkleinern und mit Wasser versetzen</li> <li>— Biophan-G-Papier bis zum Beginn des Farbstreifens in die Lösung tauchen und Lösung aufsaugen lassen</li> <li>— Biophan-G-Papier an der Luft trocknen lassen</li> </ul> | Verfärbung zeigt Zucker an (durch Vergleich mit der Farbskala ist eine quantitative Bestimmung möglich)         |
| Eiweiß        | konzentrierte Salpetersäure (Xanthoprotein-Reaktion) | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Probe zerkleinern und mit Wasser versetzen</li> <li>— etwa 2 ml konz. Salpetersäure zugeben und leicht erwärmen</li> </ul>                                                                                                   | Gelbfärbung zeigt Eiweiß an (Bei Zugabe von etwas Ammoniaklösung erfolgt ein Farbumschlag nach orange)          |

| Nachweis für | Reagenz                                                                       | Durchführung                                                                                                                              | Ergebnis (Reaktion)                    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Eiweiß       | Natriumhydroxidlösung (10 %ig), Kupfersulfatlösung (10 %ig) (Biurettreaktion) | — mit Natriumhydroxidlösung alkalisch gemachte Probelösung tropfenweise mit Kupfersulfatlösung versetzen (Vorsicht!)<br>— leicht erwärmen | Violettffärbung zeigt Eiweiß an        |
|              | (Fällungsreaktion)                                                            | Erhitzen der Probelösung                                                                                                                  | Flockiger Niederschlag zeigt Eiweiß an |

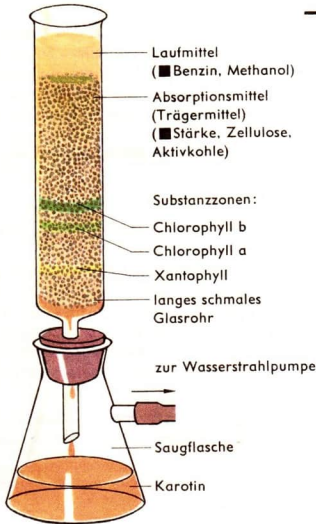
### Nachweisreaktionen anorganischer Stoffe

| Nachweis für     | Reagenz                            | Durchführung                                          | Ergebnis (Reaktionsmerkmal)                             |
|------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Kohlendioxid     | Kalzium- oder Bariumhydroxidlösung | Gas in Nachweisreagenz einleiten                      | weißes Kalzium- oder Bariumkarbonat fällt aus (Trübung) |
| Sauerstoff       | glimmender Holzspan                | glimmenden Holzspan in das zu prüfende Gas eintauchen | Holzspan flammt auf                                     |
| Hydroxidionen    | Unitestpapier                      | Probe auf Reagenzpapier tropfen                       | Papier verfärbt sich, mit Farbskala vergleichen         |
| Wasserstoffionen | Unitestpapier                      | Probe auf Reagenzpapier tropfen                       | Papier verfärbt sich, mit Farbskala vergleichen         |

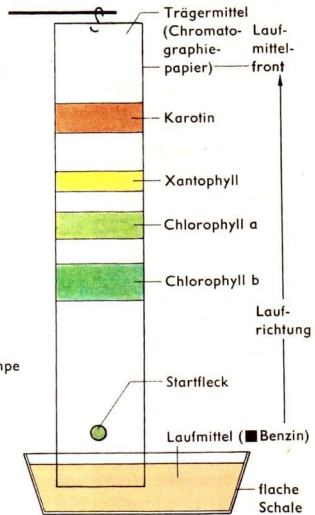
### Chromatographie

Chromatographie ist ein physikalisch-chemisches Verfahren zur Trennung gelöster oder gasförmiger Verbindungen, wobei eine bewegliche Phase (Laufmittel) die zu trennenden Substanzen mit unterschiedlicher Wanderungsgeschwindigkeit über eine unbewegliche Phase (Trägermittel) transportiert und verteilt. Sie wird in der Biologie vor allem zum Trennen von Naturstoffen (■ Blattfarbstoffe, Vitamine, Hormone, Alkaloide, Antibiotika, Aminosäuren, Kohlenhydrate, Fette) verwendet,

## Säulenchromatographie

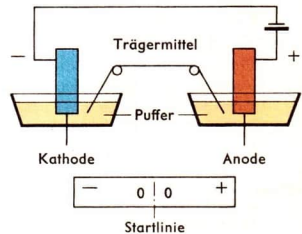


## Papierchromatographie



## Elektrophorese

Elektrophorese ist ein physikalisches Analyseverfahren, bei dem molekular-disperse oder kolloiddisperse Teilchen einer Lösung entsprechend ihrer Ladung im elektrischen Feld wandern (Kataphorese oder Anaphorese) und dadurch getrennt werden. Elektrophorese wird in der Biologie vor allem bei Untersuchung von Eiweißstoffen, aber auch anderen Naturstoffen angewendet.



Schematische Darstellung einer einfachen Papierelektrophorese

## A.2.8. Erste Hilfe

### Allgemeines

Die erste Hilfe dient der vorläufigen Versorgung von Verletzungen; der Verletzte muß so behandelt werden, daß unnötige Schmerzen und weitere Schädigungen vermieden werden. Absolute Sauberkeit, Vorsicht und Ruhe des Helfenden sind unbedingt notwendig.

Nach der ersten Hilfe muß der Verletzte erforderlichenfalls der medizinischen Behandlung zugeführt werden.

Rufnummer des ärztlichen Bereitschaftsdienstes sollte jedem bekannt sein.

### Maßnahmen der ersten Hilfe

**Offene Wunden.** Mit keimfreiem Verband (Pflasterschnellverband, Mull) abdecken, nicht auswaschen, keine Watte verwenden;

größere Wunden möglichst bald vom Arzt behandeln lassen, für den Transport Wunde mit keimfreiem Verband abdecken. Bei Verletzungen großer Gefäße (Schlagader, Hauptvene) festen Gegenstand (■ Verbandspäckchen) auf den Verband drücken und fest mit einwickeln (Druckverband; nicht abbinden!), Zeitpunkt des Verbindens vermerken; Verletzten vor Abkühlung schützen und schnellstens möglichst liegend zum Arzt bringen; Druckverband darf nur vom Arzt abgenommen werden.

**Brandwunden.** Bei leichten Verbrennungen unter fließendem Wasser kühlen, Brandblasen auf keinen Fall öffnen, schwere Verbrennungen nur keimfrei abdecken, Verletzten zum Arzt bringen.

**Verätzungen.** Verätzungen der Haut und Augen mit viel Wasser spülen. Verätzungen des Mundes und der Verdauungsorgane

- durch Säuren: Magnesiumoxidaufschlämmung trinken,
- durch Basen: Zitronenwasser oder stark verdünntes Essigwasser trinken.

**Vergiftungen.** Erbrechen hervorrufen (■ durch Trinken 1%iger Kupfersulfatlösung, Druck auf die Zungenwurzel).

**Ohnmacht.** Bei gerötetem Gesicht Oberkörper hochlegen; bei blassem Gesicht Ohnmächtigen horizontal legen, enge Kleidung öffnen, Gesicht und Brust kalt abwaschen, Körper reiben.

**Elektrischer Schlag.** Sofort zurückfallen lassen, Strom abschalten (Sicherung); Verunglückten mit trockenem Stock oder trockenem Seil wegziehen, Erdschluß durch Unterschieben eines trockenen Brettes aufheben, Helfer muß durch Gummihandschuhe, Stehen auf einem Holz- oder Porzellangegenstand gut isoliert sein.

### Allgemeine Regeln für Unfallschutz

Um Unfälle zu verhüten, erfordert die Durchführung biologischer Beobachtungen und Experimente die Kenntnis und Einhaltung einiger Grundregeln des Arbeits- und Brandschutzes:

- bei experimentellen Arbeiten größte Disziplin halten;

- vor jedem Experiment die möglichen Gefahrenquellen bedenken und alle Geräte prüfen;
- beschädigte oder mangelhafte Geräte nicht benutzen;
- offene und geschlossene Heizquellen (■ Bunsenbrenner, Heizspirale) auf einer Asbestunterlage aufstellen;
- Spitzen und Schneiden von Arbeitsgeräten (■ Schere, Rasierklinge, Skalpell, Präpariernadel) bei Nichtgebrauch schützen (■ Korken, Scheide);
- beim Einsetzen von Thermometern und Glasröhren in Stopfen und Schläuche Gleitmittel benutzen;
- beim Arbeiten mit Glasgeräten (■ Ab- und Aufbau von Apparaturen) die Hände durch Tücher gegen Splitter bei eventuellem Glasbruch schützen;
- Glasgefäße nicht über die offene Bunsenbrennerflamme stellen (Asbestdrahtnetz benutzen);
- Glasgeräte im Stativmaterial zwischen elastischen Stoffen (■ Gummi, Filz) einspannen;
- sehr kalte oder heiße Flüssigkeiten nur langsam in Glasgefäße füllen, Glasgefäße vorher temperieren;
- beim Verdünnen konzentrierter Laugen und Säuren erst Wasser einfüllen, Säure oder Lauge langsam zugeben.

### A.3. Einheiten, Größen und energetische Beziehungen

#### Allgemeines

Der Vergleich meßbarer Ergebnisse bei naturwissenschaftlichen Experimenten und Untersuchungen wird durch den Gebrauch einheitlicher Größen und Einheiten wesentlich erleichtert. Für physikalische Größen ist in der DDR der DDR-Standard „Einheiten physikalischer Größen“ (TGL 31548) vom 7. 3. 1979 verbindlich.

#### Vorsätze

Vielfache oder Teile von Einheiten, die durch Vorsätze gebildet werden, sind ebenfalls gesetzliche Einheiten.

| Bedeutung              | Vorsatz | Kurzzeichen |
|------------------------|---------|-------------|
| $10^6$ Million         | Mega    | M           |
| $10^3$ Tausend         | Kilo    | k           |
| $10^2$ Hundert         | Hekto   | h           |
| $10^1$ Zehn            | Deka    | da          |
| $10^{-1}$ Zehntel      | Dezi    | d           |
| $10^{-2}$ Hundertstel  | Zenti   | c           |
| $10^{-3}$ Tausendstel  | Milli   | m           |
| $10^{-6}$ Millionstel  | Mikro   | $\mu$       |
| $10^{-9}$ Milliardstel | Nano    | n           |



# In der Biologie verwendete Größen und Einheiten

| Größe                                                                                      | Formel Zeichen                                    | Einheit                                                                              | Einheiten-<br>zeichen                                               | Beziehungen<br>zu Basiseinheiten<br>(Grundeinheiten)                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Länge<br>Fläche<br>Volumen                                                                 | $l$<br>$A$<br>$V$                                 | Meter<br>Quadratmeter<br>Kubikmeter<br>Liter                                         | m<br>$m^2$<br>$m^3$<br>l                                            | Basiseinheit<br>$1 m^2 = 1 m \cdot 1 m$<br>$1 m^3 = 1 m \cdot 1 m \cdot 1 m$<br>$1 l = 0,001 m^3$                                                                                                                                         |
| Zeit<br>Geschwindigkeit                                                                    | $t$<br>$v$                                        | Sekunde<br>Meter je<br>Sekunde                                                       | s<br>$m \cdot s^{-1}$                                               | Basiseinheit<br>$1 \frac{m}{s} = 1 m \cdot s^{-1}$                                                                                                                                                                                        |
| Masse<br>Kraft<br><br>Druck<br><br>Arbeit<br><br>Energie                                   | $m$<br>$F$<br><br>$p$<br><br>$W, A$<br><br>$E, W$ | Kilogramm<br>Newton<br>Pascal<br><br>Newton je<br>Quadratmeter<br>Joule<br><br>Joule | kg<br>N<br>Pa<br><br>$N \cdot m^{-2}$<br><br>J<br><br>J             | Basiseinheit<br>$1 N = 1 m \cdot kg \cdot s^{-2}$<br>$1 Pa = 1 N \cdot m^{-2}$<br>$= 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$<br><br>$1 J = 1 N \cdot m$<br>$= 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$<br>$1 J = 1 N \cdot m$<br>$= 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| Temperatur<br><br>Wärme,<br>Wärmemenge<br>Stoffmenge<br>molare Masse<br>molares<br>Volumen | $T$<br><br>$Q, W$<br><br>$n$<br>$M$<br>$V_m$      | Kelvin<br>Grad Celsius<br>Joule<br><br>Mol<br>Gramm je Mol<br>Liter je Mol           | K<br>°C<br>J<br><br>mol<br>$g \cdot mol^{-1}$<br>$l \cdot mol^{-1}$ | Basiseinheit<br>$1 ^\circ C = 1 K$<br>$1 J = 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$<br><br>Basiseinheit                                                                                                                                             |

## Energetische Beziehungen

**H.**  $H$  ist das Symbol für den **Energieinhalt** eines Systems bei konstantem Druck (Enthalpie).

$\Delta H$ .  $\Delta H$  ist das Symbol für die **Änderung des Energieinhalts** eines Systems bei konstantem Druck (Enthalpieänderung).

**G.**  $G$  ist das Symbol für die **arbeitsfähige Energie** (freie Enthalpie) eines Systems, das heißt für sein Vermögen, bei Änderung seines Energieinhalts Arbeit zu leisten.  $G$  wird in  $J \cdot mol^{-1}$  gemessen.

$\Delta G$ .  $\Delta G$  ist das Symbol für die Änderung der arbeitsfähigen Energie eines Systems; es bezeichnet die Differenz zwischen den Werten von  $G$  vor und nach Ablauf einer Reaktion.

Ist  $\Delta G$  positiv, wird bei der Reaktion Energie aufgenommen (■ Photosynthese); ist  $\Delta G$  negativ, wird bei der Reaktion Energie abgegeben (■ Atmung).

## A.4. Zeittafel

- um 350 v. u. Z. beschreibt der griechische Philosoph ARISTOTELES (384 bis 322 v. u. Z.) über 500 Tierarten, die er in 8 Klassen einteilt: Säuger, Vögel, eierlegende Vierfüßer, Fische, Weichtiere, Krustentiere, Insekten und Schalthiere.
2. Jh. u. Z. faßt der römische Arzt GALENUS [GALEN] (131 bis 201) in seinen Schriften das damals bekannte medizinische Wissen zu einem System zusammen, das bis zum Ausgang des Mittelalters wesentlichen Einfluß in der Medizin behält.
- um 1527 tritt PARACELSUS, der Schweizer Arzt und Naturforscher Theophrast von HOHENHEIM (1493 bis 1541) gegen die mittelalterliche, auf GALEN zurückgehende Medizin auf. Er wendet vor allem chemische, aber auch viele natürliche Heilmittel und Heilmethoden an.
- 1543 begründet VESALIUS (1515 bis 1564), Professor für Chirurgie in Padua, auf der Grundlage umfangreicher Untersuchungen an menschlichen Leichen die moderne Anatomie des Menschen.
- um 1600 bauen holländische Brillenschleifer die ersten einfachen Mikroskope, die eine Vergrößerung bis zu 60fach ermöglichen und zum Betrachten sehr kleiner Tiere (■ Insekten) durch Liebhaber dienen.
- 1628 beschreibt der englische Arzt W. HARVEY (1578 bis 1657) den Blutkreislauf. Durch exakte Berechnung weist er nach, daß das Blut durch die Arterien aus dem Herzen und durch die Venen in das Herz gelangt. Als Antrieb nimmt er die mechanische Arbeit des Herzens an. Er unterscheidet bereits den Lungenkreislauf und den Körperkreislauf (doppelter Kreislauf).
- 1665 baut der englische Naturforscher R. HOOKE (1635 bis 1703) das erste zusammengesetzte Mikroskop, das eine etwa 100fache Vergrößerung ermöglicht. Mit Hilfe dieses Mikroskops entdeckt HOOKE, daß der Flaschenkork aus lauter kleinen Kammern besteht, er nennt sie Zellen.
- um 1670 baut der Holländer A. v. LEEUWENHOEK (1632 bis 1723) zahlreiche einfache, jedoch sehr leistungsfähige Mikroskope, die bis zu 270fache Vergrößerung ermöglichen und sehr gute Bildqualität aufweisen. Mit diesen Mikroskopen werden be-

reits Bakterien, tierische Einzeller und männliche Fortpflanzungszellen gesehen. LEEUWENHOEK legte den Grundstein für einen heute außerordentlich bedeutenden Wissensbereich der Biologie, die Mikrobiologie.

- 1694                weist der Botaniker AMERARIUS (1634 bis 1698) an Beispielen zweihäusiger Pflanzen die Geschlechtlichkeit der Pflanzen nach.
  
- 1727                beschreibt der Engländer S. HALES (1677 bis 1761) das Aufsteigen der Säfte in den Pflanzen. Er gilt als einer der Mitbegründer der Pflanzenphysiologie.
  
- 1735                veröffentlicht der schwedische Naturforscher C. v. LINNÉ (1707 bis 1778) sein Werk „Systema naturae“ (System der Natur). Darin ordnet er alle damals bekannten Pflanzenarten in 24 Klassen, alle bekannten Tierarten in 6 Klassen und benennt sie jeweils mit 2 Namen. LINNÉ geht davon aus, daß die Arten unveränderlich sind und zu seiner Zeit noch genau so viele Arten vorhanden seien, wie einst bei der Erschaffung der Welt von Gott ins Leben gerufen wurden. Das von ihm aufgestellte System der Natur ist inzwischen überholt.
  
- 1747                entdeckt der deutsche Chemiker A. MARGGRAF (1709 bis 1782) den Zuckergehalt der Runkelrübe und schuf damit die Voraussetzung für die spätere Züchtung der Zuckerrüben.
  
- 1759                formulierte der deutsche Physiologe C. F. WOLFF (1733 bis 1794), daß die Entstehung neuer Lebewesen durch Entwicklung gekennzeichnet ist, daß die Organe der erwachsenen Organismen aus teilweise ganz anders gestalteten Embryonalanlagen hervorgehen. WOLFF gilt als Begründer der Embryologie.
  
- 1779                entdeckte der niederländische Arzt J. INGENHOUZ (1730 bis 1799) die Kohlendioxid-Assimilation und die Atmung der Pflanzen.
  
- 1780                stellt der französische Chemiker A. L. LAVOISIER (1743 bis 1794) fest, daß die Atmung ein Oxydationsvorgang ist.
  
- 1785                entdeckt der französische Chemiker A. L. LAVOISIER (1743 bis 1794), daß bei bestimmten Gärungen Alkohol und Kohlendioxid entstehen.
  
- 1793                entdeckt der deutsche Botaniker Chr. K. SPRENGEL (1750 bis 1816) die Bestäubung der Blüten durch Insekten.

- 1796 entdeckt der englische Arzt E. JENNER (1749 bis 1823) die schützende Wirkung einer geringfügigen Kuhpockeninfektion beim Menschen und führt die erste Pockenschutzimpfung durch. Damit begründet er die aktive Immunisierung des Menschen gegen Infektionskrankheiten.
- 1800 und 1804 entdecken J. SENEBIER (1742 bis 1809) und N. de SAUSSURE (1767 bis 1845) die Synthese organischer Substanzen aus Kohlendioxid und Wasser durch die grüne Pflanze.
- 1809 veröffentlicht der deutsche Arzt A. D. THAER (1752 bis 1828) ein Werk über „Grundsätze der rationellen Landwirtschaft“, mit dem er wesentlich zur Intensivierung der Landwirtschaft beiträgt. Unter anderem führt THAER die Fruchtwechselwirtschaft ein.
- um 1809 führt der französische Naturforscher J. B. LAMARCK (1744 bis 1829) das Wort „Biologie“ in die Naturwissenschaft ein. Er erklärt, daß die jetzt lebenden Organismen sich im Verlauf langer Zeiträume durch allmähliche Umbildung aus einfachsten Formen entwickelt haben. Als Hauptursache für diesen Prozeß sieht er den Einfluß der Umwelt an.
- um 1817 erklärt der französische Naturforscher G. CUVIER (1769 bis 1832) die zahlreichen Fossilien, die in der Umgebung von Paris gefunden wurden und sich teilweise wesentlich von den rezenten Formen unterscheiden, mit seiner „Katastrophen-theorie“. Darin geht er davon aus, daß Veränderungen der Erdoberfläche die Folge verschiedener Katastrophen seien, denen auch die Organismen zum Opfer fielen. Nach jeder Katastrophe sei durch abgewandelte Formen von Organismen eine Neubesiedelung erfolgt. Seine Theorie wurde von den Vertretern der Religion zur Untermauerung der Legende von der Sintflut genutzt. Obwohl CUVIER die Funde falsch auslegte, hatten seine Arbeiten große Bedeutung für die Paläontologie, als deren Begründer er gilt.
- 1823 erfolgt die erste Synthese eines organischen Naturstoffs, der Oxalsäure, durch den deutschen Chemiker F. WÖHLER (1800 bis 1882); 1827 gelingt WÖHLER die Harnstoffsynthese.
- 1827 entdeckt der deutsche Zoologe K. E. v. BAER (1792 bis 1876), daß Säugetiere und Menschen sich durch Eier vermehren. Erst später wurde erkannt, daß es sich um Eizellen handelt.
- 1831 entdeckt der englische Botaniker R. BROWN (1773 bis 1858) den Zellkern.

1831 bis 1836

nimmt der englische Naturforscher Ch. DARWIN (1809 bis 1882) an einer Weltumsegelung mit dem Forschungsschiff „Beagle“ teil, während der er zahlreiches Material sammelt und Einsichten gewinnt, die ihn von einer natürlichen Entwicklung der Organismen überzeugen. DARWIN veröffentlicht 1859 in London sein Werk „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“; 1871 erscheint sein Buch „Die Abstammung des Menschen“, in dem DARWIN die Entwicklung des Menschen aus tierischen (affenähnlichen) Vorfahren darstellt. Ch. DARWIN ist der Begründer der wissenschaftlichen Abstammungslehre.

1839

erkennt der deutsche Botaniker M. J. SCHLEIDEN (1804 bis 1881), daß Zellen die Grundbausteine aller Pflanzen sind. Zusammen mit SCHWANN wird er zum Begründer der Zelltheorie.

1840

schafft der deutsche Chemiker J. v. LIEBIG (1803 bis 1873) die wissenschaftlichen Grundlagen für die Anwendung von Mineraldüngern im Pflanzenbau.

um 1840

weist der deutsche Zoologe Th. SCHWANN (1810 bis 1881) nach, daß auch der tierische Organismus aus Zellen aufgebaut ist.

1844

bezeichnet der deutsche Zoologe A. v. KOELLIKER (1817 bis 1905) als erster das Ei als Zelle und erklärt, daß alle Zellen des Tierkörpers durch Teilung aus der Eizelle hervorgehen.

1846

erkennt der deutsche Botaniker H. v. MOHL (1805 bis 1873), daß das Wesentliche der Zelle ihr Inhalt ist, den er Protoplasma nennt.

1855

formuliert der deutsche Arzt R. VIRCHOW (1821 bis 1902) die Erkenntnis, daß jede Zelle aus einer Zelle entsteht.

1856

werden in den Feldhofer Grotten im Neandertal in der Nähe von Düsseldorf einzelne Knochen einer fossilen Menschenform, des Neandertalers, gefunden.

1860

weist der französische Bakteriologe L. PASTEUR (1822 bis 1895) nach, daß auch die Mikroorganismen stets nur aus lebenden Keimen hervorgehen, die stets von Mikroorganismen stammen. PASTEUR beweist, daß alle Gärungs- und Fäulnisvorgänge durch Mikroorganismen hervorgerufen werden. Er führt die Sterilisation als Methode zum Beispiel zum Schutz von Lebensmitteln vor Bakterien ein und prägt den Begriff „Enzyme“.

- 1860 erkennt der Schweizer Botaniker S. SCHWENDENER (1832 bis 1919) am Beispiel der Flechten, die eine Lebensgemeinschaft von Pilzen und Algen darstellen, das Wesen der Symbiose.
- 1860 bis 1865 veröffentlicht der deutsche Pflanzenphysiologe J. SACHS (1832 bis 1897) die Ergebnisse seiner grundlegenden Untersuchungen über die Assimilation der Pflanzen.
- 1861 wird im Solnhofener Schiefer der erste Abdruck eines Urvogels (*Archaeopteryx*) gefunden, er wird heute in London aufbewahrt. Der zweite, 1877 gefundene Abdruck befindet sich heute im Naturkundemuseum in Berlin. Später wurden noch mehrere Exemplare gefunden.
- ab 1862 wirkt der deutsche Zoologe E. HAECKEL (1834 bis 1919) als Professor für Zoologie in Jena. Er vertritt konsequent Darwins Abstammungslehre, bezieht als erster den Menschen in die Entwicklung der Organismen ein und geht davon aus, daß das Leben aus anorganischen Stoffen entstanden ist. Er formuliert im „Biogenetischen Grundgesetz“ die Zusammenhänge zwischen der Individual- und der Stammesentwicklung und stellt viele Stammbäume auf. Durch zahlreiche Schriften, öffentlichen Vorträge und die Gründung des Phyletischen Museums in Jena wird er zu einem der eifrigsten Verbreiter der Abstammungslehre. Er trägt durch seinen konsequenten Kampf für die Abstammungslehre wesentlich zur Formung eines materialistischen und atheistischen Weltbildes der Arbeiterklasse bei.
- 1865 trägt der Augustinermönch G. MENDEL (1822 bis 1884) dem Naturforschenden Verein zu Brünn (jetzt Brno, ČSSR) die Ergebnisse mehrjähriger Kreuzungsversuche vor. Er erkennt, daß die Merkmalsanlagen nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten vererbt werden. Als materielle Grundlagen der Vererbung bezeichnet er bestimmte „Erbfaktoren“. Mendels Erkenntnisse wurden zu seiner Zeit nicht anerkannt, sie erhielten erst nach ihrer Wiederentdeckung 1900 die Bezeichnung „Mendelsche Gesetze“.
- 1870 bis 1900 entwickelt der deutsche Physiker E. ABBE (1840 bis 1905) eine auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Technik zur Herstellung von vorzüglichen Objektiven und Okularen. Damit bestückte Lichtmikroskope erreichen eine hohe Leistung. ABBE begründet mit seinen Leistungen den Weltruf des heutigen VEB Carl Zeiss Jena.



- p>1875 entdeckt der deutsche Anatom O. HERTWIG (1849 bis 1922) am Seeigel-Ei, daß die Befruchtung in der Verschmelzung von Ei und Samenzelle beziehungsweise ihrer Kerne besteht.
p>1876 wird der deutsche Landarzt R. KOCH (1843 bis 1910) mit seiner Entdeckung des Milzbranderreger und den dabei entwickelten Methoden zum Begründer der medizinischen Mikrobiologie. 1882 entdeckt KOCH den Erreger der Tuberkulose und 1883 den Choleraerreger.
p>1879 entdeckt E. STRASBURGER (1844 bis 1912) den Kernteilungsvorgang als Grundlage der Zellteilung.
p>um 1880 erforscht der russische Pflanzenphysiologe K. A. TIMIRJASEW (1843 bis 1922) die Wirkungsweise des grünen Pflanzenfarbstoffs, des Chlorophylls, und die Bedeutung des Lichts für die Assimilation.
p>1899 veröffentlicht der deutsche Zoologe E. HAECKEL (1834 bis 1919) sein auch für die Entwicklung der wissenschaftlichen Weltanschauung der Arbeiterklasse bedeutendes Werk „Die Welträtsel“.
p>1900 werden die bereits von MENDEL (1822 bis 1884) entdeckten statistischen Gesetze, die bei der Verteilung der Erbanlagen wirken, durch den Deutschen CORRENS (1864 bis 1933), den Holländer de VRIES (1848 bis 1935) und den Österreicher TSCHERMAK (1871 bis 1962) wieder entdeckt und „Mendelsche Gesetze“ genannt.
p>ab 1900 beschäftigt sich der russische Physiologe I. P. PAWLOW (1849 bis 1936) mit großem Erfolg mit der Erforschung der höheren Nerventätigkeit. Er begründet die Lehre von den bedingten Reflexen. PAWLOW erhält 1904 den Nobelpreis und war Mitglied der sowjetischen Akademie der Wissenschaften.
p>1901 entdeckt der österreichische Arzt und Bakteriologe K. LANDSTEINER (1868 bis 1943) die Blutgruppen des Menschen (A, B, AB u. 0) und stellt das A-B-0-System auf. Seitdem sind beispielsweise Blutübertragungen mit größerer Sicherheit möglich. 1923 weist er das M-N-System nach.
p>1903 bezeichnet der schwedische Gelehrte W. JOHANNSEN (1857 bis 1927) die in den Chromosomen der Zellkerne lokalisierten materiellen Träger der Erbanlagen als Gene. Er wies nach, daß die natürliche Auslese nur bei Heterozygoten und nicht in reinen Linien wirkt.

- 1905 entdeckt BLACKMAN den lichtunabhängigen Teilprozeß der Photosynthese, die Dunkelreaktion.
- 1907 wählt Th. H. MORGAN (1866 bis 1945), nordamerikanischer Genetiker, die Taufliege *Drosophila* als Versuchstier für genetische Experimente; 1933 erhält er den Nobelpreis für die Analyse der Rolle der Chromosomen bei der Vererbung. 1910 beginnt er genetische Versuche mit der Taufliege (*Drosophila*) und begründet die Chromosomentheorie der Vererbung.
- 1912 führt der polnische Chemiker C. JUNK (geb. 1884) den Begriff „Vitamin“ für bestimmte lebenswichtige Stoffe ein. Er benennt diese Stoffe nach dem Alphabet und isoliert 1914 das Vitamin B<sub>12</sub>.
- 1915 entdecken VD'HERELLE und TWERT unabhängig voneinander die Bakteriophagen.
- 1918 bestimmen WILLSTÄTTER (1872 bis 1943) und STOLL die Struktur des Chlorophylls.
- 1921 berichtet der nordamerikanische Pharmakologe O. LOEWI (geb. 1873) über seine Entdeckung der biochemischen Übertragung von Nervenimpulsen.
- 1922 gelingt KOTTE und ROBBINS erstmalig die Kultur isolierter Organe von Pflanzen.
- 1924 entdeckt O. WARBURG (1883 bis 1970) das Atmungsferment Zytochromoxydase, 1928 entdeckt er das Laktoflavin.
- seit 1924 entwickelt der sowjetische Biochemiker A. I. OPARIN (1894 bis 1976) auf der Grundlage umfassender Untersuchungen von biologischem, geologischem und kosmischem Material eine wissenschaftlich begründete Hypothese der Entstehung des Lebens auf der Erde und gibt 1936 erstmalig eine Zusammenfassung aller zu dieser Frage erforschten Sachverhalte vom Standpunkt des dialektischen Materialismus.
- 1925 führt der schwedische Chemiker Th. SVEDBERG (geb. 1884) die Ultrazentrifuge zur Bestimmung der relativen Molekülmasse von Eiweißen ein. 1926 erhält er den Nobelpreis.
- 1926 beginnt der sowjetische Wissenschaftler W. J. WERNADSKI (1863 bis 1943) mit der Ausarbeitung der Lehre von der Biosphäre.

- 1929 entdeckt der englische Bakteriologe A. FLEMING (1881 bis 1955) die bakterientötende Wirkung des Penizillins, eines aus bestimmten Pinselschimmelarten gewonnenen Stoffes. Seit 1938 wird Penizillin technisch gewonnen und mit Erfolg in der Medizin eingesetzt.
- 1929 erfolgt die Synthese des Häms, des roten Blutfarbstoffs, durch den deutschen Chemiker Hans FISCHER (1881 bis 1945).
- 1929 erforscht der Deutsche K. LOHMANN (1898 bis 1978) als erster Struktur und Funktion von ATP.
- 1931 gelingt die Aufklärung der Struktur des Vitamins A und anderer Karotinoide durch P. KARRER (geb. 1889).
- ab 1931 arbeiten die deutschen Physiker E. RUSKA (geb. 1906), von BORRIES, M. v. ARDENNE (geb. 1907) und H. MAHL an der Erfindung des Elektronenmikroskops, das mit Elektronenstrahlen arbeitet und bis zu 600000fache Vergrößerungen erreicht. Damit können feinste Zellstrukturen und Viren sichtbar gemacht werden.
- 1933 erfolgt die Isolierung des Vitamins B<sub>2</sub> und die Synthese des Vitamins C durch den deutschen Chemiker R. KUHN (geb. 1900).
- 1938 weisen A. L. HODGIN und A. T. HUXLEY nach, daß der Nervenimpuls eine Depolarisationswelle darstellt.
- 1940 erklärt der nordamerikanische Biologe R. HILL (geb. 1886) das Wesen der Lichtreaktion der Photosynthese experimentell.
- 1941 stellen die US-Amerikaner G. W. BEADLE (geb. 1903) und E. L. TATUM (geb. 1909) die Ein-Gen-ein-Enzymhypothese auf. Sie erhalten 1958 den Nobelpreis.
- 1943 wird mit dem Nachweis des spontanen Auftretens von Mutationen bei Bakterien durch S. E. LURIA (geb. 1912) und M. DELBRÜCK (geb. 1906) die Mikroben-Genetik begründet.
- 1943 entdeckt der deutsche Wissenschaftler A. HOFFMANN die bewußtseinsstörende Wirkung des von ihm bereits 1938 synthetisierten Lysergsäurediäthylamid (LSD).
- 1944 erkennt O. T. AVERY (1877 bis 1955) die DNS als transformierendes Agens in Bakterien.

- 1952 zeigen A. D. HERSHEY (geb. 1908) und CHASE, daß Phagen die genetische Information nur in der DNS enthalten.
- 1953 berechnen und beschreiben J. D. WATSON (geb. 1928) und F. H. CRICK (geb. 1916) ein Modell der DNS-Struktur, das sich inzwischen als richtig erwiesen hat. Danach ist das DNS-Molekül eine Doppelschraube, die aus zahlreichen Nukleotiden besteht.
- 1953 gelingt dem Chemiker St. L. MILLER die künstliche Erzeugung von Aminosäuren durch elektrische Entladungen in einem Gasgemisch aus Methan, Ammoniak, Wasserstoff und Wasserdampf; damit erhält die Hypothese OPARINS (→ S. 403) über die Entstehung des Lebens auf der Erde experimentelle Unterstützung.
- 1953 entdeckten F. LYNEN (geb. 1911) und LIPMAN (geb. 1899) das Koenzym A, danach konnte die Reaktion, die die Verbindung zwischen Glykose und Säurezyklus im Stoffwechsel herstellt, teilweise aufgeklärt werden.
- 1953 gelingt dem nordamerikanischen Chemiker F. SANGER (geb. 1918) die Aufklärung der Struktur des Insulins, er erhält dafür 1958 den Nobelpreis für Chemie.
- 1955 veröffentlicht M. CALVIN (geb. 1911) seine Theorie über die Reduktion des Kohlendioxids in einem Reaktionszyklus bei der Photosynthese. Er erhielt dafür 1961 den Nobelpreis.
- 1957 erhält der Chemiker A. TODD (geb. 1907) den Nobelpreis für Chemie für seine Forschungen auf dem Gebiet der Enzyme und Nukleinsäuren.
- 1959 gelingt S. OCHOA (geb. 1903) und A. KORNBERG (geb. 1918) die Aufklärung der Biosynthese der DNS und der RNS. Nobelpreis 1959.
- 1960 gelingt die Synthese des Chlorophylls durch die Chemiker M. STRELL (geb. 1912) und A. KALOJANOW.
- 1961 erkennen die französischen Wissenschaftler F. JACOB (geb. 1920), J. MONOD (1910 bis 1976) und A. LWOFF (geb. 1903) die genetische Regulation des Mechanismus der Proteinsynthese; sie erhalten dafür 1965 den Nobelpreis.
- 1961 wird durch S. BRENNER (geb. 1927), F. JACOB (geb. 1920) und M. MESSELSOHN (geb. 1930) die Messenger-RNS als Matrize der Proteinsynthese erkannt.

- 1961 wird in der DDR die Schutzimpfung gegen Kinderlähmung für alle Kinder gesetzliche Pflicht. Sie wird, wie alle Impfungen, kostenlos durchgeführt. Seither ist in der DDR kein Todesfall infolge Kinderlähmung mehr zu verzeichnen.
- 1961 gelingt M. W. NIRENBERG (geb. 1927) die Synthese eines Eiweißmoleküls mit Hilfe künstlicher DNS.
- 1961 bis 1966 arbeiten M. W. NIRENBERG (geb. 1927), I. H. MATTHAEI, H. G. KHORANA (geb. 1922), F. H. CRICK (geb. 1916), S. OCHOA (geb. 1905) und H. G. WITTMAN (geb. 1927) an der Aufklärung des Aminosäure-Kodes. Sie erhalten dafür 1968 den Nobelpreis.
- 1963 gelingt einem Forscherkollektiv die Synthese des ATP.
- 1966 wurde in der DDR (Dr. SCHUBERT, Halle) eine wirksame Prophylaxe gegen die Rh-Unverträglichkeit entwickelt.
- 1969 gelingt J. R. BECKWITH (geb. 1930), L. ERON und J. SAPIRO (geb. 1920) erstmals die Isolierung eines einzelnen Gens.
- 1970 gelingt H. G. KHORANA (geb. 1922) die Totalsynthese eines Gens.
- seit 1970 werden in der DDR alle in der Klinik geborenen Säuglinge auf die erbliche Stoffwechselkrankheit Phenylketonurie (PKU) untersucht. Diese in der Welt einmalige Maßnahme garantiert eine Früherkennung dieser Krankheit und damit die Möglichkeit, durch eine spezielle Nahrung eine nahezu normale Entwicklung des betreffenden Kindes zu erreichen, das sonst schweren körperlichen und geistigen Entwicklungsstörungen ausgesetzt wäre. PKU-erkrankte Kinder können in Kliniken in Greifswald, wo diese Methode entwickelt wurde, sowie in Berlin und Leipzig behandelt werden.
- ab 1970 werden in der DDR alle rh-negativen erstgebärenden Frauen immunisiert.

\* Abbildungshinweis

## A

abiotische Umweltfaktoren 325, 380 f.  
 Abprodukte 350 f.  
 Abstammungsgemeinschaft 14  
 –lehre 12, 305 f., 400 f.  
 Abwasser 345  
 Abwehrstoffe 128  
 ADP 194 f.\*, 199, 209 f., 233  
 Agglutination 185  
 Akkommodation 225\*  
 Aktionspotential 226  
 Alanin 176  
 Alkaloide 215  
 Allele 269\*  
 Allesfresser 86, 122\*  
 Alter 253 f.  
 Alternationsforschung 374  
 Alterssichtigkeit 225\*  
 Altmenschen 304  
 Aminierung 214\*  
 Aminosäure 176 ff.\*, 180 f., 200, 284, 405  
 –kode 406  
 –sequenz 181  
 Amnion 253  
 Ammoniakbildung 214\*  
 Amylopektin 190\*  
 Amylose 190\*  
 analoge Organe 294\*  
 Anaphase 236 f.\*  
 Anaphorese 393\*  
 Anatomie 11, 397  
 Anbau, standortgerechter 322  
 Aneuploidie 277  
 Angepaßtheit 293 f.\*  
 Anisogamie 31  
 anorganische Stoffe, Nachweisreaktionen 392

Anpassung 314  
 Antheridien 151\*, 166, 241\*, 245 ff.\*  
 Anthropologie 9  
 Antigene 185 f., 280  
 –kodons 266\*  
 –körper 185 f.  
 –poden 241\*  
 Apoenzym 182 f.\*  
 Arbeitsgeräte, Mikroskopie 386\*  
 –phase, Muskelbewegung 232 f.\*  
 –schutz 264  
 –techniken 381  
 –verfahren, biologische 377 ff.\*  
 Archaeopteryx 401  
 Archanthropinen 303  
 Archegonien 34, 41\*, 151\*, 166, 241\*, 245 ff.\*  
 Arginin 178  
 Art 9, 15, 20  
 Arten, geschützte 354  
 Arterien 85\*, 125 ff.\*, 218  
 Asparagin 178, 266\*  
 Assimilation 197 ff.\*, 211, 399, 401 f.  
 –, autotrophe 8, 197 ff.  
 –, heterotrophe 8, 197, 203 ff.\*  
 Assimilationsstärke 200  
 Äthansäure 192\*  
 Antagonisten 110  
 Atemsystem 112  
 Äthylalkohol 209 f.\*  
 Äthanol 209 f.\*  
 Äthansäure 192\*, 211  
 Atmung 86 f.\*, 197, 205 ff.\*, 211 ff.\*, 398  
 –, Dissimilation 205  
 Atmungsferment 403  
 –kette 207 f.\*

–organe 113\*, 115\*, 131  
 –quotient 208  
 ATP 194 f.\*, 199 f.\*, 207, 209 f., 226, 233, 404, 406  
 Auge 138 ff.\*, 223 ff.\*  
 Augenfleck 28\*  
 Auslesezüchtung 359\*  
 Ausscheidung 130  
 Ausscheidungssystem 130 ff.\*  
 –organ 57\*, 60\*, 65\*, 68\*, 131 f.\*  
 Außenparasiten 71  
 –skelett 67, 75, 103 f.\*  
 Australopithecinen 303  
 Autökologie 379  
 Autosome 280  
 Axon 144, 227 f.\*

## B

Bärlappe 18\*  
 Bandwürmer 58 f.\*  
 Bakterien, Bau 18\*, 24 f.\*, 213 f.\*  
 –kulturen 382  
 –, Übertragung der Erbinformation 273  
 Bakteriophagen 21 f.\*, 273\*, 403  
 Basenpaaraustausch 274 f.\*  
 –paarung 260, 262  
 –sequenz 261  
 Bastarde 268  
 Bauchmark 58, 64 f.\*, 67\*  
 –speicheldrüse 82\*, 121\*, 136\*  
 Bedecktsamer 18\*, 39, 43 ff.\*, 243 f.\*  
 Befruchtung 87, 243 ff.\*, 253  
 Begattung 243, 253



Beimpfen, Nährböden 383\*  
 Benennung, Organismen 20  
 Beobachtungsmethode 375 f.  
 Bestandsaufnahme 380  
 Bestäubung 243, 398  
 Bestimmen, Pflanzen und  
 Tiere 377  
 Beuteltiere 91\*  
 Bewässerung 334, 338  
 Bewegungssinn 141\*, 222  
 –system 109 ff.\*  
 –nerven 147\*  
 Bilateria 192  
 bilateral-symmetrische  
 Pflanzen 149\*  
 – Tiere 102  
 Bildungsgewebe 152, 159\*  
 Biochemie 12  
 Biogeographie 12  
 Biokatalysatoren 181 f.  
 Biologie 7, 355 f., 373 ff., 399  
 biologische Evolution 301  
 – Kampfmittel 367  
 – Oxydation 205 f.\*, 207,  
 212\*  
 – Schädlingsbekämpfung  
 334 f.  
 – Stoffproduktion 332, 356 f.  
 – Systeme 7 ff.  
 biologischer Regelkreis 231\*  
 biologisches Gleichgewicht  
 323, 337  
 Biologismus 370 ff.  
 Biomasse 330, 373  
 Bionik 12, 361  
 Biophysik 12  
 Bioregion 326  
 Biosphäre 9, 307, 326, 403  
 Biostroma 8f.  
 Biosynthese, Regulierung 373  
 biotische Faktoren 315  
 Biotop 307  
 Biozide 336 f.\*, 351 f.  
 Biozönose 9, 323 ff.\*  
 Bläschendrüse 132\*, 135\*  
 Blättermagen 122\*  
 Blasenkeim 250\*  
 Blastula 250\*  
 Blatt 161\*, 164\*, 165\*  
 –metamorphosen 293\*  
 Blut 128 f.\*  
 –, Stofftransport 217 f.\*

–eiweiße 184 ff.  
 Bluterkrankheit 281 f.\*  
 Blutgefäße 79\*, 218\*  
 –gefäßsystem 61, 64\*, 70, 75,  
 85\*, 124 f.\*, 218  
 –gruppen 186, 280 f.\*, 402  
 –gerinnung 128, 184 f.  
 –kapillaren 114\*  
 –körperchen 128 f.\*  
 –kreislauf 85 f.\*, 218\*, 397  
 –plasma 128, 184 ff.  
 –plättchen 129\*, 185  
 –serum 128, 186  
 Blüten 166 ff.\*  
 –diagramm 167\*  
 –stände 168\*  
 Boden 339, 348 ff., 381  
 –reaktion 314  
 Botanik 10  
 Boten-RNS 263 f.\*  
 Brenztraubensäure 192\*, 206,  
 209 f.\*  
 Brustlymphgang 129 f.\*  
 Brutknospen 172\*, 239\*  
 –körper 172\*  
 –pflege 87

## C

chemische Kampfstoffe 368  
 – Reaktion, Organismen 314  
 – Verbindungen, Zelle 173\*  
 Chemosynthese 197, 202 f.  
 Chemotaxis 234\*  
 Chitin 191\*  
 Chlorophyll 196\*, 402 f., 405  
 Chlorophyta 26 ff.  
 Chloroplasten 95 ff.\*, 196, 198  
 Choleraerreger 402  
 Chondrom 260  
 Chorda 82  
 Chordatiere 17\*, 78 ff.\*, 82\*,  
 85\*  
 Chorda dorsalis 78 f.\*  
 Chorion 253  
 Cowpersche Drüse 135\*  
 Chromatide 267\*  
 Chromatin 95 f.\*  
 Chromatographie 339\*,  
 392 f.\*  
 Chromomeren 267\*

Chromonema 267\*  
 Chromoplasten 97\*  
 Chromosomen 236 f.\*, 242,  
 267 f.\*, 276\*  
 –mutation 276\*  
 –satz 242, 268, 280  
 –theorie, Vererbung 270 f.\*,  
 403  
 –zahl 268  
 Crossing-over 272\*

## D

Darm 64 f.\*, 75 f.\*, 120 f.\*  
 –system, verzweigtes 120\*  
 –zotten 118\*  
 Dauergewebe 152  
 –präparat, Herstellen 387  
 Demökologie 379  
 Denaturierung 182  
 Dendrit 143 f.\*, 229\*  
 Denken 231  
 Desaminierung 278\*  
 Desoxyribonukleinsäuren  
 259 ff.\*, 273 f., 404 ff.  
 Desoxyriboside 188\*, 195  
 Differenzierung 291 f.\*  
 Diffusion 216\*  
 Diphosphat 195\*  
 diploid 268  
 Diplophase 245 ff.\*  
 Disaccharide 189\*  
 Dissimilation 197 f.\*, 205 ff.\*  
 –, Zusammenhänge Assimila-  
 tion 211  
 Disulfatbindungen 181  
 DNS 259 ff.\*, 273 f., 278 f.\*,  
 404 ff.  
 –, Schäden, Reparatur 278 f.\*  
 –, Struktur 405  
 Doldengewächse 48\*  
 Domestikation 360  
 Donor 273  
 Doppelhelixstruktur 262\*  
 Doppellamellen 97\*  
 Doppelstränge, DNS 262  
 Dornfortsatz 147\*  
 Drucksinn 223  
 Dryopithecinen 303  
 Düngung 337  
 –, Auswirkung 333\*

Dunkelfeldbeleuchtung 385\*  
Dunkelreaktion 199 f.\*, 212\*,  
403

**E**

Effektor 228  
Egel 17\*, 66\*  
Eierstock 57\*, 60\*, 79\*,  
132 ff.\*, 241\*  
Eifollikel 133  
Eileiter 132\*, 134\*  
Eingeschlechtigkeit 240  
Eingeweidesack 75 f.\*  
Einheiten, gesetzliche 295 f.  
Einkeimblättrige 18\*, 45 f.\*  
Einzeller 99  
Eiweiße 176 ff.\*, 180, 181 f.\*  
Eiweißstoffwechsel 212 f.\*  
–synthese 213  
Eizelle 171\*, 240 f.\*, 243 ff.\*,  
399 f.  
Ektoderm 53 f.\*, 85\*, 252  
Ektoparasiten 316  
Elektronenmikroskop 404  
Elektrophorese 393\*  
Elemente 174  
Elterngeneration 235  
Embryonalentwicklung 242,  
249, 251, 253, 398  
Embryosack 44\*, 241\*, 244\*  
–kern 171\*, 244\*  
Empfindungsnerven 147\*  
endoplasmatisches Retikulum  
95 ff.\*  
Endoxydation 207  
energetische Beziehungen 396  
Energiebedarf, Mensch 362 f.  
–fluß im Ökosystem 330 f.\*  
–wechsel 197 ff.\*  
Entoderm 53 f.\*, 252  
Entoparasiten 316  
Entwässerung 334, 338  
Entwicklung 72, 255\*, 257  
–, nachgeburtliche 254  
Entwicklungsfaktoren  
287 ff.\*  
–phasen, Pflanzen 257 f.\*  
–regeln 295  
–tendenzen, phylogenetische  
291 ff.\*

–zwang, stammesgeschicht-  
licher 296  
Enzyme 181 ff., 203 f., 207,  
400, 405  
Epidermis, Pflanzen 34\*, 36\*,  
152, 158 f.\*, 163 f.\*  
–, Tiere 79\*, 84, 116 f.\*  
Epithelmuskelzelle 54\*  
–schicht 53 f.\*, 64  
Erbanlage 268, 402  
–gut 259 f.  
–information 259, 263, 273 f.\*  
–krankheiten 281 f.\*, 367  
–träger 260  
Erholungswesen 365  
Erkenntnismethoden 375  
Ernährung 86, 362, 373  
–, autotroph 33, 35  
–, heterotroph 30, 51  
Erosion 349  
Erregung 226  
Erregungsleitung 227 f.\*  
–übertragung 228 f.\*  
Erstbesiedler 35  
Erste Hilfe 394 f.  
Ertrag, Produktion 332  
Ertragssicherheit 337  
–steigerung 322  
Erythrozyten 128 f.\*, 185 f.  
Essigsäure 192\*  
–gärung 211  
Ethologie 11  
Euploidie 276 f.  
Evolution 7, 298 ff., 301  
–sfaktoren 279, 287 ff.\*, 291  
Exkretion 130, 218 f.  
experimentelle Methode 375 f.  
Explantation 257  
extranukleare Mutation 277  
Extremitäten 67 ff.\*, 81,  
83 f.\*, 105 f.\*  
Exzision 279\*

**F**

Fächerlungen 67\*  
Fadengeflecht 150\*  
–würmer 60 f.\*  
Faltung 252  
Familie, Förderung 365  
Fangarm 53\*

–blätter 165\*  
Fangen, Naturobjekte 377 ff.  
Farne 18\*, 36 f.\*  
Fäulnis 211  
Federn 84\*, 116 ff.  
Festigungsgewebe 153 f.\*,  
159\*  
Fettbildung 213  
Fette, Eigenschaften 193  
Fettspeicherzellen 117\*  
–stoffwechsel 213  
Fibrillen 109\*  
Fibrin 184 f.  
Fibrinogen 128\*, 185  
Fische 17\*, 81\*, 88\*  
Flachwurzler 155\*  
Flechten 18\*, 32, 401 f.\*  
–thallus 32\*  
Fleischbeschau 58, 61  
–fresser 86, 122\*  
Flimmerbewegung 232  
Flügel 68\*  
Fötus 253  
Follikel 241\*  
–sprung 134, 242\*  
–wachstum 242\*  
Formenlehre 11  
Fortpflanzung 87, 133 ff.,  
166 ff.\*, 171 f.\*, 235 f.\*,  
238 f.\*  
–, geschlechtlich 87, 166 ff.\*,  
235 ff.\*, 239 ff.\*  
–, ungeschlechtlich 171 f.\*,  
235, 238 f.\*  
Fortpflanzungsorgane,  
Pflanzen 166 ff.\*  
–system 133 ff.  
–, Wirbeltiere 87  
Fossilien 10, 296 ff.\*  
Fremdbestäubung 243  
Frucht 168 ff.\*  
–, Bau 169\*  
–, Entwicklung 257  
–blätter 166 f.\*  
–folge 337  
–knoten 166 f.\*  
–körper 31\*, 151\*  
–schuppen 166 f.\*  
–wechselwirtschaft 399  
Früchte, Verbreitungsein-  
richtungen 170\*  
Fruktose 187\*, 200\*, 206

Frühmenschen 303  
 Fühlerformen 70\*  
 Funktionsdifferenzierung 148\*  
 –prinzipien lebender Systeme 361  
 Furchung 250 f.\*, 253  
 Furchungstyp 250\*  
 –zellen, Entwicklung 256\*  
 Fuß, Schnecke 75 f.\*  
 –scheibe 53\*

## G

Gallenblase 121\*  
 Gallerte 103\*  
 Gametangien 29, 151\*, 242  
 Gametangium 151\*  
 Gameten 151\*, 235, 240\*, 242, 245 ff.\*  
 –bildung 241\*  
 Gametogamie 27, 240\*  
 Gametophyt 35, 37\*, 41, 44, 245 ff.\*  
 Ganglien 70  
 Gärung 197 f., 209 ff., 398  
 Gärprozesse 211  
 Gasaustauscher 113, 205  
 Gastralraum 53\*, 56  
 Gastrula 53, 56, 252, 256\*  
 Gastrulation 251 f.\*  
 Gastrulationstypen 251\*  
 Gebärmutter 132\*, 134\*, 242\*  
 Gebiß, Mensch 123\*  
 –typen 123\*  
 Geburt 253 f.  
 Gefäße, Pflanzen 154\*, 159\*  
 –, Tiere 78 f., 124 ff.\*  
 Gefäßsystem 78 f., 124\*, 129  
 Gehirn 85\*, 145 f.\*  
 Gehörsinn 222  
 Geißelalgen 18\*, 28\*, 51  
 –tierchen 16\*, 50, 52\*  
 Gel 182  
 Gelbkörperhormon 242\*  
 Gelenke 107 f.\*  
 Gen 259, 262 f., 266 f.\*, 373, 402, 406  
 –aktivität 266 f.\*  
 Generationswechsel 35, 37, 41\*, 44, 55, 58, 72, 245 ff.\*  
 generative Phase 257 f.\*  
 Genetik 11, 404  
 genetische Information 259  
 – Manipulation 370  
 genetischer Kode 263  
 genetisches Material 262, 373  
 Genmutation 274 f.\*  
 Genom 260  
 –mutation 276 f.  
 Genotyp 269 ff., 280\*, 287 ff.\*  
 Geotropismus 234\*  
 Gerinnung, Eiweiße 182  
 Geruchssinn 141 f.\*, 223  
 Geschlechtsbestimmung 280 f.\*  
 –chromosomen 280  
 –organe, Mensch 134 f.\*  
 –verhältnisse 240 f.\*  
 –zellen 241 ff.\*  
 Geschmackssinn 141 f.\*, 223  
 –sinnesorgane 142\*  
 geschützte Arten 354  
 Gesichtssinn 222  
 Gestaltlehre 11  
 Gesunderhaltung 362 ff.  
 Gesundheitsschutz 363  
 Gewässer, Reinhaltung 345 f.  
 Gewebe, pflanzliche 100\*, 152 ff.\*  
 –differenzierung 252  
 –, tierische 101\*  
 Gliederfüßer 17\*, 63\*, 66 ff.\*, 71 ff.\*  
 –tiere 17\*, 61 f.  
 Gliederung, Pflanzenkörper 148\*  
 Gliedmaßen skelett 105 f.\*  
 Glukose 187\*, 206, 233  
 Glykogen 190\*, 233  
 Glykolyse 206\*, 209 f., 212\*  
 Glutamin 178, 266\*  
 –säure 178, 263  
 Glycerin 176, 193  
 –aldehyd 188\*, 199 f., 206, 209 f.\*  
 –säure 191\*, 199 f.\*, 206, 209 f.\*  
 Gonaden 133 ff., 242  
 graue Substanz 146 f.\*  
 Großhirn 146 f.\*  
 –felder, Mensch 146\*  
 Grundgewebe 152

–plasma 95 f.\*  
 –stoffwechsel 212, 214  
 Gürtelwürmer 17\*, 62\*, 65\*

## H

Haare 84\*, 116 ff.  
 –, Pflanzen 153\*  
 Häm 196\*, 404  
 Hämoglobin 128, 196\*  
 Hahnenfußgewächse 48\*  
 haploid 268  
 Haplophase 245 ff.\*  
 Harnausscheidung, Säuger 132\*, 134, 219\*, 232  
 –stoff 219\*, 399  
 Haut 84\*, 116 ff.\*, 131, 142 f.\*, 152 f.\*  
 –atmung 112, 115\*  
 –bildung 117 f.  
 –muskelschlauch 57\*, 60\*, 64 f.\*, 103\*  
 Häutung 67  
 Herbarisieren 388\*  
 Herbizide 351  
 Herbersiszüchtung 271, 360  
 Heterosomie 280  
 heterotrophe Assimilation 203 ff.  
 heterozygot 270 f.\*  
 Herz 67 f.\*, 75 f.\*, 85\*, 125 f.\*, 218  
 Herz-Kreislauf-Erkrankungen 366  
 Hexose 187\*  
 Hierarchie, enkaptische 8  
 Hinterleib 68 f.\*  
 Histidin 179  
 Hoden 57\*, 132 i.\*, 135 f.\*, 241\*  
 Höherentwicklung 291  
 Hörsinnesorgane 139  
 Hohlraumssysteme 124\*  
 Hohltiere 17\*, 53 ff.\*  
 Holoenzym 182  
 Holzstoff 98  
 Hominoide 303  
 homologe Organe 293 f.\*  
 Homo sapiens 304  
 homozygot 270 f.\*  
 hormonale Regulation 256

Hormondrüsen 136\*  
 Hormonsystem 136\*  
 Hormone 255  
 Hülse 169\*  
 Humangenetik 282  
 Hydrolasen 184, 204  
 hydrolytische Spaltung 204  
 Hygiene 362  
 Hygrophyten 313  
 Hyphen 150 f.\*  
 Hypoxanthin 194\*

## I

identische Replikation 262  
 Idiotyp 259  
 Imago 255\*  
 Immunität 186  
 Individualentwicklung 7, 236,  
 249, 253, 257, 318 f.  
 Infektionskrankheiten 363  
 Innenskelett 78, 81 f.\*, 104 ff.\*  
 Insekten 17, 62 f.\*, 68\*, 72 f.\*  
 –bestäubung 398  
 –fresser 86, 91\*  
 Insektizide 351  
 Insulin 136, 405  
 Internodien 157\*  
 Interzellularen 163 f.\*  
 Iris 138 f.\*  
 Isogamie 31, 240\*  
 Isolation 288 ff.\*  
 Isoleuzin 177  
 Isomerasen 184  
 isospore Farne 37\*

## J

Jetztmenschen 304  
 Joule 363, 396  
 Jugendalter 253 f.  
 Jugendschutz 365  
 Jungfernzeugung 72

## K

Käfer 73\*  
 Kalorien 396  
 Kälterezeptor 142 f.\*

Kambium 258\*  
 Kampfmittel, biologische  
 367 f.  
 Kapillaren 85\*, 125 ff.\*  
 Karbohydrasen 184  
 Karbonsäuren 176, 193  
 –säurereste 193  
 karboxylierende Phase 199  
 Karotinoide 193  
 Kataphorese 393\*  
 Kategorien 9, 15, 20  
 Katastrophentheorie 399  
 Keimblätter 57, 252  
 –blattbildung 252  
 –drüsen 57\*, 64\*, 67 f.\*,  
 75 f.\*, 81\*, 133 ff.\*  
 Keimling 171\*, 253  
 Keimscheibenfurchung 250\*  
 –schicht 116 f.\*  
 Keimung 257 f.\*, 312  
 Keimwurzel 155  
 –zellen, Mensch 242\*  
 Kelchblätter 166 f.\*  
 Kernäquivalent 24 f.\*  
 –grundplasma 95 f.\*  
 –membran 95 ff.\*  
 –phasenwechsel 245  
 –plasma 96  
 Ketosäuren 180  
 Ketoglutar säure 192\*  
 Kieferknochen 122\*  
 Kieferlose 88\*  
 Kiemen 76\*, 81\*, 86\*, 113\*,  
 115\*, 118\*  
 –darm 78 f.\*  
 –formen 113\*  
 –spalten 78 f.\*  
 Kindesalter 253 f.  
 Klokke 81\*  
 Kloakentiere 91\*  
 Knochen 107 f., 128  
 –fische 81\*, 88\*  
 Knorpelfische 82 f.\*, 88\*  
 Knospung 55, 239\*  
 Koazervat 286\*  
 –hypothese 285  
 Koenzym A 182 f.\*, 195, 405  
 Kohlendioxid 131, 198 ff.,  
 219, 398  
 Kohlendioxidassimilation  
 398  
 Kohlenhydrate 186 ff.\*, 200

Kohlenhydratstoffwechsel  
 191 f.\*, 212 f.\*  
 Kohlenmonoxid 347 f.  
 Kohlenstoff, Kreislauf 213\*  
 –assimilation 197 f., 202  
 Kohlenwasserstoffe 347  
 Kollenchym 153 f.\*  
 Kolloid 175, 182  
 Komplexauge 70 f.\*, 138\*  
 Konidienträger 151\*  
 Konjugation 51, 239  
 Konkurrenz 315, 319\*  
 Konsumenten 329\*  
 Konvergenzen 295\*  
 Kopfbruststück 67\*  
 Kopfganglion 57 f.\*  
 –füßer 16\*, 76 f.\*  
 Kopulation 51  
 Korallentiere 55 f.\*  
 Korbblütengewächse 49\*  
 Korium 84  
 Kormophyten 18\*, 36, 39,  
 43, 152, 155, 157  
 Kormus 148\*, 152  
 Korneallinse 70\*  
 Körpergliederung, Tiere 81,  
 101 f.\*  
 Kosmosbiologie 374  
 Krebstiere 17\*, 62 f.\*, 67\*,  
 72 f.\*  
 –forschung 366  
 Kreislauferkrankungen 365  
 –systeme 124 ff.\*  
 Kreuzblütengewächse 47\*  
 Kreuzung 268 ff.\*  
 –szüchtung 271, 359 f.  
 Kriechtiere 88 f.\*  
 Kronblätter 166 f.\*  
 Kutikula 34, 36, 60\*, 64 f.,  
 67, 98, 152  
 Kutin 98  
 Kutis 117  
 Kulturpflanzen 322, 360 f.  
 –landschaft 341  
 Kurztagspflanzen 311

## L

Labmagen 122\*  
 Lagerpflanzen 18\*  
 Laktoflavin 403

Laktose 189\*  
 Landeskultur 342 f.\*, 353 f.  
 Landschaftsgestaltung 341  
 -schutzgebiete 353  
 landwirtschaftliche Kulturen,  
   pH-Wert 314  
 - Produktion, Steigerung 358  
 Langtagspflanzen 311  
 Lanzettfischchen 78 f.\*  
 Lärm 350  
 Larve 72\*, 255\*  
 Laubblätter, Bedecktsamer  
   162 ff.\*  
 -, Nacktsamer 162 ff.\*  
 Laubmoose 18\*  
 Leben 7  
 -, Entstehung 283 ff.\*, 403  
 lebende Materie 283  
 Lebensraum 307  
 Leber 75 f.\*, 79\*, 121\*  
 Leibeshöhle 16\*, 60 f., 64\*,  
   67, 70  
 Leitbündel 258\*, 158 f.\*  
 -gewebe 154\*, 158 f.\*  
 Leukoplasten 97  
 Leukozythen 128 f.\*  
 Leuzin 177, 266\*  
 Lezithin 193  
 Lichtfaktor, Pflanzen und  
   Tiere 310  
 -reaktion 198 f.\*, 200\*, 212\*,  
   404  
 -sinnesorgan 137 ff.\*, 223,  
   231\*  
 Ligasen 184  
 Lignin 98  
 Lipasen 184, 193  
 Liliengewächse 46\*  
 Linsenaugen 71, 138\*  
 Lipide 96, 193  
 Lippenblütengewächse 49\*  
 Luft 339, 347 f.  
 Lungen 86 f.\*, 113 ff.\*, 118\*,  
   121\*  
 Lurche 17\*, 88 f.\*  
 LSD 404  
 Lyasen 184  
 Lymphe 129 f.  
 Lymphgefäßsystem 129 f.\*  
 Lymphozyten 130  
 Lysergsäurediäthylamid 404  
 Lysin 179

## M

Magen 121\*  
 -höhle 53\*, 119\*  
 Makrosporangien 247\*  
 Makrosporen 37\*, 247 f.\*  
 Maltose 189\*  
 Malzzucker 189\*  
 Manipulation, genetische 370  
 Manteltiere 17\*, 79\*  
 Markscheide 143 f.\*, 228\*  
 Materie, lebende 283  
 Maulbeerkeim 250\*  
 Medusen 53, 55 f.  
 Meere, Nutzung 357  
 Meeresringelwürmer 66\*  
 Mendelsche Gesetze 270 f.\*,  
   401 f.  
 medizinische Forschung,  
   DDR 366  
 Meiose 236 f.\*, 248 f.\*, 242,  
   245, 249  
 Membran 95 f.\*, 228\*  
 -systeme 95 f.\*  
 Menschenähnliche 303  
 Menschenbild, marxisti- ch-  
   leninistisches 356  
 Mensch, biologischer Miß-  
   brauch 370  
 Menschenrassen 304 f.\*  
 Mensch, stammesgeschicht-  
   liche Entwicklung 301 ff.  
 Menstruation 242\*  
 Merkmalsausbildung 264\*,  
   269  
 Merkmalskomplex 19 f.  
 m-RNS 263 f.\*  
 Mesoderm 57, 84, 177, 252  
 Mesosome 24 f.\*  
 Metamorphosen 72, 255,  
   293\*  
 Metaphase 236 f.\*  
 Mikrobiologie 10  
 -organismen 10  
 -sporen 247\*  
 Mikroben-Genetik 404  
 Mikrobiologie 398, 402  
 -prothallium 247\*  
 Mikroskop 383 f.\*, 397, 401  
 Mikropräparate 385  
 -sporen 37\*, 248\*  
 -sporangien 247\*

Milchdrüsen 117  
 -säure 191\*, 233  
 -säuregärung 210  
 Milchsücker 189\*  
 Milzbranderreger 402  
 Mischerbigkeit 269\*  
 Mitochondrien 95 f.\*, 272  
 Mitose 236\*, 249\*  
 Modellmethode 375  
 Molekularhypothese 285  
 Monokarbonsäuren 193  
 -kulturen 334  
 -saccharide 187 f.\*, 209 f.\*,  
   284  
 -somie 277  
 Moose 18, 34 f.\*  
 Morphologie 11  
 Morula 250\*, 256\*  
 Mosaikkeime 255 ff.\*  
 Mumifizierung 297  
 Mundgliedmaßen Insekten 71\*  
 -höhle 78\*, 115\*, 121\*  
 -öffnung 53\*, 57, 60, 64\*, 70,  
   76\*, 78\*  
 -werkzeuge 68\*  
 Muscheln 16\*, 76 f.\*  
 Muskel 109 ff.\*  
 -bewegung 232 f.  
 Muskulatur 109 ff.\*  
 Mutagenen 278  
 Mutationen 269, 274 ff.\*,  
   287\*, 291  
 Mutationszüchtung 360  
 Müttersterblichkeit 364\*  
 Mutter und Kind, Schutz 364\*  
 Myelinscheide 144  
 Myofibrillen 232  
 Myzel 31 f.\*, 150\*

## N

Nacktsamer 18\*, 39 ff.\*, 243  
 Nähragar 381 f.  
 -böden 381 f.\*  
 -gewebe 171\*  
 -stoffe, Spaltung 204  
 Nahrung 204  
 -svakuole 50, 119\*, 203  
 -sketten 330\*, 336\*, 357  
 Nadelhölzer 18\*  
 Nagetiere 92\*, 123\*



NAD 195  
 NADH<sub>2</sub> 210  
 NADP 199  
 NADPH<sub>2</sub> 200  
 Neandertaler 400  
 Neanthropinen 304  
 Narbe 166 f.\*, 244\*  
 Nastien 234\*  
 Nektar 219  
 Nektarien 166  
 Neosozialdarwinismus 371  
 Natur 338 ff.\*, 342, 354 ff.  
 –denkmale 354  
 –objekte, Fangen und Sam-  
 meln 377 ff.  
 –schutz 353 f.  
 –schutzgebiete 353\*  
 Nephridien 64 f.\*, 131\*  
 Nerv 57\*, 60\*, 117\*, 143 f.\*,  
 228 f.\*, 403 f.  
 Nervenfasern 143 f.\*  
 –stränge 57\*, 60\*  
 –tätigkeit 402  
 –systeme 60\*, 70\*, 75 f.\*, 85\*,  
 143 ff.\*  
 –zelle 54\*, 143 f.\*  
 Nesseltiere 53 ff.\*  
 Netzhaut 138 f.\*  
 –magen 122\*  
 Neumundtiere 16\*, 78, 252 f.\*  
 Neuriten 144 f.\*, 229\*  
 Neuralrohr 78 f.\*  
 Neuronen 228  
 Nieren 81 f.\*, 131 f.\*, 219  
 Nikotinsäureamid-Adenin-  
 Dinukleotid 195  
 –phosphat 195  
 Nodien 157  
 Nukleinsäuren 181, 194 ff.\*,  
 260, 405  
 Nukleolus 267\*  
 Nukleotide 194 ff.\*



Oberflächenfurchung 250\*  
 Oberschlundganglion 64 f.\*,  
 68\*, 145\*  
 Ohr 140 f.\*  
 Ökologie 10, 318 ff., 326 ff.,  
 379

ökologische Artengruppen  
 320 f.  
 – Beobachtungen 379 ff.  
 – Potenz 318 ff.\*  
 ökologisches System 326  
 Ökosystem 326 ff.\*, 330 f.\*,  
 333, 335 ff., 341  
 Ontogenese 7, 236, 249, 253,  
 255 f.  
 Oogamie 31, 151\*, 240\*  
 Organ 101  
 –bildung 252  
 organische Stoffe, biogene  
 Synthese 286  
 – Verbindungen, Nachweis-  
 reaktionen 391 f.  
 Organismen 8, 13 f., 20,  
 296 ff., 310, 314 f., 322 ff.,  
 339  
 Organismus und Umwelt,  
 Beziehungen 310 ff.  
 Organsysteme 101  
 Osmose 216\*  
 Ovarien 133 f.\*, 241 f.\*  
 Oxalessigsäure 192\*  
 Oxydation, biologische 212\*  
 Oxydoreduktasen 183, 196,  
 198\*, 207 f.\*

## P

Paarhufer 84\*, 93\*  
 Paläanthropinen 304  
 Paläontologie 10  
 Palisadenschicht 163 f.\*  
 Papierchromatographie 393\*  
 Parasiten 30 f., 58, 61, 71,  
 76  
 Parasitismus 61, 205, 316  
 Parenchym 152  
 Parthenogenese 72  
 Penis 132\*, 135\*  
 Penizillin 404  
 Pentose 188\*, 194 f.  
 Pflanzen 8, 18\*, 148 ff.\*,  
 300\*, 313 f.  
 –fresser 65, 71, 76, 86, 121 f.\*  
 –, Geschlechtigkeit 240 f\*.,  
 398  
 –, einkeimblättrige 45 f.\*  
 –physiologie 398  
 –produktion 337 f.  
 –zelle 95 f.\*, 173\*  
 –züchtung 358 f.  
 –, zweikeimblättrige 45\*,  
 47 ff.\*  
 Phagen 211 f.\*, 405  
 Phänotyp 269, 280, 290  
 Phenylalanin 179  
 Phenylketonurie 406  
 Phosphatide 193  
 Phosphorsäure 194  
 –säurereste 195  
 Photosynthese 197 ff.\*, 405  
 –taxis 234\*  
 –tropismus 234\*  
 Phylogenese 8  
 Phylogenie 12  
 Physiologie 11  
 Phytoönose 380  
 Pilze 18\*, 30 ff.\*, 382  
 Planktonfresser 76, 86  
 Plasmabewegung 232  
 –wachstum 258\*  
 –lemma 95 ff.\*  
 Plasmolyse 217  
 Plasmotyp 272  
 Plastiden 96  
 –vererbung 272  
 Plastom 260  
 Plattenepithel 116 f.  
 Plattwürmer 16\*, 57 ff.\*  
 Plazenta 253  
 Pockenschutzimpfung 399  
 Pollen 166 f.\*, 243 f.\*  
 –kern 40 f.\*, 241\*, 244  
 –sack 166 f.\*, 248\*  
 Polymerasen, DNS 262  
 Polypeptidkette 181  
 Polyploid 268  
 Polysaccharide 190 f.\*  
 Polysomie 277  
 Polypengeneration 55  
 Polypentiere 55\*  
 Population 287 ff.\*, 323  
 Potenz, ökologische 318 ff.\*  
 –, physiologische 318  
 Präparieren 388 ff.\*  
 Präpariergeräte 386\*  
 Primärproduktion 331  
 Primaten 94\*  
 Prolin 179  
 Propantriol 193



Prophase 236 f.\*  
 Prostata 132\*, 135\*  
 Proteasen 184  
 Proteide 180, 182  
 Proteine 96, 98, 180, 182,  
 185, 196  
 Proteinsynthese 264 ff.\*, 405  
 Prothallien 37, 166  
 Prothrombin 185  
 Protonema 245 ff.\*  
 Protepektine 190\*  
 Protoplasma 96  
 Psychopharmaka 369 f.  
 Pulszelle 126 f.\*  
 Pupille 139  
 Pupillennadaption 224\*  
 Purinbasen 194\*, 260 f.\*, 284  
 Pyrimidinbasen 194\*, 260 f.\*  
 Pyrrolverbindungen 196\*

## Q

Quellung 175  
 Querteilung 238\*  
 Quotient, respiratorischer 208

## R

Rachenraum 114\*  
 radialsymmetrische Tiere 102  
 – Pflanzen 149\*  
 Rassenkreise 305  
 Rastermutation 274 f.\*  
 Räuber 71, 76  
 Raubtiere 92\* 123  
 Raumfahrtmedizin 374  
 Redoxkette 198 f.\*  
 Reduzenten 329\*  
 Reflexe 229 ff.\*  
 Reflexzentrum 147, 229\*  
 Regelkreis 231\*  
 Regulation, hormonale 256  
 Regulationskeime 255 f.\*  
 –mechanismen 257  
 Reibplatte 75\*  
 Reinerbigkeit 269 f.\*  
 Reizarten 221  
 –adaptation 222  
 –barkeit 221  
 –beantwortung 229, 233 f.

Reize 221 f., 226  
 Rekombination 260, 272\*, 291  
 Replikation, identische 262  
 Reptilien 17\*  
 Resorption 204  
 respiratorischer Quotient 208  
 Resynthese 279\*  
 Retikulum 95 f.\*  
 Rezeptoren 137\*, 222  
 Rhesussystem 186  
 Rhizodermis 156\*  
 Rhizoide 34\*, 150\*  
 Rhizom 36, 160\*  
 Ribose 188\*, 195  
 Ribosom 95 ff.\*  
 Ribulose 188\*, 200\*  
 Rinde 156\*, 158 f.\*  
 Ringelwürmer 17\*, 62\*,  
 64 ff.\*  
 Ringgefäß 64\*  
 –muskulatur 65\*  
 Rippenquallen 55 f.\*  
 RNS 260 ff.\*, 263 ff., 405  
 Rohrzucker 189\*  
 Rübe 157\*  
 Rübenzucker 189\*  
 Rückbildung 291, 295\*  
 Rückengefäß 64 f.\*  
 –mark 145, 147\*  
 Ruhepotential 226\*  
 Rundwürmer 17\*, 60

## S

Samen 170 f.\*  
 –, Entwicklung 257  
 –anlage 167\*, 244\*, 248\*  
 –bildung 257  
 –farne 18\*  
 –leiter 132\*, 135\*  
 –pflanzen 18\*, 39  
 –schuppe 40 f.\*, 166 f.\*, 170  
 –zellen 243  
 Sammeln, Naturobjekte  
 377 ff.  
 Saprophyten 30 f.  
 Saprophytismus 205  
 Säugetiere 17\*, 82\*, 88,  
 90 f.\*, 244\*  
 Säugetierlunge 113 f.\*  
 Säuglingsalter 253 f.  
 –sterblichkeit 364  
 Sauggrüssel 71\*  
 –spannung 217  
 –würmer 58 f.\*  
 –wurzel 157\*  
 Säulenchromatographie 393\*  
 Säurekreislauf 206, 212\*  
 Säuren, Kohlenhydratstoff-  
 wechsel 191\*  
 Schachtelhalme 18\*  
 Schädellose 17\*, 79 f.\*, 82\*  
 Schädlingsbekämpfung 334 f.  
 Schattenblätter 165\*  
 –pflanzen 311  
 Schilddrüse 136\*  
 Schirmquallen 55 f.\*  
 Schleimhäute 118\*  
 Schließzellen 153\*  
 Schmarotzer 316  
 Schmetterlinge 74\*  
 Schmetterlingsblütengewächse  
 47\*  
 Schmerzsinneszellen 142 f.\*  
 Schnecken 16\*, 75 ff.\*  
 Schote 169\*  
 Schuppen 84\*  
 Schutzanpassung 293\*  
 Schwämme 16\*  
 Schwammschicht 107\*  
 Schwannsche Scheide 144  
 Schwanzlurche 83\*  
 Schweißdrüsen 117\*  
 Schwellenwert, Reize 222  
 Segmentierung 61  
 Segmentmutation 274  
 Sehen, räumliches 224  
 Sehnerv 138\*  
 –störung 225  
 –vorgang 223  
 Sekrete 218 f.  
 Selbstbestäubung 243  
 Selektion 288, 290 f.  
 –sfaktor 290  
 Sezieren, Tiere 389 f.\*  
 Siebröhren 36\*, 154\*  
 –zellen 159\*  
 Signalsystem, erstes 230\*  
 –, zweites 231\*  
 Sinne 222 ff.\*  
 Sinnesnervenzelle 137\*  
 –organe 70\*  
 –system 137 ff.\*

-zelle 54\*, 137\*, 142 f.\*  
 Sippe 15  
 Skelett, Mensch 106\*  
 -systeme 105 f.\*  
 Sklerenchym 154  
 Sohlengänger 84\*  
 Sol 182  
 somatische Zellen 274  
 Sozialdarwinismus 371  
 Spaltöffnungen 153\*, 163 f.\*  
 -pflanzen 18\*  
 Spaltung 238\*  
 -, Nährstoffe 204  
 Spaltungsgesetz 270\*  
 Spinalganglion 147\*  
 Spinnentiere 17\*, 62 f.\*, 67\*, 72\*  
 Spirillen 24\*  
 Speicheldrüsen 68\*, 121\*  
 -reflex 230 f.\*  
 Speicherblätter 165\*  
 -stoffe 220  
 Speiseröhre 121\*  
 Spermakern 41\*, 44\*  
 -tozoid 151, 241\*, 245 ff.\*  
 -zellen 240 f.\*, 243 f.\*  
 Spermien 133, 135\*, 241\*  
 Spezialisierung 291, 293 f.\*  
 Sporangium 35, 172\*, 245 ff.\*  
 Sporen 31\*, 171 f.\*  
 -bildung 238\*  
 -kapsel 34\*  
 -mutterzelle 245 ff.\*  
 -hierchen 16\*, 50, 52\*  
 Sporophyt 35, 41, 245 ff.\*  
 Sprache 231  
 Spraubachse 155 f.\*, 157 ff.\*  
 -, Umbildungen 160\*, 172\*  
 Spraubpflanzen 18\*  
 Stäbchen 138 f.  
 Stachelhäuter 17\*  
 Stamm 157  
 -bäume 17, 401  
 stammesgeschichtliche Entwicklung 7 f., 283 ff., 301  
 standortgerechte Pflanzenproduktion 322, 337  
 Stärke 96, 190\*  
 Statolith 141  
 Statozyste 141\*  
 Staubblätter 166 f.\*

Stengel 157  
 Sterilisation 400  
 Sterilisieren 382 f.  
 Stickstoff, Kreislauf 214\*  
 Stigmen 112\*  
 Stoffausscheidung 218 ff.\*  
 -produktion 331 f., 356 f.  
 -speicherung 156 f.\*, 220  
 -strom 329 f.\*  
 -transport 215 ff.\*  
 Stoffwechsel 197 ff.\*  
 -endprodukte 230 ff.\*  
 -, Grund- 214  
 -, Neben- 215  
 Streckungszonen 258\*  
 Strickleiternnervensystem 64\*, 145\*  
 Strudelwürmer 58 f.\*  
 Stummelfuß 69\*  
 -füßer 62 f.\*  
 Stützlamelle 53 f.\*  
 -systeme 103 ff.\*  
 Subkutis 84, 117  
 Substratoxydation 207  
 -spezifität 183  
 Sukkulente 313  
 Sukkulenz 295\*  
 Süßgräser 46\*  
 Symmetrieverhältnisse, Pflanzen 149\*  
 -, Tiere 102  
 Synapsen 228 f.\*  
 Synergisten 110  
 Synökologie 379  
 Symbiose 33, 317  
 System 15 f., 398  
 Systematik 11, 16 f.\*, 19 f.  
 systematische Kategorien 9, 15 f.  
 Systeme, lebende 361

## T

tagneutrale Pflanzen 311  
 Talgdrüsen 117  
 Tastsinn 117\*, 142 f.\*, 223  
 Taxien 234\*  
 Taxonomie 10 f., 19  
 Telophase 236 f.\*  
 Temperaturfaktor 321  
 -messungen 380

-sinn 142 f.\*, 223  
 Tentakel 53\*, 75  
 Testes 241\*  
 Tetanus 232  
 Thallus 148 ff.\*  
 Thallophten 18, 32, 149\*  
 Thermoregulation 312  
 Threonin 177  
 Thrombin 185  
 Thrombokinasen 185  
 Thrombozyten 185  
 Thymin-Dimer 279\*  
 Thymus 136\*  
 Thyroxin 136  
 Tiefwurzler 155\*, 313  
 Tiere 8, 16 f.\*, 101 ff., 300, 314, 312\*, 377  
 Tierfresser 65  
 -, Sezieren 389  
 -zelle 95 f.\*, 173\*  
 -, Züchtung 358 f.  
 Tochtergeneration 235  
 Toleranzbereich 318\*  
 Tonoplast 95 f.\*  
 Tracheen 112\*, 115\*, 154\*  
 Tracheiden 36, 154\*  
 Transduktion 273 f.\*  
 -kription 264 f.\*  
 -ferasen 183  
 -formation 273\*  
 -lation 265 f.\*  
 -plantation 257  
 Transpiration 217  
 Transport-RNS 265 f.\*  
 -systeme 124 ff.\*  
 Triplett 263  
 Triose 188\*  
 Triphosphat 195\*  
 Tropismen 234\*  
 Trypophan 179  
 Tuberkuloseerreger 402  
 Tüpfel 98\*  
 Turgor 98, 217, 233 f.  
 -bewegungen 234  
 Tyrosin 179

## U

Übergangsformen 297 f.\*  
 Übersichtlichkeit 225\*  
 Umwelt 307

-bedingungen 365  
 -belastungen 335 f.  
 -faktoren 307 ff.\*, 321  
 Umweltschutz 343  
 Unabhängigkeitsgesetz 271  
 Unfallschutz 394 f.  
 Uniformitätsgesetz 270\*  
 Unpaarhufer 84\*, 94\*  
 Ultrazentrifuge 403  
 Uratmosphäre 283 f.  
 Urerde 283  
 Urfarne 18\*  
 Urmenschen 303  
 Urmundtiere 16\*, 57, 60 f.,  
 75, 252 f.\*  
 Urtieren 16\*, 50 f.\*  
 Urogenitalsystem 132\*  
 Uroorganismen 284 ff.\*  
 Urvogel 401  
 Uterus 134\*, 242\*

## V

Vagina 134\*, 253  
 Vakuolen 50\*, 95 f.\*, 98, 131  
 Valin 177, 263  
 Variabilität 260  
 Vegetationskegel 161\*  
 -punkte 258\*  
 -körper 148 ff.\*  
 vegetative Phase 257 f.\*  
 Venen 85\*, 125 ff.\*, 218\*  
 Verbreitungseinrichtungen,  
 Pflanzen 166, 168 ff.\*, 170\*  
 Verdauung 203  
 Verdauungsenzym 219  
 -organe 121 ff.\*  
 -kanal 60\*, 67 f.\*  
 -system 119 ff.\*  
 Vermehrung 235  
 Vererbung 11, 259 ff., 270 f.\*,  
 280 f.\*  
 -, Blutgruppen 280 f.\*  
 -, Chromosomentheorie 270 f.\*  
 -, Mensch 280 ff.\*  
 -, Mitochondrien 272  
 -, Plastiden 272  
 Vererbungsgesetze 401  
 Vererbungslehre 11  
 Vergesellschaftungsformen  
 322 f.

Verhaltenswissenschaft 11  
 Verlandung 324\*  
 Versteinierung 297  
 verwandtschaftliche Bezie-  
 hungen, Pflanzen 18\*  
 Verwesung 211  
 Vibrionen 24\*  
 Vielborster 17\*, 62\*, 66\*  
 Vielfüßer 17\*, 62 f.\*, 68\*,  
 72 f.\*  
 Vielzeller 100 f.\*  
 Vitamin 182, 403 f.  
 Viren 10, 21 ff.\*  
 Virusformen 21  
 Vögel 17\*, 81\*  
 Vormenschen 303

## W

Wachstum 234 f., 258\*  
 Wachstumsbewegungen  
 234\*, 258\*  
 Wälder, Entwicklung 338  
 Wale 93\*  
 Wärmeregulation 117, 312  
 Wärmerezeptor 142 f.\*  
 Wasser 174 f., 334, 338 f.,  
 313, 343 ff.  
 -abfluß, Regulation 338  
 -, Bedeutung 174  
 -faktor, Anpassung 313 f.  
 -haushalt, DDR 344  
 -stoffbrücken 181\*, 261  
 Wenigborster 65\*  
 Weichtiere 16\*, 75 ff.\*  
 weiße Substanz 146 f.\*  
 Weitsichtigkeit 225\*  
 Wiederkäuermagen 122 f.\*  
 Wirbellose 136, 147\*  
 Wirbeltiere 17\*, 79 ff., 81\*,  
 83 ff.\*, 136\*, 294\*  
 Wirksamkeit 183  
 Wirkstoffforschung 374  
 Wimpertierchen 16\*, 50\*, 52\*  
 Wirtswechsel 58, 61, 248 f.\*  
 Wurzelhaare 153\*  
 -füßer 16\*, 50\*, 52\*  
 -metamorphosen 156\*  
 Wurzeln 155 ff., 160, 172  
 Wurzel, Stoffaufnahme 157\*  
 -umbildungen 156 f.\*

## X

Xerophyten 313

## Z

Zahnarten 123\*  
 Zähne 121 ff.\*  
 Zapfenblüten 40\*  
 Zeigerarten 320 f.  
 Zeittafel 397  
 Zelle 50\*, 95 ff.\*, 98, 131,  
 173 f.\*, 397, 399 f.  
 Zellenlehre 11, 95 ff.  
 Zellfäden 150\*  
 -fläche 150\*  
 -kolonien 100  
 -organellen 50\*, 95 f.\*  
 -strukturen 96 ff.  
 -teilung 236, 238\*, 258\*  
 -theorie 400  
 Zellulose 190\*  
 Zellvermehrung 252  
 Zentralnervensystem 61, 78,  
 145 ff.\*  
 -zylinder 156\*, 158 f.\*  
 Zentromer 267\*  
 Zentrosom 97  
 Ziliarkörper 138 f.\*  
 -muskel 225\*  
 Zirbeldrüse 136\*  
 Zölom 64 f.\*, 70  
 Zoologie 10  
 Zoosporen 27  
 Zottenhaut 253  
 Züchtung, Methoden 279,  
 359 f.  
 -, Pflanzen und Tiere 358 f.  
 Zweiflügler 74\*  
 Zweigeschlechtigkeit 240  
 Zweikeimblättrige 18, 45\*,  
 47 ff.\*  
 Zwitterdrüsen 75 f.\*, 133  
 Zwitterigkeit 240  
 Zwölffingerdarm 121\*  
 Zygoten 235, 240, 243 ff.,  
 249, 253, 257  
 Zytochrome 196\*  
 Zytologie 11  
 Zytochromoxydase 403  
 Zytoplasma 24 f., 96, 203

VIREN

PFLANZEN

Spaltpflanzen

Geißelalgen

Euglena

Rotalgen

Furzellaria

Moose

Samenpflanzen

Grünalgen

Pandorina

Braunalgen

Laminaria

Pilze

Schwefelporling

Farnpflanzen

Blualgen

Nostoc

Bakterien

Typhuserreger

Lebermoose

Sternlebermoos

Laubmoose

Torfmoos

Bärlappe

Schlangen-B.

Schachtelhalme

Wald-Sch.

Farne

Hirschzunge

Nacktsamer

Eibe

Bedecksamer

Einkeimblättrige

Tulpe

Zweikeimblättrige

Maßliebchen

## TIERE

