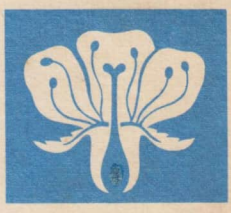
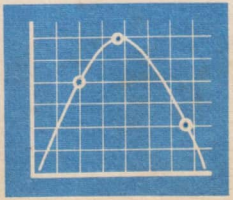
# BIOLOGIE



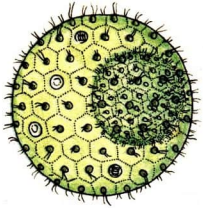
11



# BIOLOGIE

Systematik
Ökologie

Lehrbuch für Klasse 11



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin · 1986

Autoren: Prof. Dr. Rudolph Hundt, Dr. Irmtraut Meincke, Prof. Dr. Günter Peters,
Prof. Dr. Joseph Schuh, Dr. Hubert Schumann, Dr. Franz Tietze
Bildautor (Fotos): Horst Theuerkauf

Vom Ministerium für Volksbildung
der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt.

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1980
3. Auflage
Lizenz-Nr. 203 · 1000/86 (DN 01 11 61–3)
LSV 0681
Redaktion: Ute Püschel, Gertrud Kummer
Gesamtgestaltung: Günther Wolff/Wolfgang Zieger
Zeichnungen: Hans-Joachim Behrendt
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden
Schrift: 9/9/10 Sabon Linotron
Redaktionsschluß: 20. Mai 1985
Bestell-Nr. 730 750 1
Schulpreis DDR: 4,00

# Inhalt


Einführung in die Systematik 7

Aufgaben der Systematik in der Biologie 8
Künstliche und natürliche Systeme 9
Taxonomische Kategorien 11
Die Art als Grundlage der Klassifizierung 13
Verwandtschaftsanalyse 15

Viren und Bakterien 19

Viren 20
Viren als Krankheitserreger 22
Bakterien 23
Bedeutung der Bakterien 27

Pflanzen 31

Grünalgen 32
Entwicklungstendenzen bei Grünalgen 33
Vorkommen und Bedeutung der Grünalgen 36
Moospflanzen 38
Farnpflanzen 44
Samenpflanzen 52
Nacktsamer 54
Bedecktsamer 56
Fortpflanzung der Samenpflanzen 61
Vergleich von Pflanzengruppen 63
Familien der Nacktsamer 66
Familien der Bedecktsamer 68

Tiere 71

Tierische Einzeller 72
Wurzelfüßer 76
Wimpertierchen 77

Hohltiere 78
Gliedertiere 81
Ringelwürmer 84
Gliederfüßer 86
Chordatiere 95
Wirbeltiere 98
Bau der Wirbeltiere 104
Vergleich von Organsystemen 114

Umweltfaktoren und Konstitution der Organismen 119

Angepaßtheit der Organismen an abiotische Umweltfaktoren 122
Angepaßtheit der Organismen an biotische Umweltfaktoren 136
Komplexes Wirken der Umweltfaktoren 145

Ökosystem als Struktur-, Funktions- und Produktionseinheit 151

Raum- und Zeitstruktur im Ökosystem 152
Selbstregulation im Ökosystem 156
Stoffstrom und Energiestrom im Ökosystem 160
Eingriffe in das ökologische Gleichgewicht zur Steigerung der biologischen Stoffproduktion 167

Umweltschutz 171

Umwelt und Gesellschaft 172
Nutzung und Schutz der Umwelt und der Naturressourcen 174
Verminderung der Luftbelastung und Schutz der Atmosphäre 177
Maßnahmen zur Minderung der Luftbelastung in der DDR 179
Rationelle Nutzung und Schutz des Wassers 181
Maßnahmen zur Reinhaltung der Gewässer 183

Zur ökologischen Exkursion 185
Register 188

Zeichenerklärung

Jeder Hauptabschnitt des Lehrbuches ist durch eine Randmarke mit der Darstellung eines Symbols gekennzeichnet.

| | |
|---|---|
| ① | Aufgaben und Fragen |
| ▶ | In diesen Abschnitten werden wichtige Aussagen zusammengefaßt (Zusammenfassungen, Merksätze). |
| ▼ | Diese Pflanze oder dieses Tier stehen unter Naturschutz |
| ♂ | männlich (Männchen) |
| ♀ | weiblich (Weibchen) |
| ⚥ | zwittrig (Zwitter) |
| ↑ | Hinweis auf andere Seiten des Buches |
| ■ | Beispiel |
| Bio i Ü | Biologie in Übersichten |

# Einführung in die Systematik

In der systematischen Abteilung eines botanischen Gartens

Systematik ist nicht nur eine Disziplin der Biologie, sondern ganz allgemein vergleichende und ordnende Erkenntnistätigkeit. Sie wird immer dann notwendig, wenn mannigfaltige Objekte, die trotz aller Unterschiede etwas Gemeinsames haben, so geordnet werden müssen, daß eine Verständigung über diese Objekte und über die zwischen ihnen bestehenden Verschiedenheiten und Übereinstimmungen möglich wird. Sollen unbekannte Objekte oder Erscheinungen erkundet werden, so müssen sie zunächst genau miteinander verglichen, beschrieben und mit einem Namen oder einem Symbol benannt werden; und schließlich sind sie so zu ordnen, daß ihre Beziehungen zu ähnlichen Objekten deutlich werden. Durch die Verfahren Vergleich, Beschreibung, Benennung und Klassifizierung schafft die Wissenschaft nicht nur Ordnung und Übersicht über ganze Gruppen von Objekten, sondern sie gewinnt durch Vergleichen oft auch Erkenntnisse, die bei der Beschreibung und Analyse eines jeden einzelnen Objekts verborgen blieben. ①
Beschreibung, Benennung und Klassifizierung sind grundlegende Bestandteile sowohl der Natur- als auch der Kultur- und Gesellschaftswissenschaften (■ Systematisierung sozialökonomischer Etappen).

Doch nicht nur in den Wissenschaften, sondern auch im Alltagsleben spielt Systematik als Denkoperation eine große Rolle.

■ Die Einrichtung und der Betrieb einer Kaufhalle erfordern systematischen Sachverstand ebenso wie die Systematisierung einer Büchersammlung.

# Aufgaben der Systematik in der Biologie

Die biologische Systematik ist jenes Teilgebiet der Wissenschaft vom Leben, das die noch längst nicht gelöste Aufgabe hat, die fast unüberschaubare Vielfalt von mehr als 1,5 Millionen bereits bekannter Organismenarten zu erfassen und zu ordnen, wobei die Anzahl der bekannten Arten sich ständig erhöht. Sie muß dabei von der Tatsache ausgehen, daß die Organismen einem natürlichen System angehören.

Die verschiedenen möglichen Systeme für das Aufstellen von Büchern oder die Anordnung von Waren in einer Kaufhalle entsprechen willkürlichen Systemen, da die Klassifizierungsnormen nicht von vornherein durch bestimmte, zwischen den zu ordnenden Gegenständen vorhandene Beziehungen vorgegeben sind, sondern nach Überlegung des praktischen Nutzens beim Einordnen der betreffenden Objekte vom Systematisierenden selbst ausgewählt werden. Solche praktischen Systeme sind also nach vorbedachten Prinzipien aufgebaut.

Das natürliche System der Organismenarten dagegen hat einen ganz anderen Charakter: seine innere Ordnung muß nicht erfunden, sondern erkundet werden. Die Beziehungen zwischen den Arten — den Elementen dieses Systems — sind im Verlauf ihrer Geschichte entstanden.

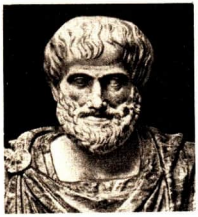
Die moderne biologische Systematik hat ein System zu erarbeiten, das die im Ergebnis einer langen Stammesgeschichte entstandenen unterschiedlich engen Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Arten widerspiegelt. Daneben werden noch ständig neue, bislang unbekannt gebliebene lebende und ausgestorbene Arten entdeckt, die von den Systematikern beschrieben, gemäß den internationalen Vorschriften der Namengebung benannt und klassifiziert werden müssen.

Durch ihre Aufgabenstellung hat die Systematik in den biologischen Wissenschaften eine integrierende Stellung inne: Ihre Leistungen zur Identifizierung und Klassifizierung der Organismenarten werden von allen Disziplinen benötigt; denn nur eindeutig beschriebene und unterschiedene Forschungsobjekte gewährleisten die exakte Wiederholung und das Nachprüfen von Experimenten, nur sie geben die Möglichkeit der Übertragung von Forschungsergebnissen und lassen sinnvolle Schlußfolgerungen auf Eigenschaften und Verhalten anderer Objekte zu.

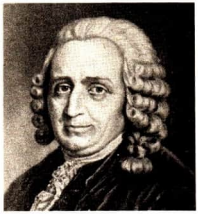
Andererseits liefern die Befunde aller Zweige der Biologie (■ Genetik, Ökologie und Verhaltenskunde) durch ihre Aussagen über die Merkmale der Organismen wertvolle Grundlagen für die Arbeit der Systematiker. So sind die Angaben über Inhaltsstoffe bei Pflanzen (■ ätherische Öle, Enzymgruppen), die von Biochemikern und Pflanzenphysiologen erforscht werden, ebenso wie die Angaben über die Anzahl der Chromosomen bei Pflanzen und Tieren, die die Genetik liefert, äußerst aufschlußreich für die Zuordnung bestimmter Sippen in das System. ②

1. Begründen Sie, inwiefern die systematische Untersuchung einer Gruppe von Tier- oder Pflanzenarten auch die Kenntnisse über jede einzelne Art bereichern kann!
2. Nennen Sie Beispiele für die Verflechtung zwischen den Wissenschaftszweigen Systematik und Morphologie oder Genetik und Systematik! Erläutern Sie die gegenseitige Beeinflussung der ausgewählten Wissenschaftszweige!
3. Erläutern Sie an der Benennung von zwei oder mehr Arten einer Gattung (■ Ahorn, Kiefer, Senf, Gans, Meise) das Prinzip der binären Nomenklatur!
Benutzen Sie dazu auch Rothmaler, Exkursionsflora Band 2 oder Stresemann, Exkursionsfauna Band 3!

# Künstliche und natürliche Systeme



Aristoteles



Carl von Linné

Charles Darwin

Seit den Anfängen biologischer Wissenschaft sind Zoologen und Botaniker bestrebt, die Lebewesen zu beschreiben, zu benennen und zu ordnen. Entsprechend dem jeweiligen Niveau der Erkenntnisse gingen sie dabei von unterschiedlichen Voraussetzungen aus.

*Aristoteles* (384 bis 322 v. u. Z.) ordnete die Lebewesen in ein statisches Stufenleitersystem ein, in dem die niederen Pflanzen ganz unten und der Mensch auf der höchsten Stufe standen. Er ging bei der Gruppenbildung von äußeren Merkmalen (■ Wuchsform), vom Lebensraum der Organismen oder von ihrer Bedeutung für den Menschen aus. So unterteilte er die Pflanzen in Bäume, Sträucher, Stauden und Kräuter, bei denen er wiederum Land- und Wasserpflanzen, Wild- und Nutzpflanzen unterschied.

Carl von *Linné* (1707 bis 1778) schuf mit seinem „Systema naturae" ein vierstufiges hierarchisches System, dessen Grundeinheit die Art war. Einander ähnliche Arten wurden zu Gattungen vereinigt, diese weiterhin zu Ordnungen und letztere zu Klassen.

In seinem System der Samenpflanzen machte *Linné* Anzahl, Gestalt, Lage und Beziehungen der Staubgefäße zum Einteilungsprinzip der Klassen; Merkmale der Stempel, Griffel oder Narben bestimmten die Zugehörigkeit einer Art zu dieser oder jener Ordnung.

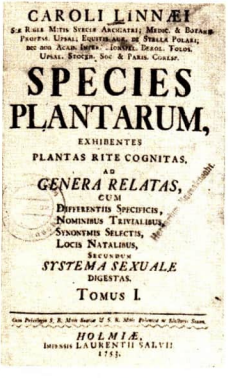
*Linnés* Katalog umfaßt in der Erstauflage von 1735 Pflanzenklassen wie Monandria (Einmännige), Diandria (Zweimännige), Triandria (Dreimännige) und so weiter; insgesamt waren es 24 Klassen, die wiederum in Ordnungen wie Monogynia (Einweibige), Digynia (Zweiweibige), Trigynia (Dreiweibige) und so weiter gegliedert wurden.

Um eine eindeutige Verständigung zu erleichtern, gab *Linné* ab 1753 jeder damals bekannten Art einen doppelten lateinischen oder der lateinischen Sprache angepaßten wissenschaftlichen Namen; wobei der erste Teil des Namens die Gattung bezeichnet, zu der die betreffende Art gehören sollte, während der zweite, meist durch Nennung eines typischen Merkmals, die Art bezeichnet:

■ *Campanula barbata* — Bärtige Glockenblume, *Campanula rotundifolia* — Rundblättrige Glockenblume;

*Lacerta muralis* — Mauereidechse, *Lacerta vivipara* — Waldeidechse („lebendgebärend").

Diese Form der Namengebung, die binäre Nomenklatur, hat sich seither bewährt. Sie ist heute für die wissenschaftliche Benennung aller Organismenarten verbindlich. ③



CAROLI LINNÆI
S.R. REGIS MEDICI SPECIE ARCIATRI; MEDIC. & BOTANIC. PROFESS. UPSAL; EQUITIS AUR. DE STELLA POLARI; REC. ROM. ACADEM. IMPER. — LONDIN. BEROL. TOLOS. UPSAL. STOCCH. SOC & PARIS. CORESP.

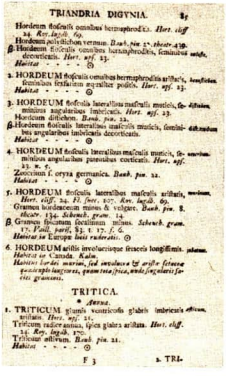
SPECIES PLANTARUM,

EXHIBENTES
PLANTAS RITE COGNITAS,
AD
GENERA RELATAS,
CUM
DIFFERENTIIS SPECIFICIS,
NOMINIBUS TRIVIALIBUS,
SYNONYMIS SELECTIS,
LOCIS NATALIBUS,
SECUNDUM
SYSTEMA SEXUALE
DIGESTAS.

TOMUS I.

Cum Privilegio S. R. Maiis Sueciæ & S. R. Maiis Polonæ & Electoris Saxon.

HOLMIÆ,
IMPENSIS LAURENTII SALVII
1753.



TRIANDRIA DIGYNIA. 87

Hordeum floſculis omnibus hermaphroditis. *Hort. cliff.* 34. *Rox. ind.* 69.

Hordeum polyſtichon vernum. *Bauh. pin.* 27. *Raii* 438.

β. Hordeum floſculis omnibus hermaphroditis, ſeminibus nudis, decorticatis. *Hort. upſ.* 23.
*Habitat* - - - - ☉

2. HORDEUM floſculis omnibus hermaphroditis ariſtatis, ſeminibus ſeſſilibus angularibus imbricatis. *Hort. upſ.* 23.
*Habitat* - - - - ☉

3. HORDEUM floſculis lateralibus maſculis muticis, ſeminibus angularibus imbricatis. *Hort. upſ.* 23. Alpinum.
Hordeum diſtichon. *Bauh. pin.* 22.

β. Hordeum floſculis lateralibus maſculis muticis, ſeminibus angularibus imbricatis decorticatis. Hordeum
*Habitat* - - - - ☉

4. HORDEUM floſculis lateralibus maſculis muticis, ſeminibus minutis angularibus paroniſibus corticatis. *Hort. upſ.* 23. n. 6.
Zeocriton I. oryza germanica. *Bauh. pin.* 22.
*Habitat* - - - - ☉

5. HORDEUM floſculis lateralibus maſculis ariſtatis, ſeminibus. *Hort. cliff.* 34. *H. ſpor.* 107. *Rox. ind.* 69.
Granum hordeaceum minus & vulgare. *Bauh. pin.* 8.
*Alcaer.* 134. *Schenck. gram.* 14.

β. Granum ſecalinum ſeſtilium minus. *Schenck. gram.* 17. *Pall. paril.* §. 1. t. 17. f. 6.
*Habitat in Europa hoc ruderatis.* ☉

6. HORDEUM ariſtis involucrisque ſtriatis longiſſimis. Jubatum.
*Habitat in Canada. Kalm.*
*Habitus hordei marini, ſed involucra & ariſtæ ſetaceæ quadruplo longiores, quam in ſpica, unde ſingularis ſortiri gramina.*

TRITICA.

* *Aſtata.*

1. TRITICUM glume ventricoſa glabra imbricata aſtata. ariſtatum. *Hort. upſ.* 25.
Triticum rudiarantium, ſpica glabra ariſtata. *Hort. cliff.* 34. *Rox. ind.* 70.
Triticum aſtivum. *Bauh. pin.* 21.
*Habitat* - - - - ☉

F 3 2. TRI-

Titelblatt und Textseite aus Linnés Pflanzenkatalog von 1753

Für die Zuordnung der Arten zu den einzelnen Kategorien seines Systems war also für *Linné* die Ausbildung von abgestuften Ähnlichkeiten in ausgewählten Merkmalen entscheidend.

Eine solche Klassifizierung nach den Unterschieden in festgelegten äußeren Kennzeichen, wie sie *Linné* anhand der Geschlechtsorgane der Pflanzen vornahm, oder *Aristoteles* gemäß ihrer Wuchsform (■ Bäume, Sträucher und Kräuter), führt letzten Endes zu ebensolchen künstlichen Systemen wie etwa die Sortierung einer Briefmarkensammlung nach selbsterdachten Prinzipien.

► *Darwin legte mit der Entwicklung der Abstammungslehre die wissenschaftlichen Grundlagen zum Aufbau eines natürlichen Systems.*

Dank der Entdeckung *Darwins*, daß Arten aus Arten entstehen und somit im Organismenreich eine stammesgeschichtliche Entwicklung stattfindet, konnten die Systematiker die zwischen den Arten vorhandenen unterschiedlich auffälligen Ähnlichkeiten in bestimmten Merkmalen nun als Ausdruck unterschiedlich enger Verwandtschaften deuten und begreifen. ①

Das auf dieser Grundlage entstehende System wird als ein natürliches System bezeichnet, weil ihm die naturhistorisch entstandenen Beziehungen zwischen den Arten zugrunde liegen.

Die unterschiedlich engen Verwandtschaftsbeziehungen, die auf Abstammung von unterschiedlich weit in der Erdgeschichte zurückliegenden Ursprungsarten beruhen, sind die einzigen realen Bindungen, die alle Arten von Organismen systemhaft miteinander verknüpfen.

In den letzten Jahrzehnten gelang es, die empirischen Erkenntnisse der Systematiker zu einer Theorie der stammesgeschichtlichen Systematik zu verdichten und zuverlässige Methoden zur Analyse von Stammesverwandtschaften zwischen Arten, die sich zweigeschlechtig fortpflanzen, zu entwickeln.

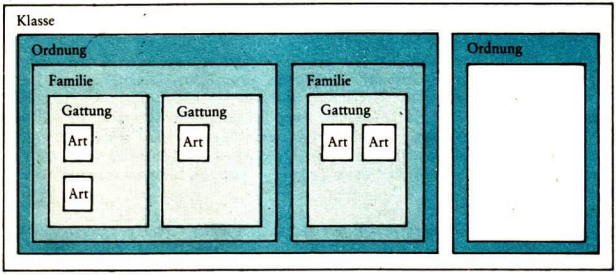
# Taxonomische Kategorien

Unabhängig davon, ob die Versuche zur Systematisierung der Organismen eine natürliche oder eine künstliche Zusammengehörigkeit widerspiegeln, wurden und werden die Artengruppen zu Kategorien ineinandergeschachtelter Einheiten geordnet, für die *Linné* in seinem System die Begriffe Gattung, Ordnung und Klasse verwendete (↑ Abb. S. 10). Je tiefer die Systematiker Einblick in die verwandtschaftlichen Zusammenhänge bekamen, um so differenzierter wurde die Kategoriebildung. Die Kategorien des Systems der Organismen werden als Taxa (Einzahl Taxon) bezeichnet.

► *Die taxonomischen Kategorien sind zu einem ineinandergeschachtelten Ordnungsgefüge verbunden, das als Hierarchie bezeichnet wird.* ②

Übersicht über die wichtigsten taxonomischen Kategorien

| taxonomische Kategorie | Zuordnung einer Tierart | Zuordnung einer Pflanzenart |
|---|---|---|
| Stamm | Chordatiere | Samenpflanzen |
| Klasse | Säugetiere | Zweikeimblättrige |
| Ordnung | Raubtiere | Kapernstrauchartige |
| Familie | Marderartige | Kreuzblütengewächse |
| Gattung | Marder | Kohl |
| Art | Steinmarder | Gemüsekohl |




Hierarchisches System taxonomischer Kategorien

① Begründen Sie, warum manche der im künstlichen System *Linnés* aufgestellten Gruppen (■ Klasse Vögel) auch im natürlichen System beibehalten werden können!

② Ordnen Sie die nachstehenden Arten der entsprechend höheren Kategorie zu: Rot-Klee, Weiß-Klee, Gold-Taubnessel, Acker-Senf, Schwarz-Kiefer!

Häufig halten es die Systematiker für notwendig, außer den in der Tabelle aufgeführten Kategorien noch Zwischenstufen zu verwenden. So können Stämme in Unterstämme, Klassen in Unterklassen und diese in Überfamilien unterteilt werden, und innerhalb von Familien werden oft noch Unterfamilien unterschieden.

Die taxonomischen Kategorien dienen der Übersicht und dem Zurechtfinden im System sowie der Verständigung unter den Benutzern des Systems.

*Nur die Arten sind real existierende Gruppen und kommen in der Natur vor. Alle übrigen Kategorien sind begriffliche Bildungen und somit abstrakt.*

▶ Deshalb ist die Frage, ob eine bestimmte Artengruppe als Familie, Überfamilie oder Ordnung bezeichnet werden sollte, eine Sache des Ermessens der Systematiker.

Gleichrangig eingestufte taxonomische Einheiten (Sippen) können somit nicht in jedem Fall als gleichwertig angesehen werden.

■ Es läßt sich keine Aussage darüber machen, weshalb die Mäuse (Familie *Muridae*) etwa mit den Hirschen (Familie *Cervidae*) auf einer Rangstufe stehen sollten, wie dies im natürlichen System mit ihrer Kategorienbezeichnung als Familien ausgedrückt wird.

Gelegentlich werden für bestimmte Artengruppen Sammelbezeichnungen benutzt, die nicht als taxonomische Einheiten verstanden werden dürfen. Oft werden in ihnen Arten zusammengefaßt, die einen bestimmten Grundbau verkörpern (■ Wirbellose Tiere, Lagerpflanzen) oder die sich durch bestimmte Verhaltensweisen, durch Nutzungsmöglichkeiten oder durch Besonderheiten in der Ernährungsweise auszeichnen (■ Zugvögel, Gewürzpflanzen oder Parasiten).

Außerdem kommt es vor, daß die in einer taxonomischen Kategorie vereinigten Untergruppen nicht so geordnet sind, wie es gemäß der Verwandtschaftsbeziehungen erforderlich wäre. ①

Auch die Unterteilung der Gesamtheit aller Lebewesen mit echter Zellstruktur (*Eukaryota*) in Tier- und Pflanzenreich entspricht nicht den Verwandtschaftsverhältnissen, sondern stellt eine Gliederung nach vorrangig physiologischen Gesichtspunkten dar. Aus einzelligen flagellatenartigen Lebewesen gingen unabhängig voneinander die einzelligen Tiere (*Protozoa*) sowie die verschiedenen Gruppen der Algen (*Phycophyta*) und der Pilze (*Mycophyta*) hervor.

Algen und Pilze und möglicherweise auch die tierischen Einzeller sind also Sammelgruppen im natürlichen System der Organismen. Grünalgenähnlichen Vorläufern entstammen die Landpflanzen (Sproßpflanzen, *Cormophyta*), koloniebildenden einzelligen Tieren die mehrzelligen Tiere (*Metazoa*). Diese beiden großen Gruppen, die meistens gemeint sind, wenn von den Unterschieden zwischen Pflanzen und Tieren die Rede ist, haben somit aller Wahrscheinlichkeit nach jede einen einheitlichen Ursprung. Sie verkörpern, häufig als Beispiele für Unterschiede herangezogen, echte taxonomische Kategorien.

① Heute ist bekannt, daß die Krokodile mit den Vögeln näher verwandt sind als mit den Eidechsen, Schlangen oder Schildkröten. Nennen Sie unter Berücksichtigung der Darlegungen auf Seite 12 mögliche Ursachen dafür, daß viele Systematiker weiterhin die Krokodile als eine Ordnung der Klasse Kriechtiere ansehen!
Begründen Sie Ihre Meinung!

② Nennen Sie Artbeispiele für die beschriebene Artneubildung! Begründen Sie Ihre Auswahl! Nutzen Sie Ihre Kenntnisse aus dem Biologieunterricht in Klasse 10!

③ Erläutern Sie anhand der Abbildung auf Seite 13 den jeweiligen Grad der Verwandtschaft zwischen Braunbär, Wolf, Pferd und Haushuhn! Begründen Sie Ihre Meinung!

# Die Art als Grundlage der Klassifizierung

Die Art war empirisch schon im Altertum als Grundeinheit zur Klassifizierung der Organismen im Gebrauch; sie wurde als von Gott geschaffen angesehen und für unveränderlich gehalten. *Darwins* Arbeiten über die Entstehung und Veränderung der Arten gaben den Anstoß zu weiterer Forschung, in deren Ergebnissen deutlich wurde, daß sich die Evolution in den Arten vollzieht und daß die Verwandtschaft innerhalb einer bestimmten Organismengruppe auf ihrer Abstammung von einer nur ihnen gemeinsamen Ausgangsart beruht (Phylogenese).

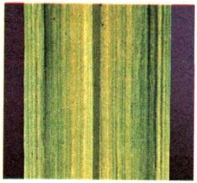
▶ *Die Art ist ein raum-zeitlich organisiertes System, dessen Elemente, die in Populationen zusammenlebenden Individuen, sich untereinander unbegrenzt fruchtbar kreuzen können.*

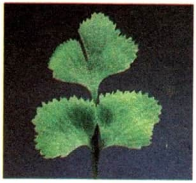
Jede Art ist von anderen Arten durch Fortpflanzungsbarrieren isoliert. Die Arten sind das Wirkungsfeld der Evolutionsfaktoren, so daß alle evolutiven Veränderungen nur in ihnen stattfinden. Es gibt also keine Evolution von Gattungen, von Familien oder anderen Kategorien, obwohl dies manchmal behauptet wird.

Wenn eine Population in räumliche Isolierung gerät — etwa am Rande des Verbreitungsgebietes der Gesamtart —, so können die in ihr ablaufenden genetischen Veränderungen dazu führen, daß ihre Individuen sich schließlich nicht mehr mit denen anderer Populationen der betreffenden Art kreuzen. Damit sind aus der alten Art zwei neue entstanden, von denen eine genetisch und zumindest auch äußerlich verändert ist, während die andere biologisch mehr oder weniger dieselbe geblieben, stammesgeschichtlich gesehen aber die nächste Verwandte ihrer abgewandelten Schwesternart ist. ②

Die Entstehung von Arten aus Arten berechtigt zu der Schlußfolgerung, daß die zwischen bestimmten Arten bestehenden Ähnlichkeiten die Folge ihres mehr oder weniger weit zurückliegenden Ursprungs aus einer gemeinsamen Ausgangsart sind, also ein Abbild ihrer phylogenetischen Verwandtschaft. ③

| Merkmale | Arten | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Braunbär | Wolf | Pferd | Haushuhn |
| **Unterschiede zwischen Säugern und Vögeln** | | | | |
| Körperbedeckung | Haare | | | Federn |
| Vordergliedmaßen | Beine | | | Flügel |
| Keimlingsentwicklung | im Mutterleib | | | im (abgelegten) Ei |
| Ernährung der Jungen | durch Muttermilch | | | Futteraufnahme |
| **Unterschiede zwischen Raub- und Huftieren** | | | | |
| Gebißtyp | Allesfresser, Fleischfresser | | Pflanzenfresser | |
| Bewehrung der Füße | Krallen | | Hufe | |
| Neugeborene | blind, nackt, hilflos | | vollentwickelt | |
| **Unterschiede zwischen Bär und Wolf** | | | | |
| Gangart | Sohlengänger | Zehengänger | | |
| Brechscherenwirkung der Mahlzähne | fehlt | vorhanden | | |





Merkmalskomplexe bei Pflanzen: ■ Rohrkolben (oben), ■ Mauerraute (unten)

Das Erkennen und Unterscheiden von Arten erfolgt anhand bestimmter Eigenschaften (Merkmale), die an allen Individuen, möglichst auch an konservierten, auffindbar und wenig variabel sein sollen. In der Regel sind mehrere Merkmale — Merkmalskomplexe — für die eindeutige Bestimmung von Arten und ihrer Beziehungen notwendig.

Eine Reihe von diagnostischen Merkmalen, insbesondere anatomisch-morphologische, bilden häufig die Grundlage bei der Aufstellung von Sippengruppen. ①

| Merkmalskomplexe | |
|---|---|
| **Merkmalsgruppe** | **Merkmalsausbildung** |
| morphologische, anatomische, zytologische | Ausbildung und Größe von Organen, Bau und Struktur von Geweben und Zellen |
| stoffliche | Vorhandensein bestimmter Inhaltsstoffe (■ Farb- oder Giftstoffe, Eiweiße, Enzyme, Speicherstoffe) |
| biologische | Art der Bestäubung, der Fortpflanzung |
| ökologische | Anpassung und Ansprüche an die biotische und abiotische Umwelt |
| geographische | Verbreitungsgrenzen |
| phylogenetische | Ursprungsalter, nächstverwandte Art oder Artengruppen |

① Bestimmen Sie blühende oder zapfentragende Zweige einheimischer Kieferngewächse mit der „Exkursionsflora", Band 2! Analysieren Sie, welche anderen Merkmale auch zur Bestimmung verwendet werden könnten! Begründen Sie Ihre Meinung!

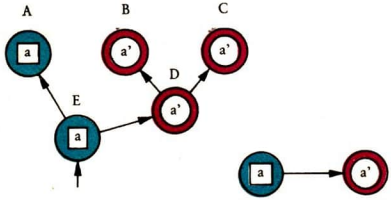
# Verwandtschaftsanalyse

Die Arbeit des Systematikers zur Aufklärung der Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb einer Gruppe von Arten beginnt mit der Frage nach der Monophylie dieser Gruppe und jeder der ihr untergeordneten Teilgruppen.

Monophyletisch ist eine Gruppe von Arten nur dann, wenn alle in ihr vereinigten Arten — und nur diese — auf eine ihnen gemeinsame Ursprungsart zurückgeführt werden können. Der entgegengesetzte Begriff ist der der Polyphylie. Polyphyletisch ist eine taxonomische Kategorie, in der Arten zusammengebracht wurden, die aus mehr als einer Ursprungsart hervorgingen (■ Klasse Reptilien).

Da die stammesgeschichtlich entstandenen Verwandtschaftsbeziehungen die Grundlage des natürlichen Systems der Organismen darstellen, können folglich nur monophyletische Gruppen als Kategorien des Systems akzeptiert werden.

Um die Beziehungen zwischen den Elementen eines hierarchischen Systems zu erkennen, werden die Elemente wertend verglichen. In der Biologie wird dabei im einfachsten Falle gefragt: Welche beiden Arten einer Dreiergruppe stehen einander näher als jede von beiden der jeweils dritten Art? In der phylogenetischen Systematik heißt die Anwendung dieses Prinzips „Die Suche nach der Schwestergruppe". Die Antwort wird nicht durch die Ermittlung möglichst vieler Ähnlichkeiten gefunden, sondern durch die Suche nach abgeleiteten Zuständen homologer Merkmale, deren Ausbildung gegenüber einem ursprünglicheren Zustand abgewandelt ist, und deren Prüfung.




Schematische Darstellung einer Merkmalsabwandlung

■ Die Arten B und C sind durch gemeinsamen Besitz eines Merkmals a' ausgezeichnet, das bei der ihnen sonst weitgehend ähnlichen Art A in einer ursprünglicheren Form a ausgebildet ist; es kann dreierlei gefolgert werden:

1. Die Arten B und C haben das betreffende Merkmal in der abgeleiteten Form (a') von der ihnen gemeinsamen Ursprungsart D übernommen, falls ausgeschlossen werden kann, daß (a') nicht unabhängig bei beiden Arten (B und C) entstand. Derartige Ähnlichkeiten, die nichts mit unmittelbarer Verwandtschaft zu tun haben, sind häufig; sie führen häufig zu Irrtümern in der Verwandtschaftsforschung (■ paddelartige Extremitäten der Robben und Wale, Form der Blattspreite und Verlauf der Blattadern bei Ahorn und Platane; ↑ Abb. S. 17).
2. Die Art D kann nicht auch die Ursprungsart von A gewesen sein, denn sonst hätte A ebenfalls das Merkmal in der a'-Form.
3. Art A behielt das Merkmal in der ursprünglicheren Form (a) bei, in der es schon bei der älteren Art E, der Ausgangsart aller drei heute lebenden Arten (A, B und C), vorhanden gewesen sein muß.

Als abgeleitetes Merkmal gilt unter anderem die Ausbildung zusätzlicher Schmelzhöcker an den Zähnen der Langschwanzmäuse.

■ Neben manchen anderen Ähnlichkeiten stimmen Waldmaus *(Apodemus silvatica)* und Gelbhalsmaus *(A. flavicollis)* gegenüber der Brandmaus *(A. agrarius)* darin überein, daß sie an der vorderen oberen Ecke ihres mittleren Backenzahns einen zusätzlichen Schmelzhöcker ausgebildet haben, der der Brandmaus fehlt. Dieses Detail im Zahnkronenmuster kann, neben der Ähnlichkeit in anderen Merkmalen, als ein starkes Indiz dafür gelten, daß Wald- und Gelbhalsmaus enger miteinander verwandt sind als jede von beiden mit der Brandmaus.

Wenn also Untersuchungen anderer Merkmale dieses Urteil nicht in Frage stellen, so könnten Wald- und Gelbhalsmaus aus einer Ursprungsart hervorgegangen sein, die nicht mit jener Art identisch war, von der die Brandmaus abstammt.

Was für Arten gilt, gilt auch für höhere monophyletische Kategorien. So könnte die Tatsache, daß die Samen in den Zapfen von Fichten und Tannen spätestens ein Jahr nach der Blüte reif sind, während bis zur Reife der Kiefernsamen 2 bis 3 Jahre vergehen, dafür sprechen, daß die Gattungen Tanne *(Abies)* und Fichte *(Picea)* enger miteinander verwandt sind als jede von ihnen mit der Gattung Kiefer *(Pinus)*.

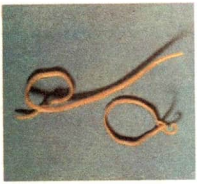
| Merkmalswertung bei Pflanzen | |
|---|---|
| **relativ ursprüngliche Merkmale** | **relativ abgeleitete Merkmale** |
| Holzgewächse | Kräuter (ausdauernde — zweijährige — einjährige) |
| Tracheen mit leiterartigen Durchlaßstellen | Tracheen mit einfachen Durchlaßstellen |
| Blätter immergrün | Blätter sommergrün |
| Blätter einfach | Blätter zusammengesetzt |
| Blüten zwittrig | Blüten eingeschlechtig |
| Blüten endständig, einzeln | Blüten in Blattachseln, in Blütenständen |
| Blütenachse verlängert | Blütenachse gestaucht oder abgeflacht oder schüssel- bis becherförmig vertieft |
| Blütenglieder zahlreich | Blütenglieder wenige bis null |
| Blütenglieder spiralig an der Blütenachse angeordnet | Blütenglieder in Kreisen um die Blütenachse angeordnet |
| Blütenglieder frei | Blütenglieder verwachsen |
| Blüten ohne Nektarblätter oder -drüsen | Blüten mit Nektarblättern oder -drüsen |
| Früchte sich öffnend | Früchte geschlossen bleibend |
| Fruchtblätter mit jeweils zahlreichen Samen | Fruchtblätter mit jeweils nur einem Samen |
| Samen mit kleinem Keimling und viel Nährgewebe | Samen mit großem Keimling und wenig Nährgewebe |

■ Die Rückbildung eines Flügelpaares zu Schwingkölbchen bei den Zweiflüglern *(Diptera)* ist als abgeleitetes Merkmal zu werten. Von allen Insektenarten, die zur Ordnung Zweiflügler gehören (■ Stechmücken, Fruchtfliegen) ist anzunehmen, daß sie auf nur eine Art zurückgehen, bei der die Zweiflügligkeit zuerst als abgeleitetes Merkmal auftrat.

Kakteengewächse

Wolfsmilchgewächse

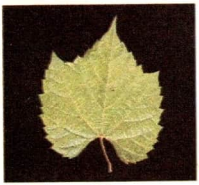
Asterngewächse



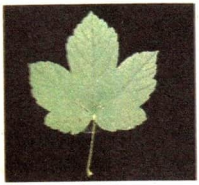
Rundwürmer

Kriechtiere

Knochenfische (Aal)



Weinrebengewächse



Ahorngewächse

Platanengewächse

Übereinstimmung äußerer Merkmale bei nicht verwandten Organismengruppen

Entsprechend dem Prinzip der „Suche nach der Schwestergruppe" und durch die Bewertung und Prüfung von Merkmalen nach dem Schema „relativ ursprünglich — relativ abgeleitet" versucht die phylogenetische Systematik, Schritt um Schritt die Verwandtschaftsbeziehungen und somit die Stammesgeschichte der heute lebenden, sich zweigeschlechtlich fortpflanzenden Organismenarten aufzuklären. (1)

(1) Stellen Sie ursprünglich und abgeleitete Merkmale bei Kieferngewächsen und Schmetterlingsblütengewächsen in einer Tabelle zusammen! Werten Sie die Stellung dieser Familien im System!

Die ungenügende Kenntnis über sehr viele Arten, die Schwierigkeiten bei der Bewertung der Merkmale und auch der häufige Umstand, daß sich bestimmte Merkmale in verschiedenen Gruppen unabhängig voneinander zu fast übereinstimmenden Endzuständen ausprägen konnten, erschweren diese Untersuchungen. ①

Unmöglich ist die Anwendung dieser Methode der Verwandtschaftsanalyse bei allen sich ein- oder ungeschlechtlich fortpflanzenden Organismen. Auch innerhalb jener sehr zahlreichen Sippen von höheren Pflanzen, in denen Arten vorkommen, die nicht durch Teilung früherer, sondern durch Bastardierung zweier oder sogar mehrerer Arten entstanden sind, ist eine Verwandtschaftsanalyse nach dem „Schwestergruppenprinzip" mit besonderen Problemen verbunden.

Trotz aller Schwierigkeiten aber sind die Forschungen der Systematiker auf den Entwurf eines Systems gerichtet, in dem die lebenden Organismenarten in monophyletischen Verwandtschaftsgruppen unterschiedlicher Ranghöhe hierarchisch geordnet sind. In diesem System können auch die ausgestorbenen Formen ihren Platz finden. Der besondere Wert der im System richtig eingefügten Fossilien liegt darin, daß sie Auskunft über das absolute Mindestalter der Kategorie geben können, der sie angehören.

■ Der Urvogel *(Archaeopteryx)* beweist die Existenz von Vögeln seit dem oberen Jura, also seit etwa 140 Millionen Jahren.

▶ Die Systematik (Taxonomie) ist eine integrierende Teilwissenschaft der Biologie. Ihre Arbeitsverfahren sind Vergleichen, Beschreiben, Benennen, Klassifizieren.

Es ist ihre Hauptaufgabe, die zwischen den Organismenarten vorhandenen, im Verlaufe ihrer Stammesgeschichte (Phylogenese) entstandenen Verwandtschaftsbeziehungen zu analysieren und in einem hierarchisch aufgebauten Systemschema abzubilden.

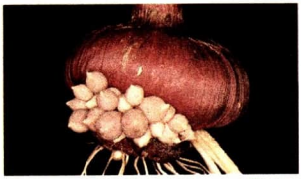
Die von *Ch. Darwin* begründete Abstammungslehre ist die wissenschaftliche Basis der Systematik.

Die biologische Art ist die elementare Klassifikationseinheit, sie existiert real. Alle höheren Kategorien des Systems (■ Gattung, Familien) sind begriffliche Einheiten, sie sollen nur monophyletisch entstandene Abstammungsgemeinschaften umfassen.

① Nennen Sie andere Beispiele für Sippen, die ähnliche Merkmale ausgebildet haben, aber nicht untereinander verwandt sind! Begründen Sie Ihre Auswahl!

# Viren und Bakterien

Sproßspitze einer Chrysantheme (links gesund, rechts von Viren befallen)



Gladiolenknolle mit Brutknöllchen und Wurzeln (rechts durch Bakterien verändert)

Viren bestehen aus den gleichen chemischen Stoffen wie Zellen von Lebewesen; die Eigenschaften von Lebewesen zeigen sie aber nur unter bestimmten Bedingungen. Die Stellung der Viren im Gefüge der Natur, ihre Zugehörigkeit zu den Lebewesen und ihre Einordnung in das natürliche System sind umstritten.

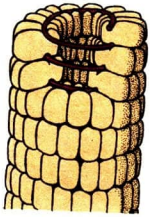
Bakterien gehören zu den in Bau und Lebensweise am einfachsten organisierten Lebewesen. Sie unterscheiden sich in einigen Merkmalen (■ das Fehlen eines abgegrenzten Zellkerns, spezifische Vermehrungsvorgänge) von den übrigen Organismen und können den Gruppen der Tiere und Pflanzen gegenübergestellt werden.

Bestimmte Inhaltsstoffe der Zellen (■ Bakteriochlorophyll) und physiologische Merkmale (■ Art der Ernährung) zeigen aber eindeutig die Zugehörigkeit der Bakterien zu den Lebewesen.

Viren und Bakterien sind so klein, daß sie als Individuen nur mit Hilfe von Licht- oder Elektronenmikroskopen sichtbar gemacht werden können; beobachtet werden aber seit Jahrhunderten die Wirkungen ihrer Lebenserscheinungen (■ krankhafte Veränderungen, die sie bei Menschen, Tieren und Pflanzen hervorrufen; Gärungs- und Fäulnisprozesse).

# Viren

Tabaknekrosevirus (30 000 : 1)



Virus (schematisch)

$T_1$-Phage (500 000 : 1)

Phage (schematisch)

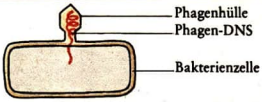
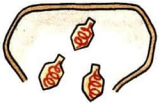
Viren konnten aufgrund ihrer geringen Größe (10 nm bis 400 nm) erst nach der Entwicklung des Elektronenmikroskops sichtbar gemacht werden. Auf ihr Vorhandensein wurde allerdings schon seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts geschlossen, als deutlich wurde, daß Preßsäfte kranker Pflanzen und Tiere, die bereits bakteriendichte Filter durchlaufen hatten, Infektionen bei gesunden Organismen auslösen können. Heute ist die Virusforschung eine selbständige Disziplin, deren Forschungsergebnisse weitere Erkenntnisse in medizinischen, genetischen und allgemeinbiologischen Fragen erwarten lassen.

*Bau und Lebenserscheinungen.* Viren treten in verschiedenen Formen auf. Es gibt polyedrische, kugelige und stäbchenförmige Viren. Durch ihren regelmäßigen Aufbau können sie sich zu kristallartigen Verbänden zusammenschließen. Eine Gruppe von Viren, die als Wirtsorganismen Bakterien befallen, die Bakteriophagen, weichen in ihrem Bau von anderen Viren ab. Bakteriophagen sind meist in Kopf- und Schwanzteil gegliedert.

► *Viren bestehen aus einer Hülle von spezifischen Proteinen sowie aus Nukleinsäuren, die als DNS oder RNS vorliegen können. Viele Viren sind zusätzlich noch von Hüllmembranen umschlossen.*

Viren unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von den Lebewesen, sie können aber auch bestimmte Merkmale der lebenden Natur zeigen. Diese Funktionen können allerdings nicht selbständig, sondern nur im Plasma lebender Wirtszellen realisiert werden.

| Merkmale des Lebens | Vorkommen bei Viren |
|---|---|
| zellulärer Aufbau | nicht vorhanden |
| Stoff- und Energiewechsel | nicht vorhanden |
| Reizbarkeit | nicht vorhanden |
| Vermehrung | nur im lebenden Wirt vorhanden |
| Entwicklung | nur im lebenden Wirt vorhanden |
| Fortpflanzung | nur im lebenden Wirt vorhanden |
| Weitergabe genetischer Informationen (Vererbung) | nur im lebenden Wirt vorhanden |
| Mutationsfähigkeit | nur im lebenden Wirt vorhanden |

| Vermehrung bei Bakteriophagen (■ $T_4$-Phage) | |
|---|---|
| Anheftung der Phagen an die Bakterienzelle und Auflösen der Bakterienzellwand an der Anheftungsstelle. Eintritt der Phagen-DNS in die Bakterienzelle. |   |
| Identische Reproduktion der Phagen-DNS in der Bakterienzelle auf der Grundlage von DNS-Nukleotiden aus dem Stoffwechsel der Bakterienzelle. | |
| Bildung von Phagen-Eiweißhüllen aus Aminosäuren der Bakterien. | |
| Bildung und Freisetzung kompletter Phagen, dabei Zerstörung der Bakterienzelle. |  |

▶ *Die Ähnlichkeit der Viren mit Lebewesen besteht in ihrer chemischen Zusammensetzung, in ihrer Vermehrungsfähigkeit und in solchen Merkmalen, die direkt an die Nukleinsäuren gebunden sind, wie die Fähigkeit zur gesteuerten Eiweißsynthese und Mutation als Voraussetzung der Angepaßtheit und Entwicklung.*

Die Vermehrung der Viren ist besonders gut bei Bakteriophagen untersucht worden.

*Phylogenetische Abstammung.* Die Stellung der Viren in der Natur ist aufgrund ihrer Merkmale (■ stoffliche Zusammensetzung, fehlende Reizbarkeit) umstritten.

Viren werden daher von vielen Wissenschaftlern als komplizierte Molekülaggregate, von anderen aber als sehr einfache Lebewesen aufgefaßt.

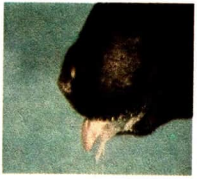
In diesem Zusammenhang wird die Frage nach der Herkunft der Viren diskutiert. Die lange vorherrschende Meinung, Viren könnten Urformen des Lebens sein, wird heute kaum noch anerkannt, weil Viren immer auf die Existenz lebender Zellen angewiesen sind. Eine andere Hypothese geht davon aus, daß sich heutige Viren aus ursprünglich zellulär organisierten Lebewesen entwickelten, die parasitisch lebten und die Zellstrukturen verloren. Viele experimentelle Erkenntnisse lassen eine dritte Hypothese wahrscheinlich werden, nach der Viren aus nukleinsäurehaltigen Zellbestandteilen (■ Ribosomen) entstanden sind. ①

▶ *Herkunft und Stellung der Viren im Gefüge der lebenden Natur sind heute noch ungeklärt.*

① Erörtern Sie die Stellung der Viren im Gefüge der Natur!

# Viren als Krankheitserreger

Masern



Rinderpest

Mosaikkrankheit

Die krankheitsauslösende Wirkung von Viren beruht darauf, daß die Wirtszellen in ihren normalen Funktionen stark gehemmt und bei der Freisetzung der Viren oft zerstört werden. Die Zerfallsprodukte der zerstörten Zellen und auch die Viren selbst können als Giftstoffe auch auf nicht befallene Zellen wirken.

► *Viruskrankheiten (Virosen) gehören zu den Infektionskrankheiten.*

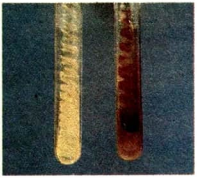
Maßnahmen zur Bekämpfung von Viruskrankheiten bei Mensch und Tier sind in vielen Ländern der Erde Gegenstand intensiver Forschungsarbeit. Besonders bei Tier- und Menschenvirosen haben sich strenge Hygiene- und Desinfektionsmaßnahmen, Isolierung erkrankter Individuen, wenn möglich die Vernichtung von Überträgerorganismen (■ Gelbfiebermücke) als Grundlagen der Virusbekämpfung bewährt. Seit einigen Jahrzehnten werden große Erfolge bei der Bekämpfung von Virosen durch aktive Immunisierung erzielt. Genaue Kenntnisse über die bei der Infektion und der Vermehrung der Viren in der Zelle ablaufenden Vorgänge sind Voraussetzung für die Entwicklung und den Einsatz von hemmenden chemischen Substanzen und von Antibiotika. ①②

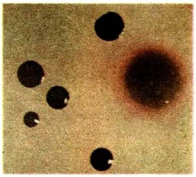
| Viruskrankheiten des Menschen | vorwiegend befallenes Organ |
|---|---|
| Windpocken, Gürtelrose, Masern, Röteln | Haut |
| Grippe, Schnupfen | Atmungsorgane |
| Tollwut, Poliomyelitis (Kinderlähmung) | Nervensystem |
| Gelbfieber, Gelbsucht (Hepatitis), Ziegenpeter | Verdauungsorgane |
| **Pflanzenvirosen** | **Tiervirosen** |
| Blattrollkrankheit (■ bei Kartoffeln) | Rinderpest, Schweinepest |
| Mosaikkrankheit (■ bei Tabak, Kartoffeln) | Maul- und Klauenseuche |
| Obstbaumvirosen (■ bei Apfel, Kirsche) | Tollwut |

① Erkunden Sie im Statistischen Jahrbuch der DDR die Anzahl der Erkrankungen an Poliomyelitis, Masern, Hepatitis in den letzten 20 Jahren in der DDR! Stellen Sie das Ergebnis tabellarisch dar! Stellen Sie Beziehungen zu Bekämpfungsmaßnahmen her!

② Begründen Sie die medizinische und volkswirtschaftliche Bedeutung der Bekämpfung von Viruserkrankungen bei Menschen, Kulturpflanzen, Nutztieren!

# Bakterien





Bakterienkolonien auf unterschiedlichen Nährböden

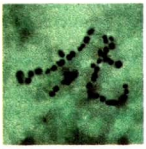
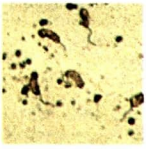
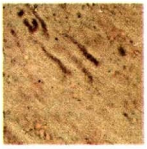
Bakterien *(Schizomycetes)* sind einzellige Lebewesen. Sie wurden erstmals vor fast 300 Jahren mit einfachen optischen Hilfsmitteln (zusammengesetzten Linsen) sichtbar gemacht; heute sind über 1 500 Bakterienarten bekannt. Bakterien besiedeln in riesigen Individuenzahlen fast alle Bereiche der Erde. Sie kommen im Wasser, in der Luft und im Boden vor; viele Bakterienarten leben als Symbionten oder Parasiten in anderen Organismen.

Bakterien gehören zu den ältesten Lebewesen auf der Erde. Sie wurden in rund 3 Milliarden Jahre alten präkambrischen Gesteinsschichten nachgewiesen. Unter den rezenten Organismen stellen sie die strukturell einfachsten Lebewesen dar.

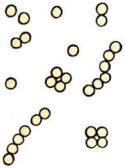
*Bau und Lebensweise.* Bakterien sind einzellige, fast stets chlorophyllfreie Lebewesen; ihre Größe schwankt von 0,2 $\mu$m bis 100 $\mu$m. Bakterienzellen können begeißelt sein; ihre äußere Gestalt ist verschiedenartig.

▶ *Bakterien kommen in Form von Kokken, Spirillen, Vibrionen und Stäbchen vor.*

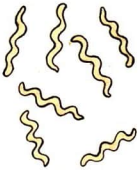
Manche Bakterienarten bilden lose miteinander verbundene Zellfäden, in denen aber jede Zelle selbständig bleibt.

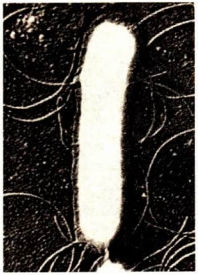




Stäbchen

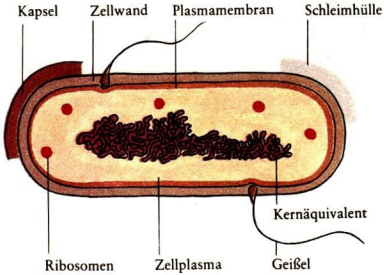

Kokken

Vibrionen


Spirillen



Bakterie (200 000:1)




Bakterienzelle (schematisch)

Bakterienzellen haben eine feste Zellwand, die aus Proteinen, fettähnlichen Stoffen (Lipoiden) und Polysacchariden zusammengesetzt ist. Die Zellwand enthält keine Zellulose. Sie besteht aus mehreren Schichten, besonders die innere Schicht gibt der Zelle eine feste Stütze. Auf diese Zellwand lagert sich bei vielen Bakterienarten nach außen eine Kapsel auf, die aus einer gallertigen Masse gebildet wird. Die Kapsel hat unterschiedliche Stärke, zuweilen kann sie als dicke Schleimschicht ausgebildet sein. Nach innen wird die Zellwand von einer Plasmamembran begrenzt.

▶ *Bakterienzellen werden ähnlich wie Pflanzenzellen von einer Zellwand und einer Plasmamembran umgrenzt.*

Das Zellplasma (Zytoplasma) der Bakterienzelle besteht zu großen Teilen aus Wasser, ferner aus Kohlenhydraten, Eiweißen und Lipoiden (fettähnlichen Stoffen). Teilweise treten im Plasma Farbstoffe auf. Bei manchen Arten finden sich Plasmalamellen mit Assimilationsfarbstoffen (Bakteriochlorophyll). Zum Zytoplasma gehören auch die Ribosomen, an denen die Eiweißsynthese erfolgt. Eingebettet in das Zytoplasma ist das stark DNS-haltige Kernäquivalent. ①

▶ *Bakterien haben keinen durch eine Membran vom Zytoplasma getrennten Zellkern; sie besitzen ein Kernäquivalent, das Nukleoid, das aus Nukleinsäuren besteht.*

Die Vermehrung der Bakterien erfolgt durch Spaltung. Dabei werden die im Nukleoid enthaltenen Erbinformationen auf die Tochterzellen verteilt. Die Spaltung kann in rascher Folge ablaufen. Bei günstigen Lebensbedingungen spalten sich die Zellen alle 20 bis 40 Minuten, so daß eine Bakterienzelle an einem Tag eine Viertel Billiarde Tochterzellen hervorbringen kann.

① Vergleichen Sie Bau und chemische Zusammensetzung der Bakterienzelle mit dem einer tierischen und einer pflanzlichen Zelle! Stellen Sie eine Tabelle dazu auf! Erörtern Sie anhand dieses Vergleichs die Stellung der Bakterien im System der Organismen!

② Vergleichen Sie Viren und Bakterien im Bau und in ihrer Vermehrung!

③ Erläutern Sie ausführlich folgende Begriffe: Zellteilung, Spaltung, Bakterienkolonie, Dauerspore, Spore, geschlechtliche Fortpflanzung!

④ Erläutern Sie die Abhängigkeit der Viren und der Bakterien von den Umweltverhältnissen!

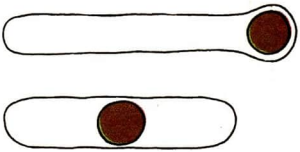
Da in der Regel für die riesige Anzahl neugebildeter Zellen das Angebot an Nährstoffen an dem jeweiligen begrenzten Ort nicht ausreicht, kommt eine so starke Vermehrung von Bakterien über längere Zeit hinweg in der Praxis nur selten vor. Die neugebildeten Zellen bleiben oft in spezifischer Weise lose miteinander verbunden (■ kettenförmig, haufenförmig); sie können so auch makroskopisch sichtbare Kolonien bilden (↑ Abb. S. 23). ②

▶ *Bakterien vermehren sich durch Spaltung.*

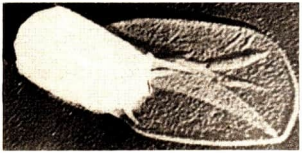
Viele Bakterienarten bilden Dauersporen. Dabei sammelt sich das Plasma um das Nukleoid und umschließt sich innerhalb der Zellwand mit einer festen Hülle. Die Hülle schützt das Plasma vor äußeren Einwirkungen (■ extreme Temperatur, Trockenheit, Gifte). Die so gebildete Dauerspore dient auch der Verbreitung der Bakterien, nicht ihrer Fortpflanzung. ③④

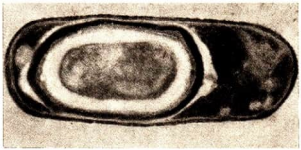
Spaltung bei Bakterien (200 000:1)

Bakterien ernähren sich vorwiegend heterotroph als Saprophyten (Fäulnisbewohner) von organischen Substanzen abgestorbener Lebewesen (■ Laub, Kadaver), oder sie leben als Parasiten (Schmarotzer), die einen lebenden Wirtsorganismus durch Eiweißentzug oder durch ausgeschiedene Giftstoffe (Toxine) schädigen (■ Tuberkelbakterien, Typhusbakterien). Manche heterotrophen Bakterien leben in anderen Organismen symbiontisch (■ Knöllchenbakterien, Darmbakterien der Wirbeltiere).



Sporenbildung bei Bakterien





Elektronenoptische Aufnahmen von Sporen bei Bakterien

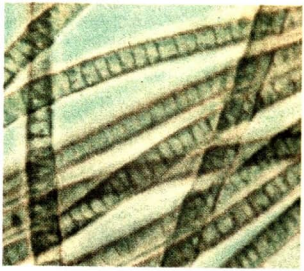
Einige Bakterienarten sind autotroph. Sie sind entweder durch den Besitz von Assimilationsfarbstoffen zur Photosynthese fähig (■ Purpurbakterien), oder sie gewinnen die zur Reduktion des Kohlendioxids notwendige Energie aus chemischen Reaktionen (■ nitrifizierende Bakterien, Schwefelbakterien). Die Dissimilation der Bakterien läuft als Atmung oder Gärung ab.

▶ *Die Stoffwechselprozesse der Bakterien sind vielgestaltig. Die Assimilation erfolgt vorwiegend heterotroph, seltener autotroph. Bakterien gewinnen ihre Energie durch Atmung oder Gärung.* ①②

*Systematische Einteilung.* Die Klasse der Bakterien wird mit der Klasse der Blaualgen zur Gruppe der Spaltpflanzen *(Schizophyta)* zusammengefaßt. Sie bilden nach der Auffassung vieler Systematiker eine selbständige Gruppe, die Kernlosen *(Prokaryota)*, die sich von kernhaltigen Organismen *(Eukaryota)* durch Zellmerkmale (■ Kernäquivalent, chemische Zusammensetzung der Zellwand) unterscheiden.

In anderen Systemen werden die Bakterien den Pflanzen zugeordnet. Dafür spricht in erster Linie das Auftreten der Zellwand. Die systematische Einteilung innerhalb der Bakterienklasse gründet sich auf solche Merkmale wie Zellform, Begeißelung, Reaktion der Zellwand auf bestimmte chemische Verbindungen und das Vorkommen von Farbstoffen im Plasma.

Die Aufklärung phylogenetischer Beziehungen wird durch Analysen der DNS und durch Untersuchungen der Aminosäure- und Zuckerbestandteile der Zellwand versucht.



Spaltpflanzen (links Bakterien, rechts Blaualgen)

① Nennen Sie Beispiele für Bakterien mit saprophytischer und mit parasitischer Lebensweise!

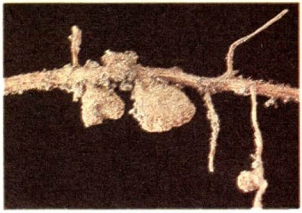
② Erläutern Sie die Begriffe Atmung und Gärung! Stellen Sie Unterschiede heraus! Welche Form der Dissimilation ist Ihnen beim Menschen bekannt?

③ Erläutern Sie die Bedeutung der Bakterien im Stoffkreislauf in der Natur! Beachten Sie dabei die Nutzung durch den Menschen!

④ Ordnen Sie die vom Menschen genutzten mikrobiologischen Prozesse den Stoffwechselprozessen Assimilation und Dissimilation zu!

# Bedeutung der Bakterien

Gülleaufbereitung durch Bakterien



Lupinenwurzel mit Bakterienknöllchen

Bakterien haben für den Kreislauf der Stoffe in der Natur und für den Menschen in positiver und negativer Hinsicht sehr große Bedeutung.

Die Saprophyten unter den Bakterien bilden zusammen mit vielen Pilzen die Reduzenten in Nahrungsketten. Sie setzen tote organische, meist hochmolekulare Stoffe (■ Zellulose, Holzstoff, Eiweiße) zu niedriger molekularen organischen und zu anorganischen Verbindungen wie Wasser, Ammoniak und Kohlendioxid um. Dadurch schaffen sie Voraussetzungen für den Kreislauf des Kohlenstoffs und des Stickstoffs. Zugleich verhindern sie die Anhäufung toter organischer Substanz auf der Erde. Sie bewirken eine Umwandlung organischer Stoffe in ihre anorganischen Bestandteile, die Mineralisierung, und erhöhen dadurch die Bodenfruchtbarkeit, denn die freigesetzten anorganischen Bestandteile sind wichtige Pflanzennährstoffe. Diese Prozesse der Mineralisierung laufen auch in Gewässern ab und führen zu deren natürlicher Selbstreinigung.

An der Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit können auch Stoffwechselprozesse autotroph lebender Bakterienarten beteiligt sein.

■ Unter dem Einfluß nitrifizierender Bakterien wird Ammoniak zu Nitrat-Ionen oxydiert, die von den Pflanzen als Nährstoffe aufgenommen werden.

Die in den Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblütengewächse lebenden Knöllchenbakterien assimilieren atmosphärischen Stickstoff, den die Pflanzen zum Aufbau von Eiweißen nutzen können. Abgestorbene Pflanzenteile dieser eiweißreichen Pflanzen werden im Boden von Saprophyten zersetzt, wodurch dem Boden Stickstoff in Form von Ammoniak zugeführt wird. ③

■ Der Anbau von Schmetterlingsblütengewächsen (■ Klee, Lupine, Serradella) als Zwischensaaten liefert einerseits eiweißreiche Futterpflanzen, andererseits einen erhöhten Stickstoffgehalt im Ackerboden.

▶ *Bakterien sind mit ihren Stoffwechselvorgängen ausschlaggebend am Kreislauf des Kohlendioxids und des Stickstoffs in der Natur beteiligt.*

Der Mensch nutzt die Stoffwechselprozesse der Bakterien zum biologischen Abbau organischer Substanzen (■ bei der Abwasseraufbereitung, ↗ S. 182, der Müllbeseitigung und der Gülleverarbeitung) in zunehmendem Maße aus. ④

■ Abwässern werden geeignete Bakterienaufschwemmungen zugesetzt, die bei Anwesenheit von Sauerstoff die organischen Bestandteile des Abwassers biochemisch umsetzen.

Die Ausnutzung von Stoffwechselprozessen der Bakterien durch den Menschen hat große Bedeutung für die Lösung volkswirtschaftlich wichtiger Aufgaben. Intensive

Grünfuttersilierung und Kompostbereitung beruhen auf Stoffwechselprozessen von Bakterien

Forschungsarbeiten haben die Voraussetzungen für den Aufbau einer mikrobiologischen Industrie geschaffen, die auch in der DDR in den nächsten Jahren planmäßig weiterentwickelt wird.

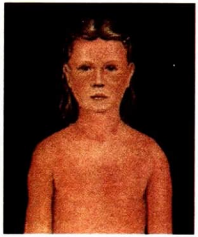
Seit Jahrtausenden nutzt der Mensch Gärungsprozesse. Milchsäurebakterien zersetzen kohlenhydrathaltige Stoffe zu Milchsäure, die die Entwicklung der Fäulnisbakterien hemmt und als Konservierungsmittel für Gemüse (Gurken, Sauerkohl) und Futtermittel (Silage) dient. Die Milchsäuregärung ist auch die Grundlage für die Bereitung von Käse und anderen Sauermilchprodukten. Durch Essigsäurebakterien wird Äthanol zu Essigsäure oxydiert. Auf diesem Prozeß beruht die Herstellung von Speiseessig.

Große Bedeutung haben die verschiedensten Syntheseleistungen der Bakterien.

- Bestimmte Bakterienarten oxydieren gasförmige Kohlenwasserstoffe des Erdgases und bilden daraus mikrobielles Eiweiß, das als Futtermittelzusatz in der Tierhaltung genutzt werden kann.
- Im Stoffwechsel von Bakterien synthetisierte Aminosäuren werden eiweißarmen Futtermitteln zugesetzt.

| Nutzung bakteriell erzeugter Stoffe | |
|---|---|
| **Stoffe** | **Einsatzmöglichkeiten** |
| Milchsäure | Herstellung von Sauermilch- und Joghurtprodukten und Käse<br>Färberei- und Druckhilfsmittel in der Textilindustrie<br>Blutplasmaersatz |
| Dextran (Kohlenhydrat) | Zusatz zu Spülmitteln bei Erdölbohrungen |
| Vitamin $B_{12}$ | Medizinische Präparate |
| Proteasen (eiweißspaltende Enzyme) | Waschmittelindustrie: biologische Schmutzlöser<br>Fleischwarenindustrie: „Zartmacher" |
| Amylasen (stärkespaltende Enzyme) | Papier- und Textilindustrie;<br>Medizinische Präparate |
| Antibiotika | Medizinische Präparate: Bekämpfung von Infektionskrankheiten<br>Futtermittelzusatz: Verbesserung der Futtermittelausnutzung |
| Aminosäuren | Zusatz in der Nahrungs- und Futtermittelherstellung |

Scharlach



Schweinerotlauf beim Menschen

Kartoffelnaßfäule

Für diese Syntheseleistungen werden bestimmte Bakteriensippen gezüchtet, die eine besonders hohe Produktion an den gewünschten Stoffen aufweisen. Aus den Nährlösungen, in denen die Bakterien gehalten werden, lassen sich die Stoffe, besonders wenn die Bakterien sie ausscheiden, relativ leicht gewinnen. Die Stoffe sind auf anderem Wege heute oft überhaupt noch nicht oder nur mit großem Aufwand herstellbar.

► *Bakterien produzieren viele industriell nutzbare Stoffe.*

Bakterien wirken in erheblichem Maße aber auch als Schadorganismen für den Menschen. Fäulnisbakterien verderben Lebensmittel; parasitische Bakterien rufen bei Mensch, Tier und Pflanze gefährliche Infektionskrankheiten hervor.

Die Schadwirkung von Bakterien beruht auf der Bildung von Giftstoffen (Toxinen), die die Bakterien nach außen abscheiden, oder die bei Auflösung der Bakterienzelle freiwerden. Die Toxine sind meist Eiweißstoffe.

Dank intensiver medizinischer Forschung und sozialhygienischer Maßnahmen sind bakterielle Infektionskrankheiten in vielen Ländern der Erde in den letzten Jahrzehnten stark zurückgedrängt worden. Dabei kann das Gesundheitswesen in den sozialistischen Staaten große Erfolge verzeichnen. ① ②

Die in der DDR gesetzlich geregelten Vorbeuge- und Bekämpfungsmaßnahmen haben bei den gefährlichsten Infektionskrankheiten zu einem starken Rückgang geführt.

| Bakterielle Infektionskrankheiten | | | |
|---|---|---|---|
| **Mensch** | | **Tier** | **Pflanze** |
| Cholera<br>Diphtherie<br>Keuchhusten<br>Lungenentzündung<br>Ruhr | Tuberkulose<br>Typhus<br>Wundstarrkrampf<br>(Tetanus)<br>Syphilis | Milzbrand<br>Schweinerotlauf | Wurzelkropf<br>Trockenfäule<br>Naßfäule |

① Wiederholen Sie Ihre Kenntnisse über aktive und passive Immunisierung!

② Stellen Sie in Ihrem Impfausweis fest, gegen welche Bakterienkrankheiten Immunisierungen durchgeführt werden!

Krankheitsfälle je 10 000 Einwohner in der DDR bei einigen Infektionskrankheiten

| Jahr | Typhus Paratyphus | Diphtherie | Tuberkulose | Scharlach |
|---|---|---|---|---|
| 1951 | 2,5 | 10,5 | 43,2 | 45,2 |
| 1956 | 1,4 | 4,6 | 23,4 | 13,1 |
| 1961 | 0,7 | 1,9 | 11,9 | 9,0 |
| 1966 | 0,3 | 0,0 | 8,1 | 18,8 |
| 1971 | 0,2 | — | 5,7 | 24,8 |
| 1976 | 0,1 | — | 3,4 | 20,0 |

■ In der DDR tritt Diphtherie kaum noch auf, durch die Impfungen können schwere Tetanuserkrankungen verhindert werden, die Tuberkulose ist seit der Einführung der Tbk-Schutzimpfung (1952) und der Röntgenreihenuntersuchungen (1955) keine Massenerkrankung mehr.

Die DDR unterstützt in vielen Ländern Afrikas, Asiens und Lateinamerikas durch Entsendung von Ärzten und Medikamenten die Bekämpfung der Infektionskrankheiten.

Angesichts der großen Anstrengungen zur Überwindung der Infektionskrankheiten ist der antihumanistische Akt einiger imperialistischer Staaten, bakteriologische Waffen zu produzieren, besonders verbrecherisch. Die 1972 abgeschlossene Internationale Konvention über das Verbot der Entwicklung, Herstellung und Lagerung von bakteriologischen Waffen ist eine notwendige Voraussetzung dafür, die Verseuchung der Menschheit mit gefährlichen Krankheiten zu verhindern.

▶ Viren sind nur elektronenmikroskopisch sichtbare Partikel aus einer Eiweißhülle und DNS oder RNS.

Viren können nur in lebenden Wirtszellen einige Merkmale des Lebens zeigen (■ Vermehrung, Vererbung); die Wirtszelle kann dadurch geschädigt werden und absterben.

Viren sind Erreger zahlreicher Infektionskrankheiten bei Mensch, Tier und Pflanze.

Bakterien sind einzellige Organismen; sie sind von einer Zellwand umgrenzt und haben keinen abgegrenzten Zellkern. Bakterien vermehren sich ungeschlechtlich durch Spaltung.

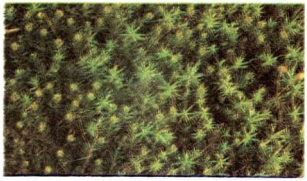
Die meisten Bakterien leben heterotroph als Saprophyten oder Parasiten. Einige Formen sind durch Photo- oder Chemosynthese autotroph.

Bakterien haben im Stoffkreislauf der Natur als Reduzenten große Bedeutung. Viele Stoffwechselprozesse und -produkte der Bakterien werden genutzt. Bestimmte Bakterienarten sind als Fäulnis- oder Krankheitserreger für den Menschen schädlich.

Durch große Anstrengungen des Gesundheitswesens, insbesondere in sozialistischen Ländern, werden heute viele Virus- und Bakterienkrankheiten erfolgreich bekämpft.

# Pflanzen

Braunalge



Laubmoos

Farn

Samenpflanze

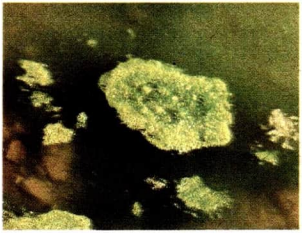
Pflanzen und Tiere bilden die Gruppe der kernhaltigen Organismen *(Eukaryota)*. Ein wesentliches Merkmal der Pflanzen ist ihre autotrophe Kohlenstoffassimilation durch Photosynthese. Durch diesen Prozeß schaffen sie die Voraussetzungen für das Leben auf der Erde. Sie liefern die organischen Stoffe zur Ernährung der heterotrophen Lebewesen und den größten Teil des in der Erdatmosphäre enthaltenen Sauerstoffs.

Die Pflanzen haben sich seit dem Erdaltertum entwickelt. Algen sind als fossile Reste aus Gesteinsschichten des Kambriums bekannt. Im Silur besiedelten die Pflanzen als erste Lebewesen das Land.

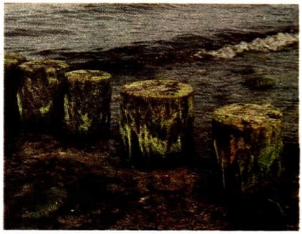
Die Gruppe mit der höchsten Entwicklungsstufe und dem größten Artenreichtum sind die Samenpflanzen. Insgesamt sind heute etwa 370 000 lebende Pflanzenarten bekannt. Sie kommen im Süß- und Salzwasser vor und besiedeln fast die gesamte Oberfläche der Erde.

Zu den Pflanzen gehören die Gruppen der Algen *(Phycophyta)*, Pilze *(Mycophyta)*, Moospflanzen *(Bryophyta)*, Farnpflanzen *(Pteridophyta)* und Samenpflanzen *(Spermatophyta)*.

# Grünalgen



Grünalgenwatten in Süßwasser



Grünalgenbewuchs an Buhnen

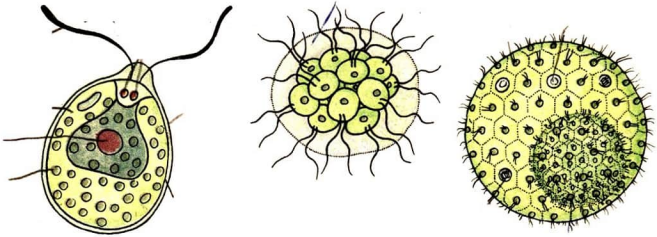
Die Grünalgen (*Chlorophyceae*) nehmen unter den Algen (■ Braunalgen, Rotalgen) eine besondere Stellung ein. Im Hinblick auf die Artenzahl sind sie die umfangreichste Algenklasse. Sie sind fossil bereits in den Gesteinsschichten des Kambriums nachgewiesen, sind also über 500 Millionen Jahre alt. Grünalgen stellen wahrscheinlich die Ausgangsgruppe für die Entwicklung der Landpflanzen dar, mit denen sie in vielen Zellmerkmalen übereinstimmen.

*Bau und Lebensweise.* Grünalgen sind sehr vielgestaltige ein- oder mehrzellige Pflanzen. Sie leben im Süßwasser, einige Arten in den Randzonen der Meere oder auf feuchten Böden.

► *Grünalgen besitzen einen durch eine Membran vom Plasma abgegrenzten Zellkern, eine Zellulosezellwand sowie Chlorophyll als Assimilationsfarbstoff; sie speichern Stärke als Reservestoff.*

Ihre Assimilationsfarbstoffe sind in mannigfaltig gestalteten Chloroplasten (■ sternförmig, linsenförmig, becherförmig) enthalten.

► *Grünalgen kommen als Einzeller, Kolonien oder als differenzierte Vielzeller vor.*



Thallusformen bei Grünalgen (einzellig, koloniebildend, vielzellig)

# Entwicklungstendenzen bei Grünalgen.

Innerhalb der Gruppe der Grünalgen lassen sich deutlich Tendenzen zur Differenzierung und Spezialisierung erkennen.

► *Die Differenzierung und Spezialisierung der Zellen ist ein Ausdruck der Höherentwicklung.*

Kolonien sind höherentwickelt als einzellige Formen, Vielzeller sind höherentwickelt als Kolonien. ①

Auch im äußeren Bau zeigen die vielzelligen Grünalgen einen unterschiedlich hohen Grad der Differenzierung.

Relativ einfach gebaut sind die kugelförmigen (■ *Volvox*) fadenförmigen (■ *Ulothrix*, *Cladophora*), flächenförmigen (■ *Ulva*) vielzelligen Grünalgen; der Vegetationskörper der stärker differenzierten vielzelligen Grünalgen ist häufig in blatt-, stengel- und wurzelähnliche Abschnitte gegliedert (■ *Caulerpa*).

Die fadenförmigen Formen haben sich im Verlaufe der Stammesentwicklung aus den einzelligen Formen entwickelt. Teilen sich die Zellen von fadenförmigen Vertretern der Grünalgen längs und quer, so konnten flächige Formen entstehen, die sich zu blattähnlichen Teilen differenzierten. ②③④

In der stärkeren Differenzierung des äußeren Baus zeigt sich ebenso wie in der Spezialisierung der Zellen (■ Assimilationszellen, Fortpflanzungszellen) eine zunehmende Höherentwicklung bei den vielzelligen Grünalgen.

Grünalgen besitzen aber trotz der äußeren Differenzierung keine echten Gewebe, sind nicht in Wurzeln und Sproß gegliedert und bilden keine Blüten und Samen aus; ihr Vegetationskörper ist ein Thallus.

► *Ein Thallus ist ein Vegetationskörper, der nicht in Wurzel und Sproß differenziert ist.*

Auch andere Pflanzengruppen bilden solche Thalli, sie alle werden zu der Sammelgruppe Thallophyten zusammengefaßt.

► *Algen, Pilze und Flechten sind Thallophyten (Lagerpflanzen).*

Diese Gruppierung berücksichtigt nur Baumerkmale, aber keine verwandtschaftlichen Beziehungen.

*Einzellige Grünalgen.* Die einzelligen Grünanlagen sind ursprünglich begeißelt; unbegeißelte Formen (*Chlorella*) sind von den begeißelten abgeleitet.

► *Einzellige Grünalgen bestehen aus einer Zelle, die mit Hilfe von Zellorganellen alle lebensnotwendigen Funktionen (■ Ernährung, Bewegung, Fortpflanzung) ausführen kann.*

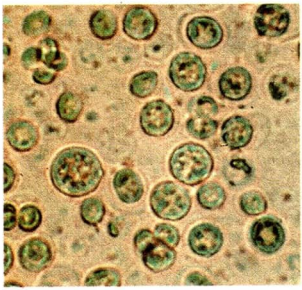
Einzellige Grünalgen pflanzen sich meist ungeschlechtlich durch Zellteilung fort, oder sie bilden Gameten aus, von denen sich je zwei zu einer Zygote vereinen.

① Vergleichen Sie an je einem konkreten Beispiel einzellige, koloniebildende und mehrzellige Grünalgen! Beachten Sie besonders Unterschiede und Übereinstimmungen im Bau! Erklären Sie jeweils die Entwicklungshöhe!

② Stellen Sie ein Frischpräparat von fädigen Algen her! Beobachten Sie die Objekte im Mikroskop!

③ Vergleichen Sie die Objekte der von ihnen angefertigten Präparate mit den Abbildungen von Grünalgen im Lehrbuch, Seite 34 bis 35! Stellen Sie die Unterschiede in der Differenzierung der Zellen heraus!

④ Zeichnen Sie die Präparate!



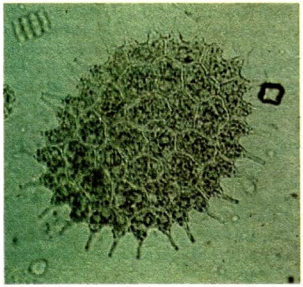
*Chlorella*
Zellen kugelig bis eiförmig; ohne Geißeln; ein großer becherförmiger Chloroplast.
Zahlreiche Arten, weitverbreitet, einige Arten als Symbionten in Tieren (■ Süßwasserpolyp) oder Flechten.

*Chlamydomonas*
Zellen eiförmig, kugelig oder zylindrisch; Zellwand oft mit Gallerthülle; in der Regel begeißelt; ein Chloroplast.
Etwa 500 Arten, weit verbreitet.

*Kolonienbildende Grünalgen.* Die einzelnen Zellen sind durch eine Gallerthülle miteinander verbunden. Sie können alle Lebensfunktionen (Ernährung, Fortpflanzung) selbständig ausführen.

► *Die Kolonien der Grünalgen bestehen aus mehreren voneinander unabhängigen Zellen, deren Anzahl in der Regel arttypisch ist.*

*Scenedesmus*
Einfache Kolonie aus meist vier spindelförmigen unbegeißelten Zellen.
Im Süßwasser weit verbreitet.

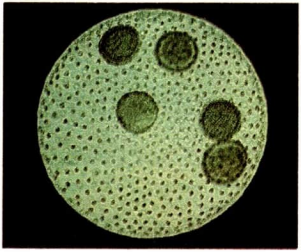


*Pediastrum*
Scheibenförmige Kolonie aus vielen unbegeißelten Zellen.
Im Süßwasser verbreitet.

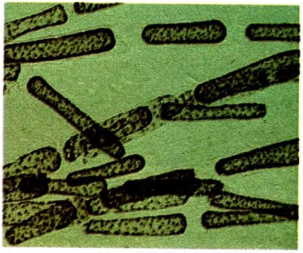
*Vielzellige Grünalgen.* Vielzellige Grünalgen sind echte Vielzeller.

*Vielzellige Grünalgen bestehen aus zahlreichen, differenzierten Zellen mit deutlicher Funktionsteilung.*

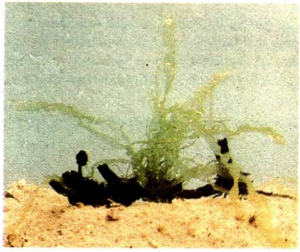
Chlorophyllhaltige Zellen dienen der Kohlenstoffassimilation, andere Zellen dienen der Fortpflanzung oder der Bewegung.



Kugelalge *(Volvox)*
Hohlkugelförmige Alge aus 500 bis 20 000 Zellen, oft Tochterkugeln enthaltend. Die meisten Zellen begeißelt und mit Chloroplasten, einige Zellen bilden männliche oder weibliche Fortpflanzungszellen aus.
Im Süßwasser verbreitet.



Flußalge *(Cladophora)*
Fadenförmige, stark verzweigte Alge. Grundständige Zelle chlorophyllfrei und als Haftzelle ausgebildet.
Zahlreiche Arten in Meer-, Brack- und Süßwasser.



Darmtang *(Enteromorpha)*
Schlauchförmige, oft zusammengedrückte oder flache Alge; unterer Thallusabschnitt meist stielartig unverzweigt, obere Thallusteile vielfach verzweigt. Zellen zahlreich, in Längs- und Querreihen.
An Steinen und Holz; im Salzwasser wohl weltweit verbreitet.

Meersalat *(Ulva)*
Meist blattförmige Alge, deren zahlreiche Zellen in zwei Schichten angeordnet sind. Grundständige Zelle oft chlorophyllfrei und als Haftzelle ausgebildet.
Mehrere Arten in Meer- und Brackwasser.

# Vorkommen und Bedeutung der Grünalgen

Grünalgen auf der Wetterseite eines Baumstammes

Fadenförmige Grünalgen in Süßwasser

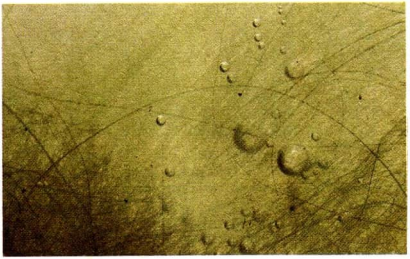
Grünalgen besiedeln Süß- und Salzwasser sowie feuchte Landbiotope. Die Einzeller und Kolonien bilden den Hauptteil des pflanzlichen Planktons, die vielzelligen Formen gehören meist zum Benthos.

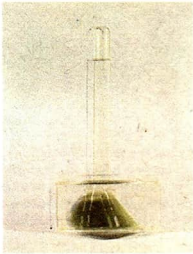
Zum Plankton gehören alle Organismen, die sich freischwebend im Wasser aufhalten. Das Benthos bilden die am Grunde der Gewässer lebenden festsitzenden und beweglichen Pflanzen und Tiere.

▶ *Grünalgen stellen einen wichtigen Teil der Biomasse der Gewässer dar.*

Die Photosyntheseleistungen der Grünalgen sind beträchtlich. Sie liefern einen hohen Anteil an organischen Stoffen, die Biomasse, für Konsumenten (■ Krebse, Fische) in Nahrungsketten.

Zugleich reichern die Grünalgen das Gewässer durch die Photosynthese mit Sauerstoff an. Sie ermöglichen dadurch die Selbstreinigung der Gewässer, denn Sauerstoff ist ein notwendiger Umweltfaktor für Fäulnisbakterien. In sauerstoffreichen Gewässern erfolgt durch die Soffwechselprozesse der Bakterien ein rascher Abbau toter organischer Stoffe.





Sauerstoffabgabe durch Algen, links in Algenwatten, rechts im Laborversuch

Seit einigen Jahrzehnten bemühen sich Wissenschaftler, die hohen Syntheseleistungen der Grünalgen für den Menschen nutzbar zu machen. Massenkulturen von einzelligen oder kolonienbildenden Grünalgen auf oder in anorganischen Nährlösungen liefern umgerechnet eine höhere Masse an Eiweißen, Fetten, Kohlenhydraten und Vitaminen als leistungsfähige landwirtschaftliche Nutzpflanzen.

■ Freilandkulturen von Chlorella können in 120 Tagen 60 dt Trockensubstanz je Hektar erzeugen. Erbsen bilden innerhalb einer Vegetationsperiode 30 dt, Raps bringt 18 dt Trockensubstanz je Hektar. Aus Algenkulturen lassen sich auch Vitamine und Antibiotika gewinnen.

▶ *Algenkulturen können eine Möglichkeit sein, die notwendige Eiweiß- und Vitaminproduktion für die Tierernährung, vielleicht auch später für die menschliche Ernährung zu unterstützen.*

Es gibt bereits erste Erfolge bei der Massenkultur von Algen, dennoch muß noch intensive Forschungsarbeit geleistet werden, um eine Reihe energetischer und technischer Probleme für eine Großproduktion zu lösen.

▶ Grünalgen sind chlorophyllhaltige, autotrophe ein- oder vielzellige Pflanzen. Ihre Zellen besitzen einen abgegrenzten Zellkern, eine Zellulosezellwand und Chloroplasten.

Zu den Grünalgen gehören Formen unterschiedlicher Entwicklungshöhe; es gibt Einzeller, Kolonien und Vielzeller. Bei den Vielzellern treten Zelldifferenzierungen auf, die aber nicht zur Bildung echter Organe führen.

Der Vegetationskörper der Grünalgen ist ein Thallus.

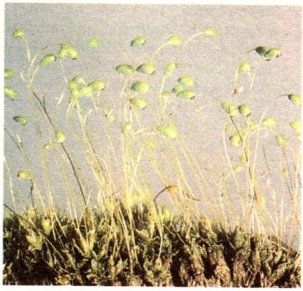
Grünalgen bilden als Planktonorganismen eine wichtige Nahrungsquelle für tierische Organismen. In zunehmendem Maße gelingt es, Grünalgen wirtschaftlich zu nutzen.

# Moospflanzen

Brunnenlebermoos

Torfmoos

Frauenhaarmoos

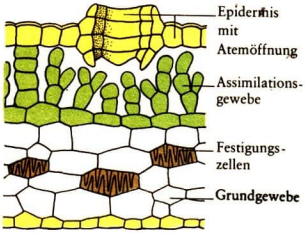


Birnmoos

Moose *(Bryophyta)* besiedeln die Bodenschicht vieler Biozönosen, besonders der Wälder und Moore; sie wachsen als Erstbesiedler auf nacktem Gestein in den Hochgebirgen und kommen mit wenigen Arten auch im Süßwasser vor.

Durch ihren meist polsterartigen Wuchs und die Ausbildung von Wasserspeicherzellen können Moose Niederschlagswasser in größeren Mengen aufnehmen und lange Zeit festhalten; sie schützen dadurch die Böden, auf denen sie wachsen, vor Austrocknung. So tragen Moose zur Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit bei. Auf Gestein wachsende Moose fördern die Bodenbildung. Die Torfmoose sind maßgeblich an der Bildung des Hochmoortorfes beteiligt.

Moose sind fossil seit dem Karbon bekannt. Heute werden etwa 25 000 rezente Arten unterschieden.




Lebermoosthallus; links Draufsicht, rechts Schnitt

*Bau und Lebensweise.* Moose sind thallusartig gebaut, oder sie sind in Stämmchen und Blättchen gegliedert. Ihr Vegetationskörper besteht ganz oder wenigstens in einigen seiner Teile aus mehreren Zellschichten und läßt im inneren Bau einfache Gewebedifferenzierungen erkennen.

Besonders in den Blättchen, seltener auch in Stämmchen und jungen Sporenkapseln, sind chlorophyllhaltige Zellen zu einem Assimilationsgewebe konzentriert.

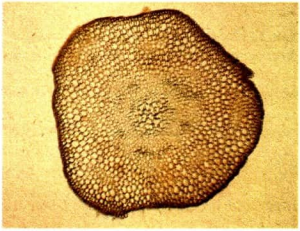
In der Regel bestehen die Blättchen, mit Ausnahme der Mittelrippe, aus einer Zellschicht, hochentwickelte Formen haben zusätzliche Zellreihen als Assimilationsleisten ausgebildet (↑ Abb. S. 40).

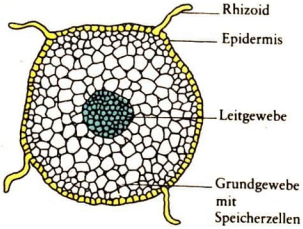
Das Chlorophyll ist wie bei anderen grünen Landpflanzen in linsen- oder kugelförmige Chloroplasten eingelagert.

Langgestreckte Zellen mit verdickten Zellwänden bilden bei vielen Arten ein einfaches Leitgewebe für den Stofftransport, das in den Stämmchen als Zentralstrang, in den Blättchen als Mittelrippe verläuft.

Echte Leitbündel mit differenzierten Gefäßen und Siebzellen treten bei Moosen nicht auf. Chlorophyllfreie Zellen des Stämmchens haben zum Teil Speicherfunktion.

Abschlußgewebe sind bei Laubmoosen in der Regel nur am Stämmchen, nur bei einigen Gruppen auch an den Blättchen ausgebildet; diese Epidermis ist einschichtig und meist





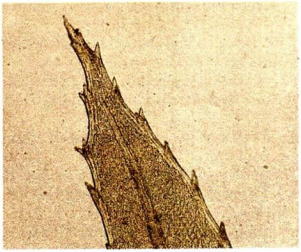

Querschnitt durch ein Laubmoosstämmchen

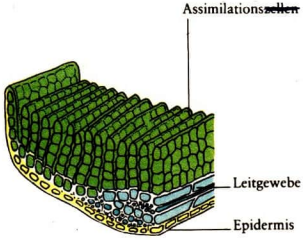
dünnwandig oder mit einer nur dünnen Kutikula verstärkt, so daß in der Regel die Aufnahme von Wasser und Nährsalzen über die gesamte Oberfläche der Moospflanzen erfolgt. Die dünne Epidermis bietet andererseits auch nur einen geringen Verdunstungsschutz, so daß Moose bei Wassermangel leicht austrocknen. Manche Arten haben in der Epidermis Spaltöffnungen.

Als Landpflanzen besitzen die Moose Haftorgane, die Rhizoiden. Das sind farblose unverzweigte oder verzweigte Zellfäden, die die Pflanze im Boden verankern, aber für die Aufnahme von Wasser und Nährsalzen unbedeutend sind. Insofern sind die Rhizoiden nur bedingt in ihrer Funktion den Wurzeln der Sproßpflanzen gleichzusetzen.

► *Moospflanzen sind einfach gebaute, grüne, autotrophe Landpflanzen, die vorwiegend an Standorte mit hoher Boden- und Luftfeuchtigkeit gebunden sind.*

► *Moose nehmen durch die äußere Gliederung des Vegetationskörpers und die beginnende Gewebedifferenzierung gegenüber den Grünalgen eine höhere Entwicklungsstufe ein.* ①②③






Laubmoosblättchen; rechts Querschnitt

① Beobachten Sie den anatomisch-morphologischen Bau eines Laubmoosstämmchens im Mikroskop (Dauerpräparat)! Fertigen Sie eine Zeichnung von den unterschiedlichen Geweben an!

② Vergleichen Sie eine mehrzellige Fadenalge und ein Laubmoos in bezug auf die Gliederung des Vegetationskörpers und die Gewebedifferenzierung! Vergleichen Sie die Entwicklungshöhe beider Pflanzengruppen!

③ Setzen Sie die Art der Ausbildung bei den Geweben von Moosen in Beziehung zu ihrem Lebensraum!

④ Vergleichen Sie die in der Tabelle auf Seite 41 angeführten Merkmale von Lebermoosen und Laubmoosen!
Welche Gruppe halten Sie für höher entwickelt?
Begründen Sie Ihre Meinung!

⑤ Vergleichen Sie die Abbildungen von Laubmoosen und Lebermoosen auf den Seiten 42 und 43!
Begründen Sie jeweils die Zugehörigkeit zu einer der beiden Gruppen!

*Stammesentwicklung.* Moospflanzen und Grünalgen stimmen in vielen Merkmalen überein. Beide Pflanzengruppen haben dieselben Assimilationsfarbstoffe (Chlorophyll a und b), beide speichern Stärke als Assimilationsprodukt, beide enthalten in ihren Zellwänden Zellulose.

Auch der Bau der Moospflanzen ähnelt in gewisser Weise den mehrzelligen Grünalgen. Darauf weisen die thallusartigen Vegetationskörper der Lebermoose, die Rhizoiden und die geringe Gewebedifferenzierung sowie das Fehlen echter Leitgewebe hin.

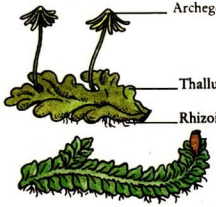
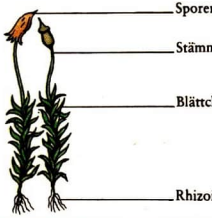
▶ *Moospflanzen haben sich sehr wahrscheinlich aus differenzierten Grünalgen entwikkelt.*

Mögliche Ausgangsformen für die Entwicklung der Moospflanzen aus Grünalgen sind fossil nicht bekannt. Die Moose des Karbons ähneln den rezenten Arten, so daß die ursprünglichen Moose schon vor dem Karbon gelebt haben müssen. Wahrscheinlich haben sich die Moose durch viele Millionen Jahre bis zur Gegenwart wenig verändert.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen zu anderen grünen Landpflanzen lassen sich nach bisherigen Forschungsergebnissen nicht eindeutig bestimmen.

▶ *Die Moose haben sich wahrscheinlich schon sehr frühzeitig als selbständige Pflanzengruppe entwickelt.*

*Systematische Einteilung.* Die Moospflanzen werden vor allem nach der Ausbildung ihres Vegetationskörpers in die Klassen Lebermoose und Laubmoose gegliedert. ④⑤

| Klassen der Moospflanzen | |
|---|---|
|   | Lebermoose<br>Der Vegetationskörper ist thallusartig oder in Stämmchen und Blättchen gegliedert. Die Blättchen haben keine Mittelrippe, sie sind zweizeilig am Stämmchen angeordnet. |
|   | Laubmoose<br>Der Vegetationskörper ist in Stämmchen und Blättchen gegliedert. Die Blättchen enthalten eine Mittelrippe und sind meist spiralig am Stämmchen angeordnet. |

Torfmoos *(Sphagnum)*
Verzweigte hell- bis dunkelgrün oder rötlich gefärbte Laubmoose, bis 25 cm hoch, oft von unten her absterbend. Sporenkapseln eiförmig, sehr klein.
Wächst in dichten Polstern auf Mooren und nassen Standorten, weltweit verbreitet.
Bildet Torf, früher vielfach als Brennmaterial, heute überwiegend in Gärtnereien verwendet.

Sternmoos *(Mnium)*
Zum Teil verzweigte, ausläuferbildende Laubmoose, 1 cm bis 10 cm hoch. Blättchen nach oben hin größer und dichter werdend. Sporenkapsel länglich, oft hängend.
Auf Erde, Fels oder Baumstämmen, oft rasenbildend, weltweit verbreitet.

Weißmoos *(Leucobryum)*
Verzweigte, dichtbeblätterte Laubmoose, je nach Feuchtigkeit weißlich- bis bläulichgrün. Sporenkapsel zylindrisch, oft gestreift.
Dichte, polsterartige Horste bildend, kalkmeidend. Von der Ebene bis ins Gebirge verbreitet.

Brunnenlebermoos *(Marchantia)*
Lebermoose mit mehrschichtigem Thallus, bis 10 cm groß, mit zahlreichen Rhizoiden, Sporenkapsel kugelig.
Wächst an schattigen, feuchten Stellen, auf Erde und Stein. Weit verbreitet.

Moose sind autotrophe Landpflanzen. Der Vegetationskörper ist bei den Lebermoosen oft thallusartig ausgebildet, bei den Laubmoosen in Stämmchen und Blättchen gegliedert. Die Moose sind mit Rhizoiden im Boden verankert.

Moose haben in ihren Zellwänden Zellulose, ihr Assimilationsfarbstoff ist Chlorophyll, der Speicherstoff Stärke.

Die Zellen sind in Bau und Funktion differenziert und können einfache Gewebe bilden.

Moose besiedeln feuchte Standorte, sie sind für den Wasserhaushalt in der Natur von großer Bedeutung.

# Farnpflanzen

Bärlappe
(■ Sprossender Bärlapp ▼)
Keulenbärlapp

Schachtelhalme
(■ Riesen-Schachtelhalm)

Farne
(■ Frauenfarn)

Farnpflanzen *(Pteridophyta)* sind Landpflanzen. Sie besiedeln feuchte und trockene Standorte (■ schattige Wälder, sonnige Mauern, Felsen), wenige Arten kommen im Süßwasser vor. ①

Es gibt etwa 12 000 rezente Arten Farnpflanzen. Die ältesten Farnpflanzen sind fossil aus dem Silur bekannt. In der Karbonzeit waren bereits fast alle auch heute noch lebenden Gruppen der Farnpflanzen vertreten; in dieser Zeit erreichten sie ihre größte Formenfülle.

Die fossilen Farnpflanzen der Karbonzeit haben wesentlichen Anteil an der Entstehung der Steinkohlenlager.

Rezente Farnpflanzen haben kaum eine wirtschaftliche Bedeutung, einige Arten, besonders tropischer Gegenden, werden als Zierpflanzen genutzt (■ Geweihfarn, Adiantum).

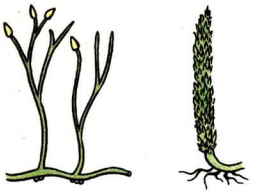
*Systematische Einteilung.* Die Farnpflanzen bilden eine vielgestaltige Gruppe; diese wird in vier Klassen unterteilt, von denen eine — die Urfarne — nur fossile Formen umfaßt.

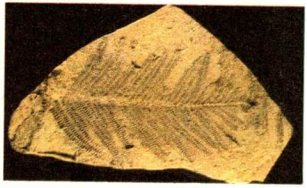
Die drei überwiegend rezenten Klassen Bärlappgewächse, Schachtelhalme und Farne sind durch typische Merkmale besonders in der Ausbildung und Anordnung der Laubblätter und der sporentragenden Blätter (Sporophylle) unterschieden. ②③

① Nennen Sie Biozönosen, in denen Farnpflanzen vorkommen! Nennen Sie Ihnen bekannte Standorte von Farnpflanzen aus Ihrem Heimatkreis! Charakterisieren Sie die entsprechenden Biotope!

② Vergleichen Sie anhand von Frischmaterial, Herbarmaterial oder der Lehrbuchabbildungen Seite 46 und 47 Bärlappe, Schachtelhalme und Farne!

③ Stellen Sie jeweils typische Merkmale in der Ausbildung und Verzweigung der Sproßachse sowie in der Anordnung und Ausbildung der Blätter bei den drei rezenten Klassen der Farnpflanzen tabellarisch zusammen!

| | |
|---|---|
|  | Urfarne<br>Urtümliche Farnpflanzen aus dem oberen Silur und Devon, älteste Landpflanzen.<br>Krautig, Sproßachsen gabelteilig und assimilierend; einige Farne klein beblättert; Sporangien endständig. |
| | Bärlappe<br>Krautig, Sproßachsen oft kriechend, gabelteilig; Blätter spiralig angeordnet, klein, fast nadelförmig; Sporangien in ährigen Sporophyllständen. |
| | Schachtelhalme<br>Krautig, Sproßachsen hohl, einfach oder quirlig verzweigt, gerieft; Blätter quirlständig, schuppenförmig, zu einer Scheide verwachsen; Sporangien in ährigen Sporophyllständen. |
| | Farne<br>Meist krautig mit gestauchter Sproßachse; tropische Arten auch holzig, baumförmig; Blätter meist groß, ungeteilt oder fiederteilig, in jungem Zustand eingerollt; Sporangien an der Unterseite der Blätter, an besonderen Blattabschnitten oder an Sporophyllen. |

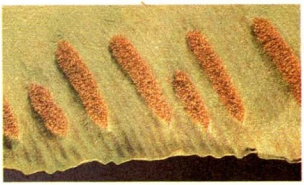


Abdrücke fossiler Farnpflanzen

Sprossender Bärlapp ▼
Stengel 1 m bis 3 m lang, kriechend. Zweige aufrecht, gabelteilig.
Blätter waagerecht stehend oder zurückgebogen.
Zerstreut in schattigen Wäldern.

Wald-Schachtelhalm
Stengel 2- bis 3fach verzweigt, hellgrün; 20 cm bis 50 cm hoch.
Scheiden am oberen Rand rotbraun und trockenhäutig.
Verbreitet in schattigen Wäldern.

Brauner Streifenfarn
Pflanze immergrün, 10 cm bis 25 cm hoch. Blätter gefiedert; Fiederblättchen eiförmig. Blattstiel und Blattspindel glänzend rotbraun. An Felsen und Mauern, verbreitet.



Hirschzunge ▼
Blattfläche ungeteilt, lang zungenförmig. Sporangien in linealischen Häufchen an der Unterseite der Blätter.
Verbreitet in schattigen Wäldern, an Felsen.

Schwimmfarn ▼
Schwimmpflanze ohne Wurzeln. Blätter in dreizähligen Quirlen, jeweils eins untergetaucht und wurzelähnlich zerschlitzt, an seinem Grunde kugelförmige Sporenbehälter. In nährstoffreichen Altwässern, selten. Aquariumpflanze.

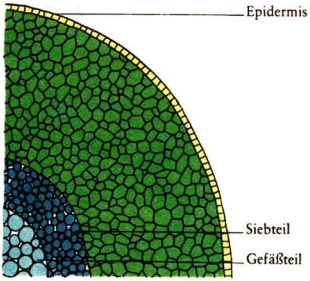
*Bau und Lebensweise.* Farnpflanzen sind wie die Samenpflanzen in die in Bau und Funktion deutlich unterschiedenen Grundorgane Wurzel und Sproß gegliedert. Die Wurzel verankert die Pflanze im Boden und dient der Wasser- und Mineralsalzaufnahme. Der Sproß ist differenziert in die der Photosynthese und dem Gasaustausch dienenden Blätter sowie in die Sproßachse, die die Laubblätter trägt und dem Nährstoff- und Wassertransport dient. (1)

Diesen vielfachen Funktionen entspricht die Ausbildung spezieller differenzierter Gewebe in den Grundorganen. Farnpflanzen haben einen Kormus.

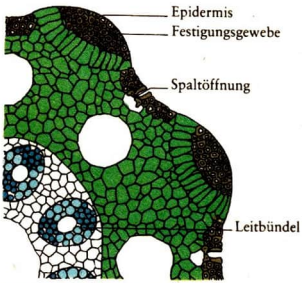
► *Ein Kormus ist ein Vegetationskörper, der in Wurzel und Sproß gegliedert ist, in denen echte Gewebe ausgebildet sind.*

Der Vegetationskörper vieler Laubmoose, aller Klassen der rezenten Farnpflanzen und der Samenpflanzen ist ein Kormus.

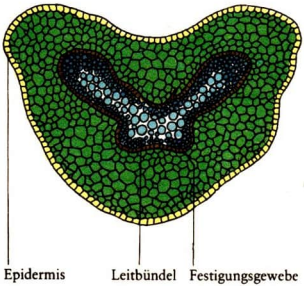
► *Laubmoose, Farnpflanzen und Samenpflanzen sind Kormophyten (Sproßpflanzen).*



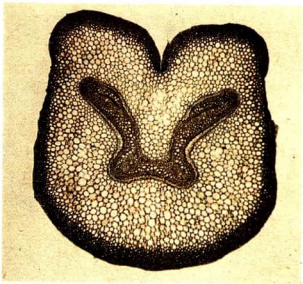
Urfarn, Sproßachsenquerschnitt



Schachtelhalm, Sproßachsenquerschnitt



Farn, Sproßachsenquerschnitt


Adlerfarn, Sproßachsenquerschnitt (25:1)

Kormophyten können viele unterschiedliche Lebensräume besiedeln und sind mehr oder weniger unabhängig vom Wasser.

Im äußeren Bau unterscheiden sich die Klassen der Farnpflanzen in bezug auf die Ausbildung der Sproßachse und der Laubblätter sehr stark voneinander. In der Ausbildung der Gewebe stimmen sie aber weitgehend überein. Der innere Bau zeigt die Angepaßtheit der Farnpflanzen an das Landleben:

■ — Epidermis und Kutikula schützen die Pflanzen vor zu starkem Wasserverlust durch Verdunstung;
— Spaltöffnungen in der Epidermis ermöglichen den Pflanzen den Stoffaustausch mit der Umwelt;
— Leitbündel mit Gefäßteil und Siebteil dienen sowohl dem Wasser- und Mineralsalztransport als auch der Leitung der Assimilate durch die Wurzel, die Sproßachse und die Blätter;
— verholzte Zellen der Leitbündel oder spezielle Festigungsgewebe aus verholzten Zellen geben der Sproßachse die notwendige Festigkeit.

Der Gefäßteil in den Leitbündeln der Farnpflanzen wird in der Regel aus verholzten Tracheiden gebildet.

Tracheiden sind langgestreckte, röhrenförmige Zellen, die mit schräggestellten Querwänden aneinandergrenzen. Ihre Außenwände sind durch Einlagerung von Holzstoff verfestigt. Siebröhren sind die Zellen in den Leitbündeln, in denen die Assimilate geleitet werden. ②

Die Leitbündel der Sproßachse sind zentral angeordnet und geben der Sproßachse durch die verholzten Tracheiden eine für Landpflanzen notwendige Festigkeit. ③④

▶ *Die Farnpflanzen sind durch ihre äußere Gliederung und die Gewebedifferenzierung an das Leben auf dem Land angepaßt.*

*Fortpflanzung.* In der Art und Weise der Fortpflanzung der Farnpflanzen zeigt sich ebenfalls ihre Angepaßtheit an das Landleben. Zugleich treten dabei aber auch Merkmale auf, die noch deutlich an die Abstammung der Farnpflanzen von wasserlebenden Vorfahren erinnern.

▶ *Farnpflanzen haben einen Generationswechsel. Es gibt eine regelmäßige Aufeinanderfolge einer geschlechtlichen und einer ungeschlechtlichen Generation.*

Bei Farnen werden meist an der Unterseite der Laubblätter oder an besonders gestalteten Sporenblättern (Sporophylle) Sporenkapseln (Sporangien) ausgebildet, in denen unbegeißelte Luftsporen gebildet werden, die der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dienen.

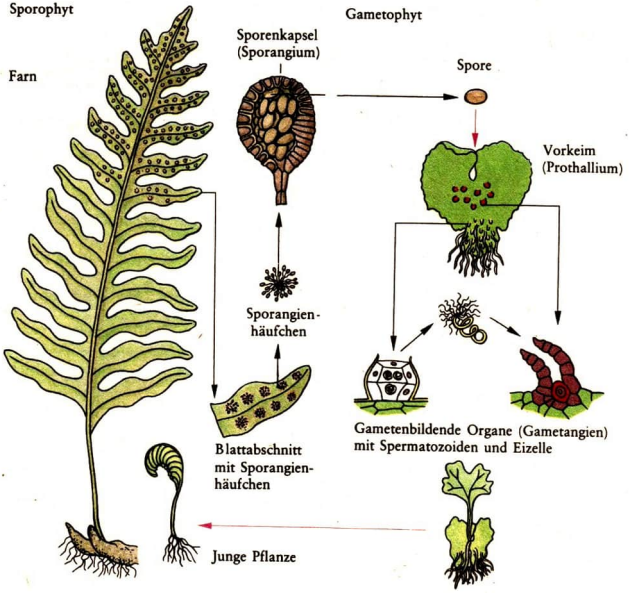
▶ *Die Farnpflanze mit Wurzel, Sproßachse, Blättern und sporenbildenden Organen ist die ungeschlechtliche Generation, der Sporophyt.*

① Vergleichen Sie die äußere Organdifferenzierung bei einem Laubmoos und einem Farn! Überlegen Sie, ob es gerechtfertigt ist, die Laubmoose zu den Kormophyten zu rechnen! Begründen Sie Ihre Meinung!

② Erläutern Sie aufgrund Ihrer Kenntnisse aus Klasse 9 den Zusammenhang zwischen Bau und Funktion der Siebröhren!

③ Beobachten Sie anhand eines Dauerpräparats den Sproßachsenquerschnitt eines Farns im Mikroskop! Beschreiben Sie die Gewebedifferenzierung! Stellen Sie Beziehungen zum Lebensraum der Farne her!

④ Vergleichen Sie die Gewebedifferenzierung eines Laubmooses und eines Farnes! Stellen Sie dazu eine Tabelle auf! Weisen Sie die Höherentwicklung nach!




Schema des Generationswechsels bei Farnen

Aus der befruchteten Eizelle (Zygote) auf dem Prothallium wächst die Pflanze

Die Sporen keimen meist zu thallusartigen Gebilden, den Vorkeimen aus, die mit Rhizoiden im Boden verankert sind oder auf dem Sporophyten verbleiben. Die Vorkeime (Prothallien) enthalten Geschlechtsorgane (Gametangien), in denen die Geschlechtszellen (Gameten) gebildet werden. Die männlichen Geschlechtszellen (Spermatozoiden) sind begeißelt, die weiblichen Geschlechtszellen, die Eizellen, sind unbegeißelt. Die Spermatozoiden gelangen in einem Tropfen Wasser (■ Regenwasser, Tau) zu den Eizellen, die sie befruchten. Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich die neue Farnpflanze.

► *Das Prothallium mit den Geschlechtsorganen ist die geschlechtliche Generation, der Gametophyt.* ①

① Stellen Sie anhand der Abbildung auf Seite 50 die Abfolge der Fortpflanzungsvorgänge bei Farnen in linearer Form dar! Kennzeichnen Sie in unterschiedlicher Weise geschlechtliche und ungeschlechtliche Generation!

Sporangienhäufchen (3:1)

geplatztes Sporangium mit Sporen (200:1)

Vorkeime (2:1)

Vorkeim mit weiblichen Geschlechtsorganen (50:1)

*Abstammung und Entwicklung.* Die Farnpflanzen haben sich wahrscheinlich parallel zu den Moospflanzen aus solchen Grünalgen entwickelt, deren Zellen bereits einfache Differenzierungen aufwiesen. Die Ausgangsformen sind nicht genau bekannt. Die Urfarne sind die ursprünglichste Gruppe der Farnpflanzen. Im Karbon entwickelten sich bei einigen Vertretern der Farnpflanzen samenartige Organe. Das Auftreten dieser einfachen Samenbildung spricht dafür, daß fossile Farnpflanzen wahrscheinlich auch der Ausgangspunkt für die Entwicklung der Samenpflanzen sind, die mit den Farnpflanzen auch andere übereinstimmende Merkmale (■ Kormophyt, Generationswechsel) aufweisen.

Farnpflanzen sind Kormophyten, die in Wurzel und Sproß gegliedert sind; durch Gewebedifferenzierungen sind sie an das Leben auf dem Lande angepaßt.

Farnpflanzen haben einen Generationswechsel; die grüne Pflanze mit Wurzel, Sproßachse und Laubblättern bildet den Sporophyten, der aus den Sporen wachsende Vorkeim mit männlichen und weiblichen Gametangien bildet den Gametophyten. Die Befruchtung der Eizellen ist an Wasser gebunden.

Farnpflanzen werden in die vier Klassen Urfarne, Bärlappe, Schachtelhalme und Farne eingeteilt. Farnpflanzen der Karbonzeit haben wesentlichen Anteil an der Bildung der Steinkohlenlager.

# Samenpflanzen

Wasserlinse

Kiefer

Märzbecher, ▼

Kuhschelle, ▼

Samenpflanzen *(Spermatophyta)* sind die höchstentwickelten Pflanzen; mit einem Artenreichtum von etwa 300 000 Arten besiedeln sie fast alle Lebensräume der Erde. Zu den kleinsten Samenpflanzen gehören die 2 mm bis 3 mm großen Wasserlinsen, die größten Samenpflanzen erreichen Höhen bis zu 150 m (■ Eukalyptusbäume).

Die Samenpflanzen treten erstmals im Erdaltertum, im Devon und Karbon, auf und sind seit dem Erdmittelalter die vorherrschende Pflanzengruppe auf der Erde. Samenpflanzen stellen den Hauptanteil der Biomasse in Landökosystemen dar. Viele Samenpflanzen sind als Kultur- und Nutzpflanzen für den Menschen von großer Bedeutung.

► *Samenpflanzen sind hochentwickelte Sproßpflanzen (Kormophyten).*

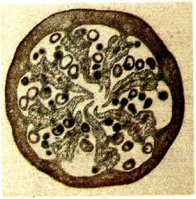
Der Sproß der Samenpflanzen zeigt weitgehende Gewebe- und Organdifferenzierungen, die außer der Bildung von Sproßachse und Laubblättern auch die Bildung von Blüten umfaßt. ①②

Die Blütenteile sind als Teile der Sproßachse den Laubblättern homolog, was bei einigen Arten an gleitenden Übergängen zu beobachten ist (↑ Abb. S. 53).

► *Die Blüten dienen der Fortpflanzung, in ihnen werden die männlichen und weiblichen Fortpflanzungszellen gebildet.*

In den weiblichen Samenanlagen werden die Eizellen gebildet, in den männlichen Pollen die Spermazellen. Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich der Keimling, der in den Samen eingeschlossen ist.

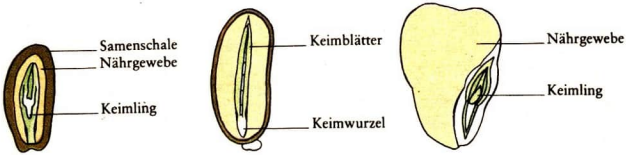
Der Samen ist ein Überdauerungsorgan, das von der Samenschale begrenzt wird und neben dem Keimling meist ein Nährgewebe enthält, von dem sich der Keimling bis zur Ausbildung eigener Assimilationsorgane ernährt. ③



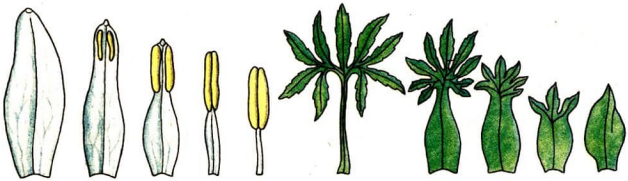
Fruchtknoten mit Samenanlagen; quer (10:1)

Samenanlage, quer (100:1)

Pollensack mit Pollen, quer (100:1)




Längsschnitte durch verschiedene Samen



Metamorphose von Blättern im Blütenbereich

Der Keimling ist im Samen weitgehend vor schädigenden Umwelteinflüssen geschützt.

► *Durch die Ausbildung von Samen sind die Samenpflanzen in ihrer Fortpflanzung und Vermehrung relativ umweltunabhängig.*

Nach der Lage der Samenanlage werden die Samenpflanzen in Nacktsamer und Bedecktsamer eingeteilt.

1. Begründen Sie die Zusammenfassung von Farnpflanzen und Samenpflanzen zu Kormophyten!
2. Nennen Sie einen wesentlichen Unterschied zwischen Farnpflanzen und Samenpflanzen!
3. Begründen Sie aus dem Bau des Samens, warum zahlreiche Arten der Samenpflanzen als Kulturpflanzen genutzt werden!

# Nacktsamer

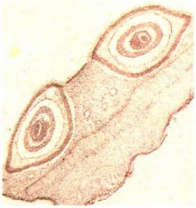
Die Nacktsamer *(Gymnospermae)* sind im Erdaltertum aus Urnacktsamern entstanden, die wahrscheinlich mit einigen Urfarnen gemeinsame Ausgangssippen hatten. Die Nacktsamer erreichten im Erdmittelalter ihre größte Mannigfaltigkeit und sind heute mit etwa 600 Arten auf der Erde vertreten. Die wichtigsten rezenten Familien der Nacktsamer gehören zur Ordnung Kiefernartige *(Pinales)* (↑ S. 66 u. 67). Sie bilden den Hauptanteil der Wälder in der nördlichen gemäßigten Klimazone (Taiga). Viele Arten liefern wertvolles Nutzholz und Harz. Fossile Nacktsamer sind an der Bildung von Steinkohle und Braunkohle beteiligt. ①

*Blüten und Samen.* Die Nacktsamer sind Samenpflanzen mit meist eingeschlechtigen, einfachen Blüten, die keine Hülle aus Kelch- und Kronblättern besitzen. Die weiblichen Blüten stehen in zapfenförmigen Blütenständen zusammen. Sie bestehen aus Schuppenblättern, die als Samen- und Deckschuppen ausgebildet sind. Samen- und Deckschuppe sind häufig verwachsen, bei Kiefern ist die Deckschuppe zurückgebildet und äußerlich nicht mehr zu erkennen.

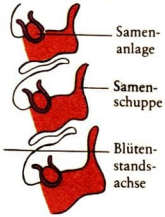
► *Die Samenanlagen der Nacktsamer liegen frei — nackt — auf den Samenschuppen, die nicht zu einem Fruchtknoten verwachsen.*

Die männlichen Blüten bestehen aus vielen schuppenförmigen Staubblättern, die spiralig an einer Achse angeordnet sind. Sie tragen meist je zwei Pollensäcke mit Pollen. Der Pollen wird durch den Wind auf die Samenschuppen der weiblichen Blüte geweht (Wind-

Weiblicher Blütenstand

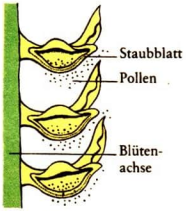


Weibliche Blüte, quer

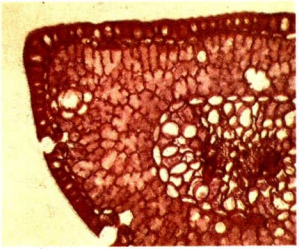


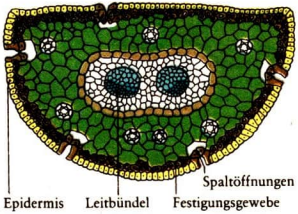
Männlicher Blütenstand

Pollen

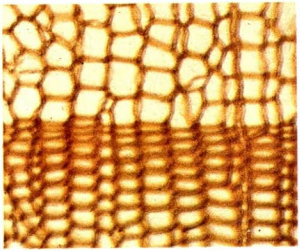


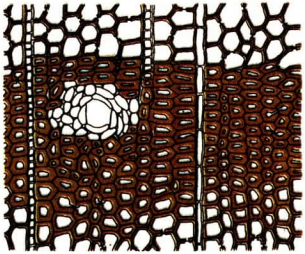

Männliche Blüte, längs






Querschnitt durch Kiefernnadel (150:1)





Querschnitt durch Kiefernholz (200:1)

bestäubung). Aus dem Pollen wächst der Pollenschlauch, durch den die Spermazellen zur Befruchtung an die Eizelle in der Samenanlage gelangen.

*Die Befruchtung der Nacktsamer ist, von einigen Ausnahmen abgesehen, nicht mehr vom Wasser abhängig. Das ist eine Höherentwicklung gegenüber den Farnpflanzen.*

*Laubblätter.* Die Laubblätter der Nacktsamer sind nadel- oder schuppenförmig, bei wenigen Arten flächig ausgebildet, meist sind sie immergrün und haben häufig eine dicke ledrige Kutikula und eine oder zwei zentralverlaufende Leitbündel.

*Sproßachse.* Die Sproßachse der Nacktsamer ist stets verholzt.

*Nacktsamer sind Holzgewächse.*

Die Leitbündel bestehen aus Siebzellen und Gefäßen; die Gefäße sind, wie bei den Farnpflanzen, als Tracheiden ausgebildet. Die verholzten Zellwände der Tracheiden verleihen der Sproßachse Festigkeit, außerdem sind bei den meisten Arten Holzfaserzellen ausgebildet. ②

① Erläutern Sie an Beispielen die wirtschaftliche Bedeutung fossiler und rezenter Nacktsamer!
② Vergleichen Sie den äußeren und inneren Bau eines Farns (Wurmfarn) mit dem eines Nacktsamers (Kiefer). Weisen Sie die Höherentwicklung der Nacktsamer nach!

# Bedecktsamer

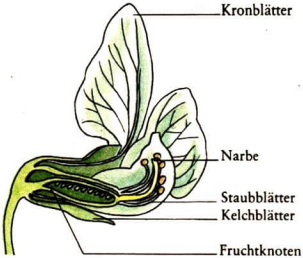
Die Bedecktsamer *(Angiospermae)* haben sich am Ausgang der Erdmittelzeit aus nacktsamigen Formen entwickelt; ihre direkten Vorfahren sind nicht sicher bekannt. Sie sind heute mit etwa 250 000 Arten die umfangreichste Artengruppe der Pflanzen.

*Blüten und Früchte.* Die Blüten der Bedecktsamer sind eingeschlechtig oder zwittrig; sie besitzen meist außer den Fruchtblättern und Staubblättern eine Blütenhülle aus Kelch- und Kronblättern. Die Fruchtblätter der Bedecktsamer verwachsen zu einem Fruchtknoten, in dem die Samenanlagen eingeschlossen sind: Die Samenanlagen sind bedeckt. Der Pollen wird in der Regel durch Wind oder durch Insekten auf den oberen Teil des Fruchtknotens, die Narbe, übertragen (Windbestäubung, Insektenbestäubung). ①②

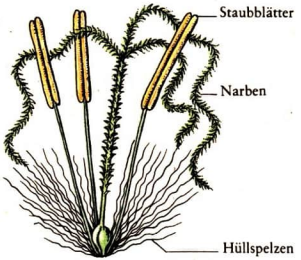
Die Spermazellen haben keinen direkten Zugang zu den Eizellen, sondern wachsen in dem auskeimenden Pollenschlauch in die Samenanlage hinein. Nach der Befruchtung bildet sich aus der Samenanlage der Samen und aus dem Fruchtknoten die Frucht (↑ Abb. S. 61). ③

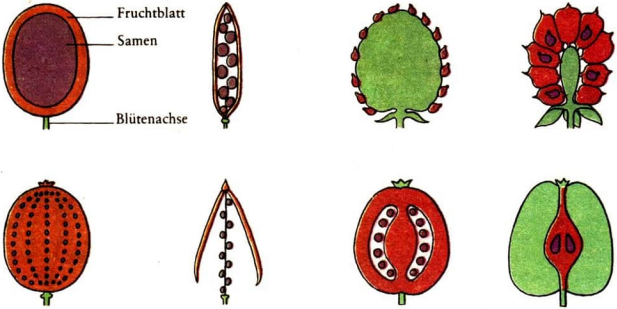
▶ *Bei den Bedecktsamern bildet sich eine Frucht, die den Samen enthält.*

Erbse



Wollgras






Fruchtformen (■ Nuß, Hülse, Sammelfrüchte, Kapsel, Schote, Beere, Kernfrucht)

Haselnuß

Erbse

Erdbeere

Tulpe

Hirtentäschel

Tomate

1. Fertigen Sie von einer bedecktsamigen Blüte ein Blütendiagramm an!
2. Schließen Sie aus dem Bau der Erbsen- und Wollgrasblüte, ob diese Arten durch Wind oder durch Insekten bestäubt werden!
3. Ordnen Sie die auf den Fotos auf Seite 57 abgebildeten Früchte den in der Schemazeichnung dargestellten Fruchttypen zu!

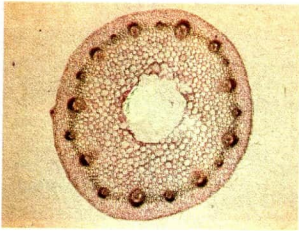
*Sproßachsen und Laubblätter.* Die Sproßachsen der Bedecktsamer sind krautig oder verholzt; die Laubblätter sind in Angepaßtheit an die Umweltbedingungen außerordentlich vielgestaltig ausgebildet (↑ S. 106 u. 107); sie können nadelförmig oder flächig, ganzrandig oder zerteilt, kahl oder behaart sein; sie können ganz oder teilweise zu Speicherorganen, Dornen oder Ranken umgebildet sein. ①

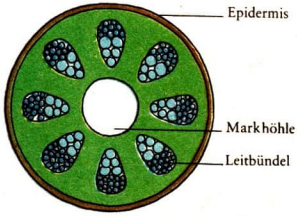
► *Bedecktsamer sind Holzgewächse oder Kräuter mit unterschiedlich gestalteten Blättern.*

Sproßachsen und Laubblätter sind durch die Ausbildung zahlreicher differenzierter Gewebe gekennzeichnet. Sie enthalten Leitbündel mit Sieb- und Gefäßteil; der Gefäßteil enthält bei Bedecktsamern außer Tracheiden auch Tracheen. ②③

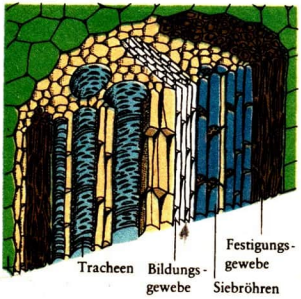
► *Tracheen sind Röhrensysteme, die aus Längsreihen von Einzelzellen entstanden sind, zwischen denen die Querwände weitgehend oder ganz reduziert sind.*

Tracheen ermöglichen einen ungehinderten Wassertransport von der Wurzel bis in die Blätter und eine rasche Wasserversorgung aller Pflanzenteile auch bei großen Pflanzen und starker Wasserverdunstung. Bedecktsamer können daher auch sehr trockene Gebiete der Erde besiedeln.



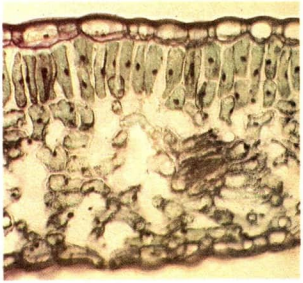


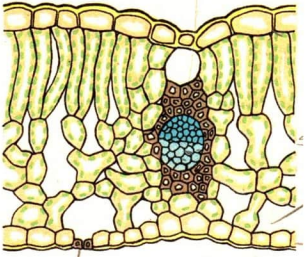

Sproßachse einer zweikeimblättrigen Pflanze, quer (25 : 1)




Schnitt durch ein Leitbündel

Siebröhren und Tracheen (schematisch)





Querschnitt durch ein Laubblatt (120:1)

Tracheiden und Tracheen sind häufig verholzt und dienen dadurch zugleich der Festigung der Pflanzenorgane. Zusätzlich treten bei Bedecktsamern Festigungsgewebe aus lebenden oder toten Zellen mit verstärkten Zellwänden auf. Bedecktsamer weisen im Bau ihrer Organe und Gewebe zahlreiche Differenzierungen auf.

Blattdorn (■ Robinie)

Blattranke (■ Erbse)

Speicherblatt (■ Küchenzwiebel)

Hochblatt (■ Weihnachtsstern)

1. Erläutern Sie, welche Blattumbildungen vom Menschen genutzt werden! Nennen Sie Beispiele für entsprechend genutzte Pflanzen!
2. Beobachten Sie im Mikroskop einen Querschnitt durch eine Sproßachse eines Bedecktsamers! Benennen Sie die Gewebearten! Vergleichen Sie mit dem Aufbau der Sproßachse bei Farnpflanzen und Nacktsamern!
3. Bezeichnen Sie in einem Blattquerschnitt (↑ Abb. S. 59) die einzelnen Gewebearten und erläutern Sie deren Funktion!

*Systematische Einteilung.* Nach der Anzahl der Keimblätter und anderen Merkmalen werden die Bedecktsamer in die beiden großen Klassen der Einkeimblättrigen und der Zweikeimblättrigen unterteilt, die sich in zahlreiche Ordnungen mit mehr als 300 Familien gliedern.

Die artenreichsten Familien und die, zu denen die meisten Kultur- und Nutzpflanzen des Menschen gehören, sind bei den zweikeimblättrigen Pflanzen die Rosengewächse, die Schmetterlingsblütengewächse, die Lippenblütengewächse, die Korbblütengewächse, die Doldengewächse und die Nachtschattengewächse und bei den Einkeimblättrigen die Süßgräser und die Liliengewächse (↑ S. 66 bis 70).

| Zweikeimblättrige | | Einkeimblättrige | |
|---|---|---|---|
| | zwei Keimblätter | | ein Keimblatt |
| | meist Hauptwurzel mit Nebenwurzeln | | sproßbürtige Wurzeln |
| | netzadrige, meist gestielte Laubblätter | | paralleladrige, ungestielte Laubblätter |
| | Leitbündel in der Sproßachse regelmäßig ringförmig angeordnet | | Leitbündel in der Sproßachse über den Querschnitt verstreut angeordnet |
| | Blüten vier-, fünf- oder mehrzählig | | Blüten meist dreizählig |

Blüten von ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen (■ Kaktus, Tradeskantie, Kirsche)

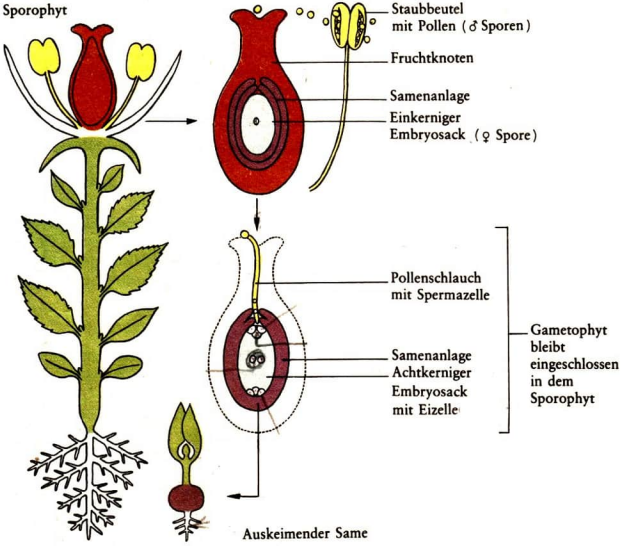
# Fortpflanzung der Samenpflanzen

▶ *Die Fortpflanzung der Samenpflanzen ist wie die der Farnpflanzen mit einem Generationswechsel verbunden.*

Der Generationswechsel ist schwer zu erkennen, da der Gametophyt bei Samenpflanzen nicht als selbständige Pflanze ausgebildet wird. Die grüne Samenpflanze ist der Sporophyt, der die Sporangien trägt. Die Samenanlage entspricht einem weiblichen Sporangium; sie enthält den einzelligen Embryosack (weibliche Spore). Die Staubbeutel (Pollensäcke) entsprechen männlichen Sporangien; in ihnen befinden sich die Pollen (männliche Sporen).

In der Samenanlage entwickelt sich aus dem zunächst einzelligen Embryosack ein 8zelliges Gebilde, das auch die Eizelle enthält. Dieser 8zellige Embryosack entspricht einem Prothallium (Gametophyt) bei den Farnpflanzen. Allerdings wird in ihm nur die weibliche Geschlechtszelle, die Eizelle, gebildet. Die männlichen Spermazellen entstehen im Pollen. Der Pollen enthält den männlichen Gametophyten: eine vegetative Zelle, die zum Pollenschlauch auswächst und eine generative Zelle, die sich in zwei Spermazellen teilt. Eine Spermazelle befruchtet die Eizelle.

▶ *Der Gametophyt der Samenpflanzen ist stark reduziert.*




Schema des Generationswechsels bei Bedecktsamern

| Vergleich der Fortpflanzung von Farnpflanzen und Bedecktsamern | |
|---|---|
| **Farnpflanze** | **Bedecktsamer** |
| Sporophyt: grüne autotrophe Farnpflanze | Sporophyt: grüne autotrophe Samenpflanze |
| Sporen lösen sich vom Sporophyten | Pollen (männliche Sporen) lösen sich vom Sporophyten, Embryosack (weibliche Sporen) bleiben am Sporophyten. |
| Gametophyt (Prothallium) oft selbständige Pflanze, bildet Gametangien | Gametophyt stark reduziert, bildet keine selbständigen Prothallien mit Gametangien, bleibt im weiblichen Geschlecht immer mit dem Sporophyten verbunden. |
| Männliche Gameten (Spermatozoiden) sind frei beweglich, schwimmen im Wasser mit einer Geißel zur Eizelle | Männliche Gameten (Spermazellen) sind nicht frei beweglich, gelangen durch einen Pollenschlauch, unabhängig vom Wasser, an die Eizelle. |
| Nach der Befruchtung bildet die Zygote den Keimling, der zum neuen Farn (Sporophyten) heranwächst. | Nach der Befruchtung bildet die Zygote den Keimling, der in den Samen eingeschlossen ist und meist erst nach einer Ruhepause zur neuen Samenpflanze (Sporophyten) heranwächst. |

► *Das Auftreten eines Generationswechsels bei Farnpflanzen und Samenpflanzen weist auf stammesgeschichtliche Zusammenhänge hin.*

Gegenüber den Farnpflanzen äußert sich die Höherentwicklung der Samenpflanzen im Bereich der Fortpflanzung vor allem darin, daß die Befruchtung unabhängig vom Wasser ist, der Keimling im Samen geschützt verbreitet wird und bei der Keimung durch das Nährgewebe ernährt wird, daß durch die starke Reduktion des Gametophyten die Entwicklungszeit verkürzt und eine schnellere Generationsfolge ermöglicht wird. Die Ausbildung der jeweiligen Nachkommengeneration ist so auch unter ungünstigen Umweltverhältnissen möglich.

► Samenpflanzen sind Kormophyten, die durch die Bildung von Blüten und Samen ausgezeichnet sind. Bei den Bedecktsamern verwachsen die Fruchtblätter zum Fruchtknoten und schließen die Samenanlagen ein.

Samenpflanzen sind durch zahlreiche Gewebedifferenzierungen an das Landleben angepaßt (Abschlußgewebe mit Spaltöffnungen, Leitgewebe, Festigungsgewebe).

Samenpflanzen weisen in ihrer Fortpflanzung einen Generationswechsel auf, bei dem der Gametophyt stark reduziert und nicht als selbständige Pflanze ausgebildet ist. Die männlichen Geschlechtszellen gelangen unabhängig vom Wasser durch den Pollenschlauch zu den Eizellen.

Samenpflanzen sind die höchstentwickelte Pflanzengruppe, zu ihnen gehören die meisten Kultur- und Nutzpflanzen.

# Vergleich von Pflanzengruppen

Gießkannenschimmel

Lärchenröhrling

*Parmelia* (Flechte)

Vergleiche von Merkmalen (■ morphologisch-anatomische) rezenter Sippen sowie von rezenten Sippen mit fossilen Resten lassen Beziehungen zwischen den Organismengruppen deutlich werden und ermöglichen eine Einordnung der Sippen in das System.

In dem hier aufgeführten System sind die Abteilungen vollständig, für die niederen systematischen Kategorien sind nur Beispiele enthalten.

Überblick über das System der Viren, Bakterien und Pflanzen

| Reich/Abteilung (Artenanzahl) | Klasse | Vertreter (Gattung/Art) |
|---|---|---|
| Viren | | Pockenvirus, Masernvirus, Poliovirus |
| Kernlose *(Prokaryota)* | | |
| Spaltpflanzen *(Schizophyta)* (1600) | Bakterien | Cholerabakterium, Essigsäurebakterium, Tuberkelbakterium |
| Kernhaltige *(Eukaryota)* | Geißelalgen | *Euglena* |
| Algen *(Phycophyta)* (33000) | Grünalgen | *Volvox, Chlorella, Cladophora* |
| | Braunalgen | Blasentang |
| Pilze *(Mycophyta)* (50000) | Schlauchpilze | Hefepilze |
| | Ständerpilze | Steinpilz, Butterpilz |
| Moospflanzen *(Bryophyta)* (25000) | Lebermoose | Brunnenlebermoos |
| | Laubmoose | Widertonmoos, Torfmoos |
| Farnpflanzen *(Pteridophyta)* (12000) | Urfarne | Rhynia |
| | Bärlappgewächse | Keulen-Bärlapp |
| | Schachtelhalmgewächse | Acker-Schachtelhalm |
| | Farne | Gemeiner Wurmfarn |
| Samenpflanzen *(Spermatophyta)* (250000 bis 300000) | | |
| Unterabteilung Nacktsamer *(Gymnospermae)* | Ginkgogewächse | Zweilappiger Ginkgo |
| | Nadelgewächse | Kiefer, Tanne |
| Unterabteilung Bedecktsamer *(Angiospermae)* | Zweikeimblättrige | Gemeine Sonnenblume |
| | Einkeimblättrige | Saat-Weizen |

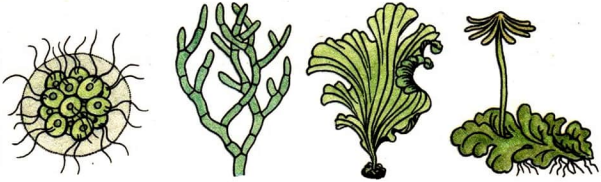
Die Einteilung und der Vergleich von Pflanzengruppen ist auch möglich nur nach Merkmalen des äußeren und inneren Baues. Ein solcher Vergleich zeigt häufig keine stammesgeschichtlichen Beziehungen auf, macht aber manche Aspekte der Höherentwicklung — der Differenzierung und Spezialisierung — sowie den Grad der Unabhängigkeit vom Wasser und der Angepaßtheit an das Landleben deutlich.

Von den mehrzelligen Thallophyten unterscheiden sich die Kormophyten prinzipiell durch die Ausbildung der Grundorgane Wurzel und Sproß und die damit im Zusammenhang stehende Differenzierung und Spezialisierung von Zellen und deren Zusammenschluß zu echten Geweben mit spezifischen Funktionen.

Auch innerhalb der Gruppen Thallophyten und Kormophyten sind die Vegetationskörper unterschiedlich stark differenziert. Der Thallus kann kugel-, faden- oder flächenförmig oder bereits als mehrschichtiger Vegetationskörper mit einfacher Gewebedifferenzierung ausgebildet sein.

Der Kormus der Farn- und Samenpflanzen zeigt als Ausdruck der Höherentwicklung zunehmend stärkere innere und äußere Differenzierung.

**Differenzierung in der Ausbildung der Thallophyten**



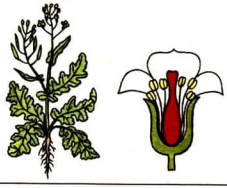
**Zell- und Gewebedifferenzierung bei einigen Pflanzengruppen**

| *Grünalgen* | *Moospflanzen* | *Farnpflanzen* | *Samenpflanzen* |
|---|---|---|---|
| Assimilationszellen | Assimilations- und Speichergewebe (Grundgewebe) | Assimilations- und Speichergewebe (Grundgewebe) | Assimilations- und Speichergewebe (Grundgewebe) |
| Haftzellen | Epidermis | Epidermis mit Spaltöffnungen | Epidermis mit Spaltöffnungen |
| Fortpflanzungszellen | Leitstränge | Leitgewebe | Leitgewebe |
| | Fortpflanzungszellen | Fortpflanzungszellen | Festigungsgewebe |
| | | | Fortpflanzungszellen |

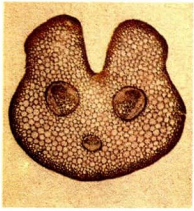
## Organdifferenzierung des Kormus

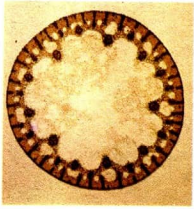
*Farnpflanzen*
Wurzel, meist krautige Sproßachse,
Laubblätter,
zuweilen Sporenblätter.
■ Tüpfelfarn

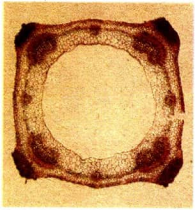
*Nacktsamer*
Wurzel, holzige Sproßachse,
meist nadelförmige Laubblätter,
eingeschlechtige Blüten mit Staubblättern
oder Samenschuppen,
Samen.
■ Kiefer



*Bedecktsamer*
Wurzel, holzige oder krautige Sproßachse,
sehr vielgestaltige Laubblätter, meist
zwittrige Blüten mit Kelch-, Kron-, Staub-
und Fruchtblättern, Früchte, Samen.
■ Raps



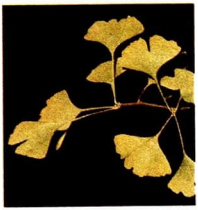




Gewebedifferenzierungen in Sproßachsen bei Farnen, Ein- und Zweikeimblättrigen

# Familien der Nacktsamer

| | |
|---|---|
| Ginkgogewächse | *Ginkgogewächse*<br>In der Erdmittelzeit mit vielen Arten weitverbreitet.<br>Rezent nur eine Art in Südostasien, sonst Parkbaum.<br>Zweihäusig, Blätter flächig, gabelnervig. |
| Eibengewächse | *Eibengewächse*<br>Zweihäusig; weibliche Blüten einzeln, nicht in Zapfen. Samen von fleischigem Mantel umgeben. Blätter nadelförmig.<br>Etwa 15 Arten. |
| Zypressengewächse | *Zypressengewächse*<br>Bäume oder Sträucher. Blätter meist schuppenförmig. Zapfen klein, holzig oder beerenartig.<br>Etwa 100 Arten. |



Ginkgo

Eibe ▼

Wacholder ▼

*Kieferngewächse*
Bäume oder Sträucher. Blätter nadelförmig. Zapfen groß, verholzt. Samen geflügelt. 150 Arten, viele Nutzbäume.

*Tanne.* Nadeln einzeln, mit scheibenartig verbreitertem Stiel. Zapfen aufrecht, Schuppen einzeln abfallend. Deckschuppen lang.

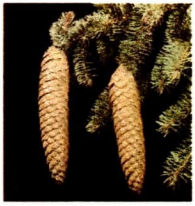
*Kiefer.* Nadeln zu 2, 3 oder 5, von gemeinsamer Scheide umgeben. Zapfen rundlich bis kegelförmig.

*Fichte.* Nadeln einzeln, 4kantig, gestielt. Zapfen lang, hängend, im ganzen abfallend.

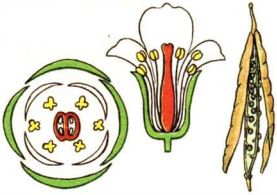
*Lärche.* Nadeln büschelartig zusammenstehend, weich, sommergrün. Zapfen kugelig.

Tanne

Kiefer


Fichte

# Familien der Bedecktsamer

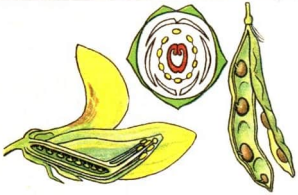


*Kreuzblütengewächse*
Blüte mit vier kreuzweise stehenden Kelch- und Kronblättern, zwei kurzen und vier langen Staubblättern; Fruchtknoten oberständig aus zwei Fruchtblättern. Blüten in traubigen Blütenständen.
Fruchtform: Schote, Schötchen; Samen häufig mit fetten und ätherischen Ölen.
Kräuter, selten Holzgewächse.

Knoblauchsrauke

Broccoli

Blaukissen

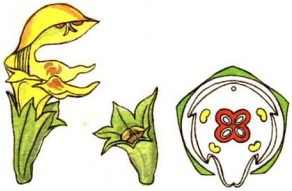


*Schmetterlingsblütengewächse*
Schmetterlingsförmige Blüten mit fünfzipfligem Kelch und fünf Kronblättern, zwei verwachsen. Zehn Staubblätter, meist neun zu einer Rinne verwachsen. Fruchtknoten oberständig, ein Fruchtblatt. Blüten meist in traubigen Blütenständen.
Fruchtform: Hülse; Samen oft eiweiß- und fettreich. Blätter meist gefiedert oder dreizählig mit Nebenblättern.
Kräuter, Sträucher, Bäume

Feuer-Bohne

Blasenstrauch

Goldregen

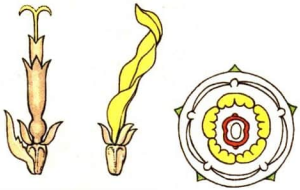


*Lippenblütengewächse*
Lippenförmige Blüten mit fünfzipfligem Kelch und fünf Kronblättern, die zu Ober- und Unterlippe verwachsen sind. Vier Staubblätter, Fruchtknoten oberständig, in vier Teilfrüchte zerfallend. Blüten in achselständigen, quirligen Blütenständen.
Laubblätter kreuzgegenständig; häufig mit ätherischen Ölen, Stengel vierkantig.
Kräuter, Sträucher, selten Bäume.

Thymian

Wiesen-Salbei

Bunter Hohlzahn



*Korbblütengewächse*
Röhren- oder zungenförmige Blüten; Kelch meist zu einem Haarkranz umgebildet, fünf verwachsene Kronblätter, fünf Staubblätter; Fruchtknoten unterständig, aus einem Fruchtblatt gebildet. Viele Einzelblüten stehen auf einem korbartigen Blütenboden.
Fruchtform: einsamige Nuß. Pflanze oft milchsaftführend.
Kräuter, Sträucher, selten Bäume.

Wenigblütiges Knopfkraut

Echte Kamille

Sonnenbraut

*Doldengewächse*
Blüten mit fünf freien Kronblättern, fünf Staubblättern, Kelchblätter meist reduziert; Fruchtknoten unterständig, aus zwei Fruchtblättern. Blüten meist in aus Döldchen zusammengesetzten Dolden.
Fruchtform: 2teilige Spaltfrucht. Blätter meist gefiedert, am Grund mit einer Scheide den Stengel umfassend. Früchte oft mit ätherischen Ölen. Wurzel oft Speicherorgan. Kräuter, sehr selten Holzgewächse.

Dill

Bärenklau

Möhre

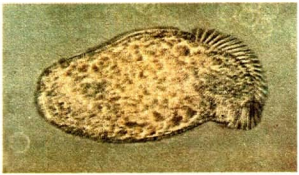
*Süßgräser*
Blüten mit Deck- und Vorspelze; einzeln oder zu mehreren in Ährchen, Ährchen am Grunde mit zwei Hüllspelzen. Meist drei Staubblätter. Fruchtknoten oberständig mit zwei, meist fedrigen Narben.
Sproßachse (Halm) meist stielrund, in Knoten und Zwischenknotenstücke gegliedert. Blätter zweizeilig, mit röhrenförmiger Blattscheide und meist linealer bis borstenförmiger Blattspreite. Samen stärkereich.

Weizen

Federgras ▼

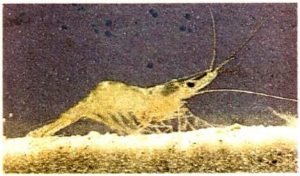
Strandhafer

# Tiere



Einzeller

Hohltier



Gliedertier

Wirbeltier

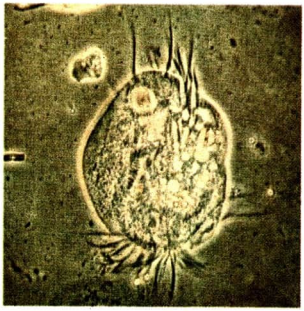
Die Mehrzahl der tierischen Organismen läßt sich anhand zahlreicher, meist deutlich erkennbarer Merkmale (■ hohe Reizbarkeit, Entwicklung von Sinnesorganen und eines Nervensystems, vornehmlich im Körperinnern stattfindender Stoffaustausch, Eigenbewegung mit Ortswechsel, meist zeitlich und räumlich begrenztes Wachstum) von den Pflanzen unterscheiden. Die Unterschiede sind um so deutlicher wahrzunehmen, je höher organisiert und entwickelt die Organismen sind; größere Schwierigkeiten bereitet es jedoch, beispielsweise einzellige Organismen dem Tierreich oder dem Pflanzenreich zuzuordnen.

*Wichtigstes Merkmal für die Unterscheidung von Tier und Pflanze ist die Form des Stoffwechsels; Tiere sind heterotroph.*

Tierische und pflanzliche Organismen haben sich bereits in der Erdur- und -frühzeit voneinander differenziert und eigene Entwicklungsrichtungen genommen. Für das Reich der Tiere sind heute etwa einundeineviertel Million Arten bekannt. Die wichtigsten Stämme sind Einzeller, Schwämme, Hohltiere, Plattwürmer, Rundwürmer, Ringelwürmer, Gliederfüßer, Weichtiere, Chordatiere.

# Tierische Einzeller

Pantoffeltierchen (200:1)



*Euplotes* (200:1)

Alle einzelligen Organismen mit heterotropher Lebensweise werden den tierischen Einzellern *(Protozoa)* zugeordnet. Allerdings ist dieses Einteilungsprinzip im Bereich einiger Einzellergruppen problematisch. ①

■ Die Augentierchen und einige Grünalgen ernähren sich in ihrem natürlichen Lebensraum mit Hilfe von Chloroplasten autotroph; bei lang andauerndem Lichtmangel werden die grünen Farbstoffe abgebaut, und diese Einzeller nehmen nunmehr als Nahrung gelöste organische Substanzen auf und ernähren sich heterotroph. ②

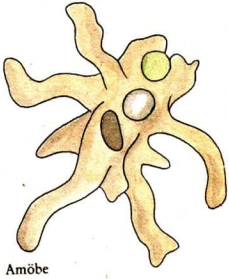
Dieses Beispiel kann als Modellfall für die Entwicklung tierischer Einzeller aus pflanzlichen Einzellern angesehen werden. Wahrscheinlich erfolgte dieser Prozeß im Verlaufe der Evolution mehrfach. Es kann deshalb angenommen werden, daß die tierischen Einzeller eine polyphyletische Gruppe sind. Tierische Einzeller leben überwiegend im Süßwasser und im Meerwasser, besiedeln aber auch feuchte Bodenschichten sowie faulende Substrate und kommen als Symbionten und Parasiten (■ Erreger von Amöbenruhr, Schlafkrankheit, Nagana-Seuche und Malaria) vor.

Tierische Einzeller bilden für Fische und deren Futtertiere eine wichtige Nahrungsgrundlage.

Durch den Abbau toter organischer Stoffe und die Aufnahme von Bakterien und Algen spielen die tierischen Einzeller bei der Mineralisierung und der biologischen Selbstreinigung der Gewässer eine bedeutende Rolle und tragen weitgehend zur Erhaltung des biologischen Gleichgewichts bei. ③

Trotz ihrer Einzelligkeit weisen die Protozoen eine außerordentliche Formenmannigfaltigkeit auf. Unterstützt und ermöglicht wird die Vielgestaltigkeit der äußeren Form häufig durch die Ausbildung von Schalen und Skeletten.

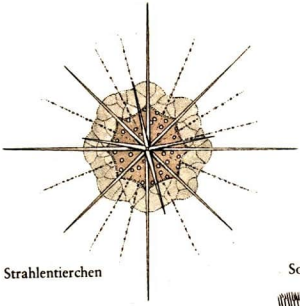
① Vergleichen Sie den Bau von einem pflanzlichen und einem tierischen Einzeller!
② Definieren Sie die Begriffe autotroph und heterotroph!
③ Weisen Sie an Beispielen die wirtschaftliche Bedeutung der tierischen Einzeller nach!



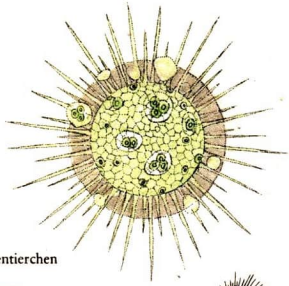
Amöbe

Foraminifere

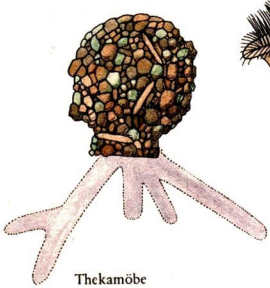
Wimpertierchenkolonie



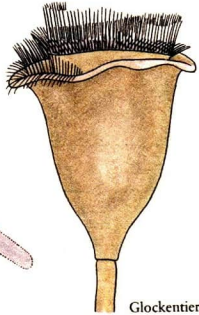
Strahlentierchen



Sonnentierchen



Thekamöbe



Glockentierchen

Pansenziliat

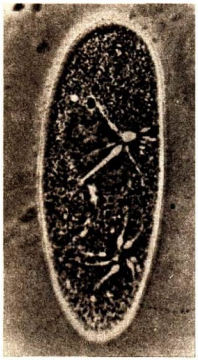
*Bau und Lebensweise.* Die Einzeller sind fast immer mikroskopisch kleine Formen, die nur Bruchteile eines Millimeters messen.

▶ *Der Zellkörper der Protozoen besteht aus Protoplasma und enthält einen oder mehrere Zellkerne sowie zahlreiche Plasmadifferenzierungen, die Zellorganellen.*

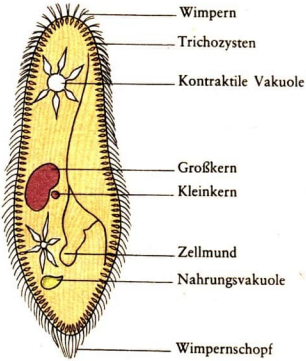
An der Oberfläche wird der Zelleib durch eine Zellmembran begrenzt, die aus verfestigtem Plasma besteht. Mit Hilfe der Zellorganellen, die funktionell den Organen höher entwickelter Tiere entsprechen, vermögen die Einzeller alle lebensnotwendigen Funktionen eines selbständigen Organismus auszuführen. Die Organellen sind bei den einzelnen Arten unterschiedlich entwickelt und weichen in ihrer Zahl und Anordnung vielfach voneinander ab (↑ Tabelle S. 75). ①

▶ *Einzeller pflanzen sich meist ungeschlechtlich durch Teilung fort. Die Einfach- oder Vielfachteilungen sind mit starker Vermehrung verbunden.*

*Systematische Einteilung.* Die Protozoen werden nach ihrem Körperbau, der Art der Fortbewegung (■ durch Wimpern, Geißeln) und der Art der Fortpflanzung in vier Klassen unterteilt.



Pantoffeltierchen (400:1)




| Stamm: Tierische Einzeller *(Protozoa)* | | | |
|---|---|---|---|
| Klasse: | | | |
| Geißeltierchen *(Flagellata)* | Wurzelfüßer *(Rhizopoda)* | Sporentierchen *(Sporozoa)* | Wimpertierchen *(Ciliata)* |

① Erläutern Sie die Begriffe Organ und Organell! Stellen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede heraus! Benutzen Sie dazu auch Bio i Ü, Seite 141!

| Zellorganellen bei tierischen Einzellern | | |
|---|---|---|
| **Funktion** | **Ausbildungsform** | **Kennzeichnung** |
| Bewegungs-organellen | Scheinfüßchen | Vorübergehend gebildete Plasmafortsätze. |
| | Geißeln | Mindestens körperlange Plasmafäden, die in 1-, 2- oder 4-Zahl vorkommen (Zuggeißeln und Schleppgeißeln). |
| | Wimpern | Kurze fadenartige Plasmafortsätze, meist regelmäßig in Reihen angeordnet. |
| | Kontraktile Fasern | Innerhalb des Zellkörpers befindliche kontraktile Plasmastränge. |
| Ernährungs-organellen | Zellmund | Einsenkung der Zelloberfläche, an welcher Nahrung aufgenommen wird. |
| | Mundtrichter | Röhrenförmige Einstülpung der Zelloberfläche. |
| | Zellafter | Öffnung in der Zellhaut zur Abgabe der Nahrungsreste. |
| | Nahrungsvakuolen | Hohlräume innerhalb der Zelle, in denen Nahrung verdaut wird. |
| | Scheinfüßchen | Plasmafortsätze, die Nahrungsteile umschließen und in die Zelle befördern. |
| Osmoregulations- bzw. Exkretions-organellen | Pulsierende (kontraktile) Vakuole | Flüssigkeitsbläschen, das der Entfernung von überflüssigem Wasser und Exkretstoffen dient. |
| Organellen der Reizaufnahme und Erregungs-leitung | Augenflecke | Plasmazonen mit Pigmenteinlagerung, lichtempfindlich. |
| | Tastzilien | Plasmafortsätze, die der mechanischen Reizaufnahme dienen. |
| | Reizleitungs-system | Der Erregungsleitung dienende Plasmastränge |
| Kernteilungs-organellen | Zentralkörperchen | In Kernnähe befindliches, kugeliges Organell, welches die Teilungsspindel für die nachfolgende Zellteilung bildet. |
| Schutz- und Stützorganellen | Zellhaut | Verfestigte, den Zellkörper umschließende Ektoplasmaschicht. |
| | Hüllen | Aus verschiedenen Substanzen (■ Plasma, Gallerte, Chitin, Zellulose) bestehende Schutzhülle. |
| | Trichozysten | Stäbchenförmige Körper, die bei Reizung Plasmafäden ausstoßen. |
| | Achsenstäbe | Im Zellinnern gelegene, stäbchenförmige Plasmaversteifungen. |
| | Gehäuse, Schalen | Den Zellkörper einschließende Hüllen, die häufig Fremdkörper enthalten oder aus Kalziumkarbonat bestehen. |
| | Skelette | Stützelemente innerhalb des Zelleibes. |

# Wurzelfüßer

Charakteristisch für die Wurzelfüßer *(Rhizopoda)* ist die Ausbildung von Scheinfüßchen, spezifischen Organellen zur Fortbewegung und Nahrungsaufnahme. Diese Scheinfüßchen können an jeder Stelle der Zellhaut gebildet werden und entstehen durch Umwandlung des mehr oder weniger stark verfestigten äußeren, meist glasartig durchscheinendem Protoplasma (Gel) in flüssigeres, meist gekörntes Protoplasma (Sol).

Ausgelöst durch einen Reiz strömt das flüssige Protoplasma zu einer Stelle der Zellhaut, wölbt diese vor und bildet ein zungenartiges Gebilde, welches allmählich an Größe zunimmt. Die gegenüberliegenden Plasmafortsätze werden zur gleichen Zeit eingeschmolzen, und das dort befindliche Plasma strömt in Richtung des neugebildeten Scheinfußes. Die Fortbewegung kann bei langen Scheinfüßchen schreitend, bei kurzen rollend oder fließend sein.

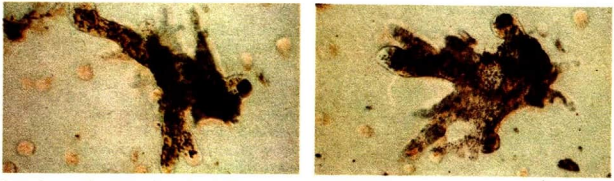
Bei der Nahrungsaufnahme umfließen die Plasmafortsätze kleine organische Partikel und schließen sie zusammen mit etwas Wasser in eine Nahrungsvakuole ein, die in das Zellinnere befördert wird.

► *Die Körpergestalt der Wurzelfüßer ist durch die Ausbildung von Scheinfüßchen meist stark veränderlich.*

Die bekannteste Ordnung innerhalb der Wurzelfüßer sind die Amöben oder Wechseltierchen, die ihre Gestalt stetig verändern.

Eine wichtige weitere Gruppe sind die Kalkgehäuse bildenden Foraminiferen, deren Ablagerungen aus früheren Erdperioden mächtige Gesteinsschichten (■ die Kreidefelsen auf Rügen) bilden. Andere Wurzelfüßer besitzen Skelette aus organischen Substanzen (■ Sonnentierchen) oder Kieselsäure beziehungsweise Strontiumsulfat (■ Strahlentierchen; ↑ Abb. S. 73).

Rollende, kriechende, schreitende Fortbewegung bei Amöben

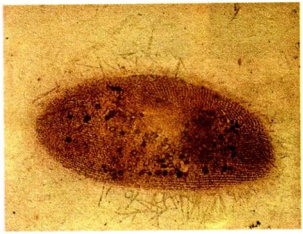


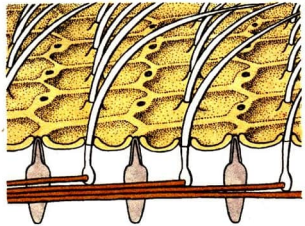
Veränderung der Körperform durch Plasmaströmung bei Amöben

① Beschreiben Sie die Fortbewegung bei Wurzelfüßern und Wimpertierchen!
② Beschreiben Sie die Art der Nahrungsaufnahme bei Wurzelfüßern und bei Wimpertierchen! Stellen Sie charakteristische Unterschiede heraus!

## Wimpertierchen

Wimpertierchen *(Ciliata)* haben eine feste Zellhülle und sind relativ formkonstant. Eine der bekanntesten Arten der Wimpertierchen ist das in jedem Heuaufguß zu findende Pantoffeltierchen *(Paramaecium,* ↑S. 74). Die Fortbewegung erfolgt mit Hilfe von Wimpern (Zilien), kurzen, fadenähnlichen Plasmafortsätzen, die über die ganze Körperoberfläche verteilt liegen. Durch schnellen Rückwärtsschlag dieser Organellen werden die Einzeller nach vorn getrieben. Erregungsleitende Plasmastränge, die durch Spezialfärbungen sichtbar gemacht werden können (Silberliniensystem), verbinden die Wimperbasen miteinander und koordinieren den Zilienschlag. ①





Silberliniensystem bei Pantoffeltierchen

Die Nahrungsaufnahme erfolgt nur durch den Zellmund, durch den häufig auch unverdauliche Reste ausgeschieden werden. ②

Wimpertierchen besitzen unterschiedliche Zellkerntypen: den Großkern und einen oder mehrere Kleinkerne. Der Großkern steuert den Stoffwechsel und die Bewegungsvorgänge, der Kleinkern spielt bei der geschlechtlichen Fortpflanzung eine wichtige Rolle.

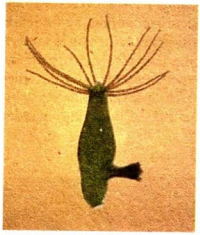
▶ *Wimpertierchen sind relativ hoch entwickelte Einzeller mit vielen Zellorganellen und unterschiedlichen Zellkerntypen.*

Die Vermehrung erfolgt ungeschlechtlich durch Teilung, wobei sich die Organellen auflösen und nach der Teilung der Kerne neu bilden.

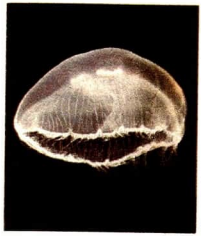
▶ Tierische Einzeller *(Protozoa)* erfüllen mit Hilfe zahlreicher Zellorganellen alle Lebensfunktionen. Sie ernähren sich heterotroph. Einzeller pflanzen sich meist ungeschlechtlich durch Teilung, selten geschlechtlich durch Konjugation oder Kopulation fort.

Zum Stamm der tierischen Einzeller gehören Wurzelfüßer und Wimpertierchen.

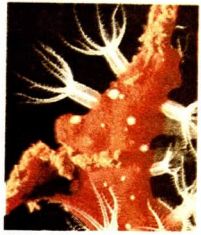
# Hohltiere



Süßwasserpolyp



Ohrenqualle



Edelkoralle

Der Körper der Hohltiere *(Coelenterata)* besteht aus zahlreichen in Bau und Funktion unterschiedlichen Zellen, die sich zu Geweben zusammenschließen.

▶ *Hohltiere sind mehrzellige Tiere von niedriger Organisationshöhe.*

*Bau und Lebensweise.* Hohltiere sind in ihrem Bau an eine festsitzende (Polyp) oder schwimmende (Meduse) Lebensweise angepaßt; in beiden Fällen sind alle Gewebe und Gewebesysteme gleichmäßig radialsymmetrisch um eine Hauptachse angeordnet.

▶ *Hohltiere sind Radiata.*

Die Körperwand der Hohltiere besteht aus zwei Zellschichten, dem Ektoderm und dem Entoderm, zwischen denen sich eine ursprünglich zellfreie gallertige bis bindegewebige Stützlamelle befindet, die von unterschiedlicher Stärke ist (↑ Abb. S. 79). Der Körperinnenraum, die Verdauungshöhle, entspricht funktionell Magen und Darm.

Um die Mundöffnung, die gleichzeitig als After dient, sind in einer oder mehreren Reihen Fangarme (Tentakel) angeordnet. Die beweglichen Tentakel sind mit vielen Nesselzellen bewehrt, mit deren Hilfe die Beutetiere überwältigt werden. Anschließend wird die Nahrung in die Verdauungshöhle befördert und durch Sekrete aus Drüsenzellen vorverdaut. Die aufbereiteten Nährstoffe werden von den Nährzellen aufgenommen.

▶ *Die Hohltiere besitzen trotz ihrer niederen Organisationsstufe in Bau und Funktion verschiedenartig differenzierte Zelltypen.*

Das Grundgerüst des Ektoderms bilden Epithelzellen, die an ihrer Basis kontraktile Fasern besitzen und damit an der Ausbildung eines, wenn auch einfachen, Muskelsystems beteiligt sind. Wegen ihrer Doppelfunktion werden sie als Epithelmuskelzellen bezeichnet. Im Entoderm liegen die mit einem Geißelpaar versehenen Freß- oder Nährzellen. Sie nehmen die verdaute Nahrung auf, bewegen den Nahrungsbrei und sind ebenfalls am Aufbau des Muskelsystems beteiligt.

Die kontraktilen Fasern der Epithelmuskelzellen bilden die Längsmuskulatur, die der Nährmuskelzellen die Ringmuskulatur. Dieses einfache Muskelsystem vermag Tentakel oder andere Körperabschnitte auf ein Zehntel zu verkürzen.

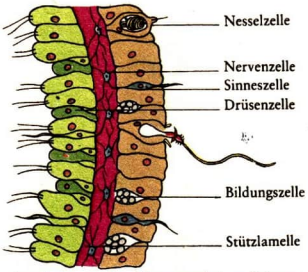
Im Ektoderm befinden sich einfache Sinneszellen, deren haarförmige Fortsätze Reize aufnehmen und über eine Faser Erregungen an ein zwischen beiden Zellschichten liegendes Nervensystem weitergeben. Dieses besteht aus einem Netz von Nervenzellen, die durch Zellfortsätze miteinander in Verbindung stehen (↑ Abb. S. 79).

▶ *Hohltiere haben ein netzförmiges, diffuses Nervensystem.*

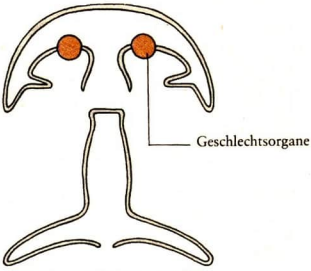
Im Ektoderm liegen auch die für die Hohltiere charakteristischen und sehr kompliziert gebauten Nesselzellen. Sie enthalten eine Nesselkapsel mit haken- und fadenförmigen Anhängen und einem Giftsekret. Durch Berührung eines reizbaren Stiftes werden diese Anhänge explosionsartig ausgestülpt und mit dem ausfließenden Gift Beutetiere gelähmt und überwältigt oder Angreifer abgewehrt.

Aus undifferenzierten Bildungszellen können sich alle anderen Zelltypen, unter bestimmten Bedingungen sogar vollständig neue Tiere, entwickeln.

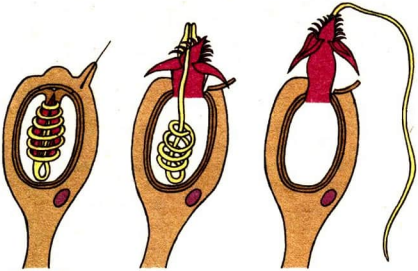
Das Regenerationsvermögen steht mit der Differenzierungshöhe der einzelnen Tiergruppen in engem Zusammenhang; Hohltiere haben ein stark ausgeprägtes Regenerationsvermögen. ①



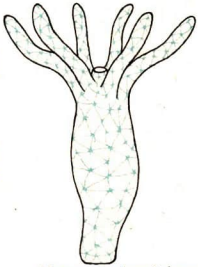

Ausschnitt aus der Körperwand eines Polypen




Baupläne von Meduse und Polyp



Nesselzellen



Nervennetz eines Polypen

① Weisen Sie die Differenziertheit eines Hohltieres anhand spezifischer Zellen und Gewebe nach!

Die Fortpflanzung der Hohltiere erfolgt geschlechtlich und ungeschlechtlich. Meist tritt ein Generationswechsel auf. Aus Polypen entstehen durch Knospung Medusen, die ihrerseits aus befruchteten Eiern Polypen hervorbringen.

*Vorkommen und Bedeutung.* Hohltiere kommen als Polyp oder Meduse ausschließlich im Wasser vor. Eine in der Ostsee zahlreich vorkommende Meduse ist die Ohrenqualle, die bis zu 40 cm Durchmesser erreichen kann. Bekanntester Vertreter der Polypentiere ist der in stehenden oder langsam fließenden Gewässern lebende Süßwasserpolyp (Hydra). ①

Geologisch und wirtschaftlich wichtige Vertreter der Hohltiere sind die koloniebildenden Korallentiere, deren Epithelzellen ein Skelett aus Chitin, Horn oder Kalk abscheiden. Die Stützsubstanzen der Steinkorallen bilden den Hauptteil der Atolle und riesigen Riffe in den tropischen Meeren. Edelkorallen finden als Schmuck Verwendung. Auch die einzeln lebenden Blumentiere wie Seerosen und Seenelken sind Korallentiere.

Atoll (Luftaufnahme)

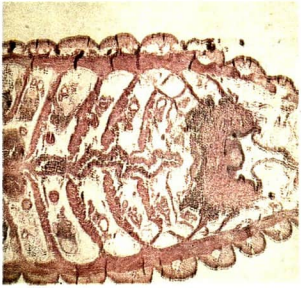
Korallenstock

▶ Hohltiere sind mehrzellige radialsymmetrische Tiere, die als festsitzende (Polyp) oder freibewegliche (Meduse) Form in Gewässern vorkommen.

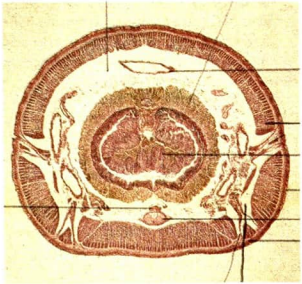
Hohltiere besitzen einfache Gewebe aus jeweils verschiedenartig differenzierten Zellen. Sie haben ein stark ausgeprägtes Regenerationsvermögen.

① Beschreiben und vergleichen Sie den Grundbau eines Polypen und einer Meduse!

# Gliedertiere



Längsschnitt durch einen Regenwurm (20:1)



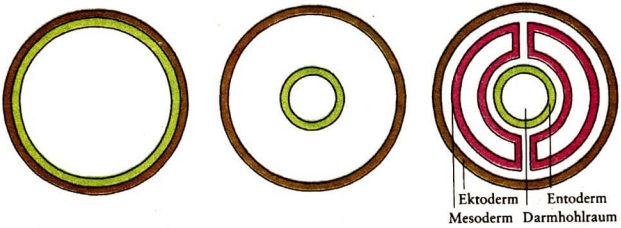
Querschnitt durch einen Regenwurm (20:1)

Im Vergleich zu den Hohltieren zeigen die Gliedertiere *(Articulata)* eine wesentlich höhere Organisation. Durch stärkere Differenzierung und Spezialisierung der Zellen und Gewebe haben sich Organsysteme (■ Blutgefäßsystem, Nervensystem) herausgebildet, die vielfältig an die Umwelt angepaßt sind.

Bei Gliedertieren sind Vorder- und Hinterende sowie Bauch- und Rückenseite unterschiedlich ausgebildet; der Körper läßt sich nur durch einen Längsschnitt in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen.

▶ *Gliedertiere sind zweiseitig symmetrisch; sie gehören zur Gruppe der Bilateria.*

Bilateria besitzen außer Ekto- und Entoderm in der Regel ein mittleres Keimblatt, das Mesoderm.




Entwicklung der Leibeshöhle

Das Mesoderm entwickelt sich während der Keimesentwicklung aus dem Entoderm und kleidet einen zwischen Ektoderm und Entoderm gelegenen Hohlraum aus. Häufig ist es aber auch als Füllgewebe entwickelt oder bildet verschiedene Gewebe und Organe

(■ Muskulatur, Binde- und Stützgewebe, Blutgefäße und Blutzellen, Nieren und innere Geschlechtsorgane). ①

Die bei der Keimesentwicklung ursprünglich angelegte Mundöffnung bleibt während des weiteren Entwicklungsablaufs der Gliedertiere erhalten (↑ Abb. S. 95).

► *Gliedertiere sind Urmundtiere (Protostomia). Bei Urmundtieren liegen die Längsstränge des Nervensystems bauchseitig (Bauchmarktiere); häufig besitzen sie ein Außenskelett.*

*Körpergliederung.* Der Körper der Gliedertiere ist in hintereinanderliegende Abschnitte (Segmente) gegliedert. Ursprüngliche Gruppen (Vielborster, Gürtelwürmer) haben eine gleichmäßige (homonome) Körpergliederung; äußere und innere Segmentgrenzen stimmen völlig überein. In jedem Abschnitt wiederholen sich die wichtigsten inneren Organe; die äußerlich sichtbaren Anhänge, beispielsweise Gliedmaßen (Extremitäten), sind gleichgestaltet.

Bei höher entwickelten Gruppen (■ Krebstiere, Spinnentiere, Insekten) ist die Körpergliederung ungleichmäßig (heteronom); die Abschnitte sind verschieden groß und ungleich geformt. Bei diesen Tieren sind deutlich Kopf, Brust und Hinterleib zu erkennen. ②

*Blutgefäßsystem.* Gliedertiere haben ein offenes oder geschlossenes Blutgefäßsystem. Die in dem Gefäßsystem zirkulierende Blutflüssigkeit nimmt die von den Darmzellen resorbierten Nährstoffe auf und transportiert sie in die übrigen Körpergewebe. Bei Ringelwürmern und bei einigen durch Kiemen atmenden Gruppen der Gliedertiere erfolgt durch das Blut auch der Transport von Sauerstoff und Kohlendioxid.

Das geschlossene Blutgefäßsystem besteht aus einem mehr oder weniger verzweigten System verbundener Röhren mit kontraktilen Abschnitten (Herz), welche das Blut durch den Körper pumpen.

Das offene Blutgefäßsystem besteht aus Hohlräumen und nichtverbundenen Röhrenabschnitten. Die Blutflüssigkeit zirkuliert in bestimmten Körperregionen innerhalb von Spalträumen und fließt frei in der Leibeshöhle. Meist ist nur noch ein Rückengefäß vorhanden, das gleichzeitig als Pumporgan arbeitet.

*Nervensystem.* Eine wesentliche Höherentwicklung gegenüber den Hohltieren stellt die Zentralisierung des Nervensystems der Gliedertiere dar. Es besteht aus Oberschlund- und Unterschlundganglion sowie segmental angeordneten Ganglienknotenpaaren, die durch längs und quer verlaufende Nervenfasern miteinander verbunden sind. Ein so differenziertes Nervensystem wird wegen seiner Struktur als Strickleiternervensystem bezeichnet.

► *Gliedertiere haben ein Strickleiternervensystem.*

Durch die Konzentration der Nervenzellen in den Ganglienknoten und die Ausbildung gesondert verlaufender Leitungsbahnen können im Strickleiternervensystem Erregungen gerichtet und unabhängig voneinander geleitet werden.

Durch Anhäufung von Nervenzellen in den Ganglienknoten können zwischen den Zellen viele zusätzliche Verbindungen und damit neue Assoziationen und Koordinationen entstehen. Mit zunehmender Höherentwicklung bildet sich am Vorderende des Körpers

① Vergleichen Sie den Grundaufbau von radialsymmetrischen und zweiseitig symmetrischen Tieren!

② Beschreiben Sie den Grundaufbau eines Gliedertieres!

③ Weisen Sie am Beispiel der Ausbildung zweier Organsysteme nach, daß Gliedertiere höher entwickelt sind als Hohltiere!

④ Vergleichen Sie ein geschlossenes und ein offenes Blutgefäßsystem!

durch Vergrößerung und Verschmelzung von Nervenknoten ein übergeordnetes Nervenzentrum (Gehirn) aus, während die segmental angelegten Nervenknoten reduziert werden.

*Verdauungs- und Ausscheidungssystem.* Das Verdauungssystem der Gliedertiere besteht im Gegensatz zu dem Gastralraum der Hohltiere mit nur einer Öffnung aus einem röhrenförmigen, den ganzen Körper durchziehenden Darm mit Mundöffnung und After. Teilweise sind Anhänge vorhanden, die als Nahrungsspeicher dienen oder Drüsenfunktion besitzen. ③④

Die Ausscheidung der Stoffwechselendprodukte erfolgt über den Darm und über besondere Exkretionsorgane.

Charakteristische Ausscheidungsorgane der Ringelwürmer sind die Nierenkörperchen (Nephridien). Diese paarig in jedem Segment angelegten Organe öffnen sich zur Leibeshöhle mit einem Wimpertrichter und führen die Exkrete über einen geschlängelten Kanal im nachfolgenden Segment nach außen ab.

Die Ausscheidungsorgane bei den höher entwickelten Gliederfüßern lassen sich zum Teil auf diese Nephridien zurückführen und sind ebenfalls paarig in jedem Segment ausgebildet. Meist haben sie aber eine starke Veränderung erfahren und sind als spezifische Organe ausgebildet.

*Systematische Einteilung der Gliedertiere.* Zu den Gliedertieren gehören die meisten der heute auf der Erde lebenden Tierarten. Gliedertiere besiedeln alle Lebensbereiche der Erde. Die artenreichsten und bedeutendsten Gruppen sind die Stämme Ringelwürmer und Gliederfüßer (↑ S. 118).

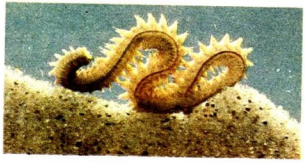
| Gliedertiere *(Articulata)* | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ringelwürmer *(Annelida)* | Stummelfüßer *(Onychophora)* | Bärtierchen *(Tardigrada)* | Zungenwürmer *(Pentastomida)* | Gliederfüßer *(Arthropoda)* |

Egel (■ Blutegel)

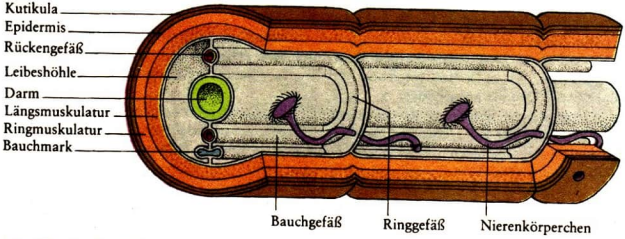
Vielborster (■ *Protula*)

# Ringelwürmer

Regenwurm



Meeresringelwurm



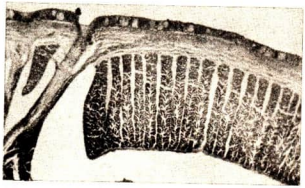

Der Körper der Ringelwürmer *(Annelida)* ist in viele gleichartige Abschnitte unterteilt, deren äußere und innere Grenzen übereinstimmen. ①

*Ringelwürmer sind gleichmäßig segmentiert.*

*Hautmuskelschlauch.* Der Körper der Ringelwürmer wird außen von einem Hautmuskelschlauch begrenzt, der im wesentlichen aus einer festen Kutikula und den darunter liegenden Schichten der Ring- und Längsmuskulatur besteht. Der Hautmuskelschlauch dient der Fortbewegung, indem sich die beiden Muskellagen abwechselnd kontrahieren. Unterstützt wird die Bewegung durch segmental angelegte Borsten und Stummelfüße (Parapodien). ②

Eine dünne Schleimschicht über der Kutikula verhindert das schnelle Austrocknen der Körperwand und erleichtert die Vorwärtsbewegung.

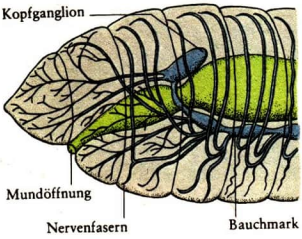
Hautmuskelschlauch, Längsschnitt (100:1)



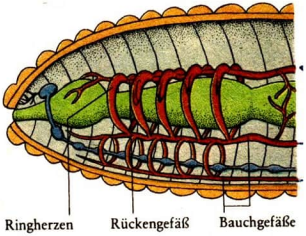
Hautmuskelschlauch, Querschnitt (100:1)

*Blutgefäßsystem.* Das Blutgefäßsystem besteht aus einem kontraktilen Rückengefäß, das die meist farblose Blutflüssigkeit kopfwärts pumpt; und aus einem Bauchgefäß, in dem das Blut von vorn nach hinten fließt. Beide Längsgefäße sind durch Ringgefäße in den Segmentwänden miteinander verbunden.

*Ringelwürmer haben ein geschlossenes Blutgefäßsystem.*




Nervensystem eines Ringelwurms




Blutgefäßsystem eines Ringelwurms

*Nervensystem.* Das Strickleiternervensystem ist bei den Ringelwürmern besonders charakteristisch ausgebildet. In jedem Segment verdicken sich die bauchseitig gelegenen Nervenlängsstränge zu Ganglienknoten, die durch Querstränge miteinander verbunden sind. Das Bauchmark steht über einem Schlundring mit dem Oberschlundganglion in Verbindung.

Das Oberschlundganglion ist besonders kräftig entwickelt. Von ihm gehen zahlreiche Nervenfasern aus, die die im Kopfabschnitt befindlichen Sinnesorgane innervieren. Die Oberschlundganglien sind außerordentlich wichtige Organe im Strickleiternervensystem der Ringelwürmer. ③④

*Systematische Einteilung.* Die Ringelwürmer werden in die Klassen der Vielborster und Gürtelwürmer unterteilt. Die fast ausschließlich im Meer lebenden Vielborster *(Polychaeta)* sind durch die segmental ausgebildeten Stummelfüßchen charakterisiert. Die Gürtelwürmer (■ Regenwürmer, Blutegel) kommen vorwiegend im Süßwasser und im Erdreich vor, sie haben zur Fortpflanzungszeit eine ringförmige, aus Drüsengewebe bestehende Anschwellung (Gürtel) am Körper, deren Absonderung einen Kokon um die Eier bildet. ⑤

① Beschreiben Sie den Bau eines Ringelwurmsegments!
② Erklären Sie die Funktion des Hautmuskelschlauches bei Ringelwürmern als Einheit von Gegensätzen!
③ Vergleichen Sie Bau und Funktion des Nervensystems eines Hohltieres und eines Ringelwurms!
④ Beschreiben Sie anhand eines sezierten Regenwurmes Lage und Aufbau von Hautmuskelschlauch, Nervensystem und Blutgefäßsystem!
⑤ Beschreiben Sie an einigen Beispielen die wirtschaftliche Bedeutung von Ringelwürmern! Verwenden Sie dazu auch Bio i Ü, Seite 48 f.!

# Gliederfüßer

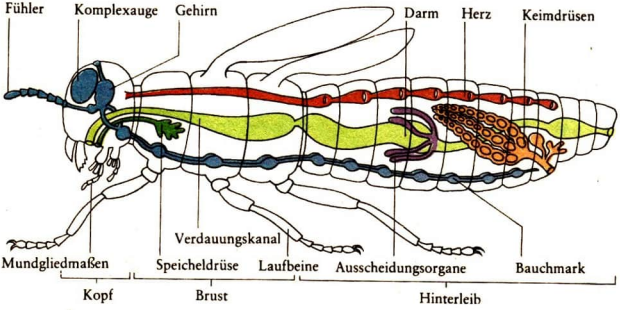
Insekt

Hundertfüßer

Die Gliederfüßer *(Arthropoda)* lassen sich stammesgeschichtlich von den Ringelwürmern ableiten und zeigen eine deutliche Höherentwicklung. Davon zeugt die Ausbildung ungleich großer und verschieden geformter Körperabschnitte.

► *Gliederfüßer sind ungleichmäßig segmentiert.*

Durch Segmentverschmelzungen und Differenzierungen ist der Körper der Gliederfüßer in einen Kopf-, Brust- und Hinterleibsabschnitt gegliedert. Ermöglicht und gefördert wird diese Heteronomie durch ein den ganzen Körper bedeckendes Außenskelett. Es besteht aus Chitin, einem stickstoffhaltigen Polysaccharid, das sich durch seine geringe Dichte, seine Festigkeit, seine Biegsamkeit und Widerstandsfähigkeit (■ gegenüber chemischen Stoffen, Temperatur) auszeichnet. Bei einigen Gruppen der Gliederfüßer wird das Außenskelett durch Einlagerungen von Kalk und anderen Stoffen panzerähnlich verfestigt (■ beim Flußkrebs).



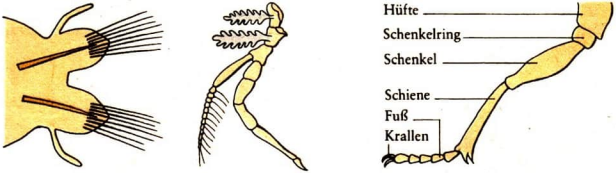

Körpergliederung eines Gliederfüßers

*Chitinpanzer.* Der Chitinpanzer entstand als Angepaßtheit an das Landleben. Er schützt die Gliederfüßer vor äußeren Einwirkungen und gegen Austrocknung. Gleichzeitig dient er auch als Stützorgan, indem er dem Körper festen Halt gibt und der Muskulatur als Ansatzpunkt dient. Durch die Starrheit des Außenskeletts wird die Größenzunahme der Gliederfüßer eingeschränkt. Um wachsen zu können, müssen sich die Tiere von Zeit zu Zeit häuten, wobei sie die alte, zu klein gewordene Chitinhülle abwerfen und durch eine von Zellen der Epidermis neugebildete, größere ersetzen.

Bei vielen Gliederfüßern (■ Insekten) ist das Wachstum nach Erreichen des fortpflanzungsfähigen Stadiums beendet.

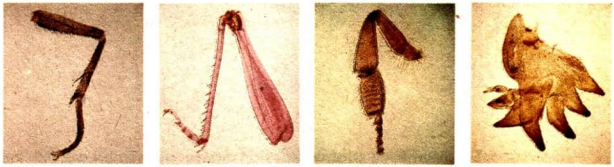
*Gliedmaßen.* Der Chitinpanzer umkleidet auch die Gliedmaßen, wobei Gelenke die einzelnen Abschnitte (Glieder) verbinden und die Beweglichkeit und Funktionstauglichkeit der Beine gewährleisten (Name: Gliederfüßer).

*Die Gliedmaßen dienen nicht nur als Bewegungsorgane, sondern sind in Angepaßtheit an die Lebensweise auch zu Greif- und Mundwerkzeugen umgebildet.*

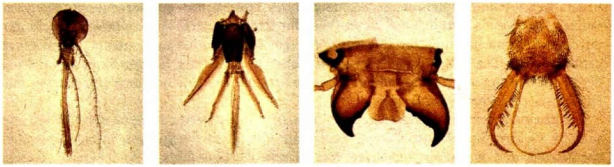



Ringelwurm Krebs Insekt

Entwicklung der Gliedmaßen bei Gliedertieren



Laufbein Sprungbein Sammelbein Grabbein



Stechrüssel Saugrüssel Beißkiefer Saugzangen

*Blutgefäßsystem.* Im Blutgefäßsystem der Gliederfüßer sind die Gefäße weitgehend rückgebildet, und das Blut zirkuliert frei in der Leibeshöhle.

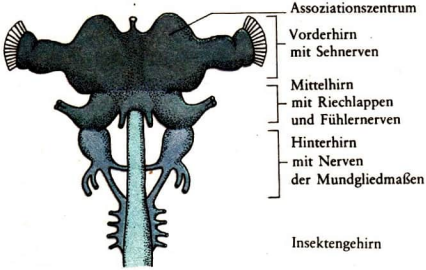
▶ *Gliederfüßer haben ein offenes Blutgefäßsystem.*

Die Blutflüssigkeit gelangt aus der Leibeshöhle über spaltenförmige Öffnungen in ein rückenwärts gelegenes Längsgefäß (Herz), welches sich regelmäßig kontrahiert und das Blut durch die kopfseitig offene Aorta zurück in die Leibeshöhle pumpt. Das Blut versorgt alle Organe mit Nahrungsstoffen und Hormonen und transportiert Ausscheidungsstoffe ab. Bei den meisten Gliederfüßern werden die Atemgase nicht durch die Blutflüssigkeit transportiert. ①

*Atemsystem.* Der Transport der Atemgase erfolgt bei den meisten Gliederfüßern mittels spezifischer Atemorgane, die als Tracheen ausgebildet sind. Bei Krebstieren erfolgt der Gasaustausch über Kiemen oder über die Körperhaut. Von dort gelangt der Sauerstoff in die Blutflüssigkeit.

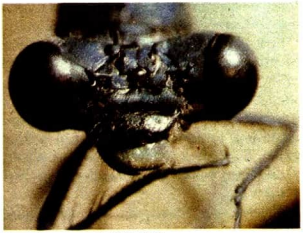
▶ *Tracheen sind Hauteinstülpungen, die röhrenförmig den Körper durchziehen und vielfältig miteinander verbunden sind.*

Die Tracheen beginnen mit Öffnungen (Stigmen) an der Körperoberfläche, sie sind zum Teil mit Chitinringen versteift und umspinnen mit ihren kapillarförmigen Endverästelungen alle Organe und Gewebe.




*Nervensystem.* Das bauchseitig gelegene Strickleiternervensystem ist bei den einzelnen systematischen Gruppen der Gliederfüßer vielfach abgewandelt. Häufig verschmelzen die paarig angelegten Ganglien zu unpaaren Nervenknoten, die sich ihrerseits im Kopf, im Brustabschnitt und in den ersten Segmenten des Hinterleibes zu Nervenkomplexen vereinigen. Besonders deutlich ist dieser Verschmelzungsprozeß im Kopfabschnitt, in dem durch die Konzentration der Nervenzellen ein übergeordnetes Zentrum, das Gehirn, gebildet wird. Die Ausbildung hochentwickelter und leistungsfähiger Sinnesorgane und deren Anhäufung am Vorderende des Körpers tragen weitgehend zur Vergrößerung und Differenzierung des Gehirns bei.

■ Bei Insekten, einer hochentwickelten und sehr differenzierten Gruppe der Gliederfüßer sind im Gehirn Sinneszentren ausgebildet, die vor allem Erregungen infolge optischer, chemischer und mechanischer Reize verarbeiten. Darüber hinaus sind bereits Assoziationszentren entwickelt. ②



Komplexaugen (■ Libelle)

Fühlerformen (■ Ameise, Schmetterling)

*Sinnesorgane.* Entsprechend dem relativ hohen Entwicklungsstand des Nervensystems sind auch die Sinnesorgane der Gliederfüßer spezialisiert und leistungsstark. Auffallend sind die Komplexaugen, die bei manchen Arten außerordentlich umfangreich sind und fast den ganzen Kopf einnehmen.

■ Bei einigen Libellenarten bestehen die Komplexaugen aus 25 000 Einzelaugen.

Tiere mit hochentwickelten Komplexaugen sind befähigt, plastisch zu sehen, Entfernungen einzuschätzen, Farben und ultraviolettes Licht wahrzunehmen, sich nach polarisiertem Himmelslicht zu orientieren, ihre Augen an Dunkelheit und Helligkeit zu adaptieren und gleichzeitig nach hinten, vorn, oben, unten und seitwärts zu sehen.

Die ebenfalls am Kopf befindlichen Fühler fungieren nicht nur als Tastorgane, sondern sind ebenso wie Mundgliedmaßen, Füße und andere Körperabschnitte Träger chemischer Sinne, die der Geruchs- und Geschmackswahrnehmung dienen.

■ Schmetterlinge nehmen Spuren eines chemischen Stoffes in Entfernungen von mehreren Kilometern wahr.

Viele Gliederfüßer besitzen ein Gehör, außerdem vermögen sie Luftbewegungen, Vibrationen, Schwerkraft, Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Ultraschall und Magnetfelder wahrzunehmen. ③

► *Die Gliederfüßer stellen die höchstentwickelten Urmundtiere dar. Ihre Leistungen sind in vielen Fällen denen höher entwickelter Wirbeltiere gleichzusetzen.*

Mit etwa einer Million Arten dokumentieren sie deutlich ihre Formenmannigfaltigkeit und ihren Artenreichtum.

*Systematische Einteilung.* Wichtige, bekannte Gruppen der Gliederfüßer sind Spinnentiere, Krebstiere, Vielfüßer und Insekten, die sich besonders durch die Körpergliederung und die Ausbildung der Extremitäten und Mundwerkzeuge unterscheiden. ④

① Vergleichen Sie den Aufbau des Blutgefäßsystems eines Regenwurms und eines Käfers!

② Weisen Sie anhand eines Vergleichs der Nervensysteme bei Gliedertieren nach, daß in der Evolution dieser Tiergruppe Zentralisierungsprozesse stattgefunden haben!

③ Begründen Sie die bei Insekten im Vergleich zu Ringelwürmern größere Umweltunabhängigkeit!

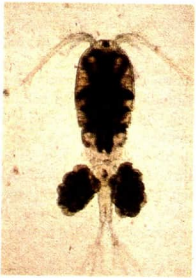
④ Stellen Sie anhand von Naturobjekten oder den Ausführungen der folgenden Seiten eine Tabelle über Körpergliederung, Anzahl der Beine, Fühler und Mundgliedmaßen in den behandelten Gruppen der Gliederfüßer auf!

*Krebstiere.* Die Körpergliederung ist bei den einzelnen Gruppen der Krebstiere *(Crustacea)* unterschiedlich. Häufig verschmelzen ein oder mehrere Brustsegmente mit dem Kopfabschnitt zu einem einheitlichen Kopf-Brust-Stück (Cephalothorax), das sich bei vielen Krebsen durch die Ausbildung einer Schale deutlich vom übrigen Körper abhebt. Der Hinterleib besteht meist aus vielen Segmenten.

Bei niederen Krebsen sind an allen Segmenten Beine ausgebildet, bei höheren nur am Kopf-Brust-Stück. Charakteristisch sind die typischen Spaltfüße, die durch Um- und Rückbildungen unterschiedliches Aussehen haben und verschiedene Funktionen erfüllen (■ Schwimm- oder Schreitbeine, Atmungsorgane). Krebstiere besitzen drei Paar Mundgliedmaßen und zwei Paar Fühler. Krebstiere bewohnen vorwiegend Wasser; sie nehmen Sauerstoff über Kiemen oder durch die Haut auf.

■ Bekannte Krebstiere sind Wasserflöhe, Hüpferlinge, Muschelkrebse, Fischläuse, Seepocken, Entenmuscheln, Asseln, Flohkrebse und von den Zehnfüßigen Krebsen Flußkrebse, Hummer, Langusten, Garnelen, Krabben und Einsiedlerkrebse.

Wasserfloh



Hüpferling

Bachflohkrebs

Kugelassel

Kellerassel

Flußkrebs

*Bedeutung.* Krebstiere bilden die Nahrungsgrundlage für viele Wassertiere und stellen auch für viele Menschen ein wichtiges Nahrungsmittel dar.

*Spinnentiere.* Der Körper der Spinnentiere *(Arachnida)* ist in Kopf-Brust-Stück und Hinterleib gegliedert, er ist langgestreckt (■ Skorpione) oder sackförmig kurz (■ Milben).

Meist sind vier Paar Beine ausgebildet, die nur dem Kopf-Brust-Stück ansitzen. Die zwei Paar Mundgliedmaßen sind vielgestaltig (■ scherenförmig, als Klauen und Stilette, Fangbeine oder Taster) ausgebildet, häufig haben sie Giftdrüsen. Fühler fehlen. Zu den Spinnentieren gehören Skorpione, Webspinnen, Weberknechte sowie Milben und Zekken.

*Bedeutung.* Einige Arten übertragen als Blutsauger eine Vielzahl gefährlicher Krankheiten (■ Felsengebirgsfleckfieber, Zeckenrückfallfieber, Zeckenbißfieber) und rufen durch Abgabe toxischer Stoffe Nervenlähmungen hervor. Parasitisch lebende Milben verursachen Hautkrankheiten (■ Krätze, Räude).

Skorpion

Sammetmilbe

Buntzecke

Wolfsspinne

Kreuzspinne

Winkelspinne

*Insekten.* Zu den Insekten *(Insecta)* gehören dreiviertel aller Tierarten. Die wichtigsten Gruppen sind Springschwänze, Eintagsfliegen, Libellen, Schaben, Termiten, Laubheuschrecken und Grillen, Feldheuschrecken, Tierläuse, Wanzen, Zikaden, Pflanzenläuse, Käfer, Hautflügler, Flöhe, Zweiflügler, Köcherfliegen, Schmetterlinge.

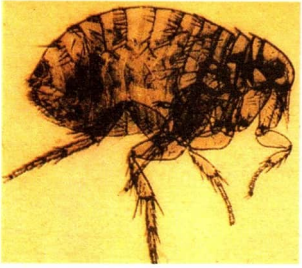
Insekten sind die höchstentwickelten Gliederfüßer. Ihr Körper ist in Kopf, Brust und Hinterleib gegliedert. Am Kopf befinden sich die Komplexaugen, ein Paar Fühler und drei Paar unterschiedlich gebaute Mundteile (↑ S. 87). Der Brustabschnitt besteht aus drei Segmenten, die drei Paar Beine und in der Regel zwei Paar Flügel tragen. Der Hinterleib besteht aus mehreren Segmenten.

Insekten sind in der Regel Landtiere, der Gasaustausch erfolgt über Tracheen.

*Bedeutung.* Aus dem riesigen Artenreichtum, den hohen Individuenzahlen, der großen Vermehrungsfähigkeit und den vielfältigen Angepaßtheiten der Insekten resultiert ihre große wirtschaftliche Bedeutung. Der durch Insekten angerichtete Schaden ist beträchtlich und läßt sich zahlenmäßig kaum erfassen. Die Pflanzenschädlinge rufen durch Fraß- oder Saugwirkung erhebliche Verluste bis Totalschäden an Pflanzen hervor (↗ S. 143).

Libelle ▼

Heuschrecke



Floh

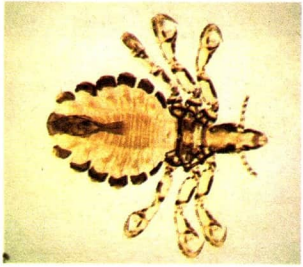
Schildwanze

Die Vorratsschädlinge befallen gelagerte Nahrungs- und Futtermittel sowie verarbeitete organische Substanzen. Die Gesundheitsschädlinge schädigen den Menschen und dessen Nutztiere durch Zerstörung von Geweben, Saugen von Blut und Übertragung von Krankheitserregern.

Unter den Insekten sind nur relativ wenig Arten ausgesprochene Nutztiere (■ Honigbiene, Seidenspinner). Zu den nützlichen Insekten rechnen aber auch Blütenbestäuber (■ Biene, Hummel, Wespe, Fliege, Schmetterling), im Boden lebende Insekten, die bei der Humifizierung eine wichtige Rolle spielen, räuberische und parasitische Insekten (■ Schlupfwespen, Raupenfliegen, Raubfliegen, Ameisen, Florfliegen, Marienkäfer), die an der Schädigung und Dezimierung von Schädlingen wesentlichen Anteil haben, sowie alle Insekten, die die Futtergrundlage für viele dem Menschen nützliche Tiere (■ Fische, Vögel, Säugetiere) bilden. ①

① Wiederholen Sie Ihre Kenntnisse über Nutzen und Schaden von Insekten! Benutzen Sie auch Bio i Ü, Seite 55 f.! Erläutern Sie Nutzen und Schaden an konkreten Beispielen!

Rüsselkäfer



Schweinelaus

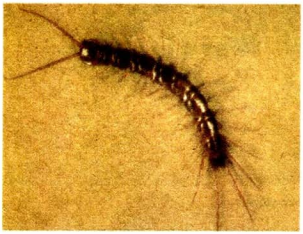
Schwebfliege

Tagfalter ▼

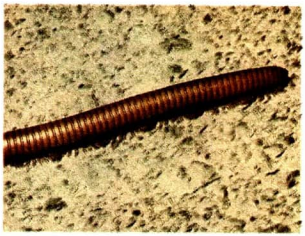
*Vielfüßer*. Die Vielfüßer *(Myriapoda)* sind in Kopf und Hinterleib gegliedert, ihr Körper ist annähernd gleichartig segmentiert. Am Kopf befinden sich ein Paar Fühler, zwei Paar Mundgliedmaßen und vielfach ein mit Giftdrüsen ausgestattetes Beinpaar. Nach der Zahl der an jedem Segment angeordneten Beine werden die Vielfüßer in Doppel- oder Tausendfüßer (zwei Beinpaare je Segment) und Hundertfüßer oder Steinkriecher (ein Beinpaar je Segment) unterschieden. ①

Erdläufer

Skolopender



Steinkriecher



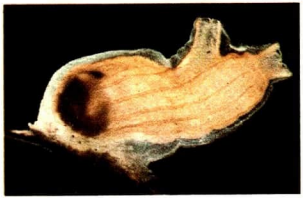
Schnurfüßer

Gliedertiere sind zweiseitig symmetrische Tiere (Bilateria) mit Ektoderm, Mesoderm und Entoderm. Gliedertiere sind Urmundtiere (Protostomia).

Gliedertiere sind gleichmäßig oder ungleichmäßig segmentiert; ihr Nervensystem liegt bauchseitig (Bauchmarktiere) und ist als Strickleiternervensystem ausgebildet. Gliederfüßer haben zum Teil hochentwickelte Sinnesorgane; das Verdauungssystem besteht aus einem durchgehenden Darm mit Mund- und Afteröffnung; es sind spezielle Ausscheidungsorgane ausgebildet.

Zu den Gliedertieren gehören die Ringelwürmer (Vielborster, Gürtelwürmer) und die Gliederfüßer (Spinnentiere, Krebstiere, Vielfüßer, Insekten).

# Chordatiere



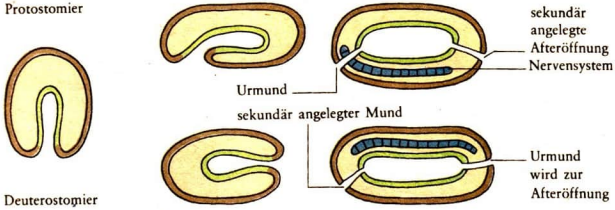
Manteltier (■ Seescheide)

Wirbeltier (■ Eidechse)

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Tierstämmen zeichnen sich die Chordatiere *(Chordata)* dadurch aus, daß bei ihnen während der Embryonalentwicklung der Urmund der Gastrula zum After wird und die funktionelle Mundöffnung sich neu bildet. Die Längsstränge des Nervensystems liegen auf der Rückenseite des Körpers (Rückenmarktiere). Das Skelett wird vom Mesoderm gebildet und ist ein Innenskelett.

*Chordatiere sind Rückenmark- oder Neumundtiere (Deuterostomia); sie sind zweiseitig symmetrische Bilateria.* ②③④

*Bau der Chordatiere.* Charakteristische Merkmale der Chordatiere sind das Achsenskelett in Form einer zentralen Stützachse (Chorda dorsalis), das eine relativ starke Größenzunahme der Tiere ermöglicht, das rückenwärts gelegene Neuralrohr als Zentralnervensystem und der zum Kiemendarm umgebildete Vorderdarm.




Unterschiedliche Entwicklung bei Urmundtieren und Neumundtieren

① Vergleichen Sie die Segmentierung eines Regenwurms, einer Spinne, eines Insekts und eines Vielfüßers!

② Erläutern Sie die Begriffe Protostomia und Deuterostomia!

③ Stellen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Protostomiern und Deuterostomiern tabellarisch zusammen!

④ Begründen Sie die Möglichkeit der Größenzunahme durch die Ausbildung eines Innenskeletts!

*Chorda dorsalis.* Die Chorda dorsalis ist ein elastischer Stützstab, um den sich bei den höherentwickelten Chordatieren die Wirbelsäule bildet.

► *Die Chorda dorsalis ist ein elastischer Stützstab, der den Körper längs durchzieht.*

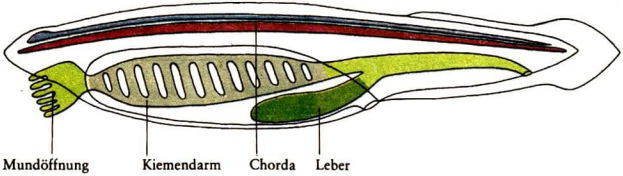
*Neuralrohr.* Der Hauptnervenstrang der Chordatiere ist das Neuralrohr oder das aus ihm hervorgehende Rückenmark. Es liegt direkt über der Chorda und bildet sich durch Einfaltung des Ektoderms. ①

► *Das Neuralrohr besteht aus einem röhrenförmigen Nervenstrang, der einen Zentralkanal einschließt. Der vordere Abschnitt dieses zentralen Nervensystems erweitert sich und wird zum Gehirn.*

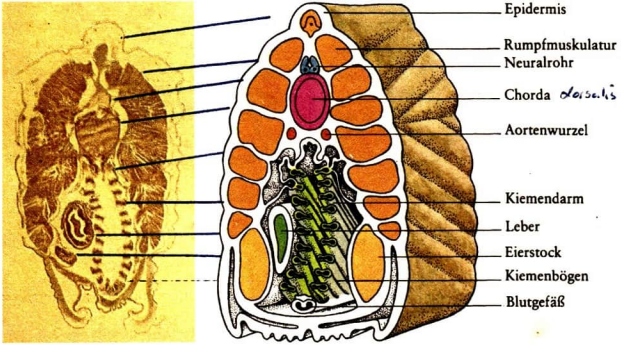
*Kiemendarm.* Der Kiemendarm entspricht dem Vorderdarm; er ist bei den ursprünglichen, im Wasser lebenden Formen zeitlebens ausgebildet. Der Kiemendarm wird von zahlreichen, seitlich gelegenen Spalten durchbrochen.

► *Der Kiemendarm ist eine spezifisch ausgebildete Form des Vorderdarms, er dient der Nahrungsaufnahme und dem Austausch der Atemgase.*

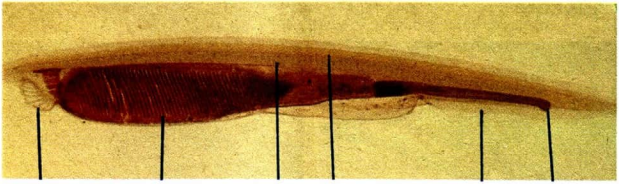
Bei höher entwickelten Wirbeltieren tritt er nur noch während der Embryonalentwicklung auf.




Lanzettier, längs




Lanzettier, quer



Lanzettier

*Blutgefäßsystem.* Die Blutflüssigkeit wird bei den meisten Formen der Chordatiere in einem geschlossenen Gefäßsystem transportiert, das bei den primitiven Formen kontraktile Abschnitte in den Gefäßen, und bei den höher entwickelten Gruppen ein Herz ausgebildet hat.

▶ *Bei fast allen Chordatieren ist das Blutgefäßsystem geschlossen.*

*Systematische Einteilung.* Zu den Chordatieren gehören die am Meeresboden festsitzenden oder frei schwimmenden Manteltiere *(Tunicata)*, die ebenfalls im Meer lebenden Schädellosen *(Acrania)* und die Wirbeltiere *(Vertebrata)*.

*Schädellose (Acrania).* Zu den Schädellosen gehört als bekannter Vertreter das Lanzettier *(Branchiostoma)*, das als Modell für den Grundbau der Chordatiere angesehen werden kann. Es ist etwa von der Gestalt, wie die Vorfahren der Wirbeltiere vor etwa 500 Millionen Jahren. Die Tiere sind fischähnlich, seitlich abgeplattet und sind am Vorder- und Hinterende zugespitzt.

▶ *Bei Schädellosen bleibt die von der Körperspitze bis zum Schwanzende reichende Chorda dorsalis zeitlebens vorhanden, Schädel und Wirbelsäule werden nicht ausgebildet.*

Das Zentralnervensystem besteht aus dem Neuralrohr; es enthält motorische und sensible Nervenzellen sowie Lichtsinnesorgane. Der Zentralkanal erweitert sich an seinem Vorderende zu dem sogenannten Gehirnbläschen. Knorpel- und Knochengewebe fehlen völlig. Die Außenhaut ist einschichtig. Den Körper umzieht ein unpaarer Flossensaum. Seitlich gelegene paarige Längsfalten sind erste Anlagen paariger Extremitäten. Der zum Darmtrakt gehörende Kiemendarm dient auch der Atmung. Das Blutgefäßsystem ist geschlossen. Kleine kontraktile Gefäßabschnitte unterhalb der Kiemenbögen und ein bauchseitig gelegenes Längsgefäß pumpen das Blut in die Kiemenbogenarterien. Ein zentrales Herz fehlt (↑ S. 118).

Die Lanzettiere werden nur 6 cm lang und leben meist im Meeresboden, in den sie ihr Hinterende einwühlen. Sie können aber auch schlängelnd umherschwimmen. ②③④

① Vergleichen Sie die Lage des zentralen Nervensystems und die Skelettanordnung eines Protostomiers und eines Deuterostomiers an konkreten Artbeispielen!

② Weisen Sie am Lanzettier die charakteristischen Merkmale der Chordatiere nach!

③ Beweisen Sie, daß trotz einer Reihe von Übereinstimmungen beziehungsweise Ähnlichkeiten (■ Körpergestalt, Segmentierung, geschlossener Blutkreislauf) Regenwurm und Lanzettier nicht miteinander verwandt sind!

④ Weisen Sie nach, daß das Zentralnervensystem eines Lanzettiers im Vergleich zu dem Zentralnervensystem eines Wirbeltieres primitiv ist!

# Wirbeltiere

Kieferlose (■ Bachneunauge ▼)

Lurche (■ Wasserfrosch)

Vögel (■ Haushuhn, ♂)

Säugetiere (■ Wildrind)

Die stark differenzierten Arten der wichtigen und formenreichen Tiergruppe Wirbeltiere *(Vertebrata)* bewohnen die verschiedensten Lebensräume.

▶ *Wirbeltiere haben durch die hohe Spezialisierung ihrer Gewebe und Organe, die Effektivität ihres Stoffwechsels, das Leistungsvermögen ihrer Sinnesorgane und den Assoziationsgrad ihres Gehirns eine Entwicklungshöhe erreicht, die sie an die Spitze aller Tiergruppen stellt.*

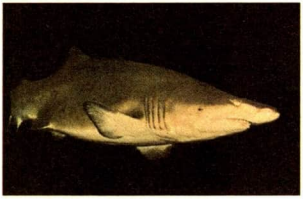
Die ältesten Wirbeltierfossilien sind etwa 450 Millionen Jahre alt und stellen fischartige Formen dar. Später traten Lurche und Kriechtiere auf. Aus diesen entwickelten sich Vögel und Säugetiere. Der Übergang vom Tier zum Menschen vollzog sich vor etwa 3 Millionen bis 5 Millionen Jahren.

*Systematische Einteilung.* Die Einteilung der Wirbeltiere in die Klassen Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel und Säugetiere gibt die natürlichen Verhältnisse stark vereinfacht wieder. Sie stimmt nur bedingt mit den Vorstellungen der phylogenetischen Systematik überein.

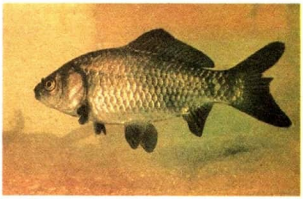
*Fische*. Fische sind wechselwarme, im Wasser lebende Tiere; ihre Körperform, der Besitz einer Schleimhaut sowie die Ausbildung von Kiemen und Flossen sind Angepaßtheiten an den Lebensraum. Die paarigen Brust- und Bauchflossen entsprechen den Gliedmaßen der übrigen Wirbeltiere.

Fische haben einen knorpeligen oder knöchernen Schädel und eine Wirbelsäule. Die meisten Arten haben knorpelige oder knöcherne Schuppen in die Haut eingelagert. Der Blutkreislauf der Fische ist einfach; ihr Herz besteht aus einer Vorkammer und einer Kammer.

Die Fische werden in die Gruppen der Rundmäuler, Knorpelfische und Knochenfische unterteilt.



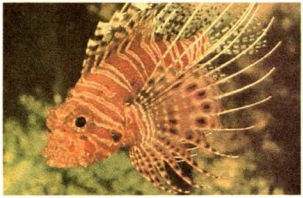
Sandhai (Knorpelfisch)



Karpfen (Knochenfisch)

Hering (Knochenfisch)

Flußbarsch (Knochenfisch)



Rotfeuerfisch (Knochenfisch)

Zitterrochen (Knorpelfisch)

*Lurche.* Lurche sind wechselwarme, wasser- und landbewohnende Tiere.

Die Entwicklung der Lurche erfolgt außerhalb des Mutterleibes über ein Larvenstadium (Metamorphose).

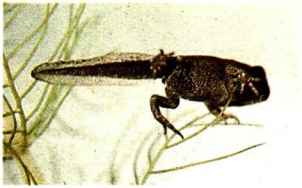
Die Haut der Lurche ist feucht und drüsenreich. Die paarigen Gliedmaßen sind als Schreitfüße ausgebildet.

Lurche atmen im Larvenzustand durch äußere oder innere Kiemen, erwachsene Tiere atmen in der Regel durch Lungen und Haut. Lurche haben einen doppelten, aber noch nicht vollständig getrennten Blutkreislauf. Das Herz besteht aus zwei Vorkammern und einer Herzkammer.

Nach dem Körperbau der erwachsenen Tiere werden die Ordnungen Froschlurche und Schwanzlurche unterschieden.

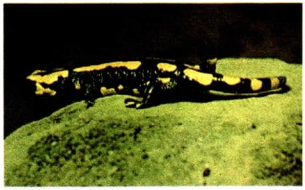
Teichmolchlarve ▼

Teichmolch ♀, ▼



Erdkrötenlarve ▼

Erdkröte ▼



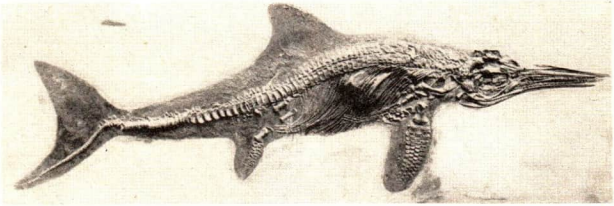
Feuersalamander ▼

Rotbauchunke ▼

*Kriechtiere.* Kriechtiere sind wechselwarme Landtiere; einige Gruppen sind sekundär zum Wasserleben übergegangen. Die Haut ist trocken und drüsenarm. Schilder oder Schuppen aus Horn sind Bildungen der Haut und dienen als Verdunstungsschutz. Kriechtiere haben zwei Paar Gliedmaßen, die bei einigen Gruppen (Schlangen) rückgebildet sind.

Kriechtiere atmen durch Lungen. Sie haben einen doppelten und weitgehend getrennten Blutkreislauf, das Herz hat zwei Vorkammern und zwei weitgehend getrennte Herzkammern. Kriechtiere haben eine innere Befruchtung, sie sind meist eierlegend.

Zu den Kriechtieren gehören die rezenten Gruppen Krokodile, Schildkröten, Echsen und Schlangen sowie die ausgestorbene Gruppe der Saurier.



Fischsaurier

Riesenschildkröte

Hechtalligator

Zauneidechse ▼

Ringelnatter ▼

*Vögel.* Vögel sind gleichwarme, flugfähige Wirbeltiere. Ihr Körper ist mit spezifischen Bildungen der Haut, den Federn, bedeckt. Auch der Hornschnabel ist eine Hautbildung.

Die Vordergliedmaßen sind zu Flügeln umgebildet. Vögel atmen durch stark gekammerte Lungen, die mit Luftsäcken in Verbindung stehen. Sie haben einen doppelten, vollständig getrennten Blutkreislauf, das Herz besteht aus zwei Vorkammern und zwei Herzkammern. Vögel haben stets innere Befruchtung und sind eierlegend; viele Arten treiben Brutpflege.

Vögel haben sich vor etwa 150 Millionen Jahren entwickelt, sie haben gemeinsame Vorfahren mit den Kriechtieren. Als Übergangsform gilt der Urvogel *(Archaeopteryx).*

Die rezenten Vögel werden in zahlreiche Ordnungen gegliedert (■ Greifvögel, Entenvögel, Schreitvögel, Sperlingsvögel).

Feldlerche (Sperlingsvögel) ▼

Weißstorch (Schreitvögel) ▼

Steinadler (Greifvögel) ▼

Graugans (Entenvögel)

Großtrappe (Kranichartige) ▼

Seidenreiher (Schreitvögel) ▼

*Säugetiere*. Säugetiere sind gleichwarme Wirbeltiere. Ihre Haut ist sehr drüsenreich und von Haaren bedeckt; die Ausbildung von Milchdrüsen dient der Aufzucht der Jungtiere. Säugetiere sind in der Regel lebendgebärend.

Die vier Gliedmaßen sind gut entwickelt und zeigen in Angepaßtheit an den Lebensraum vielfache Abwandlungen (■ flügelartige Ausbildung bei Fledermäusen, flossenartige Ausbildung bei Walen).

Säugetiere atmen durch Lungen, die aufgrund ihrer Kammerung eine starke Oberflächenvergrößerung aufweisen.

Säugetiere haben einen doppelten, getrennten Blutkreislauf; das Herz besteht aus zwei Herzkammern und zwei Vorkammern.

Säugetiere werden in zahlreiche Ordnungen unterteilt (■ Insektenfresser, Paarhufer, Nagetiere, Raubtiere, Wale).

Igel (Insektenfresser) ▼

Hamster (Nagetiere)

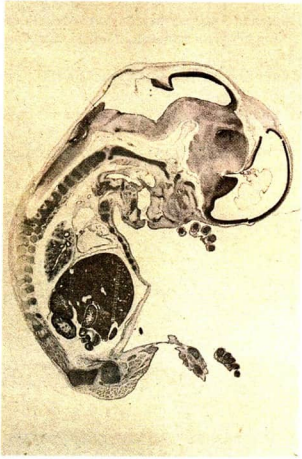
Fledermaus (Fledermäuse) ▼

Sibirischer Tiger (Raubtiere)

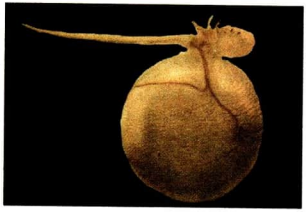
Pferd (Unpaarhufer)

Paviane (Herrentiere)

# Bau der Wirbeltiere



Menschlicher Embryo (Schnitt)



Haiembryo

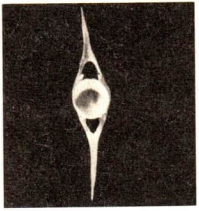
Vogelembryo

Charakteristische Merkmale im Bau der Wirbeltiere sind die knöcherne Wirbelsäule und der Schädel, die Ausbildung von zwei Paar Gliedmaßen, ein geschlossenes Blutgefäßsystem mit bauchseitigem Herz, ein Zentralnervensystem mit mehrteiligem Gehirn. Diese Organe, die aus den drei Keimblättern Ektoderm, Mesoderm und Entoderm entstehen, entwickeln sich bereits in sehr frühen Stadien der Embryonalentwicklung. ①②

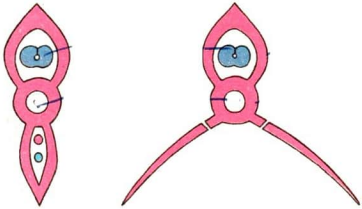
*Körpergliederung.* Der mehr oder weniger gestreckte Körper der Wirbeltiere läßt sich in Kopf-, Rumpf- und Schwanzabschnitt gliedern. Zusätzlich ist bei Fischen noch eine Kiemenregion, bei Vertretern der anderen Klassen eine Halsregion ausgebildet. Die einzelnen Körperabschnitte können vielfach abgewandelt sein (■ Rückbildung des Schwanzabschnittes bei Froschlurchen, Untergliederung des Rumpfabschnitts in Brust, Bauch, Lenden- und Kreuzbeinabschnitt).

*Wirbelsäule.* Die Wirbelsäule setzt sich aus einzelnen, hintereinanderliegenden Wirbeln zusammen, die aus dem Wirbelkörper und den Wirbelbögen beziehungsweise Wirbelfortsätzen bestehen. Die Wirbelsäule bildet die Längsstütze des Achsenskeletts. Die Wirbel entstehen segmental, sie sind zunächst knorplig, später meist verknöchert. Sie umschließen die Chorda, schnüren sie meist sehr eng ein und ersetzen sie schließlich bis auf geringe Reste. ③

Die oberen Wirbelbögen bilden einen röhrenförmigen Hohlraum, den Wirbelkanal, in welchem das Rückenmark liegt.

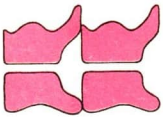


Schwanzwirbel eines Fisches

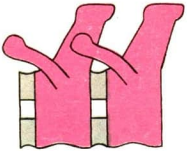


Bau der Wirbel

Fisch



Kriechtier



Säugetier

Entwicklung der Wirbelsäule

*Schädel.* In der Kopfregion der Wirbeltiere entwickeln sich eine Vielzahl von Skelettelementen, die mehr oder weniger stark miteinander verwachsen und eine knorpelige oder knöcherne Kapsel, die Schädelkapsel, bilden.

► *Die Schädelkapsel umschließt und schützt das Gehirn und die Kopfsinnesorgane sowie die Mundhöhle.*

Schädel (Wiederkäuer)

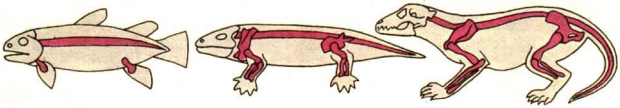
Schädel (Nagetier)

Schädel (Raubtier)

1. Weisen Sie nach, daß Wirbeltiere dem Stamm Chordatiere zugeordnet werden müssen!
2. Ordnen sie Quastenflosser, Karpfen, Salamander, Frosch, Otter, Krokodil, Pinguin und Seehund den entsprechenden Klassen der Wirbeltiere zu und begründen Sie Ihre Entscheidung!
3. Erläutern Sie die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung von Chorda dorsalis und Wirbelsäule bei Wirbeltieren!

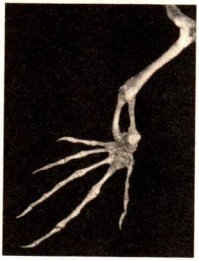
*Extremitäten.* Ein weiteres wichtiges Merkmal der Wirbeltiere ist das Vorhandensein von zwei Paar Gliedmaßen. Bei den Fischen sind sie als paarige Brust- und Bauchflossen ausgebildet, die aus fächerförmig angeordneten Flossenstrahlen bestehen und über eine Flossenachse mit dem Schulter- und Beckengürtel verbunden sind. Sie dienen schwimmenden Fischen zur Steuerung. Am Boden der Gewässer lebende Fische benutzen die Flossen jedoch auch zum Abstützen oder sogar zum Abstoßen.

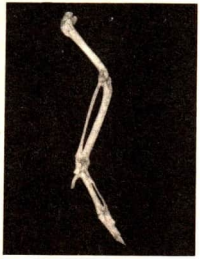
► *Beim Übergang der ursprünglich im Wasser lebenden Wirbeltiere zum Landleben entwickeln sich aus den Flossen die fünfstrahligen Extremitäten.*

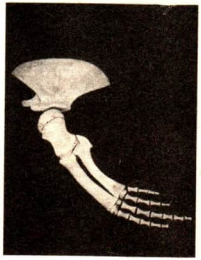


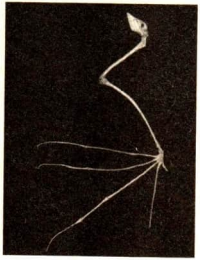
Fisch fossiler Lurch Säugetier

Entwicklung des Gliedmaßenskeletts

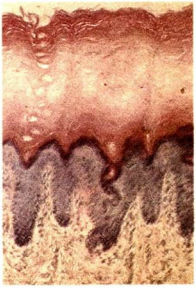


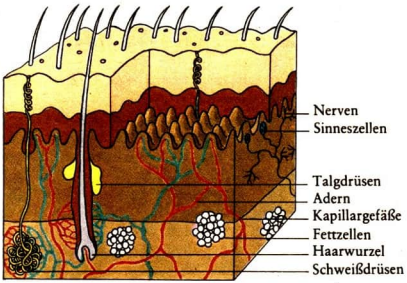






Vordergliedmaßen






Schnitt durch die menschliche Haut, gefärbt und Hautquerschnitt

Bildungen der Wirbeltierhaut (■ Schuppen, Huf, Haar)

Mit zunehmender Anpassung an die Fortbewegung auf festem Untergrund veränderte sich die Lage der Gliedmaßen. Trotz ihrer unterschiedlichen Aufgaben (■ Kriechen, Laufen, Klettern, Schwimmen, Fliegen, Springen, Wühlen) und der damit verbundenen Umbildung lassen sich die Gliedmaßen aller Wirbeltiergruppen auf ein Grundschema zurückführen. Durch Verschmelzungen und Reduktion ist die Zahl der Knochen oft vermindert. ①②

Die Gliedmaßen sind eng mit dem Schulter- und Beckengürtel verbunden, die ihrerseits mit der Wirbelsäule in mehr oder weniger enger Verbindung stehen.

*Körperbedeckung.* Die Haut der Wirbeltiere besteht aus einer mehrschichtigen Oberhaut mit aufgelagerter Hornschicht und der kompakten, bindegewebigen Lederhaut. Darunter befindet sich das Unterhautbindegewebe, das Fettgewebe enthält und die Verbindung zur Muskulatur darstellt. ③

Die Schuppen der Kriechtiere und Vögel, Federn, Haare, Nägel, Hufe, Gehörn sind Bildungen der Haut.

① Weisen Sie nach, daß die Extremitäten verschiedener Klassen der Wirbeltiere homolog sind!

② Erläutern Sie die Umbildungen an den auf Seite 106 abgebildeten Gliedmaßen und ordnen Sie sie den entsprechenden Sippen zu!

③ Erläutern Sie Bau und Funktion der einzelnen Hautschichten! Informieren Sie sich auch in Bio i Ü, Seite 152 f.!

*Nervensystem.* Das Nervensystem der Wirbeltiere läßt sich in drei Teile gliedern: das Zentralnervensystem, das periphere Nervensystem und das vegetative Nervensystem. Alle drei Teile bilden das zentralisierte Nervensystem und sind in ihrem Zusammenwirken untrennbar verbunden.

► *Das Zentralnervensystem besteht aus Gehirn und Rückenmark und wird im Embryonalstadium als Neuralrohr angelegt.*

Gegen mechanische Einwirkungen wird das Nervengewebe durch die Wirbelsäule und die knöcherne Schädelkapsel geschützt. Andersartige Schädigungen werden beim Menschen in erster Linie durch das Einwirken von Nervengiften (■ durch Alkohol- und Medikamentenmißbrauch) oder Überbelastung und zu starke Reizeinwirkung (■ Lärm) hervorgerufen; sie können durch bewußte persönliche und gesellschaftliche Hygiene vermindert werden. ①②

Das Rückenmark liegt innerhalb des Wirbelkanals und übertrifft bei niederen Wirbeltieren an Masse das bei diesen Gruppen noch relativ kleine Gehirn. Bei den höher entwickelten Gruppen der Wirbeltiere erreicht es volumenmäßig nicht die Größe des Gehirns.

► *Das Rückenmark leitet hauptsächlich Erregungen zwischen Körperperipherie und Gehirn in beiden Richtungen; in ihm laufen Reflexe ab.*

Je höher die Entwicklungsstufe der Wirbeltiere ist, umso stärker ist das Nervengewebe im vorderen Abschnitt des Zentralnervensystems konzentriert.

Es bildet sich schließlich das Gehirn als übergeordnetes Zentrum, welches den gesamten Organismus steuert.

Das Gehirn ist bei den einzelnen Tiergruppen von unterschiedlicher Struktur; es läßt sich in fünf Abschnitte unterteilen (↑ S. 111).

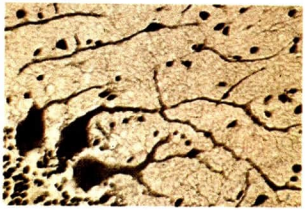
Der vom Nervengewebe umgebene Zentralkanal des Rückenmarks erweitert sich im Hirnteil zu blasenartigen Hohlräumen, den Ventrikeln. Umschlossen wird das Gehirn, wie auch das Rückenmark, von bindegewebigen Hüllen.

► *Das periphere Nervensystem besteht hauptsächlich aus Nervensträngen, die das Zentralnervensystem mit den übrigen Körperorganen und -geweben verbinden.*

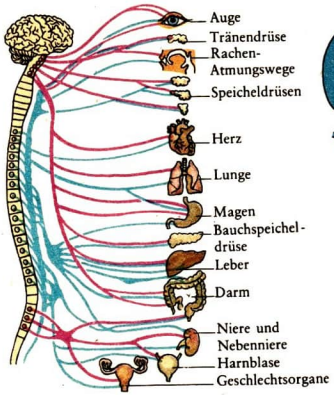
Diese Nervenfasern leiten als sensible oder sensorische Nerven die Erregung von den reizaufnehmenden Sinneszellen oder -organen zum Gehirn oder Rückenmark oder sie übermitteln als motorische und sekretorische Nerven Impulse vom Zentralnervensystem zu den Erfolgsorganen, wie Muskeln und Drüsen.

Vom Gehirn gehen Nervenstränge aus, die die unsegmentierten Teile des Körpers versorgen. Die höherentwickelten Wirbeltiere besitzen zwölf Paar Hirnnerven.

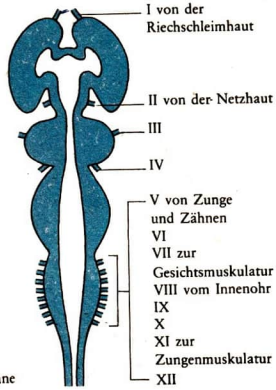
Rückenmark, quer (6:1)



Hirnrinde mit Nervenzellen (600:1)




Vegetatives Nervensystem




Lage der Hirnnerven und einige ihrer Funktionsorte

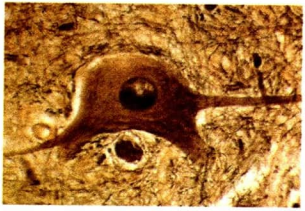
► *Das vegetative Nervensystem steuert die Tätigkeit der inneren Organe (■ Eingeweide, Geschlechtsorgane, Nieren, Blutgefäße). Es ist vom Willen nicht beeinflußbar.*

Das vegetative Nervensystem wird auch als unwillkürliches Nervensystem bezeichnet. Es besteht aus zwei antagonistisch wirkenden Systemen, dem Sympathikus und dem Parasympathikus. Das sympathische System, dessen Zentren im Rückenmark liegen, steigert Aktivität und Leistung des Körpers durch Erhöhung der Herz- und Kreislauftätigkeit und beschleunigte Blutzirkulation in der arbeitenden Körpermuskulatur. Die Verdauungstätigkeit wird dagegen gehemmt. Die im Gehirn beziehungsweise im unteren Abschnitt des Rückenmarks liegenden parasympathischen Zentren wirken als Gegenspieler des Sympathikus, indem sie die Herzleistung und Blutzirkulation verringern und die Verdauungsprozesse anregen. Hauptnerv des parasympathischen Systems ist der Vagusnerv. ③ ④

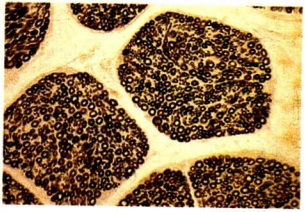
*Gehirn.* Das Gehirn ist Teil des Zentralnervensystems.

► *Die Leistungsfähigkeit des Gehirns steigt innerhalb der Wirbeltierreihe durch die zunehmende Anhäufung von Nervenzellen und die Differenzierung in funktionell unterschiedliche Abschnitte immer mehr an und erreicht beim Menschen ihren höchsten Stand.*

① Erläutern Sie Möglichkeiten zur persönlichen Hygiene des Nervensystems!
② Nennen Sie staatliche Maßnahmen, die der Gesunderhaltung des Nervensystems dienen!
③ Beschreiben Sie den Grundaufbau des Nervensystems eines Wirbeltiers!
④ Vergleichen Sie die Funktionen des peripheren Nervensystems mit denen des sympathischen Nervensystems!



Nervenzelle (800:1)



Nervenfaser, quer (150:1)

*Großhirn.* Besonders deutlich zeigt sich diese Entwicklung am Beispiel des Großhirns, das im Verlauf der Wirbeltierevolution seine größte Entfaltung erfahren hat.

Ursprünglich ist das Großhirn nur Zentrum der Geruchsempfindung (Riechhirn), bei den Säugetieren wird es zu dem dominierenden Hirnteil. Das Großhirn besteht aus zwei Teilen, den Hemisphären, die am Grunde durch Nervenfasern, die Kommissuren, miteinander verbunden sind.

Durch Ausbildung von Windungen und Furchen vergrößert sich die Oberfläche des Gehirns um ein Mehrfaches. Das ist insofern von Bedeutung, als die Hirnrinde aus grauer Substanz, also überwiegend aus Ganglienzellen, besteht. Sie enthält beim Menschen etwa 15 Milliarden Nervenzellen und stellt das eigentliche Integrationszentrum dar.

*Zwischenhirn.* Das relativ kleine Zwischenhirn liegt dicht hinter oder unter dem Großhirn. Es ist eine Schalt- und Kontrollstation, die zwischen Großhirn und nachfolgenden Hirnabschnitten einschließlich Rückenmark vermittelt.

Außerdem ist es Zentrum vegetativer Funktionen (■ Regulierung des Blutdrucks, der Körpertemperatur, des Wasserhaushalts, des Stoffwechsels und der Sexualfunktionen); es steuert die Instinkthandlungen und die Hormonproduktion. Am Zwischenhirn befindet sich außerdem die Hypophyse, die unter anderem die Tätigkeit innersekretorischer Drüsen regelt.

*Mittelhirn.* Im Dach des Mittelhirns enden ursprünglich Hör- und Sehnerven. Es ist Umschaltorgan für optische und akustische Reflexe sowie Assoziationszentrum. Bei den Säugetieren werden diese Funktionen größtenteils vom Zwischen- und Großhirn übernommen.

*Hinterhirn.* Aus dem Dach des Hinterhirns geht das Kleinhirn hervor, welches als Zentralorgan für Bewegungskoordination, Gleichgewichtsregulation und Muskeltonus fungiert. Außerdem verarbeitet es auch akustische Reize.

Tiere, die besonders schnelle und komplizierte Körperbewegungen ausführen (Fische, Vögel, viele Säugetiere), besitzen ein stark entwickeltes Kleinhirn. Bei Lurchen, Kriechtieren und manchen Fischen mit gering entwickelter Ortsbewegung ist es dagegen verhältnismäßig klein.

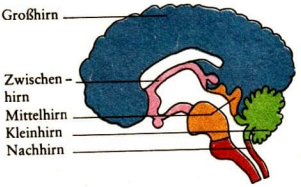
*Nachhirn.* Das Nachhirn oder verlängerte Mark zeigt in seinem Bau große Übereinstimmung mit dem Rückenmark. Besondere Bedeutung kommt dem Nachhirn als Steuerungszentrum der Atmung, des Blutkreislaufs und der allgemeinen Stoffwechseltätigkeit zu. Außerdem stellt es eine Schaltstation zwischen Rückenmark und Großhirn dar. Am Nachhirn entspringen und münden die meisten Hirnnerven. ① ②

▶ *Entscheidend für die Herausbildung des Menschen als höchstentwickeltes Lebewesen der Erde war die Entwicklung des Großhirns.*

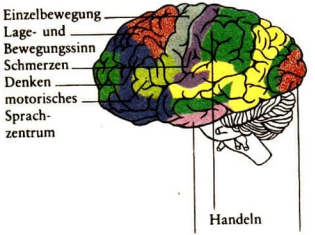
Neben der Zunahme der Hirngröße, insbesondere der Zunahme der Großhirnrinde, steigerte sich vor allem dessen Leistungsfähigkeit. Diese Hirnentwicklung erfolgte in Wechselwirkung mit anderen Veränderungen des Körpers (■ aufrechte Körperhaltung, Gebrauch der Arme und Hände zur Arbeit).

Die wachsende Leistungsfähigkeit und zunehmende Intelligenz brachte große Auslesevorteile, die den Menschen zur erfolgreichsten biologischen Art machten.

Denken, Sprache, Arbeit und Bewußtsein sind Qualitäten, die den Menschen vom Tier unterscheiden und ihn weitgehend unabhängig machen. Durch die Anwendung der Gesetzmäßigkeiten von Natur und Gesellschaft lernt er seine Umwelt zu beherrschen, was ihm allerdings auch große Verantwortung gegenüber der Natur und Gesellschaft auferlegt. ③




Menschliches Gehirn, quer




Großhirnfelder

*Blutgefäßsystem.* Die Blutgefäße bei Wirbeltieren stehen miteinander in Verbindung.

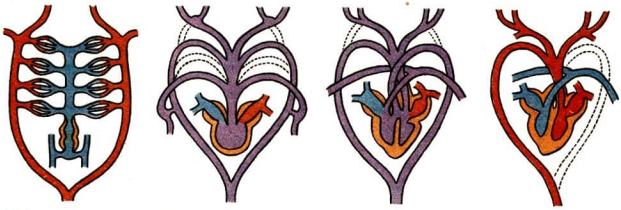
▶ *Wirbeltiere haben ein geschlossenes Blutgefäßsystem mit einem zentralen Pumporgan, dem Herzen.*

Bei Fischen besteht das Herz aus vier hintereinanderliegenden Abschnitten, von denen Herzvorkammer und Herzkammer die wichtigsten sind. Zwischen den einzelnen Abschnitten befinden sich Klappen, die das Blut nur in einer Richtung fließen lassen. Durchströmt wird das Fischherz nur von rein venösem, sauerstoffarmen Blut. Herzkontraktionen treiben dieses Blut in die Kiemenregion, wo es sich in Kapillaren mit Sauerstoff anreichert. Von hier aus gelangt es in die übrigen Körperorgane. Das sauerstoffarme Blut wird in Venen gesammelt und gelangt in das Herz zurück.

① Vergleichen Sie die Großhirne von Fisch und Hund hinsichtlich ihrer Differenziertheit und Leistungsfähigkeit!

② Weisen Sie anhand einer vergleichenden Betrachtung von Hirnmodellen verschiedener Wirbeltierklassen nach, daß sich bei der Gehirnentwicklung Differenzierungs-, Zentralisierungs- und Rückbildungsprozesse vollzogen haben!

③ Vergleichen Sie die schematischen Hirnquerschnitte von Mensch (↑ Abb. S. 111) und Säugetier (Hund, ↑ Abb. S. 116)! Erläutern Sie die Entwicklungstendenzen!



Fische Amphibien Reptilien Vögel
Blutkreisläufe bei Wirbeltieren

▶ *Beim Übergang vom Wasser zum Landleben kommt es zu einer wesentlichen Umgestaltung des Blutkreislaufes; es bildet sich neben dem Körperkreislauf ein Lungenkreislauf aus.*

Entsprechend diesen Veränderungen verändert sich auch der Bau des Herzens. Landlebende Amphibien haben zwei getrennte Herzvorkammern, von denen die rechte das sauerstoffarme Blut des Körperkreislaufs und die linke das sauerstoffreiche Blut der Lungenvenen aufnimmt. In der ungeteilten Herzkammer findet jedoch noch eine weitgehende Durchmischung des Blutes statt.

Bei den Reptilien wird eine unvollständige Scheidewand in der Herzkammer ausgebildet, die die Vermischung von arteriellem und venösem Blut stark verringert.

Bei Vögeln und Säugetieren ist die Trennung der Herzkammern vollkommen; dadurch ist auch das arterielle beziehungsweise venöse Blut des Körper- und Lungenkreislaufes deutlich gesondert. In der linken Herzkammer entspringt die Aorta, die den Körper mit sauerstoffreichem Blut versorgt. Die rechte Herzkammer pumpt das venöse Blut in den Lungenkreislauf. Die Sauerstoffversorgung des Körpers ist damit optimal gesichert und der Organismus zu höheren Leistungen befähigt. ① ②

Neben der Transportfunktion von Nährstoffen, Sauerstoff und Kohlendioxid, Hormonen und Exkreten dient das Blut auch der Wärmeregulation. Die Körperwärme wird durch den Energiestoffwechsel gewonnen und kann bei gleichwarmen Tieren durch Regelung der Wärmeabgabe und Steuerung der Wärmeproduktion annähernd konstant gehalten werden. ③

■ Ein Wärmestau wird dadurch verhindert, daß temperaturregulierende Gehirnzentren eine stärkere Hautdurchblutung veranlassen, so daß über das Blut Wärme an die Umwelt abgegeben werden kann.

Auch spezielle morphologische und physiologische Angepaßtheiten sowie Angepaßtheiten im Verhalten (■ Hecheln, Plustern, Nestbau) ermöglichen die Wärmeregulation gleichwarmer Tiere.

Einrichtungen des Körpers zum Schutz vor Wärmeverlusten sind dicke Körperhaut, Fettdepots, Haar- und Federkleid. Größere Tiere weisen im Verhältnis zum Volumen eine kleinere Oberfläche auf und geben deshalb, relativ gesehen, weniger Wärme ab (■ Polarfuchs 6 kp bis 10 kp Körpermasse bei etwa 65 cm Körperlänge, Wüstenfuchs 3 kp bis 5 kp Körpermasse bei etwa 35 cm Körperlänge).

Andererseits sind in wärmeren Regionen die Körperanhänge größer und länger und ermöglichen eine stärkere Wärmeabführung.

► *Vögel und Säugetiere sind gleichwarme Tiere oder Warmblüter.*

*Gleichwarme Tiere haben eine konstante Körpertemperatur und sind dadurch relativ umweltunabhängig.*

Auch sehr niedrige Temperaturen (■ Winter, arktische Zonen) engen die Aktivität von Gleichwarmen nur in geringem Maße ein.

► *Wechselwarme Tiere, zu denen alle übrigen Tiere gehören, haben eine geringe eigene Wärmeproduktion und Regulationsmechanismen fehlen ihnen weitgehend.*

Wechselwarme Tiere sind von der Umwelttemperatur stark abhängig, weil ihr Stoffwechsel und ihre Aktivitäten weitgehend von der Außentemperatur beeinflußt werden. Unterhalb bestimmter Temperaturen zeigen die Tiere völlige Inaktivität; hohe Temperaturen können durch Gerinnung der Zelleiweiße zum Tode führen. ④⑤

► Chordatiere sind Neumundtiere, die durch ein Innenskelett mit zentraler Stützachse, ein rückenseitig gelegenes Zentralnervensystem (Rückenmarktiere) und die Ausbildung eines Kiemendarms gekennzeichnet sind.

Zu den Chordatieren gehören die Manteltiere, die Schädellosen (■ Lanzettier) und die Wirbeltiere.

Wirbeltiere haben eine knöcherne Wirbelsäule und einen Schädel, der Gehirn und Kopfsinnesorgane schützt; zwei Paar Gliedmaßen, die in Angepaßtheit an die Lebensweise vielfach abgewandelt sein können; ein zentrales Nervensystem mit mehrteiligem Gehirn, das innerhalb der Wirbeltierklassen zunehmende Konzentrierung und Differenzierung aufweist und beim Menschen seine höchste Leistungsfähigkeit erreicht; ein geschlossenes Blutgefäßsystem mit bauchseitigem Herz. Beim Übergang vom Wasser- zum Landleben entwickelt sich ein Körper- und ein Lungenkreislauf, die Trennung von arteriellem und venösem Blut ist bei Vögeln und Säugetieren durch Kammerung des Herzens vollständig, was eine wesentliche Voraussetzung für das Erreichen einer konstanten Körpertemperatur dieser gleichwarmen Tiere ist.

Zu den Wirbeltieren gehören die Klassen Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel, Säugetiere.

① Erläutern Sie den Grundaufbau des Blutgefäßsystems bei Wirbeltieren als geschlossenen Kreislauf!

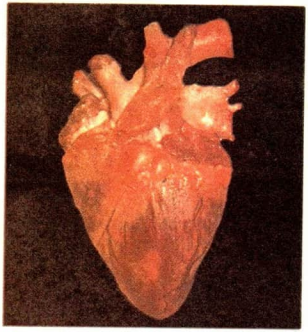
② Beschreiben Sie anhand der Entwicklung des Blutgefäßsystems bei Wirbeltieren Differenzierungs- und Zentralisierungsprozesse!

③ Wiederholen Sie Ihre Kenntnisse über Bau und Funktion des menschlichen Blutgefäßsystems und erläutern Sie aufgrund derer Möglichkeiten der Prophylaxe von Herz- und Kreislauferkrankungen!

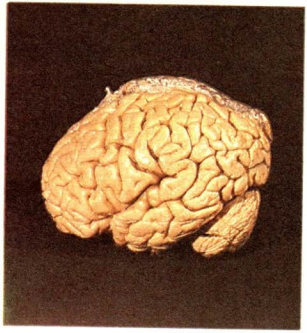
④ Begründen Sie die starke Abhängigkeit der Körpertemperatur bei Lurchen und Kriechtieren von der Außentemperatur!

⑤ Erklären Sie, warum durch die zunehmende Differenzierung des Blutgefäßsystems eine erhöhte Leistungsfähigkeit und Umweltunabhängigkeit der Organismen möglich wurde!

# Vergleich von Organsystemen



Menschliches Herz



Menschliches Gehirn

Bau und Leistung der tierischen Organe und Organsysteme, ihre Lageverhältnisse, Entwicklung, Veränderung in Bau und Funktion sowie die Vielfalt unterschiedlicher Strukturen sind am besten zu erkennen und zu analysieren, wenn sie einer vergleichend anatomischen und physiologischen Betrachtungsweise unterzogen werden. Dadurch ist es auch möglich, verwandtschaftliche Beziehungen zwischen Organismengruppen aufzuzeigen und nachzuweisen, Entwicklungsabläufe zu erkennen, und die Einordnung der Tiere in ein phylogenetisches System zu begreifen.

*Nervensystem.* Das Nervengewebe besteht im wesentlichen aus den Nervenzellen und den erregungsleitenden Fortsätzen, den Nervenfasern, die sich zu sensiblen und motorischen Nerven vereinigen. Durch das Nervensystem und die Sinneszellen beziehungsweise Sinnesorgane sind die tierischen Organismen in der Lage, äußere Reize wie auch Reize innerhalb des Körpers wahrzunehmen, sie zu verarbeiten und Impulse an die Erfolgsorgane zu leiten, die die entsprechenden Reaktionen ausführen. Außerdem ist das zentrale Nervensystem Koordinationszentrum des Organismus, es kontrolliert und reguliert die Funktionen aller Organe.

Nach Aufbau und Funktion lassen sich ein netzförmiges (diffuses) und ein zentralisiertes Nervensystem unterscheiden.

*Netzförmiges Nervensystem.* Das netzförmige Nervensystem zeigt eine sehr ursprüngliche Anordnung und Verteilung der Nervenzellen im Organismus. Die Ganglienzellen sind diffus verteilt und stehen durch Fortsätze sowohl untereinander als auch mit reizaufnehmenden Zellen in Verbindung.

▶ *Im netzförmigen Nervensystem breiten sich die Impulse eines aufgenommenen Reizes nach allen Seiten gleichmäßig aus; die Erregung nimmt dabei bis zu ihrem Erlöschen allmählich an Intensität ab.*

Eine direkte Beziehung zwischen den reizaufnehmenden Sinneszellen und den Erfolgsorganen besteht nicht.

Typisch netzförmig ist das Nervensystem der Hohltiere (↑ S. 79). Bei radiärsymmetrischen Tieren ist kein Vorder- und Hinterende zu unterscheiden, sie bewegen sich nicht gerichtet, und die Reize wirken gleichmäßig von allen Seiten ein.

Die Reaktionen sind meist nur lokal und werden umso schwächer, je größer die Entfernung vom Reizpunkt wird.

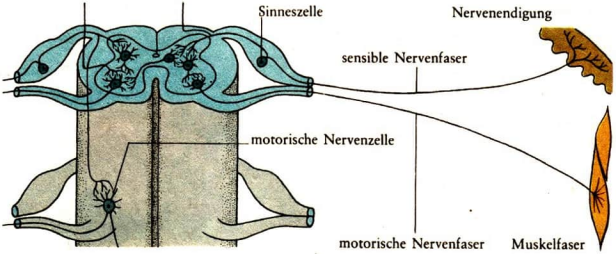
Auch bei höher entwickelten Tieren (■ Wirbeltiere) kommen vereinzelt diffuse Nervennetze vor (■ in der Darmwand).

*Zentrales Nervensystem.* Bei zweiseitig symmetrischen Mehrzellern mit ihrer nach vorn gerichteten Fortbewegung ist vor allem das Vorderende lebenswichtigen Reizen ausgesetzt. Die Folge ist eine Anhäufung von Sinnesorganen und eine Konzentration von Nervenzellen in dieser Körperregion. Die Ganglienzellen verlagern sich in das Kopfinnere und bilden ein Zentralorgan, das Gehirn, welches häufig von schützenden Hüllen und Skeletteilen umgeben wird. Vom Gehirn führen Nervenfasern zu den Sinneszellen beziehungsweise zu den Erfolgsorganen. Es bilden sich geschlossene Leitungsbahnen aus, die meist in der Längsrichtung des Körpers verlaufen. Dabei lassen sich zwei Entwicklungsreihen feststellen. Bei den Urmundtieren führt die Entwicklung über Nervenlängsstränge zu dem bauchseitig gelegenen Strickleiternervensystem. Bei den Neumundtieren ist ein auf der Rückenseite gelegenes Neuralrohr ausgebildet, welches sich zum Rückenmark und zum Gehirn entwickelt. ①

Sinneszellen, Nervenzellen einschließlich ihrer Fasern sowie Erfolgsorgane verknüpfen sich zu Reflexbögen, die auf einen Reiz hin bestimmte Reaktionen auslösen. ②

► *In den Nervenfasern verlaufen die Erregungen nur in einer Richtung und verlieren nicht an Intensität.*

Die Steigerung der Leistungsfähigkeit, insbesondere der motorischen Aktivität eines Tieres ist eng verknüpft mit der wachsenden Differenziertheit des Nervensystems. ③

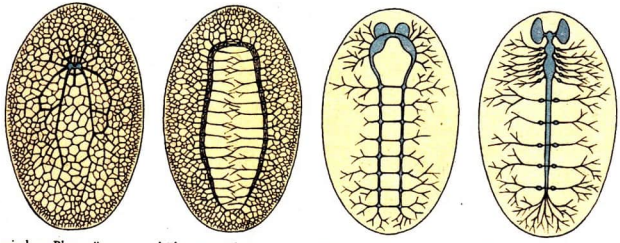



Reflexbogen

① Vergleichen Sie die Grundtendenzen in der Entwicklung des Nervensystems bei Protostomia und Deuterostomia!

② Erläutern Sie anhand der Abbildung auf Seite 115 den Ablauf in einem Reflexbogen! Beachten Sie, welche Teile des Nervensystems beteiligt sind!

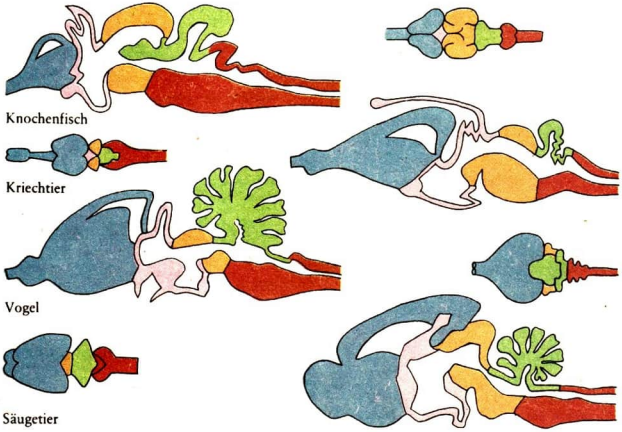
③ Erklären Sie die Überlegenheit eines zentralisierten Nervensystems gegenüber einem netzförmigen Nervensystem!




Entwicklung des Zentralnervensystems

Innerhalb der Urmundtiere zeigen die Insekten das am höchsten entwickelte Zentralnervensystem. Längsstränge und Ganglienknoten des Strickleiternervensystems sind häufig miteinander verschmolzen. Das Gehirn setzt sich aus mehreren Abschnitten zusammen, die bestimmte Assoziationszentren aufweisen (↑ S. 88).

Den höchsten Grad der Zentralisierung hat das Nervensystem bei den Wirbeltieren erreicht. Das Rückenmark ist vor allem bei niederen Wirbeltieren Zentrum von Be-

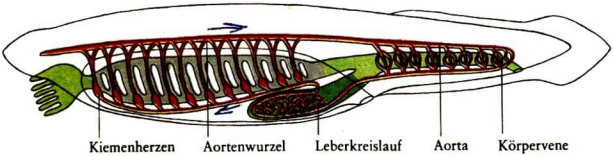



Gehirne von Wirbeltieren (Draufsichten und Längsschnitte)

wegungsvorgängen (■ Laufen, Schwimmen) und von einfachen Abwehrreaktionen. Die Reizbeantwortung über das Rückenmark verläuft weitgehend unabhängig vom Gehirn in Form von einfachen und unbedingten Reflexen.

Das am Vorderende des Nervenrohres durch Konzentration von Nervengewebe entstandene Gehirn verarbeitet die aufgenommenen Reize und dient in zunehmenden Maße dem Gesamtorganismus als Steuer- und Koordinationssystem. Die Differenzierung in sensible und motorische Zentren innerhalb des Gehirns (↑ S. 111) und die Konzentration einer riesigen Anzahl von Nervenzellen in der Hirnrinde (■ beim Menschen etwa 15 Milliarden) mit den damit gegebenen Verknüpfungs- und Schaltungsmöglichkeiten sind Ausgangspunkt der hohen Leistungen des Nervensystems der Wirbeltiere.

▶ *Wichtig für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Gehirns ist nicht seine Masse, sondern die Ausdehnung der Großhirnrinde, deren Oberfläche durch Furchen häufig stark vergrößert ist.*




Blutgefäßsystem eines Lanzettiers

*Blutgefäßsystem.* Der Transport von Nährstoffen, Sauerstoff und Kohlendioxid, der Produkte des Stoffwechsels sowie von Hormonen und anderen Wirkstoffen innerhalb des tierischen Organismus erfolgt in der Regel durch die Körperflüssigkeit. Nur bei einfach gebauten Tieren (■ Hohltiere) ist ein Stofftransport durch Wanderzellen und durch Diffusion von Zelle zu Zelle möglich. Bei den übrigen Tiergruppen zirkuliert die Körperflüssigkeit in einem System miteinander verbundener Hohlräume, dem Blutgefäßsystem. Dieses Kreislaufsystem mit mehr oder weniger konstanten Volumen ist entsprechend der Körperorganisation sehr unterschiedlich ausgebildet. ①

Bei Tieren mit einem offenen Kreislaufsystem (↑ S. 88) ist die gesamte Körperflüssigkeit in den Umlauf einbezogen. Das Vorhandensein großer Hohlräume und Gewebespalten erschwert außerdem die gerichtete Bewegung des Blutes innerhalb des Körpers. Die Anordnung der Organe in der Leibeshöhle und die Ausbildung eines unabhängigen Transportsystems für Atemgase (Tracheen) sichert jedoch die Versorgung aller Körperorgane mit Blut und Sauerstoff.

▶ *Im offenen Blutgefäßsystem ist die umlaufende Flüssigkeitsmenge relativ groß, die gerichtete Bewegung des Blutes ist erschwert und die Umlaufgeschwindigkeit relativ gering.*

Im geschlossenen Gefäßsystem mit druckerzeugenden Abschnitten, die bei höher entwickelten Tiergruppen als Herz ausgebildet sind, erfolgt eine gerichtete Blutbewegung. Häufig wird eine weitgehende Trennung von sauerstoffreichem und sauerstoffarmem Blut

① Vergleichen Sie die Ausbildung der Blutgefäßsysteme eines Ringelwurms, Insekts und Lanzettiers! Setzen Sie die Funktionen der jeweiligen Gefäßsysteme dazu in Beziehung!

erzielt. Das Blut gelangt über sich verzweigende Gefäße, die Kapillaren, bis zu jeder Körperzelle. Damit ist auch eine Konzentration bestimmter Gewebe zu kompakten, mehr oder weniger abgeschlossenen Organen möglich. Das Herz nimmt als Zentralorgan des Blutkreislaufs eine übergeordnete und regulierende Stellung ein.

► *Im geschlossenen Blutgefäßsystem ist die zirkulierende Blutmenge relativ gering, die Umlaufbewegung wird durch pulsierende Gefäßabschnitte gerichtet und beschleunigt.*

Das Blutgefäßsystem des Lanzettiers kann als Modell des Kreislaufs der Wirbeltiere betrachtet werden. Zwar fehlt noch ein zentral gelegenes Herz, doch sind mehrere pulsierende Gefäßabschnitte vorhanden, die diese Funktion ausführen (↑ S. 97).

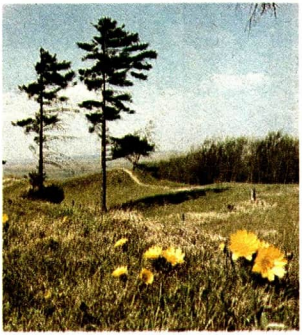
Bei den Wirbeltieren steht die Lage des Herzens in unmittelbarer Beziehung zur Lage der Atmungsorgane. Durch die kräftigen Kontraktionen des Herzens wird der Körper mit sauerstoffreichem Blut versorgt. Das Herz besteht meist aus mehreren Abschnitten, die durch Herzklappen voneinander getrennt sind, und die als Rückstauventile arbeiten. Durch die sich nacheinander kontrahierenden Abschnitte des Herzens wird das Blut in eine bestimmte Richtung bewegt. Bei höher entwickelten Wirbeltieren wird eine Trennung von sauerstoffreichem und sauerstoffarmen Blut erreicht (↑ S. 112). Das in der rechten Vorkammer und Herzkammer vorhandene Blut wird in die Lunge gepumpt und gelangt, mit Sauerstoff angereichert, in die linke Herzvorkammer und Herzkammer (Lungenkreislauf). Die Kontraktionen der linken Herzkammer erzeugen einen stärkeren Druck als die der rechten Herzkammer und treiben das Blut durch den Körper (Körperkreislauf). Die rhythmischen Herzkontraktionen erfolgen unabhängig vom Willen, sie können allerdings durch nervöse und hormonelle Einflüsse verändert werden. ①

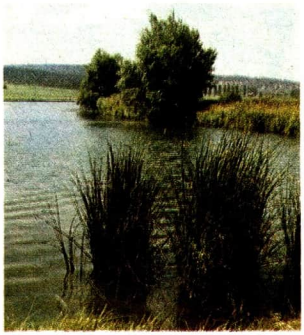
**Die wichtigsten Stämme des Tierreiches**

| Stamm | wichtige Vertreter | Anzahl der Arten |
|---|---|---|
| Urtiere *(Protozoa)* | Wimpertierchen, Wurzelfüßer, Sporentierchen | 27 000 |
| Schwämme *(Porifera)* | Kalkschwämme, Hornschwämme | 5 000 |
| Hohltiere *(Coelenterata)* | Medusen, Polypen, Korallen | 10 000 |
| Plattwürmer *(Plathelminthes)* | Strudelwürmer, Bandwürmer, Saugwürmer | 15 000 |
| Rundwürmer *(Nemathelminthes)* | Fadenwürmer, Spulwürmer | 23 000 |
| Ringelwürmer *(Annelida)* | Borstenwürmer, Gürtelwürmer | 17 000 |
| Gliederfüßer *(Arthropoda)* | Krebstiere, Spinnentiere, Vielfüßer, Insekten | 1 000 000 |
| Weichtiere *(Mollusca)* | Schnecken, Muscheln, Kopffüßer | 130 000 |
| Stachelhäuter *(Echinodermata)* | Haarsterne, Seeigel, Seesterne | 6 000 |
| Chordatiere *(Chordata)* | Manteltiere, Schädellose, Wirbeltiere | 48 000 |

① Begründen Sie, warum die phylogenetische Entwicklung des Blutgefäßsystems bei Wirbeltieren ein Ausdruck der Höherentwicklung ist!

# Umweltfaktoren und Konstitution der Organismen

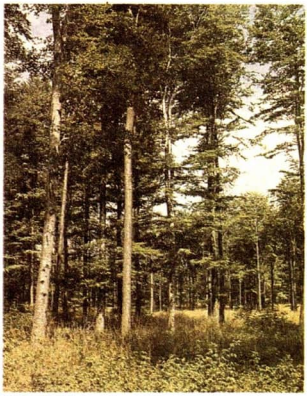




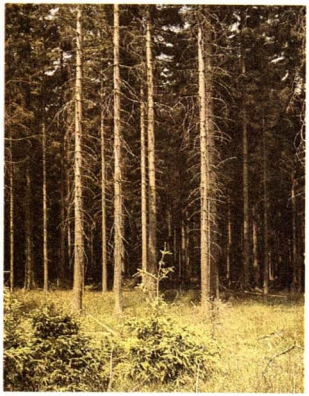
Über 2 Millionen Arten von Lebewesen besiedeln die Erde. Sie sind nicht gleichmäßig auf der Oberfläche unseres Planeten verbreitet, sondern jede Organismenart besiedelt ganz bestimmte Bereiche der Biosphäre, jede besitzt ein typisches Verbreitungsgebiet, ihr Areal. So zeigt die Fichte eine starke Bindung an die Taiga und an die Hochlagen der mitteleuropäischen Bergländer, während die Bananengewächse nur in dem warm-feuchten Gebiet der Tropen wachsen. Der Wildelefant lebt im Gebiet der tropischen Regenwälder und Trockenwälder Afrikas beziehungsweise Indiens, während die Kohlmeise das europäische Laubmischwaldgebiet bevölkert. In Europa tritt östlich der Elbe die Nebelkrähe auf, während sie westlich davon von der Rabenkrähe abgelöst wird. Diese Bindung der Organismenart an bestimmte Gebiete wird auch auf kleinem Raum wirksam.

Auf den Jungmoränenzügen der Ostseesteilufer und im Mecklenburger Seengebiet prägt die Buche das Waldbild; Kiefernwälder besiedeln die sandigen Böden der Brandenburger Landschaften; Eichen, Hainbuchen und Winter-Linden sind bestimmend für die Wälder des thüringischen und sächsischen Hügellandes; im unteren und mittleren Bergland prägen wieder Buchen das Waldbild, während in den Hochlagen des Harzes, Thüringer Waldes und Erzgebirges die Fichte das Landschaftsbild bestimmt.

Das äußere Erscheinungsbild der Wälder wird durch typische Baumarten bestimmt, diese treten jedoch in der Regel nicht in Reinbeständen auf, sondern sind mit zahlreichen Tier-, Pflanzen- und Bakterienarten vergesellschaftet. So wachsen im Erlenwald neben der



Buchenwald



Fichtenwald

Erle unter anderem Faulbaum, Sumpf-Segge, Sumpf-Dotterblume, Gemeiner Gilbweiderich und Wasser-Schwertlilie.

Ringelnatter, Kammolch, Erdkröte, Stechmücke, Köcherfliege und Teichrohrsänger sind durch Nahrungs- und Wohnbeziehungen mehr oder weniger eng mit den Pflanzen des Erlenwaldes zu einer Biozönose verbunden. ①

▶ *Eine Biozönose ist eine Lebensgemeinschaft von Organismen vieler Arten, die ähnliche Ansprüche an den Lebensraum stellen, in vielfältigen Beziehungen miteinander stehen und sich gegenseitig beeinflussen.*

▶ *Der Lebensraum einer Biozönose mit den darin wirkenden Umweltfaktoren ist der Biotop.*

Das differenzierte Auftreten der Tier- und Pflanzenarten in der Biosphäre, auf der Erdoberfläche im Großen, aber auch im Landschaftsmosaik im Kleinen, wird durch die Wechselbeziehungen zwischen Organismen und Umwelt bestimmt.

▶ *Die Umwelt ist die Gesamtheit der auf einen Organismus oder auf eine Organismengruppe einwirkenden abiotischen und biotischen Umweltfaktoren.* ②

① Nennen Sie drei Beispiele für Biozönosen aus Ihrem Heimatkreis! Charakterisieren Sie eine dieser Biozönosen!

② Erfassen Sie in einer von Ihnen gewählten Biozönose möglichst genau die Art und Anzahl der beteiligten Organismen Ordnen Sie nach: Insekten, Wirbeltieren, Sproßpflanzen, andere Gruppen!

③ Stellen Sie die wichtigsten biotischen Faktoren zusammen, die auf die Singvögel in einer Hecke einwirken können!

④ Stellen Sie möglichst umfassend die abiotischen und die biotischen Faktoren zusammen, die auf eine Fichte im Bestand einwirken können!

*Abiotische Umweltfaktoren sind Faktoren, deren Einwirkungen von der nichtlebenden Natur ausgehen!*

Die wichtigsten abiotischen Umweltfaktoren sind Licht, Wasser und Temperatur, die in den Medien Luft, Boden und Wasser wesentliche Existenzbedingungen für die Organismen bilden. Im Verlaufe ihrer Entwicklung haben die Organismen vielfältige physiologisch-morphologische Umbildungen sowie Anpassungen im Verhalten hervorgebracht, die eine optimale Nutzung der Umweltfaktoren ermöglichen.

| Wirkung abiotischer Umweltfaktoren | |
|---|---|
| **Umweltfaktor** | **Bedeutung** |
| Licht | Energiequelle, Stimulans physiologischer Prozesse, Steuerung von Aktivitäten und Entwicklungsprozessen sowie des Orientierungsverhaltens und der Biotopbindung |
| Wasser | Bauelement, Träger physikalisch-chemischer Vorgänge, Medium |
| Temperatur | Beeinflussung aller Lebensvorgänge (■ Enzymtätigkeit, Stoffwechsel, Entwicklung und Fortpflanzung). Schadwirkung bei Überschreiten relativ enger Toleranzbereiche |

Abiotische Umweltfaktoren wirken auf den Organismus jedoch nicht nur als faktorielle statische Größe, sondern auch über den Wechsel in ihrer Intensität und Qualität. Der durch die Erdbewegung bedingte regelmäßige Wechsel in der Intensität der Faktoren (Tag — Nacht, Jahreszeiten) wird zu einem wesentlichen Steuerfaktor, der die räumliche und zeitliche Einpassung der Organismen in die periodisch wechselnden Umweltbedingungen sichert.

*Biotische Umweltfaktoren sind Faktoren, die von Lebewesen bestimmt werden und für die Sicherung der Existenz der Art oder der Biozönose von Bedeutung sind.*

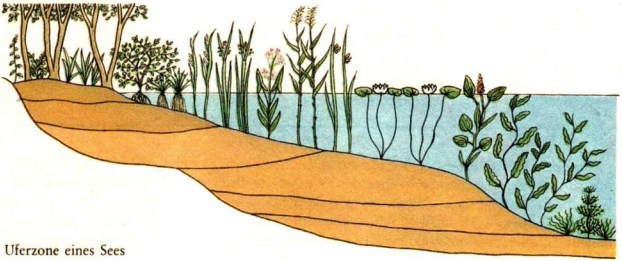
Zu den biotischen Faktoren gehören:

— Beziehungen zwischen Individuen derselben Art (■ Sexualbeziehungen, Brutfürsorge, Sozialstrukturen, Konkurrenz)
— Beziehungen zwischen Individuen verschiedener Arten (■ Symbiose, Parasitismus, Erregung von Krankheiten, Raum- und Nahrungskonkurrenz)
— Beziehungen zwischen Pflanzen und Tieren (■ Bestäubung, Verbreitung, Symbiose, Parasitismus)

Eine besondere Stellung nehmen die trophischen Faktoren, die Ernährungsfaktoren, ein, die sowohl abiotischer als auch biotischer Natur sein können. Im Gegensatz zur vorwiegend autotrophen Ernährungsweise der Pflanzen ernähren sich tierische Organismen heterotroph. Daraus ergeben sich vielfältige Ernährungsformen und Nahrungsbeziehungen (■ Nahrungsansprüche, Erwerb der Nahrung, Wirkung der Nahrung), wodurch die Organismen als wichtige strukturelle und funktionelle Glieder einer Biozönose wirken. ③④

*Die Übergänge zwischen den biotischen und abiotischen Umweltfaktoren sind fließend.*

# Angepaßtheit der Organismen an abiotische Umweltfaktoren



Uferzone eines Sees

Die Ufervegetation eines Sees zeigt in der Regel eine deutliche Zonierung.

■ Die Blüten und Blätter der Teichrose stehen im Zentrum der Zone besonders dicht. Gegen die offene Wasseroberfläche des Sees, aber auch gegen den Schilfgürtel hin und vor allem in dessen äußeren Bereich selbst lockert sich die Schwimmblattbedeckung auf, und Blüten fehlen hier meist vollständig.

■ Das Schilf ist im Zentrum der Röhrichtzone am üppigsten ausgebildet. Gegen die Seerosenzone, aber auch gegen den Erlenwald hin und vor allem in seiner Randzone stehen die Schilfpflanzen meistens lockerer und erreichen nicht die Höhe und Biomasse wie die Exemplare im Zentrum des Gürtels.

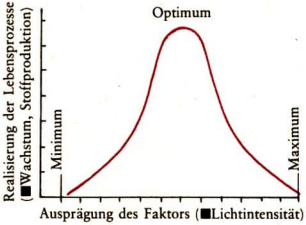
Im Zentrum jeder Zone sind also die Umweltfaktoren am günstigsten für die entsprechende Pflanzenart ausgeprägt.

Jedes Tier, jede Pflanze und jede Bakterienkolonie vermögen ihre Lebensfunktionen innerhalb einer bestimmten Spanne eines Umweltfaktors, dem Toleranzbereich, mehr oder weniger gut aufrechtzuerhalten.

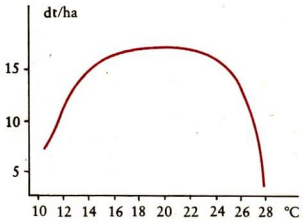
► *Der Toleranzbereich ist die Spanne eines Umweltfaktors, innerhalb der ein Organismus gedeihen kann.*

Im Optimum des Toleranzbereiches entspricht die Wirkung des Umweltfaktors den Bedürfnissen des Organismus besonders gut: in den begrenzenden Bereichen, dem Maximum und dem Minimum ist die Wirkung des Faktors für den Organismus gerade noch zu ertragen; jenseits davon sind die Organismen nicht mehr in der Lage, ihre Lebensfunktionen aufrechtzuerhalten. Die Beziehungen zwischen den Organismen einer Art und den Umweltfaktoren innerhalb des Toleranzbereiches sind nicht einfach linear; ihre Wechselwirkungen (■ Konkurrenz, Schwankung der abiotischen Faktoren) bestimmen wesentlich den Toleranzbereich. Die Existenzfähigkeit eines Organismus unter diesen konkreten Bedingungen ist die ökologische Potenz. ① ②

► *Die ökologische Potenz ist das Vermögen der Organismen, Schwankungen von Umweltfaktoren innerhalb des Toleranzbereiches unter den Bedingungen des konkreten Lebensraumes zu ertragen.*




Schematische Optimumkurve




Ertragskurve von Sommerweizen in Abhängigkeit von der Lufttemperatur

*Angepaßtheit an das Wasser.* Das Wasser besitzt für alle Lebensprozesse, vor allem für den Stoffwechsel der Organismen, als Bestandteil biochemischer Reaktionen, als Lösungs-, Quellungs- und Transportmittel große Bedeutung.

► *Der Wasserfaktor gehört zu den wichtigsten Umweltfaktoren der Organismen.*

Der Wasserfaktor bestimmt im Zusammenwirken mit anderen Umweltfaktoren wesentlich die Leistung, den Bau und die Verbreitung der Lebewesen auf der Erde mit. Er wirkt in den Biotopen der Biosphäre in qualitativer und quantitativer Hinsicht sehr unterschiedlich. ③

■ Der größte Teil der Erdoberfläche ist von Wasser bedeckt und wird von aquatischen Biozönosen eingenommen, deren Biotop das freie Wasser mit den darin wirkenden Umweltfaktoren darstellt. Etwa die Hälfte der Landoberfläche wird von Trockengebieten eingenommen, deren Biotope sich durch Wasserarmut auszeichnen.

Im Verlaufe der Evolution haben sich im Bau, aber auch im Verhalten der Organismen Angepaßtheiten an den Wasserfaktor der Biotope herausgebildet.

① Definieren Sie den Begriff „Toleranzbereich"! Erläutern Sie an einem Beispiel!
② Erläutern Sie die Ertragskurve von Sommerweizen (↑ Abb. Seite 123) als Ausdruck des Toleranzbereichs!
③ Stellen Sie Beziehungen her zwischen dem Umweltfaktor „Wasser" und der Höherentwicklung der Organismen im Bereich der Pflanzen!

Nach der Angepaßtheit im Körperbau der Pflanzen an den Wasserfaktor lassen sich verschiedene ökologische Typen unterscheiden:

- Xerophyten: sie besiedeln trockene Biotope und besitzen morphologische und anatomische Strukturen, die die Wasseraufnahme aus dem Boden begünstigen und die Wasserabgabe reduzieren beziehungsweise regulieren. Eine Reihe von ihnen, die Sukkulenten, besitzen Strukturen, die die Wasserspeicherung ermöglichen.
- Hygrophyten: sie besiedeln feuchte und nasse Biotope und besitzen anatomisch-morphologische Strukturen, die die Wasseraufnahme aus dem Boden nicht besonders begünstigen und die Wasserabgabe erleichtern.
- Hydrophyten: sie sind schwimmende und untergetauchte Wasserpflanzen, deren anatomisch-morphologische Strukturen den im Wasser erschwerten Gasaustausch erleichtern.
- Mesophyten: sie besiedeln frische Biotope und nehmen in ihren anatomisch-morphologischen Anpassungserscheinungen eine Mittelstellung zwischen Xerophyten und Hygrophyten ein. ①②

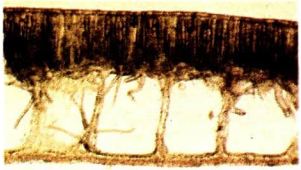
■ **Baumerkmale als Anpassungserscheinungen an den Wasserfaktor**

| Xerophyten | Hygrophyten |
|---|---|
| *Wurzelsystem* stark ausgebildet, oft massiger entwickelt als das Sproßsystem, mit extrem tiefreichender Pfahlwurzel oder sehr weitverzweigten, flach liegenden Wurzeln | *Wurzelsystem* normal bis schwach ausgebildet, meist wesentlich geringer entwickelt als das Sproßsystem |
| *Blattflächen* reduziert, eingerollt, gefaltet, nadel-, schuppen-, borstenförmig oder dornig beziehungsweise walzlich oder kugelig, dickfleischig mit Wasserspeichergewebe | *Blattflächen* groß, häufig durch Flügelung von Sproßachsenteilen ergänzt. Oberfläche häufig durch Papillen vergrößert |
| *Spaltöffnungen* nur auf der Blattunterseite, eingesenkt, durch Haare geschützt *Epidermis* mehrschichtig, teilweise mit Wachs-, Kalk- oder Haarschicht, mit dicker Kutikula | *Spaltöffnungen* zum Teil auch auf der Blattoberseite, freiliegend oder vorgewölbt *Epidermis* einschichtig, mit dünner Kutikula |
| *Festigungsgewebe* stark ausgebildet | *Festigungsgewebe* schwach ausgebildet |

① Ordnen Sie die auf Seite 125 abgebildeten Pflanzen den ökologischen Typen (↑S. 124) zu! Begründen Sie die Zuordnung aus dem Bau!

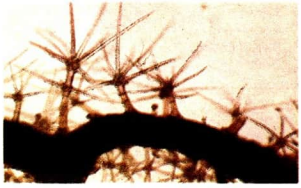
② Kennzeichnen Sie die Standorte der auf Seite 125 abgebildeten Pflanzen!

Seerose



Seerose, Blatt quer

Königskerze

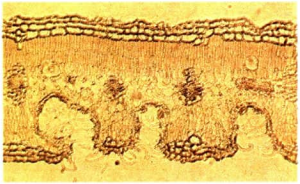


Königskerze, Blatt quer

Heidekraut

Blätter des Heidekrauts

Oleander



Oleander, Blatt quer

Tiere, deren Lebensraum das Wasser bildet, sind durch typische Merkmale ihres Körperbaues (■ Flossen, Ruder, Kiemen, schleimige Oberhaut) und durch physiologische Leistungen (■ Temperaturregulation, Atmung) diesem Milieu angepaßt.

Tiere, die ihren Lebensraum außerhalb des Wassers haben, halten durch besondere Leistungen ihre Wasserbilanz aufrecht. Der Wassergehalt der Tiere steht im allgemeinen in Beziehung zu ihrem Aufenthaltsort und zur Art ihrer Nahrung, aus welcher die Tiere ihren Wasserbedarf decken.

■ **Wassergehalt von Tieren in % zur Körpermasse**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Qualle | 99% | Stockente | 70% |
| Seerose | 88% | Mensch (erwachsen) | 64% |
| Regenwurm | 87% | Hausrind | 52% |
| Wegschnecke | 87% | Kornkäfer | 47% |
| Hecht | 80% | | |

Die Größe des Wasserbedarfs wird unter anderem durch den Wasserverlust bestimmt. Eine ständige Wasserabgabe erfolgt durch Exkretion, Verdunstung und Atmung.

Entsprechend ihrer Biotopbindung kann zwischen Feucht- und Trockenlufttieren unterschieden werden.

▶ *Feuchtlufttiere können nur bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit existieren, ein Verdunstungsschutz ist nur schwach entwickelt oder gar nicht ausgebildet.*

Zu den Feuchtlufttieren gehören viele Bodentiere, manche Insekten, einige Wirbeltiere.

■ Sinkt der Wassergehalt des Bodens unter 30% bis 35%, geht der Bestand an Regenwürmern erheblich zurück.

Unter den Wirbeltieren zählen die Amphibien zu den Feuchtlufttieren. Ihre weiche, feuchte Haut hat keine besonderen Schutzeinrichtungen gegen Austrocknung ausgebildet und ist noch stark an der Atmung beteiligt. Diese Feuchteabhängigkeit führt zu starker Biotopbindung (■ „Land der Amphibien" ist der brasilianische Urwald) beziehungsweise zur Auslösung der Aktivität in Zeiten höherer Luftfeuchte.

▶ *Trockenlufttiere ertragen ein starkes Feuchtigkeitsgefälle zwischen innerem und äußerem Milieu durch besondere Strukturen der Körperoberfläche und regulatorische Vorgänge.*

Wirksame Einrichtungen zum Verdunstungsschutz sind Hautverhornungen (■ bei Reptilien), Chitinpanzer (■ bei Insekten), Gehäusebildungen (■ bei Schnecken). Regulatorische Vorgänge zur Wahrung der Wasserbilanz sind unter anderem verstärkte Wasseraufnahme, Steuerung des Wassergehalts im Harn, Verstellen der Atemöffnungen (Stigmen) bei Insekten. Manche niederen Tiere verfallen in Trockenzeiten in den Zustand der Starre, wobei alle Lebensfunktionen auf ein scheintodähnliches Minimum reduziert werden (■ Amöben, Ziliaten, Rotatorien).

■ Bärtierchen können über 6 Jahre in diesem Zustand verbringen. Die Larven einer afrikanischen Zuckmücke überdauern Trockenzeiten länger als 3 Jahre, ihr Wassergehalt kann unter 1% sinken.

Einige Trockenlufttiere sind unabhängig von der Zufuhr flüssigen Wassers. Sie gewinnen es durch Oxydation von Wasserstoff beim Stoffwechsel (■ Mehlkäfer, Mehlmotte, manche wüstenbewohnende Nagetiere).

*Angepaßtheit an das Licht.* Neben dem Wasser hat das Licht wesentliche Bedeutung für die Lebensprozesse der Organismen.

Der Umweltfaktor Licht wirkt über die Kohlenstoffassimilation der grünen Pflanzen als wichtige Nahrungsquelle auf die Organismen und Ökosysteme, er beeinflußt auch viele andere Lebensprozesse; unter natürlichen Bedingungen ist von der Sonnenstrahlung auch der Wärmefaktor abhängig.

Das natürliche Licht, das die Organismen auf der Erde erhalten, stammt fast ausnahmslos von der Sonne. Seine biologische Wirksamkeit hängt von der Qualität, der Intensität und der Dauer der Einwirkung ab.

Die Qualität des Lichtes wird durch unterschiedliche Absorption der Wellenbereiche in der Lufthülle verändert; die Intensität und die Dauer seiner Einwirkung auf die Organismen unterliegen, durch die Erdumdrehung bedingt, rhythmischen tages- und jahreszeitlichen Schwankungen.

Die Auseinandersetzung der lebenden Natur mit der Energie des Lichtes erfolgt in Form photochemischer Reaktionen, die bei Einzellern schon starke Wirkung durch Veränderungen des Plasmas erzeugen können, vorwiegend jedoch als Auslöser weiterer biochemisch-physiologischer Prozesse über die nervale und hormonale Regulation wirksam werden.

Die Anpassung der Organismen an das Licht kann unter zwei Aspekten betrachtet werden: Einmal aus der Sicht der optimalen Ausnutzung des Lichtes durch anatomische und morphologische Strukturen des Körperbaus, der Wuchsform, der Sinnesorgane sowie der Ausbildung von Schutzeinrichtungen. Zum anderen aber, und das gilt auch für andere Umweltfaktoren, durch Angepaßtheit an die durch die Erdbewegung bedingten rhythmischen Veränderungen der Umweltfaktoren und damit die Gewährleistung einer zeitlich-rhythmischen Ordnung der Lebensprozesse in einer zeitlich-rhythmisch geordneten Umwelt.

► *Die Periodizität als zeitliche Ordnungsstruktur ist ein Grundmerkmal aller materiellen Vorgänge im Weltall wie auch des lebendigen Protoplasmas.*

Ökologisch bedeutsam ist die Tatsache, daß die Organismen im Verlaufe der Evolution umweltunabhängige, endogene Rhythmen ausgebildet haben, die den exogenen Umweltrhythmen annähernd frequenzgleich sind (■ Tagesrhythmik etwa 24 Stunden, Jahresrhythmik etwa 1 Jahr). Sie bilden die Grundlage der Koordination von Ereignissen im Organismus und in seiner Umwelt sowie die Grundlage von Zeitmeßvorgängen. Durch die exogene Rhythmik kann eine endogene Rhythmik synchronisiert werden und die Einordnung der Organismen in die räumlichen und zeitlichen Beziehungsgefüge auf „Ortszeit" gestellt werden, das heißt in den Tages- oder Jahresgang der Umwelt eingepaßt werden.

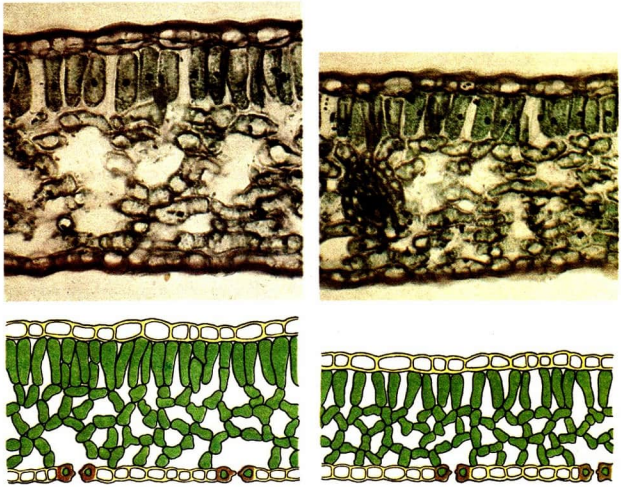
Der wichtigste Zeitgeber der Umwelt, der eine biologische Rhythmik zu synchronisieren vermag, ist der Licht-Dunkel-Wechsel im Verlaufe eines Tages oder Jahres. Auf diese Weise ist es möglich, daß der Organismus nicht wie ein Spielball wechselnden Umweltbedingungen preisgegeben ist. Er besitzt ein Zeitprogramm in seinem Inneren, das dem der Umwelt annähernd gleich ist und ist demzufolge in der Lage, sich auf künftige Wechsel der Umwelt „vorausschauend" einzustellen (■ Entwicklungsabläufe, Fortpflanzung, Geburt und Aufzucht der Jungen in der günstigsten Jahreszeit; ↗ S. 139).

Viele Organismen zeigen im Bau und Verhalten deutliche Anpassungserscheinungen an den Lichtfaktor. So gedeihen Lichtpflanzen (■ Rot-Klee, Kamille, Birke) optimal in vollem Sonnenlicht, während Schattenpflanzen (■ Echtes Springkraut, Wald-Sauerklee) volle Belichtung nicht ertragen.

Die Blätter von Licht- und Schattenpflanzen, aber auch die Licht- und Schattenblätter einer Pflanze lassen sich an ihren morphologisch-anatomischen Strukturen deutlich unterscheiden.

Alle höheren Pflanzen durchlaufen in ihrer Entwicklung eine vegetative Phase, in der Sproßachsen, Wurzeln und Laubblätter ausgebildet werden, und eine generative Phase, in der sich Blüten und Früchte bilden.

*Der Übergang von der vegetativen zur generativen Phase ist bei vielen Pflanzen von der Einwirkung des Lichts abhängig.*



Querschnitt durch ein Licht- und ein Schattenblatt

Das Licht wirkt als Reiz. Der Reiz wird durch die Blätter aufgenommen und löst die Bildung bestimmter Pflanzenhormone, die für die Blütenausbildung notwendig sind, aus. Für die Anregung zur Blütenbildung kommt es nicht so sehr auf die Lichtintensität, sondern auf die Dauer der Belichtung an.

Nach der Dauer der täglichen Belichtungsphase, die notwendig ist, um die Blütenbildung einzuleiten, werden Langtagpflanzen, Kurztagpflanzen und tagneutrale Arten unterschieden. Langtagpflanzen (■ Roggen, Hafer, Gerste, Weizen, Spinat) gehen zur generativen Phase über, wenn der tägliche Lichtreiz mehr als 12 Stunden einwirkt. Kurztagpflanzen (■ Hirse, Reis, Baumwolle, Sojabohne, Hanf, Paprika, bestimmte Tabak- und Kartoffelsorten) dagegen setzen nur Blüten an, wenn die tägliche Belichtung 12 Stunden nicht überschreitet ( Abb. S. 129).

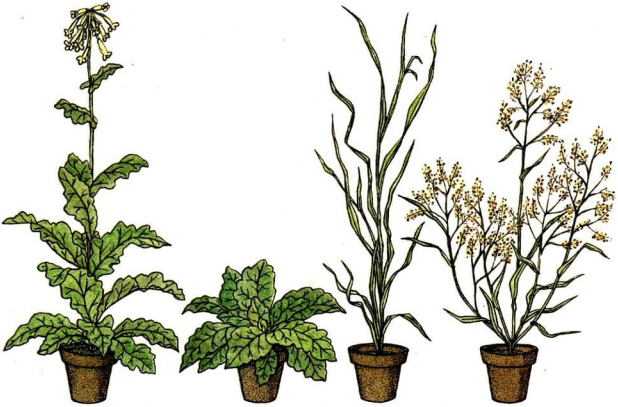
Bei den Tagneutralen (■ Einjähriges Rispengras, Vogel-Sternmiere, Gemeines Hirtentäschel, Gemeines Kreuzkraut, Sonnenblume) läßt sich eine Beziehung zwischen der Dauer der täglichen Belichtung und der Blütenbildung nicht feststellen.

Die Abhängigkeit zwischen Belichtungsdauer und Blütenbildung (Photoperiodismus) ist erblich fixiert.

■ Unter den Bedingungen der gemäßigten Klimazone bestehen zu Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr und gegen Ende der Vegetationsperiode im Herbst Kurztagbedingungen, während im Sommer Langtagbedingungen existieren. In den Subtropen und Tropen mit einer mehr oder weniger gleichen Dauer der Nacht und des Tages herrschen das ganze Jahr über Kurztagbedingungen. Viele Kulturpflanzen aus südlicheren Breiten haben in der Kultur bei uns in Mitteleuropa ihren erblich fixierten Photoperiodismus als Kurztagpflanzen beibehalten.

Die Photoperiodizität besitzt für den Gemüse- und Zierpflanzenanbau große Bedeutung. Durch die Wahl des Aussaattermins bei Berücksichtigung der normalen Dauer der Wachstumszeit bis zur Entwicklung kräftiger Pflanzen kann man entweder reiche Blüten- und Fruchtbildung oder die starke Entwicklung der genutzten vegetativen Organe (■ Blätter, Wurzel oder Sproßknollen) erzielen.

Salat entwickelt als Langtagpflanze im Frühjahr oder Herbst gesät eine große Blattmasse, ohne daß der Sproß schießt und mit dem Blütenansatz beginnt. Im Frühsommer gesäte Pflanzen gehen dagegen unmittelbar nach der Keimung zum Ansetzen von Blüten über, ohne die gewünschte Blattmasse zu bilden. ①



Beziehung zwischen der Belichtungszeit und der Blütenbildung bei Langtagpflanzen (links, Tabak) und Kurztagpflanzen (rechts, Hirse). Jeweils die linke Pflanze im Langtag, die rechte im Kurztag gezogen

① Begründen Sie, warum Radieschen im Frühjahr und Spätsommer angebaut werden!

Kopfsalat, jeweils 4 Wochen nach der Aussaat (Aussaat im Frühjahr, Sommer, Herbst)

Um bei Langtagsorten unter den Gemüsearten auch im Hochsommer unter den klimatischen Verhältnissen Mitteleuropas reichlich Blatt- und Stengelteile (■ bei Spinat) ernten zu können, muß die Blütenbildung verhindert werden, indem die Kulturen abends und morgens abgedeckt werden, so daß sie unter künstlich geschaffenen Kurztagbedingungen leben.

Werden Langtag-Gemüsepflanzen der gemäßigten Zone in den Tropen angebaut, so durchlaufen sie eine üppige vegetative Entwicklung, ohne Blüten anzusetzen und Früchte oder Samen zu tragen. Das entsprechende Saatgut muß deshalb ständig neu eingeführt werden.

In Gewächshauskulturen ist es möglich, mit vertretbarem Aufwand Kurztagbedingungen durch Abdeckung und Langtagbedingungen durch Zusatzbelichtung zu erzeugen. So lassen sich bei entsprechender Aussaat, Behandlung und Pflege das ganze Jahr über beispielsweise schnittreife Blumen der Chrysanthemen ziehen.

Außerdem ist es gelungen, eine Reihe von Zierpflanzen mit verändertem Photoperiodismus zu züchten, so daß es zum Beispiel von Herbstblumen auch frühblühende Sorten gibt. ①

In allen terrestrischen Ökosystemen gibt es licht- und dunkelaktive Tiere mit arttypischer rhythmischer Aktivität. Sie sind unter anderem von der Lichtintensität und der Dauer der Belichtung abhängig. Das führt im Verlaufe eines Tages zu verschiedenen räumlich-zeitlichen Verknüpfungsgefügen zwischen Artengruppen (■ das zeitliche Zusammentreffen von Räuber und Beutetier, Übereinstimmung zwischen der Aktivität blütenbesuchender Insekten und den Öffnungszeiten der Blüten, ↑ Abb. 131). ②

■ Die jungen Larven von *Wucheria bankrofti* (Erreger der Elefantiasis) halten sich nur nachts in den Hautkapillaren des Menschen auf. In dieser Zeit sticht der Überträger, die Mücke *Culex fatigans*. Beim Stich können die jungen Larven von der Mücke aufgenommen beziehungsweise entwickelte Stadien aus der Mücke auf Menschen übertragen werden.

■ In marinen Ökosystemen sammeln sich Planktonorganismen während der Lichtphase in tieferen Wasserschichten und erscheinen nur in der Dämmerung an der Oberfläche. Planktonfressende Organismen folgen dieser Tageswanderung.

Die periodisch wechselnde Tageslichtlänge im Verlaufe eines Jahres (Photoperiodizität) wirkt als Steuerfaktor für viele Fortpflanzungs- und Entwicklungsvorgänge der Tiere, vor allem über eine Beeinflussung der Aktivität der Hormondrüsen (■ Wachsen oder Rückbildung der Keimdrüsen, Wechsel von Winter- und Sommerkleid, Winterschlaf, Vogelzug). Diese Prozesse werden über die Photoperiodik gesteuert und gewährleisten eine zeitliche Einpassung des Organismus in günstige Umweltbedingungen.

■ Die Synchronisationsfähigkeit von hormonellen Rhythmen über bestimmte Photoperioden kann in der Tierhaltung zur Brunftsynchronisation oder zur Stimulation kontinuierlicher Eiproduktion bei Legehennen wirtschaftlich genutzt werden.

Fast alle Hormondrüsen werden in ihrer Aktivität von der Photoperiode beeinflußt, vor allem auch diejenigen, die das Fortpflanzungsgeschehen steuern. Für eine kontinuierliche Tierproduktion ist es notwendig, das Fortpflanzungsgeschehen gezielt zu beeinflussen. Das kann durch entsprechende Hormongaben erreicht werden, aber auch durch veränderte Belichtungszeiten, die ähnlich dem natürlichen Jahresgang des Lichtes Brunft und Fortpflanzung auslösen und damit große Tiergruppen gleichzeitig zur Nachwuchsproduktion anregen. In der industriemäßigen Tierproduktion bei Rindern, Schweinen, Hühnern, in der Pelztierproduktion oder der Intensivhaltung von Nutzfischen führt dies unter anderem zu einer erheblichen Produktionssteigerung.

Zaun-Winde ▼

Nachtfalter

Fledermaus ▼

*Angepaßtheit an die Bodenreaktion.* Die Bodenreaktion ist ein wesentlicher chemischer Umweltfaktor, der unmittelbar und mittelbar auf das Leben der Organismen einwirkt. Sie ist das Ergebnis des Zusammenspiels vieler chemischer, physikalischer und biologischer Prozesse im Boden. Basenreiche, kalkhaltige Gesteine verwittern meist leicht und bilden tiefgründige neutrale bis basische Böden mit relativ großem Porenvolumen, guter Durchlüftung und Wasserführung, ausgeprägter Krümelstruktur und regem Tier- und Bakterienleben.

Die Bodenreaktion kann basisch, neutral oder sauer sein, sie ist abhängig vom Verhältnis der Wasserstoff-Ionen- und Kalzium-Ionen-Konzentration im Bodenwasser. Die Wasserstoff-Ionen-Konzentration wird ausgedrückt als *p*H-Wert.

Die Bodenreaktion beeinflußt das Vorkommen vieler Pflanzen. Es gibt Arten mit deutlicher Bindung an saure Böden mit niedrigem *p*H-Wert, sie sind azidophile Pflanzen, während andere Pflanzenarten schwach saure und neutrale bis basische Böden mit hö-

(1) Sind Herbstblumen (■ Astern, Dahlien) Langtag- oder Kurztagpflanzen? Begründen Sie Ihre Meinung!

(2) Erläutern Sie anhand der Abbildungen auf Seite 131 die Verknüpfung von Arten einer Biozönose aufgrund des Lichtfaktors! Nennen Sie weitere Beispiele!

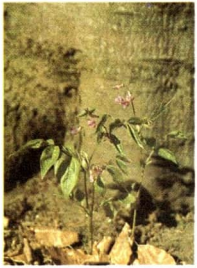
heren *p*H-Werten besiedeln, sie sind basophile Pflanzen. Daneben gibt es Pflanzenarten, die sich indifferent gegenüber der Bodenreaktion verhalten und einen großen Toleranzbereich gegenüber dem *p*H-Wert aufweisen.

**Bodenreaktion**

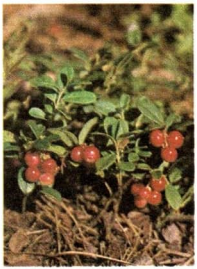
| saure Reaktion | *p*H-Wert | basische Reaktion | *p*H-Wert |
|---|---|---|---|
| schwach sauer | 6,9 bis 6,0 | schwach basisch | 7,1 bis 8,0 |
| sauer | 5,9 bis 5,0 | basisch | 8,1 bis 9,0 |
| stark sauer | <4,5 | stark basisch | >9,0 |
| | neutral *p*H = 7 | | |

**Reaktionsgruppen der Pflanzen gegenüber der Bodenreaktion**

| Reaktionsgruppe/ *p*H-Wert | Waldpflanzen | Wiesenpflanzen | Ackerunkräuter |
|---|---|---|---|
| 1/4,5 | Borstgras<br>Heidelbeere<br>Preiselbeere<br>Heidekraut | Schlängel-Schmiele<br>Harz-Labkraut<br>Borstengras<br>Hasen-Klee | Kleiner Ampfer<br>Einjähriger Knäuel<br>Acker-Spark<br>Hasen-Klee |
| 2/5 bis 5,9 | Schlängel-Schmiele<br>Weiches Honiggras<br>Wald-Ehrenpreis<br>Adlerfarn | Rotes Straußgras<br>Grasnelke<br>Sand-Strohblume<br>Flatter-Binse<br>Hunds-Veilchen | Acker-Sinau<br>Niederliegendes Hartheu<br>Hederich<br>Quendelblättriger Ehrenpreis |
| 3/6 bis 6,9 | Goldnessel<br>Echtes Lungenkraut<br>Frühlings-Platterbse<br>Scharbockskraut | Wiesen-Glockenblume<br>Sumpf-Kratzdistel<br>Weicher Pippau<br>Kammgras | Gemeiner Windhalm<br>Purpurrote Taubnessel<br>Echte Kamille<br>Geruchlose Kamille |
| 4/ um 7 | Großes Springkraut<br>Sterndolde<br>Gemeiner Ziest<br>Ausdauerndes Bingelkraut | Odermennig<br>Wundklee<br>Kohl-Kratzdistel<br>Wiesen-Pippau | Flughafer<br>Sonnenwend-Wolfsmilch<br>Echter Erdrauch<br>Klatsch-Mohn |
| 5/7,1 bis 8 | Leberblümchen ▼<br>Gelbes Windröschen<br>Hohler Lerchensporn<br>Gefingerter Lerchensporn | Aufrechte Trespe<br>Geknäulte Glockenblume<br>Wiesen-Schlüsselblume<br>Kleiner Wiesenknopf | Rundblättriges Hasenohr<br>Feld-Rittersporn<br>Gemeine Sichelmöhre<br>Erdnuß-Platterbse |
| 0/ indifferent | Wald-Schachtelhalm<br>Zaun-Wicke | Gemeiner Frauenmantel<br>Deutsches Weidelgras<br>Spitz-Wegerich | Korn-Rade<br>Roggen-Trespe<br>Hirtentäschel |



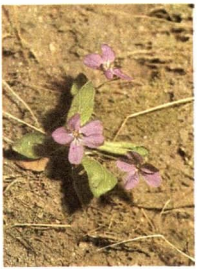
Frühlings-Platterbse



Preiselbeere

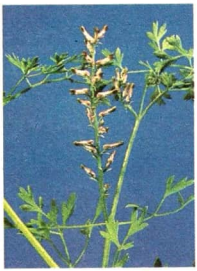
Gelbes Windröschen

Scharbockskraut

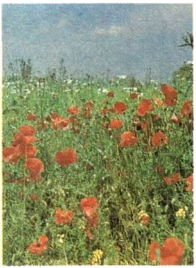


Hundsveilchen

Goldnessel



Echter Erdrauch



Klatsch-Mohn

Leberblümchen ▼

Nach der ökologischen Potenz gegenüber der Bodenreaktion lassen sich die Pflanzen in Reaktionsgruppen einteilen:

► *Pflanzenarten mit enger ökologischer Potenz werden in der Forst- und Grünlandwirtschaft sowie im Ackerbau als Zeigerarten benutzt, um die Bodenreaktion eines Standortes auch ohne aufwendige Laboruntersuchungen zu ermitteln.*

Bei der Beurteilung eines Standortes nach Zeigerpflanzen ist zu beachten, daß jede einzelne Zeigerpflanze nur die Bodenreaktion ihres Wurzelraumes widerspiegelt. Auf tiefgründigem, an der Oberfläche stark versauertem Kalkverwitterungsboden können deshalb flachwurzelnde „Säurezeiger" und tiefwurzelnde „Kalkzeiger" unmittelbar nebeneinander wachsen.

Zeigerarten gibt es nicht nur für die Bodenreaktion, sondern auch für andere wesentliche Umweltfaktoren (■ Wasserfaktor, Lichtfaktor, Wärmefaktor, Stickstoffaktor).

Das Erkennen des entsprechenden Umweltfaktors am Standort mit Hilfe von Zeigerarten wird besonders eindeutig, wenn nicht nur einzelne Zeigerarten, sondern möglichst viele Pflanzen des Standortes mit enger ökologischer Potenz berücksichtigt werden.

Eine Standortbeurteilung mit Hilfe der Vegetation sollte deshalb möglichst anhand des gesamten Artenbestandes vorgenommen werden (↑ S. 147).

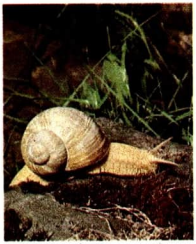
Auch Kulturpflanzen stellen ganz bestimmte Ansprüche an die Bodenreaktion. Das Erkennen und Ausnutzen ihrer ökologischen Potenz — vor allem der optimalen Bereiche — gegenüber der Bodenreaktion erlangen in der Pflanzenproduktion zunehmend an Bedeutung. Ausgehend von ihrem jeweils spezifischen ökologischen Optimum werden die einzelnen Kulturpflanzen in Pflanzenproduktionssystemen zusammengestellt, in denen Arten mit etwa gleichen Umweltansprüchen (■ Bevorzugung von leichten, sauren, nährstoffarmen Böden oder von lehmigen, schwach sauren bis basischen Bodenformen) zusammengefaßt sind. Dadurch lassen sich die Ansprüche der Kulturpflanzen an die Bodenreaktion optimal befriedigen, was zu einer deutlichen Ertragssteigerung auf den Produktionsflächen führt.

Tiere zeigen, anders als viele Pflanzen, im allgemeinen keine unmittelbare Abhängigkeit von der Bodenreaktion. Die häufig zu beobachtende Übereinstimmung von Tierverbreitung und Bodenreaktion des Biotops beruht nicht auf dem Vorzugsverhalten der Tiere gegenüber den jeweiligen *p*H-Verhältnissen des Bodens, sondern auf dem Gesamtkomplex der damit verbundenen Standortbedingungen einschließlich der Pflanzendecke.

■ In älteren Bestimmungsbüchern wird häufig die Bindung an Kalkstandorte bei bestimmten Tierarten angegeben. Experimente haben neuerdings jedoch gezeigt, daß nicht die chemischen Eigenschaften des Kalkes, sondern seine physikalischen Eigenschaften

**Optimale Reaktionsbereiche (*p*H-Wert) landwirtschaftlicher Nutzpflanzen**

| Pflanze | *p*H-Bereich | Pflanze | *p*H-Bereich |
|---|---|---|---|
| Roggen | 5,0 bis 7,0 | Zuckerrübe | 6,0 bis 7,5 |
| Weizen | 6,5 bis 7,5 | Kartoffel | 5,0 bis 6,5 |
| Gerste | 6,0 bis 7,5 | Erbse | 6,0 bis 7,0 |
| Hafer | 5,0 bis 7,0 | Rot-Klee | 6,0 bis 7,5 |
| Raps | 6,0 bis 6,5 | Luzerne | 6,5 bis 8,0 |



Weinbergschnecke ▼

Unterschiedlich dick ausgebildete Schneckengehäuse

(■ leichte Erwärmbarkeit, Wärmespeicherungsvermögen) die Biotopbindung verursachen und diese Tierarten auch überall dort gedeihen, wo diese bestimmten physikalisch-thermischen Bedingungen ohne Gegenwart von Kalk gegeben sind.
Der Kalkgehalt des Bodens kann Einfluß auf morphologische Strukturen haben.

■ Viele Schnecken (■ Weinbergschnecken, Buschschnecken) zeigen eine deutliche Beziehung zwischen Kalkgehalt des Bodens und Wandstärke des Gehäuses. Hoher Kalkgehalt äußert sich in der Regel in starker Schalenausbildung, während bei Kalkmangel kleine, dünne, oft sogar pergamentartige Gehäuse gebildet werden (■ Buschschnecke).

Bekannt ist auch die positive Korrelation zwischen dem Kalkgehalt des Bodens und der Geweihentwicklung bei Rehböcken, die häufig auf nährstoffreichen kalkhaltigen Böden stärkere Geweihe zeigen als auf nährstoffreichen kalkarmen Standorten. Die Beeinflussung erfolgt vermutlich über die mit den Futterpflanzen aufgenommenen Kalkmengen.

Eine unmittelbare Bindung an den *p*H-Wert des Milieus zeigen alle Wassertiere und auch einige in luft- oder bodenfeuchten Gebieten (■ Uferzonen, Sümpfe, Moore) lebende Arten.

▶ Lebewesen kommen in der Regel in Biozönosen vergesellschaftet vor und besiedeln jeweils bestimmte Biotope. Zu den auf die Organismen einwirkenden abiotischen Umweltfaktoren gehören unter anderen Wasser, Licht, Bodenreaktion.

Im Verlaufe der Evolution haben sich bei den Lebewesen Angepaßtheiten an die Wirkungen der Umweltfaktoren herausgebildet, die sowohl anatomisch-morphologische (■ Verdickung der Oberhaut) als auch physiologische (■ Aktivitäts- und Fortpflanzungsrhythmik) Veränderungen bewirken.

Die Berücksichtigung dieser Angepaßtheiten spielt auch produktionsbiologisch eine große Rolle.

# Angepaßtheit der Organismen an biotische Umweltfaktoren

Fraßschäden an Kohlblättern durch Kohlweißlingsraupen

Bestäubung durch Insekten

In der natürlichen Umwelt tritt jeder Organismus im Verlaufe seines individuellen Lebens in direkte oder indirekte Beziehungen zu anderen Organismen. Diese Beziehungen wirken als biotische Faktoren in vielfältiger Weise auf die Organismen ein (↑ S. 121). Sie lassen sich auf folgende Grundformen zurückführen:

— Pflanze — Pflanze — Beziehungen
(■ Konkurrenz, Symbiose, Parasitismus)
— Pflanze — Tier — Beziehungen
(■ Bestäubung, Samenverbreitung, Symbiose, Parasitismus, Nahrungsbeziehungen)
— Tier — Tier — Beziehungen
(■ Konkurrenz, Sexualität, Sozialverhalten, Symbiose, Parasitismus)

▶ *Die biotischen Umweltfaktoren wirken entweder fördernd oder hemmend auf die Leistungen der Organismen ein.* ①

| Einfluß biotischer Faktoren | |
|---|---|
| Fördernde biotische Faktoren | Hemmende biotische Faktoren |
| Stoffaustausch<br>Arbeitsteilung<br>Keimzellenübertragung<br>Samenverbreitung<br>Nahrungsangebot<br>Sozialbeziehungen | Raumkonkurrenz<br>Nahrungskonkurrenz<br>Stoffentzug<br>Giftstoffe<br>Fraßschädigung<br>Vernichtung |

① Erläutern Sie an Beispielen die Wirkung einiger der in der Tabelle aufgeführten biotischen Umweltfaktoren!

② Schildern Sie am Beispiel eines Mischwaldes die Wechselwirkungen von abiotischen und biotischen Faktoren!

Zwischen dem Komplex der biotischen Faktoren und dem der abiotischen Faktoren gibt es fließende Übergänge. ②

*Konkurrenz.* Die Konkurrenz, der Wettbewerb der Organismen untereinander, ist ein sehr wesentlicher biotischer Umweltfaktor. Fast überall in der Natur, wo mehrere Individuen der gleichen Art oder auch verschiedener Arten auf engem Raum vorkommen, ohne ein direktes Abhängigkeitsverhältnis (■ Parasitismus, Symbiose) einzugehen, treten sie um Raum, Licht, Wasser, Wärme, Nährstoffe miteinander in Konkurrenz. Der Konkurrenzstärkere unterdrückt dabei den Konkurrenzschwächeren.

► *Innerartliche Konkurrenz ist der Wettbewerb zwischen Individuen der gleichen Art. Sie fördert die kräftigsten Individuen einer Population und hat in vielen Fällen große ökologische und wirtschaftliche Bedeutung.*

■ Konkurrenzschwache Fichten oder Kiefern sterben infolge Konkurrenz — vor allem um das Licht — in der Schonung oder im Stangenholzstadium ab.

Wachsen Kiefern als Einzelbäume — ohne Konkurrenz — bilden sie in der Regel frühzeitig stark verzweigte Kronen; im Hochwald entwickeln sie durch den Wettbewerb um Licht lange, astfreie Stämme mit beträchtlichem wirtschaftlichen Wert als Nutzholz.

Bei Tieren sind die wichtigsten Formen der innerartlichen Konkurrenz Nahrungskonkurrenz und Raumkonkurrenz.

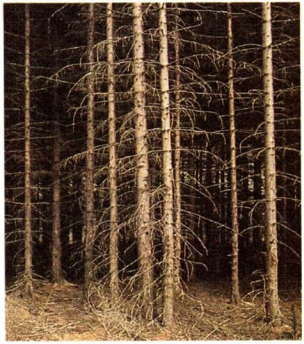
■ Nahrungskonkurrenz ist bei vielen Schadinsekten der wichtigste Regelmechanismus, sie wirkt oft hemmend bei Massenvermehrungen. Nahrungsmangel führt bei Insekten häufig zur Ausbildung von Hungerformen, deren Weibchen wenig oder keine Eier legen.

■ Raumkonkurrenz äußert sich in Reviermarkierungen und -verteidigung und stellt eine wichtige Voraussetzung für die Gesunderhaltung von Populationen dar.

► *Zwischenartliche Konkurrenz ist der Wettbewerb zwischen Individuen verschiedener Arten.*

Die konkurrenzstarke Art unterdrückt die konkurrenzschwächere, indem sie deren Lebensprozesse, Wachstum und Stoffproduktion behindert, im extremen Fall stirbt die konkurrenzschwache Art dadurch ab.

Einzeln wachsende Fichte



Fichten im Bestand

Unkrautfreies Gerstenfeld

Verunkrautetes Gerstenfeld

Die Konkurrenzkraft einer Art hat sich im Verlaufe der Evolution herausgebildet und erblich fixiert. Die Konkurrenzkraft bildet eine sehr komplizierte Erscheinung und ist abhängig vom morphologischen und physiologischen Charakter einer Art (■ Lebensdauer, Keimungs- und Wachstumsgeschwindigkeit, Höhe im ausgewachsenen Stadium, Ausbildung des Wurzelsystems, Vermehrungsrate, Regenerationsfähigkeit) und von der spezifischen komplexen Wirkung der Umweltfaktoren eines bestimmten Biotops.

▶ *Die Konkurrenzkraft einer Pflanzenart ist ihr Vermögen, sich in einem bestimmten Biotop gegenüber anderen Pflanzen zu behaupten. Sie ist im allgemeinen in den Biotopen am höchsten, in denen die Art optimale abiotische Umweltbedingungen vorfindet.*

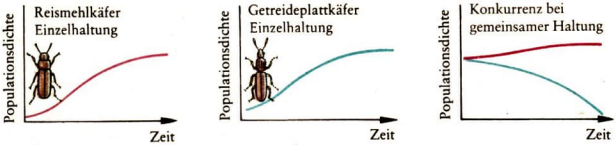
Wirtschaftlich bedeutsam ist die zwischenartliche Konkurrenz zwischen Kulturpflanzen und Unkräutern beziehungsweise Wildpflanzen in land- und forstwirtschaftlichen Kulturen.

Durch Berücksichtigung der Optimumwerte im ökologischen Toleranzbereich der Kulturpflanzen bei Anbau und Pflege sowie durch Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung kann die zwischenartliche Konkurrenz auf Kulturflächen zu Gunsten der Nutzpflanzen beeinflußt werden. ①

Zwischenartliche Konkurrenz ist bei Tieren weitgehend auf jene Arten beschränkt, die eine sehr starke Biotopbindung oder eine unmittelbare Begrenzung in ihrem Lebensraum aufweisen und somit keine Ausweichmöglichkeit besitzen (■ festsitzende Meerestiere, staatenbildende Insekten, Parasiten).

① Nennen Sie Maßnahmen, durch die der Mensch die Konkurrenzkraft der Kulturpflanzen fördert! Berücksichtigen Sie Anbau, Pflege und Züchtung!

② Erläutern Sie möglichst vollständig die ökologische Bedeutung des richtigen Öffnungsdurchmessers in Nistkästen für Meisen für die Zusammensetzung der Biozönose in der Umgebung der Nistkästen!




Populationsentwicklung bei zwei Vorratsschädlingen in innerartlicher und zwischenartlicher Konkurrenz

Konkurrenz um den Nahrungsraum tritt bei vielen pflanzenfressenden Insekten auf und ist bei Vorratsschädlingen von wirtschaftlicher Bedeutung.

Raumkonkurrenz um Brutstätten tritt bei allen höhlen- und halbhöhlenbrütenden Vögeln auf (■ Star, Sperling, Meise). ②

*Sexual- und Sozialbeziehungen.* Besonders bei Tieren wirken vielfältige direkte Beziehungen im Zusammenleben als biotische Faktoren auf die Entwicklung der Individuen oder Populationen ein.

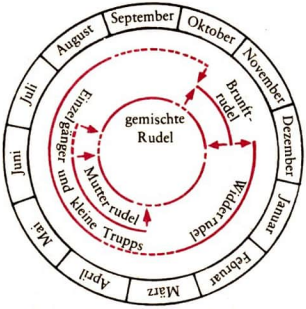
Auf der Suche oder langdauernden Wanderungen nach Nahrung und Wasser schließen sich viele Huftiere zu Herden zusammen.

Bei einer Reihe von Tierarten bleiben nach der Paarung die Geschlechtspartner zusammen, leben in Saisonehe (■ Störche) oder in Dauerehe (■ Graugans, Tauben) und bilden mit ihren Nachkommen Elternfamilien. Aus den Beziehungen der Elterntiere zu ihren Nachkommen ergeben sich verschiedene Formen der Brutfürsorge und Brutpflege.

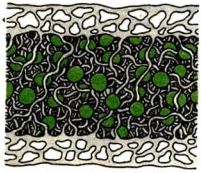
Viele Tierarten schließen sich zeitweilig zu Überwinterungsgesellschaften zusammen (■ Marienkäfer, Fledermäuse) oder bilden Schlafgemeinschaften (■ Saatkrähe, Zaunkönig).

In Herden von Wirbeltieren kommt es im Jahresverlauf häufig zu sich ändernden Sozialstrukturen.

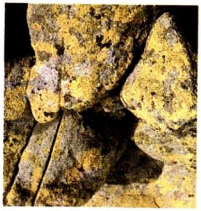
Bildung einer Elternfamilie bei Hausgänsen




Sozialstruktur von Wildschafen im Jahreszyklus



Querschnitt durch eine Flechte



Krustenflechte

Strauchflechte

Das Sozialverhalten von Tieren ist eine biologische Grundvoraussetzung für die Domestikation von Wirbeltieren und die moderne industrielle Tierproduktion. Nur Herdentiere sind in der Lage, auf engem Raum unter ständigem Kontakt mit Artgenossen optimale physiologische Leistungen (■ Massezunahme bei Schweinen, Milchproduktion bei Rindern, Eierproduktion bei Hühnern) zu erbringen, vorausgesetzt, die Umweltfaktoren und das Nahrungsangebot liegen im Optimalbereich.

■ Bei der Entwicklung und Errichtung von industriemäßigen Anlagen der Tierproduktion in der Landwirtschaft müssen neben den ökonomischen Kennziffern auch die ökologischen Ansprüche der einzelnen Haustierarten mit ihren spezifischen verhaltensbiologischen Reaktionen Berücksichtigung finden, wenn langfristig hohe Leistungen gesichert werden sollen.

*Stoffaustausch durch Symbionten.* Die Vergesellschaftung von Organismen kann unter Umständen so eng sein, daß die beteiligten Individuen oder Arten voneinander abhängig sind und sich durch Stoffaustausch gegenseitig fördern; sie bilden eine Symbiose.

▶ *Symbiose ist das Zusammenleben von Individuen zweier Arten zu beiderseitigem Nutzen. Symbionten sind die an der Symbiose beteiligten Organismen.*

Symbiosen können zwischen Organismen verschiedenartiger Gruppen gebildet werden.

■ — Bakterien — Säugetiere (■ Bakterien im Pansen von Wiederkäuern)
— Bakterien — Fische (■ Leuchtbakterien in Leuchtorganen)
— Pilze — Insekten (■ Hefepilze beim Brotkäfer)
— Algen — Hohltiere (■ Grünalgen im Süßwasserpolyp)
— Hohltiere — Krebstiere (■ Seeanemone auf Einsiedlerkrebs)
— Bakterien — Samenpflanzen (■ Knöllchenbakterien an Schmetterlingsblütengewächsen)
— Pilze — Samenpflanzen (■ Ständerpilze an Laub- und Nadelbäumen)
— Pilze — Algen (■ Flechtenpilze und Grünalgen bzw. Blaualgen als Flechte)

Eine besonders enge Symbiose gehen bestimmte Algen- und Pilzarten miteinander ein. Durch ihre Vergesellschaftung entstehen die Flechten als Organisationsformen mit eigenen morphologischen, physiologischen und ökologischen Merkmalen.

Im Flechtenthallus bildet der Pilz das Gerüst und gibt damit der Flechte die Form (■ Krustenflechte, Laubflechte, Strauchflechte); er liefert den Algen durch seine Atmung Kohlendioxid zur Photosynthese und nimmt Wasser und Mineralstoffe auf, während die Alge Kohlenhydrate für den Stoff- und Energiewechsel der Flechte produziert. Im Stoffwechsel der Flechten werden bestimmte Stoffe ausgeschieden — sogenannte Flechtenstoffe — die nur selten von einem der beiden Partner in Reinkulturen gebildet werden. Dazu gehören beispielsweise der industriell genutzte Lackmusfarbstoff sowie Säuren, die Gesteine an-

greifen und aus ihnen Mineralstoffe für den Stoffwechsel von Pflanzen herauslösen können. Auf diese Weise fördern Flechten auch die biologische Verwitterung nackter Gesteine.

Die in der Symbiose gebildeten Eigenschaften ermöglichen den Flechten ein Leben unter extremen Bedingungen(■ Kältewüsten der Hochgebirge, der Arktis und Antarktis, nackte Felsen).

Bestimmte Flechtenarten (■ Rentierflechten) bilden die Hauptnahrung der Rentiere und damit die Futtergrundlage der Tierproduktion in der Tundra.

Der Stoffaustausch in Symbiosen hat nicht nur ökologische Bedeutung für die Symbionten durch die Verbesserung der beiderseitigen Existenzbedingungen, sondern er hat, sofern einer der Symbiosepartner zu den Nutzpflanzen gehört, auch große wirtschaftliche Bedeutung.

In Symbiosen zwischen Knöllchenbakterien und Schmetterlingsblütengewächsen binden die stickstoffautotrophen Knöllchenbakterien Luftstickstoff, der so dem kohlenstoffautotrophen Symbiose-Partner zur Verfügung steht, während dieser den kohlenstoffheterotrophen Knöllchenbakterien Kohlenhydrate liefert.

Durch diese Symbiose können viele Schmetterlingsblütengewächse selbst extrem nährstoffarme, nitratfreie Böden besiedeln.

■ Schmetterlingsblütengewächse, als Kulturpflanzen angebaut, reichern den Ackerboden jährlich mit 100 kg bis 400 kg Stickstoff je Hektar an.

■ Der Anbau von Stauden-Lupinen unter Kiefern führte im Verlauf von 25 Jahren zu einer Anreicherung von 800 kg bis 900 kg Stickstoff je Hektar.

Ähnliche Symbiosen mit Spaltpflanzen sind unter anderen bei Schwarz-Erle, Sanddorn und Robinie bekannt, die daher ausgezeichnet als Pioniergehölze auf Ödland mit nährstoffarmen Sandböden und bei Kippenaufforstungen des Braunkohlentagebaus geeignet sind.

Sehr verbreitet ist der Stoffaustausch durch Symbionten im Verdauungstrakt von Tieren mit spezieller Ernährungsweise. Viele holzfressende Insekten (■ Hausbockkäfer, Termiten), Nagetiere, Rinderartige und Vögel enthalten zellulosespaltende Bakterien und Einzeller (↑ Abb. S. 73) in ihren Verdauungsorganen.

Über diese Symbionten werden große Mengen von sonst nicht aufschließbarer Zellulose für die Pflanzenfresser in verdauliche Form gebracht. Durch die Zellulosespaltung der Bakterien können große Futterreserven für die Rinderhaltung zusätzlich erschlossen werden.

Aufforstung mit Robinien und anderen Laubholzarten

Lupinen als Stickstoffsammler auf Kahlflächen vor der Aufforstung

■ Stroh, das bis vor kurzem für Futterzwecke nicht nutzbar war, kann nach technischem Grobaufschluß durch Kalilauge und mechanischer Zerkleinerung anschließend für die Herstellung von Pellets genutzt werden; die Erschließung dieser Futtermittel basiert auf der Leistung zellulosespaltender Bakterien.

*Stoffentzug durch Parasiten.* Beziehungen von Organismen unterschiedlicher Arten können sich auch als Parasitismus äußern.

▶ *Parasitismus ist die enge Verbindung von Organismen zweier verschiedener Arten zum einseitigen Vorteil eines Partners (Parasit) zum Schaden des anderen (Wirt). Der Parasit entzieht dem Wirt Stoffe.*

Der Stoffentzug durch den Parasiten wirkt als biotischer Faktor mehr oder weniger stark auf den Wirt, er kann durch bestimmte Stoffwechselumstellungen unter Umständen weitgehend ausgeglichen werden. Es gibt alle Übergänge zwischen Parasitismus und Symbiose wie auch zwischen Parasitismus und dem Räuber-Beute-Verhältnis, bei dem das Beutetier im Gegensatz zum Wirt beim Parasitismus in allen Fällen getötet wird.

Es gibt in der Natur eine große Anzahl pflanzlicher und tierischer Parasiten, die in Bau und Lebensweise an den Parasitismus angepaßt sind.

| Angepaßtheiten an parasitische Lebensweise | |
|---|---|
| **bei Pflanzen** | **bei Tieren** |
| —geringe oder fehlende Ausbildung von Chlorophyll<br>—Heterotrophe Ernährung<br>—Reduktion von Blättern und Wurzelsystem<br>—Ausbildung von Saugorganen (Haustorien)<br>—Gewaltige Sporen- oder Samenproduktion | —Verlust oder starke Reduktion von Bewegungsorganen, Sinnesorganen und Verdauungsorganen<br>—Hohe Anzahl von Nachkommen beziehungsweise von Eiern<br>—Keine Brutpflege |

Parasitismus kann großen wirtschaftlichen Schaden anrichten, wenn der Wirt zu den Nutztieren oder Kulturpflanzen gehört; auch der Mensch kann von Parasiten befallen werden, das führt häufig zu Krankheiten und gesundheitlichen Schäden.

*Pflanzliche Parasiten.* Rost- und Brandpilze sind pflanzliche Parasiten. Über tausend Rostpilzarten leben in den Interzellularen der Blätter höherer Pflanzen, senden Myzelfäden in die Pflanzenzellen und durchwuchern das Pflanzengewebe.

Schwarzrost und Gelbrost befallen vor allem Getreide; andere Rostpilzarten schädigen Spargel, Möhren, Zwiebeln, Stachelbeeren, Erbsen, Bohnen, Rüben und Forstbäume und richten beträchtlichen wirtschaftlichen Schaden an.

■ Getreiderost beeinträchtigt die Ernte bei für ihn günstigen Entwicklungsbedingungen (in Rostjahren) um 10 % bis 15 %.

Die Bekämpfung der Rostpilze ist sehr schwierig. Wirkungsvolle chemische Mittel konnten noch nicht gefunden werden; die Züchtung rostresistenter Kulturpflanzensorten bereitet ebenfalls Schwierigkeiten, weil es bei jeder Rostart viele in ihrem Bau nicht

(1) Erklären Sie die Ertragsverluste bei von Rostpilzen befallenen Kulturpflanzen!

Mutterkorn

Getreiderost

Mehltau

unterscheidbare, physiologisch differenzierte Rassen gibt, die sich den zahlreichen Kulturpflanzensorten schnell anpassen. Derartige Rostpilzrassen entstehen durch Mutationen und Neukombinationen bei Kreuzungen ständig neu. ①

Brandpilze leben ebenfalls interzellulär im Gewebe höherer Pflanzen. Das Pilzmyzel dringt vor allem in die Zellen der Fruchtknoten von Getreidepflanzen ein und zerstört das Wirtsgewebe völlig. Durch chemische Mittel kann die Brandkrankheit der Getreidearten erfolgreich zurückgedrängt werden.

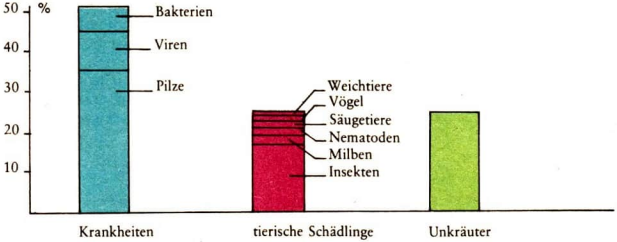
Im Weltmaßstab werden gegenwärtig etwa 9 % der möglichen Getreideproduktion durch Pflanzenparasiten vernichtet. In der DDR beträgt dieser Wert etwa 3 %.

*Tierische Parasiten.* Tierische Parasiten an Pflanzen sind vorwiegend Insekten (■ Minierer, Gallbildner) und Fadenwürmer (■ Nematoden).

Nematoden können in den verschiedensten Pflanzenteilen auftreten (■ Wurzel-, Stengel-, Blattälchen).

Auf stark mit Kartoffelzystenälchen verseuchten Flächen können in Abhängigkeit von Kartoffelsorte und abiotischen Umweltfaktoren (■ Klima) Ertragsausfälle bis zu 70 % eintreten.

Tierische Parasiten an Nutztieren haben große ökonomische Bedeutung in der Tierproduktion. Die hohe Konzentration von gleichartigen Tierbeständen auf engstem Raum




Prozentuale Zusammensetzung der Ertragsverluste in der Pflanzenproduktion durch pflanzliche und tierische Schädlinge

Rinderfinnenbandwurmglieder

Gallbildung durch Insektenlarven

fördert in starkem Maße die Verbreitung von Ekto- und Entoparasiten. Seuchenhygienische Maßnahmen (■ Einsatz von Insektiziden) haben den Befall mit Ektoparasiten (■ Schweinelaus, Räudemilbe des Rindes, Hühnermilbe) weitgehend zurückgedrängt.

■ Mit Schweineläusen befallene Ställe sind in der DDR von 65 % (1965) auf 10 % zurückgegangen.

Entoparasitisch lebende Formen (■ Spulwurm, Leberegel, Rinderfinnenbandwurm, Trichine) entziehen sich dagegen noch weitgehend der Kontrolle und richten beträchtlichen Schaden an. ①

■ Die Verlustquote bei Schafen, Rindern und Pferden durch Leberegelbefall ist zwar in der DDR rückläufig, liegt aber immer noch bei 10 % bis 20 %.

Ein ungelöstes Problem ist die permanente Wiederinfektion durch Gülle. Wurden früher viele mit dem Kot abgegebene Eier durch die Lagerung von Stallmist abgetötet, so gelangen sie heute bei industrieller Stallhaltung sehr schnell und ohne nennenswerte Verluste mit der Gülle wieder auf die Felder und schließen über das Grünfutter den Kreis zu Neuinfektionen.

Durch strenge hygienische Maßnahmen (■ Fleischbeschau) ist die Gefahr der Infektion mit Rinderfinnenbandwürmern beim Menschen eingeschränkt, aber es können hohe Nutzungsverluste an Fleisch entstehen.

▶ Unter den biotischen Faktoren, den Einwirkungen der Organismen aufeinander, sind von besonderer ökologischer und wirtschaftlicher Bedeutung
— innerartliche und zwischenartliche Konkurrenz (■ um Raum, Nahrung, Licht)
— Sexual- und Sozialbeziehungen
— Stoffaustausch durch Symbionten (■ bei Flechten, bei Zellulosezersetzern)
— Stoffentzug durch Parasiten (■ bei Rost- und Brandpilzen, bei Bandwürmern).
Parasiten finden in den artenarmen künstlichen Biozönosen der Kulturpflanzenflächen und der Nutztierhaltung optimale Bedingungen und müssen gezielt bekämpft werden.

① Wiederholen Sie Ihre Kenntnisse über Bau und Lebensweise von Leberegel, Schweine- und Rinderfinnenbandwurm (↑ Bio i Ü S. 42 f.)! Stellen Sie Angepaßtheiten an die parasitische Lebensweise zusammen!

# Komplexes Wirken von Umweltfaktoren

Zusatzbewässerung von Kulturflächen

Gewächshaus mit Regulierung der Umweltfaktoren

Die abiotischen und biotischen Umweltfaktoren wirken unter natürlichen Gegebenheiten nicht immer direkt und unmittelbar physiologisch auf die Organismen ein; sie stehen miteinander in Beziehung und beeinflussen sich gegenseitig in ihrer Wirkung. ①

Die Lebensprozesse der Organismen, die Besonderheiten ihres anatomisch-morphologischen Baus, ihre Verbreitung und ihre Vergesellschaftung mit anderen Organismen werden durch das komplexe Wirken aller Umweltfaktoren des betreffenden Biotops geprägt und modifiziert.

▶ *Das komplexe Wirken der Umweltfaktoren muß bei wirtschaftlich notwendigen Eingriffen in das natürliche oder durch Kultur bereits beeinflußte Landschaftsgefüge unbedingt berücksichtigt werden.*

Bei der Beurteilung der konkreten Beziehungen zwischen einem Biotop und der dazugehörigen Biozönose muß stets beachtet werden, daß kein Umweltfaktor eines Biotops isoliert auf die Organismen einer Biozönose einwirkt.

▶ *Die Umweltfaktoren modifizieren und kompensieren sich bei ihrem gemeinsamen Auftreten im Biotop in ihrer Wirkung auf die Organismen und die Biozönosen.*

■ Bodentrockenheit in Grünlandbiozönosen kann in gewissen Grenzen durch zusätzliche Stickstoffgaben ausgeglichen werden, die auch bei geringerer Bodenfeuchtigkeit zu hohen Erträgen führen.

Die Erscheinung des Kompensierens und Modifizierens der Wirkung von Umweltfaktoren durch das gemeinsame Einwirken auf die Organismen eines Biotops ist für eine zielgerichtete Beeinflussung der Biotope wirtschaftlich wichtiger Ökosysteme (■ Getreidefelder, Gewächshäuser, Anlagen der Tierproduktion) unter ökonomischen Aspekten von großer Bedeutung.

Sie zeigt aber auch, daß die ökologische Potenz und vor allem das ökologische Optimum einer Organismenart keine feststehende Größe darstellen, sondern abhängig sind von der ganz spezifischen Kombination, dem Zusammenwirken der abiotischen und biotischen Umweltfaktoren in den konkreten Biotopen.

① Stellen Sie für einen abiotischen und für einen biotischen Faktor (■ Licht, Bestäubung) dar, mit welchen anderen Faktoren er in Beziehung steht!



10 [01 11 61]

Jede Organismenart besitzt gegenüber den für sie wesentlichen Umweltfaktoren einen ganz bestimmten Toleranzbereich mit einem Optimum, einem Minimum und einem Maximum. Unter Versuchsbedingungen kann der Toleranzbereich einer bestimmten Pflanzenart gegenüber einem bestimmten Umweltfaktor, etwa der Bodenreaktion oder der Bodenfeuchtigkeit, durch die Anzucht der Art in Reinkultur auf Böden mit unterschiedlichem *p*H-Wert oder unterschiedlichem Feuchtigkeitsgrad bei möglichst einheitlicher Gestaltung der anderen Faktoren bestimmt werden.

Der Toleranzbereich einer Organismenart gegenüber einem Umweltfaktor bei Reinkultur ist der physiologische Toleranzbereich der Art, er bestimmt gleichzeitig die physiologische Potenz der Art.

▶ *Die physiologische Potenz einer Art ist ihr Vermögen, Schwankungen eines Umweltfaktors unter Experimentalbedingungen innerhalb ihres Toleranzbereiches zu ertragen.*

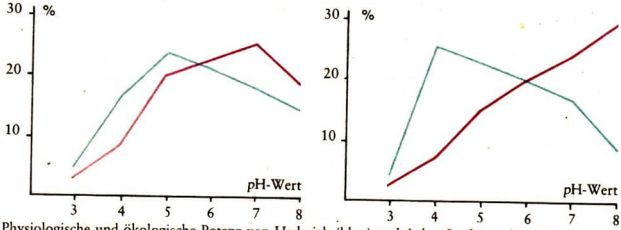
Die physiologische Potenz der Organismen gegenüber den Umweltfaktoren wird unter natürlichen Bedingungen kaum wirksam, da sie durch die Wechselwirkungen mit anderen Organismenarten innerhalb einer Biozönose beeinflußt und verändert wird.

▶ *Der durch natürliche Bedingungen beeinflußte Toleranzbereich ist der ökologische Toleranzbereich einer Art.*

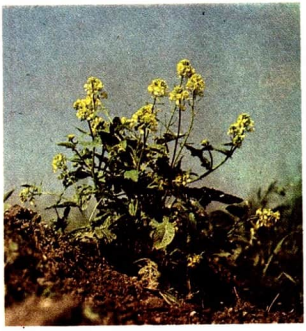
■ Hederich und Acker-Senf weisen in Reinkultur etwa gleiche Bodenansprüche auf. Als Unkräuter in Ackerbiozönosen wächst aber Hederich vorwiegend auf sandigen nährstoffarmen Böden mit saurer Bodenreaktion, während Acker-Senf hauptsächlich auf nährstoffreichen, lehmigen, schwachsauren bis neutralen Böden vorkommt. Beide Arten besitzen also eine deutlich voneinander abweichende ökologische Potenz gegenüber der Bodenreaktion.

Die Wald-Kiefer hat hinsichtlich der Bodenfeuchte und der Bodenreaktion breite physiologische Toleranzbereiche.
In naturnahen Biozönosen besiedelt sie im Wettbewerb mit konkurrenzstärkeren Bäumen nasse, saure Böden der Hochmoorränder, extrem nährstoffarme, saure trockene Sandböden oder trockene Kalkfelsböden. Die ökologischen Toleranzbereiche der Kiefer hinsichtlich Bodenfeuchte und Bodenreaktion umfassen nur die Extremwerte der physiologischen Toleranzbereiche.

Abweichungen der ökologischen Potenz von der physiologischen Potenz äußern sich auch in der Leistung (■ Wuchshöhe, Fruchtbarkeit) der Organismen unter natürlichen Bedingungen.



Physiologische und ökologische Potenz von Hederich (blau) und Acker-Senf (rot) bei unterschiedlichen Bodenreaktionen in Reinkultur (links) und in Mischsaat (rechts)



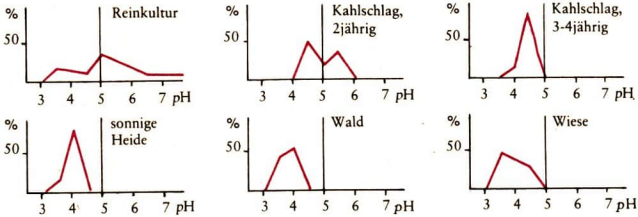
Konkurrenzwirkung auf Acker-Senf

Diese Beispiele belegen folgende ökologische Gesetzmäßigkeiten:

- Die Wirkung abiotischer Umweltfaktoren auf Organismen wird durch die Konkurrenz anderer Organismenarten abgewandelt.
- Viele Organismenarten besiedeln in der Natur nicht die Bereiche, in denen ihre Bedürfnisse an die Umwelt am besten befriedigt werden, sondern in die sie durch stärkere Konkurrenten abgedrängt werden.
- Bei konkurrenzstarken Organismen ähneln sich physiologische und ökologische Potenz, bei konkurrenzschwachen weichen beide beträchtlich voneinander ab.

▶ *Die ökologische Potenz einer Organismenart gegenüber einem Umweltfaktor ist keine konstante Größe. Sie verändert sich mit der Konkurrenzstärke der Partner in der Biozönose.*

■ Die ökologische Potenz der Schlängel-Schmiele gegenüber der Bodenreaktion verändert sich in verschiedenen Biozönosen mit unterschiedlich starker Konkurrenz der Biozönose-Partner.




Ökologische Potenz der Schlängel-Schmiele gegenüber der Bodenreaktion in verschiedenen Biozönosen

Schlängel-Schmiele in unterschiedlichen Biotopen

Die ökologische Potenz verändert sich häufig auch innerhalb des Gesamtareals einer Organismenart, wenn in seinen verschiedenen Teilen unterschiedliche Kombinationen abiotischer Faktoren (■ klimatische Bedingungen) vorliegen (↑ Abb. S. 148). ①

Jede Organismenart besitzt eine spezifische ökologische Gesamtpotenz und besiedelt ganz bestimmte Biotope. Arten, deren ökologische Potenzen sich gleichen oder ähneln, bilden Artengruppen, die wertvolle Anzeiger für die Charakterisierung eines Biotops sein können. Sie sind in der Regel geeigneter dafür als Zeigerarten, da sie die wesentlichsten Umweltfaktoren in ihrem Zusammenwirken auf die Biozönosen berücksichtigen. ②

In der Land- und Forstwirtschaft können Artengruppen, die gleiche Reaktionen auf das komplexe Wirken der Umweltfaktoren zeigen, als Grundlage für die Planung und

| Geographische Lage | Bodendurchfeuchtung | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | naß, mit Bewässerung | naß, ohne Bewässerung | feucht | frisch | trocken |
| Südeuropa | | | | | |
| südliches Mitteleuropa | | | | | |
| mittleres und nördliches Mitteleuropa | | | | | |
| Kalkboden | | | | | |
| kalkfreier Boden | | | | | |
| Nord- und Osteuropa | | | | | |

Ökologische Potenz des Glatthafers gegenüber dem Wasserfaktor in unterschiedlichen Teilen seines Areals

① Informieren Sie sich über die klimatischen Bedingungen in den verschiedenen Teilen des Glatthafer-Areals und erklären Sie daraus seine unterschiedliche ökologische Potenz in bezug auf Bodenfeuchte!

② Wiederholen Sie Ihre Kenntnisse über Zeigerpflanzen! Vergleichen Sie die Bedeutung von Zeigerpflanzen und Artengruppen!

Roggenfeld auf Sander

Rübenfeld in der Magdeburger Börde

**Umweltansprüche von Kulturpflanzen (ökologische Potenz) und Standortbedingungen infolge des Zusammenwirkens der Umweltfaktoren**

| Kulturpflanzen | Umweltansprüche | Standortbedingungen in Großlandschaften der DDR |
|---|---|---|
| Raps | stark spätfrostgefährdet, benötigt mildes Klima, nährstoffreiche, schwach saure Böden | Jungmoränengebiet Mecklenburgs mit nährstoffreichen, wenig ausgelaugten Moränenböden und ausgeglichenem Klimaverlauf durch die Wirkung der Ostsee |
| Weizen Rüben | bevorzugen nährstoffreiche, schwach saure bis basische Böden gegen Winterkälte und Sommertrockenheit wenig empfindlich | Moränengebiete des norddeutschen Flachlandes mit nährstoffreichen, zum Teil mergeligen Böden, vor allem Lößlehm- und Schwarzerdegebiete (■ Magdeburger Börde, Köthener Becken, sächsisches Hügelland) |
| Roggen Kartoffel | gedeihen auch auf weniger nährstoffreichen und sandigen Böden | Sander- und Talsandbereiche der Altmoränengebiete (■ Brandenburg, Lausitz) sowie Buntsandsteinlandschaften Thüringens mit sandigen, nicht sehr nährstoffreichen und sauren Böden |

Realisierung eines standortgerechten Kulturpflanzenanbaus sowie für Maßnahmen zur Veränderung der Umweltbedingungen genutzt werden. Ziel dieser Maßnahmen ist es, optimale Erträge in der Pflanzenproduktion zu erzielen.

Der standortgerechte Anbau der Kulturpflanzen in der Landwirtschaft und Forstwirtschaft ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine hohe biologische Stoffproduktion. Die Planung und Realisierung des standortgerechten Anbaus der Kultur-

pflanzen in der Land- und Forstwirtschaft setzt die bewußte Anwendung folgender ökologischer Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten voraus: das Wesen der ökologischen Potenz, die konkrete ökologische Potenz der Kulturpflanzen unter den biozönotischen Bedingungen auf dem Gebiet der DDR, die durch das komplexe Wirken der Umweltfaktoren in den einzelnen Landschaften und Teillandschaften der DDR gegebenen Standortbedingungen, die Standortunterschiede auf den Ackerflächen innerhalb eines landwirtschaftlichen Großbetriebes (LPG, VEG).

Von besonderer Bedeutung ist die Berücksichtigung der Standortverhältnisse in der Forstwirtschaft, da die aufgeforsteten Kulturen mehrere Menschengenerationen zur Entwicklung benötigen, bis sie hiebreif sind.

Von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist die Anwendung von Kenntnissen über das komplexe Wirken der Umweltfaktoren bei der Beeinflussung mikrobiologischer Prozesse in Industrie und Landwirtschaft.

Zahlreiche Technologien dieser Bereiche basieren auf der Ernährungsweise bestimmter Bakterien und Pilze und können in ihrem Ablauf durch Regelung der Umweltfaktoren beeinflußt werden. ①②

Durch Pflegemaßnahmen zur Verbesserung der Bodenstruktur (■ Lockerung des Bodens, Kalken) kann die Zersetzung und Mineralisation organischer Stoffe durch Mikroorganismen (↑ S. 27) gefördert werden, was sich wieder günstig auf die Bodenstruktur und damit auf das Pflanzenwachstum auswirkt. ③

In landwirtschaftlichen Kulturen wirken die Mikroorganismen des Bodens als biotische Faktoren auf die Kulturpflanzen ein und können bestimmte andere Faktoren kompensieren (■ Stickstoffbindung durch Knöllchenbakterien, ↑ S. 141). Andererseits werden die Umweltbedingungen der Mikroorganismen neben abiotischen Faktoren (■ Temperatur, Feuchtigkeit, Sauerstoff, Bodenreaktion) auch von den Pflanzen als Lieferanten der Nährsubstrate mitbestimmt.

▶ Die Umweltfaktoren wirken komplex auf die Organismen ein. Diese Erscheinung kann für wirtschaftlich wichtige gerichtete Eingriffe in natürliche Biozönosen oder Lebensprozesse genutzt werden.

Das Verhalten der Organismen gegenüber den Schwankungen der Umweltfaktoren ist — in Reinkultur — die physiologische Potenz, unter den Bedingungen der Konkurrenz die ökologische Potenz der Organismen. Bei konkurrenzstarken Organismen ähneln sich physiologische und ökologische Potenz, bei konkurrenzschwachen weichen sie voneinander ab.

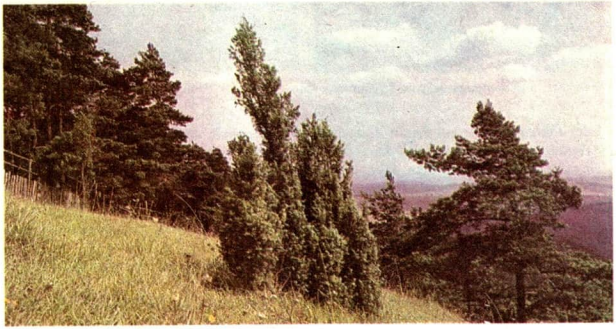
Arten mit ähnlicher ökologischer Potenz bilden Artengruppen, die für die Beurteilung bestimmter Biotope und für den standortgerechten Anbau von Kulturpflanzen von Bedeutung sind.

① Begründen Sie die Notwendigkeit zusätzlicher Belüftung in Anlagen zur biologischen Abwässerreinigung!

② Erläutern Sie an Beispielen aus dem Haushalt, welche Umweltfaktoren der Mikroorganismen beeinflußt werden, um den Abbau organischer Stoffe zu hemmen oder zu fördern!

③ Stellen Sie in einer Übersicht die auf die Mikroorganismen des Bodens einwirkenden Umweltfaktoren und die wechselseitige Beeinflussung dar!

# Ökosystem als Struktur-, Funktions- und Produktionseinheit



Pflanzengesellschaft an einem Trockenhang

Kein Organismus lebt in der Natur isoliert. Er bildet mit anderen Organismen Glieder einer Gemeinschaft und ist mit seiner Umwelt durch die Aufnahme und Abgabe von Stoffen und von Energie eng verbunden. Jeder Organismus ist Bestandteil eines ökologischen Systems, welches aus biotischen Elementen (■ Tiere, Pflanzen, Bakterien) und abiotischen Elementen (■ Umweltfaktoren des Bodens und des Klimas) sowie der Wechselbeziehungen zwischen beiden besteht.

► *Ökosysteme sind die in der Natur existierenden Einheiten von Organismengemeinschaften (Biozönosen) und die auf sie wirkenden Umweltfaktoren (Biotop) einschließlich der zwischen beiden Komponenten bestehenden wechselseitigen Beziehungen.*

In naturnahen Ökosystemen (■ Wälder, Rasen, Moore) befinden sich alle Bestandteile in einem dynamischen Gleichgewicht. Ohne Einwirkung des Menschen oder von Naturkatastrophen ändert sich über lange Zeiträume das Bild der Ökosysteme, sein Tier- und Pflanzenbesatz und die Wirkung der Umweltfaktoren im Durchschnitt gesehen kaum.

Die vom Menschen geschaffenen künstlichen Ökosysteme (■ Getreidefelder, Hackfruchtflächen, Fischzuchtteiche) sind in ihrer Artenzusammensetzung ebenso wie in der Einwirkung abiotischer Umweltfaktoren einseitig beeinflußt und bleiben ohne Zutun des Menschen nicht erhalten.

# Raum- und Zeitstruktur im Ökosystem

Frühjahrs- und Sommeraspekt im Laubmischwald

Jedes Ökosystem ist ein Raum-Zeitgefüge. Die räumliche Stellung der eng miteinander verbundenen Organismen und das sich in bestimmten Bereichen vollziehende Wirken der Umweltfaktoren geben dem Ökosystem seine räumliche Struktur (■ Schichtung der Organismen in Land-Ökosystemen).
Daneben besitzt jedes Ökosystem eine zeitliche Ordnung der in ihm ablaufenden Prozesse (■ jahreszeitliche Entwicklung der Organismen und Organismengemeinschaften, Photoperiodizität, Aktivitätsphasen vieler Tiere; ↑ S. 127).

In naturnahen Ökosystemen bilden die Organismen der Biozönose und die Umweltfaktoren des Biotops eine untrennbare Einheit.

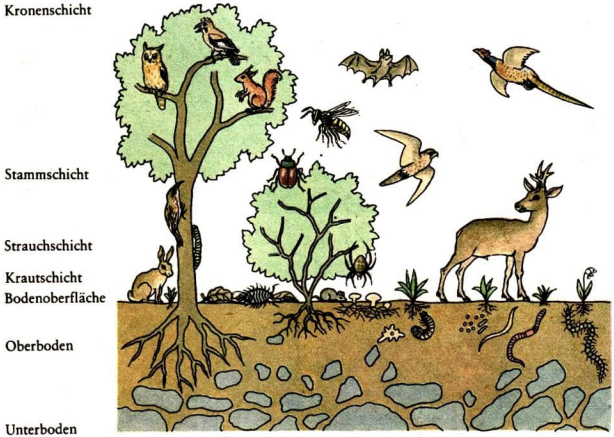
► *Die räumliche und zeitliche Struktur eines Ökosystems ist die Widerspiegelung der vielfältigen gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Elemente des Ökosystems untereinander.*

■ Im Eichenmischwald ist der Boden nicht nur Träger bestimmter abiotischer Umweltfaktoren, sondern er enthält auch Bodentiere, Bakterien, Pilze und abgestorbene Pflanzenteile, also Elemente der Biozönose des Eichenmischwaldes. Andererseits sind beispielsweise Eichen- oder Lindenbäume nicht nur Elemente der Biozönose, sondern stellen für die Tiere und einige Pflanzen (■ Grünalgen, Flechten, Mykorrhizapilze) gleichzeitig den Biotop dar.

Das Bild des Eichenmischwaldes wird, wie bei den meisten Land-Ökosystemen, durch die Pflanzengemeinschaft geprägt, die eine deutliche Schichtung aufweist. Viele Tiere besitzen, obwohl sie ortsbeweglich sind, eine mehr oder weniger starke Bindung an diese Schichten.

Besonders im Kronenbereich finden an Knospen, Trieben, Blättern und Blüten viele hundert Insekten (■ Blattkäfer, Gallwespen, Spanner) ihre Nahrung, die ihrerseits zahlreiche insektenfressende Vögel (■ Meisen, Schnäpper, Laubsänger) an diesen Bereich binden. Eichelhäher, Ringeltaube, Buchfink, Eichhörnchen und Bussard bauen im Kronenbereich ihre Nester.

Die Stammregion wird von einer Vielzahl holz-, bast- und rindenfressender Insektenarten (■ Bockkäfer, Prachtkäfer, Hirschkäfer, Roßameise, Holzwespe, Schildläuse) sowie von Höhlenbrütern (■ Star, Schwarzspecht, Grünspecht, Buntspecht), Marder und Wildkatze bevölkert.




Schichtung im Eichenmischwald

In der Strauchschicht legen Amsel, Singdrossel, Grasmücken ihre Nester an, während Rotkehlchen, Zaunkönig und Laubsänger in Bodennähe nisten. Netzspinnen bauen in der Strauch- und Krautschicht Fangnetze; Zikaden und Wespen saugen an Pflanzen der Krautschicht.

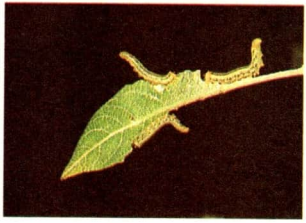
Alle oberirdischen Schichten sind wiederum Jagdrevier für insektenfressende Vögel (■ Grauschnäpper, Meisen), für Raubsäuger (■ Baum- und Steinmarder, Wildkatze) und den kleinvogeljagenden Sperber. Weiträumig besiedeln auch die Großsäuger des Waldes die Kraut- und Strauchschicht, in denen sie Nahrung und Unterschlupf finden (■ Rehe, Hirsche, Schwarzwild, Rotfuchs). ①②

Die Schichtung setzt sich im unterirdischen Bereich fort; die Wurzeln einiger Pflanzenarten (■ Eiche, Hainbuche, Haselnuß, Klette) dringen tief in den Boden ein; andere (■ Rot-Buche, Winter-Linde, Busch-Windröschen) durchziehen die oberen Bodenschichten, eine ganze Anzahl von Kräutern wurzelt nur in der Mullschicht an der Bodenoberfläche (■ Goldnessel, Wald-Meister).

Die Bodenoberfläche wird von Laufkäfern, Tausendfüßern und Wolfsspinnen besiedelt, die gleiche Schicht bewohnen Waldmaus, Rötelmaus und die Spitzmäuse, die mit ihren

① Ermitteln Sie die oberirdischen Schichten eines Wald- oder Park-Ökosystems in Ihrem Heimatgebiet und stellen Sie die häufigsten Pflanzen der einzelnen Schichten fest! Versuchen Sie, nach Frühjahr- und Sommer-Aspekt zu trennen!

② Herbarisieren Sie einige charakteristische Pflanzen der einzelnen Vegetationsschichten des untersuchten Ökosystems!



Tiere im Frühjahrsaspekt

Tiere im Sommeraspekt

Bauen aber auch in die oberflächlichen Schichten des Bodens eindringen. Bodenbewohner des Eichenmischwaldes sind Maulwurf, Regenwürmer, Insektenlarven.

Da ständiges Leben im Boden nur so weit möglich ist, wie pflanzliche Substanz als Nahrung verfügbar ist, finden sich besonders in den oberen Schichten hohe Arten- und Individuenkonzentrationen.

Die räumliche Struktur eines Ökosystems steht mit der zeitlichen Struktur in engem Zusammenhang. Besonders deutlich wird das durch die Jahreszeitenfolgen in mitteleuropäischen Land-Ökosystemen. Der sich Jahr für Jahr zu bestimmten Zeiten wiederholende Zustand einer Biozönose wird Aspekt genannt (↑ Abb. S. 154 u. 155).

Im zeitigen Frühjahr treffen die Sonnenstrahlen ungehindert auf den Boden eines Eichenmischwaldes und erwärmen ihn durch die dunkle Laubstreu sehr stark; es kommt zum Austreiben der Frühjahrsblüher, die im Vorjahr in ihren Knollen, Zwiebeln und

1. Stellen Sie durch Sichtbeobachtungen in einem Wald- oder Park-Ökosystem die Nester einiger Vögel und deren Schichtgebundenheit fest!
2. Stellen Sie anhand der Abbildungen auf Seite 152 die Unterschiede in der Krautschicht eines Mischwaldes im Frühjahr und im Sommer zusammen!
3. Ermitteln Sie in der Kraut- und Bodenschicht eines Wald- oder Parkökosystems verschiedene Überwinterungsformen von Gliederfüßern!
4. Ermitteln Sie die Aspektfolge im Blütenbesuch von Insekten in einem Park oder Garten!

Wurzelstöcken Reservestoffe gespeichert haben. Mit zunehmender Sonneneinstrahlung erwärmt sich die Luftschicht fortlaufend von der Bodennähe bis zu den Baumkronen, und es kommt zu einem zeitlich differenzierten und etagenförmig sich vollziehenden Laubaustrieb. Die Frühjahrsblüher haben ihre Blütezeit bereits abgeschlossen, wenn zuerst die Strauchschicht und dann, sich nach oben fortsetzend, die untere und schließlich die obere Baumschicht durch die Blattentfaltung sich begrünen.

In den jahreszeitlichen Ablauf der Pflanzenentwicklung paßt sich die Entwicklung der Tiere zeitlich ein (↑ S. 131).

■ Schlüpfende Larven des grünen Eichenwicklers benötigen einen ganz bestimmten Öffnungsgrad der Eichenknospen, um sich von den jungen Blättern ernähren zu können. Schlupftermine der Raupen und Öffnungszustand der Knospen stimmen in der Regel überein.

Die Rückkehr der Zugvögel fällt mit dem Verlassen der Winterlager der Insekten beziehungsweise mit dem Schlupf der Raupen aus den Insekteneiern zusammen.

Im sommerlichen Eichenmischwald haben die Frühjahrsblüher ihre oberirdischen Organe weitgehend eingezogen. In der Krautschicht dominieren hohe Stauden, die als Schattenpflanzen noch genügend Lichtenergie für die Photosynthese erhalten. Blütenbesuchende Insekten (■ Fliegen, Bienen, Hummeln, Bockkäfer) weisen in dieser Zeit ihren Populationshöhepunkt auf. ①②③④

Während der vollen Belaubung der Bäume und Sträucher erhalten einige Pflanzen der Krautschicht oft so wenig Licht, daß die Atmungsverluste dieser Pflanzen höher sind als die durch Photosynthese erfolgende Stoffproduktion. Diese im Sommer „hungernden" Pflanzen (■ Hain-Klette, Wald-Ziest) assimilieren besonders stark im Spätsommer, wenn der Blattfall der Gehölze beginnt und wieder mehr Lichtenergie den Waldboden erreicht. Sie speichern in dieser Zeit Reservestoffe, die es ihnen ermöglichen, die nächstjährige Sommerperiode zu überdauern.

Viele Tiere (■ Zugvögel, Insekten) treten im Frühherbst den Weg in die Überwinterungsquartiere an; vor Eintritt der ersten Fröste ist die Einwinterung der meisten winterruhenden Tierarten (als Ei, Larve, Puppe und Imago, in Kältestarre oder Winterschlaf) abgeschlossen. Überwinternde Säugetiere haben durch Winterhaar und Fettreserven individuelle und durch Änderungen in der Sozialstruktur (↑S. 139) gemeinschaftliche Voraussetzungen erhalten, die Notzeit des Winters zu überstehen.

► *Der jahreszeitliche Rhythmus der an einer bestimmten Biozönose beteiligten Organismenart trägt zur Ausbildung einer zeitlichen Struktur des Ökosystems bei.*

► Die räumliche und zeitliche Struktur eines Ökosystems ist das Ergebnis des Zusammenwirkens der Wuchs- und Lebensformen sowie der ökologischen Potenz und der gegenseitigen Konkurrenz der Pflanzen- und Tierarten.

Räumliche und zeitliche Schichtung ermöglichen eine optimale Nutzung der Umweltfaktoren und schaffen ihrerseits wieder spezifische Umweltbedingungen in den verschiedenen Teilen des Ökosystems.

# Selbstregulation im Ökosystem

Feldmaus

Greifvogel

Die meist artenreichen natürlichen und naturnahen Ökosysteme zeichnen sich durch die Fähigkeit der Selbstregulation aus. Ein äußerst komplexes Beziehungsgefüge zwischen den biotischen und abiotischen Komponenten, die räumliche und zeitliche Struktur sowie ausgeglichene Bilanzen der Stoffaufnahme, Stoffumwandlung und Stoffabgabe und des Energieflusses sind Grundlagen dieses biologischen Gleichgewichts.

► *Besondere Bedeutung für die Selbstregulation eines Ökosystems besitzt die Dynamik der Populationen, die die Biozönose zusammensetzen.*

Tierpopulationen unterliegen im Gesamtsystem einer Biozönose ähnlich wie die einzelnen Individuen bestimmten Einwirkungen, wobei innere und äußere Faktoren eine Rolle spielen. Das Geschehen in einer Population resultiert aus den im Einzeltier ablaufenden Prozessen und seinen Handlungen (■ Wachstum, Ortsveränderung) sowie aus den Zu- und Abgängen von Individuen.

Die im Verlaufe der Tages- und Jahreszyklen sich ändernde Qualität und Quantität der biotischen Faktoren und abiotischen Faktoren bedingen eine ständig wechselnde Struktur der Population und führen zur Populationsdynamik.

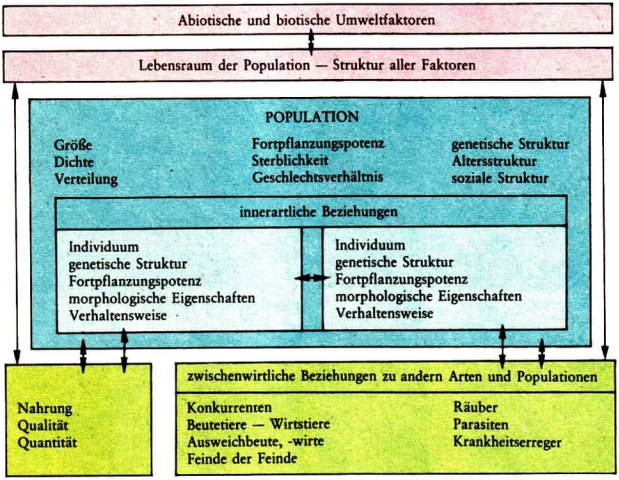
► *Populationsdynamik drückt sich aus in artspezifischen Schwankungen der Dichte, Größe, Verteilung, Produktivität und Sterblichkeit der Populationen im Wechselspiel mit den Umweltfaktoren.*

■ Bei Schadinsekten (■ Kiefernspanner) sind die Populationsschwankungen besonders ausgeprägt und gut untersucht.

Die Individuenanzahl in einer Population wird von der Vermehrungspotenz der betreffenden Art (■ potentielle Nachkommenproduktion eines Weibchens, Anteil der geschlechtsreifen Weibchen im Gesamtverband, Geschwindigkeit der Generationsfolge, Sterblichkeit) und dem ihr entgegenwirkenden Umweltwiderstand bestimmt.

Je geringer die Chance der Nachkommen ist, bis zur Geschlechtsreife am Leben zu bleiben und damit die Art zu erhalten, um so größer ist die produzierte Nachkommenzahl und umgekehrt. Produktion der Nachkommen und Sterblichkeit halten sich etwa die

(1) Beschreiben Sie an einem selbstgewählten Beispiel den Einfluß abiotischer Faktoren auf eine Tierpopulation!



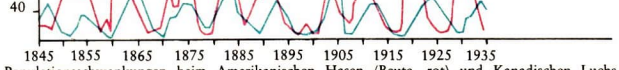

Stellung der Population im Ökosystem

Waage, wenn alle übrigen Faktoren der Umwelt und innerhalb der Population (■ Lebensdauer, Generationsfolge, Altersaufbau) normale und nicht vom Mittel abweichende Werte einnehmen. ①

Neben den populationseigenen Faktoren beeinflussen vielfältige äußere und innere biotische Regelgrößen (■ Nahrungsangebot, Räuber, Parasiten) die Populationsdynamik.

Im ausgewogenen Ökosystem schwingt die Populationskurve der Räuber und Beutetiere beziehungsweise der Parasiten und Wirte etwa gleich.

Die periodisch auftretende Populationsdichte der Hasen ist abhängig von der periodisch verstärkten Pflanzenproduktion. Unter den Bedingungen des Hohen Nordens speichern




Populationsschwankungen beim Amerikanischen Hasen (Beute, rot) und Kanadischen Luchs (Räuber, blau)

Kiefernspinner

Eier eines Kiefernspinners

Raupe eines Kiefernspinners

Puppe eines Kiefernspinners

die Pflanzen über einen gewissen Zeitraum Reservestoffe und erzeugen nur in Abständen von mehreren Jahren größere Mengen an Nachkommen (Samen).

Die regulatorische Wirkung von Räubern oder Parasiten wird deutlich, wenn diese als Regulatoren ausfallen.

Bekannt ist die Ausbreitung des Schwammspinners, eines gefährlichen Schädlings aller Laubbäume, in Amerika. Von einigen Raupen ausgehend, die von einem Entomologen aus Europa bezogen worden waren und versehentlich ins Freie gelangten, entwickelte der Schädling eine der größten bekannten Insektenkalamitäten. In seiner europäischen Heimat wird der Schwammspinner durch Parasiten und Räuber so weit niedergehalten, daß er nur selten und für kurze Zeit zur Übervermehrung neigt. Dieses Beispiel ist kein Einzelfall.

■ Die Antillen wurden vor etwa 100 Jahren von einer Rattenplage heimgesucht, die zu schweren Schäden in den Zuckerrohrplantagen führte. Nach dem Aussetzen einiger

Mungopärchen, die als kleine Raubtiere in Indien bewährte Rattenfänger sind, ging der Schaden in den Zuckerrohrfeldern nach 10 Jahren bereits auf die Hälfte zurück. Bald waren die Ratten fast ausgerottet, und die Mungos jagten Wild, Geflügel, Ferkel und Ziegen und gingen dazu über, Bananen, Mais und Ananas zu fressen. Außerdem vernichteten sie Vögel, Schlangen, Eidechsen und Schildkröten, die in den Ökosystemen auf den Antillen sehr wirkungsvoll Schadinsekten vertilgten. Durch das Aussetzen der Mungos und die damit einsetzende Veränderung der Populationsdynamik vieler Arten kam es zu einer starken Störung des ökologischen Gleichgewichts.

Als eine weitere biotische Regelgröße muß die Überschreitung der maximalen Bevölkerungsdichte einer Population betrachtet werden. Als begrenzende Faktoren treten dabei beispielsweise das Angebot an Nahrung und Brutstätten, der begrenzte Aktionsradius des Einzeltieres, erhöhte Infektionsgefahr bei ansteckenden Krankheiten und psychische Störungen bei zu hoher Dichte auf.

Der Massenwechsel der Feldmaus verläuft im Gebiet der DDR in einem Rhythmus von drei bis vier Jahren, wobei die Population im letzten Jahr schlagartig zusammenbricht. Am Zusammenbruch sind neben den äußeren biotischen Faktoren (■ Räuber, Nahrungsmangel) auch innere Faktoren beteiligt. Mäusepopulationen reagieren negativ auf Raummangel (■ Rückgang der Geburtenrate durch Rückbildung oder Auflösung der Keimlinge, Abnahme der Anzahl der trächtigen Weibchen).

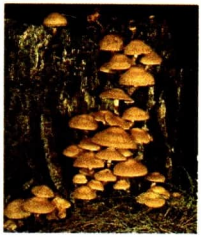
Populationen sind Einzelglieder der Biozönose. Unter dem Einfluß abiotischer und biotischer Faktoren weisen sie in Größe, Dichte und Verteilung Schwankungen auf. Die Populationsdynamik besitzt für jede Tierart typische Formen.

Kenntnisse über Ablauf und Ursachen der Populationsdynamik sind von großer wirtschaftlicher Bedeutung, da sie gezielte Maßnahmen zum Verhindern oder Eindämmen von Schädlingskalamitäten in Land- und Forstwirtschaft erleichtern.

# Stoffstrom und Energiestrom im Ökosystem

Produzent (■ Rot-Buche)

Konsument (■ Maikäfer)



Reduzent (■ Stockschwämmchen)

*Ernährungsstufen.* Jede Organismenart im Ökosystem ist durch mannigfaltige Beziehungen mit anderen Organismen ihrer Biozönose verbunden. Besonders eng und mannigfaltig sind die Nahrungsbeziehungen zwischen Organismenpopulationen eines Ökosystems. Alle Pflanzen-, Tier- und Bakterienarten einer Biozönose lassen sich drei Ernährungsstufen zuordnen.

Ernährungsstufen vereinen Organismen unterschiedlicher systematischer Stellung, die die gleiche Energie- und Stoffquelle für die Assimilation benutzen und eine Bindung an den gleichen Ausschnitt des Nahrungsstromes im Ökosystem besitzen.

▶ *Produzenten bilden in einem endothermen Prozeß aus anorganischen Stoffen (Kohlendioxid, Wasser, Salze) organische Stoffe.*

Dieser Vorgang wird in der Regel durch die Photosynthese verwirklicht; die dazu notwendige Energie liefert die Sonne. Bei der Photosynthese wird also Lichtenergie in chemische Energie übergeführt und in der aufgebauten organischen Substanz gespeichert. Einige Bakterien gewinnen die Energie durch die Oxydation anorganischer Stoffe (■ Schwefelwasserstoff).

Zu den Produzenten gehören alle autotrophen Pflanzen und Bakterien.

▶ *Konsumenten verzehren die von den Produzenten assimilierten organischen Stoffe und wandeln sie in körpereigene organische Stoffe um.*

Zu den Konsumenten gehören alle Tiere und die sich heterotroph ernährenden Pflanzen ohne Chlorophyll, die, von den Fäulnisbewohnern und den Mykorrhizapilzen abgesehen, als Schmarotzer leben. Innerhalb der Gruppe der Konsumenten lassen sich drei bis fünf Stufen unterscheiden:

— Konsumenten erster Ordnung, die Primärkonsumenten, sind Pflanzenfresser; sie ernähren sich von den organischen Stoffen der autotrophen Produzenten

— Konsumenten zweiter Ordnung sind Fleischfresser im weitesten Sinne; sie ernähren sich von den organischen Stoffen der Primärkonsumenten, also der Pflanzenfresser

(1) Nennen Sie Vertreter für die 1., 2. und 3. Konsumentenstufe! Wählen Sie je ein Wirbeltier und ein Insekt!

(2) Erläutern Sie die Begriffe Ernährungsstufen und Nahrungsketten! Kennzeichnen Sie die Unterschiede!

— Konsumenten dritter Ordnung sind ebenfalls Fleischfresser, sie ernähren sich von der organischen Substanz der Konsumenten zweiter Ordnung. Sind sie ohne natürliche Feinde, so werden sie als Gipfeltiere der Nahrungskette bezeichnet (■ Fuchs, Habicht). Teilweise schließen sich noch Konsumenten vierter und fünfter Ordnung an; dann wird erst der letzte Räuber (■ Wolf, Löwe) als Gipfelraubtier bezeichnet. ①

▶ *Reduzenten zersetzen die organischen Überreste der Produzenten und Konsumenten und mineralisieren diese zu anorganischen Stoffen (■ Wasser, Kohlendioxid, Mineralsalze).*

Diese anorganischen Stoffe stehen den Produzenten wiederum zur Assimilation körpereigener organischer Stoffe zur Verfügung.

Die drei Ernährungsstufen stellen einen groben Überblick der in den Ökosystemen vor sich gehenden Stoffumwandlung dar, nicht alle Organismenarten lassen sich eindeutig den einzelnen Ernährungsstufen mit ihrer Untergliederung zuordnen.

■ Der Rotfuchs gehört bei uns nicht ausschließlich in die Gruppe der Gipfeltiere; er ernährt sich zeitweise auch von pflanzlicher Nahrung und gehört so auch zu den Konsumenten der ersten Stufe, den Pflanzenfressern.

■ In Gebieten, in denen der Wolf noch nicht ausgerottet ist, wird der Wolf zum Gipfelraubtier und der Fuchs seine Beute.

In einem naturnahen oder natürlichen, sich im dynamischen Fließgleichgewicht befindlichen Ökosystem ist die Bilanz der organischen Stoffproduktion durch die Produzenten, die Nutzung dieser organischen Stoffe durch die Konsumenten und die Zersetzung, Mineralisierung der toten organischen Substanz durch die Reduzenten ausgeglichen.

In naturnahen Wald-Ökosystemen wird der weitaus größte Teil der dem Boden entzogenen Mineralsalze diesem über die Streu wieder zugeführt. Die mit den Blättern und Zweigen abgeworfene und im Ökosystem verbleibende Trockensubstanz ist drei- bis viermal größer als die lebenslänglich in den Bäumen angereicherte Pflanzenmasse. Tiefwurzelnde Bäume erschließen zudem auch Nährsalzreserven tieferer Bodenschichten, so daß der Stoffumsatz bei geregelter Waldnutzung recht ausgeglichen ist. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß dem Ökosystem nicht durch Streunutzung, Holznutzung der abbrechenden Zweige und Waldweide zusätzlich Nährsalze entzogen werden.

**Durchschnittliche Stoffbilanz mitteleuropäischer Waldbestände**

| | |
|---|---|
| Assimilierte Substanz | 100% |
| Atmung | 45% |
| Verluste durch Abfall von Laub, Nadeln, Zweigen und Borke | 16% |
| nicht geerntete Wurzelteile | 3% |
| Samen | 1% |
| Verluste durch Fällung, Vermessung und Transport | 3% |
| Tatsächliche Holzernte | 32% |

*Nahrungsketten.* Die Ernährungsstufen stellen den Stoffumsatz in Ökosystemen verallgemeinert dar. Der konkrete, real existierende Stoffstrom findet in den Nahrungsketten seinen Ausdruck. ②

▶ *Der Stoffstrom verläuft innerhalb von Nahrungsketten in einer Richtung und ist nicht umkehrbar.*

Konsument 1. Ordnung
(■ Kartoffelkäfer)

Konsument 2. Ordnung
(■ Amsel ▼)

Konsument 3. Ordnung
(■ Fuchs)

Es gibt folgende drei Grundformen von Nahrungsketten:

— *Pflanzenfressernahrungsketten* beginnen mit einem Produzenten und führen über einen Pflanzenfresser meist über mehrere fleischfressende Konsumenten zum Endverbraucher, dem Gipfelraubtier. Die Kette besitzt in der Regel nicht mehr als drei bis fünf Glieder.

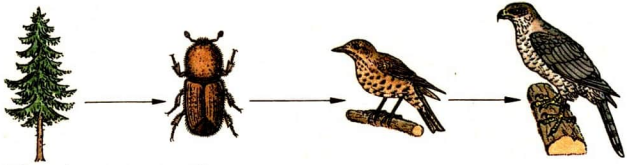
— *Parasitische Nahrungsketten* beginnen bei einem Produzenten (Pflanze) oder bei einem Konsumenten (Tier), wobei das Gipfelraubtier einer Pflanzenfressernahrungskette durchaus das Anfangsglied einer parasitischen Nahrungskette sein kann:

■ Apfelbaum — Schildlaus — Schlupfwespe — Hausschaf — Lausfliege — Leptomonas — Bakterien — Bakteriophagen

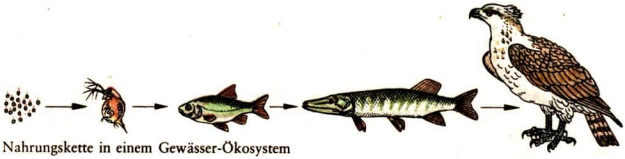
— *Detritische Nahrungsketten* gehen von abgestorbenen Tier- und Pflanzenteilen aus, sie umfassen häufig nur relativ wenige Glieder:

■ Fallaub — Urinsekten — Regenwürmer — Mikroben
Tierkadaver — Totengräber — Asseln — Tausendfüßer — Mikroben

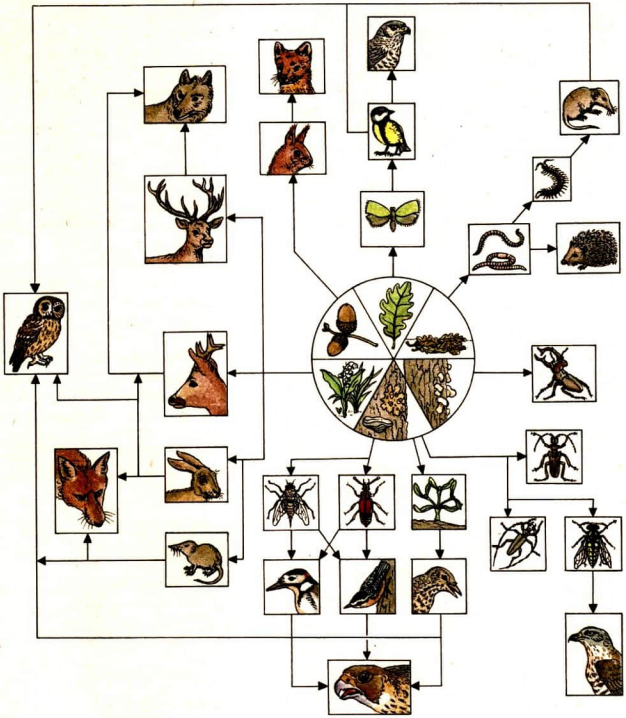
Nahrungsketten sind häufig miteinander verknüpft (↑ S. 164) ①②③④



Nahrungskette in einem Land-Ökosystem



Nahrungskette in einem Gewässer-Ökosystem



Nahrungskettengefüge eines Eichenmischwaldes

1. Beschreiben Sie einige Nahrungsketten im Nahrungskettengefüge des Eichenmischwaldes (↑ Abb. S. 163)!
2. Stellen Sie anhand der Abbildung Seite 163 die Organismenarten der ersten Konsumentenstufe des Nahrungskettengefüges in einer Liste zusammen!
3. Begründen Sie die Stabilität des Eichenmischwald-Ökosystems! Gehen Sie dabei von dem in Abbildung Seite 163 dargestellten Nahrungskettengefüge aus!
4. Beschreiben Sie einige Pflanzenfresser-Nahrungsketten und einige parasitische Nahrungsketten der Abbildung Seite 163!

In den Ökosystemen existieren die Nahrungsketten nicht isoliert voneinander. Ein Produzent ernährt in der Regel mehrere Konsumenten und ist damit das Anfangsglied mehrerer Nahrungsketten (↑ S. 161). Endkonsumenten ihrerseits bilden in vielen Fällen nicht das Endglied einer Nahrungskette, sondern mehrerer Nahrungsketten. In der Natur sind deshalb die Nahrungsketten zu komplizierten Nahrungskettengefügen verbunden, die viele Organismenarten der Ökosysteme umfassen.

► *Je höher die Anzahl der Organismenarten ist, die im Nahrungskettennetz die gleiche Position besitzen, um so stabiler ist im allgemeinen das Ökosystem.*

Beim Ausfall einzelner Organismenarten können die übrigen Arten der Position deren Funktion wahrnehmen und das Gleichgewicht im Ökosystem erhalten.

Die Nahrungskettengefüge sind in der Regel nicht auf einzelne Biozönosen und Biotope beschränkt. Sie verbinden unter Umständen die Ökosysteme ganzer Landschaften und Kontinente miteinander.

*Energiestrom.* Der Stoffstrom in Ökosystemen ist untrennbar mit einem Energiestrom verbunden. Während sich die Stoffe in einem Ökosystem durch das Nahrungskettengefüge in einem Kreislauf befinden können, durchfließt die Energie nur in einer Richtung, nämlich von den Produzenten über die Konsumenten zu den Reduzenten, die Ökosysteme.

Die von den autotrophen Pflanzen bei der Photosynthese aufgenommene Energie wird beim Aufbau ihrer organischen Stoffe gebunden. Zwei Drittel dieser Energie veratmet die Pflanze selbst zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensprozesse. Das verbleibende Drittel steht teils den Konsumenten in der Nahrung, teils den Reduzenten (■ abgestorbene Pflanzenteile, unverdauliche Pflanzenteile) zur Verfügung.

Die Konsumenten der zweiten Stufe, die Fleischfresser, nehmen mit der Nahrung nur etwa den zehnten Teil der Energie auf, die den Konsumenten der ersten Stufe, den Pflanzenfressern, in der pflanzlichen Nahrung zur Verfügung steht.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2 820 + 3 240<br>(670 + 770)<br>Atmungsverlust | 336 (80)<br>Nahrung für<br>den Menschen | 5 250 + 6010<br>(1 250 + 1 430)<br>tote Substanz | |
| 10 880<br>(2 400)<br>Atmungsverlust | 8 400 + 9 660 (2 000 + 2 300)<br>Nahrung für Rinder<br>+ Nahrung für andere Pflanzenfresser | | | 42 000<br>(10 000)<br>tote Substanz |
| 70 140 (16 700) | Assimilationsleistung je $m^2$/Tag | | | |

Energiefluß in der Nahrungskette Pflanze-Rind-Mensch; Angaben in Joule (cal)

1. Begründen Sie den Vorteil, der sich für die Ernährung der Weltbevölkerung ergäbe, wenn mehr eiweißreiche und ölhaltige pflanzliche Nahrung aufgenommen würde! Gehen Sie dabei vom Energiefluß aus!
2. Begründen Sie die Bedeutung der vielfältigen Anstrengungen, Krill (Kleinkrebse) und Algen für die menschliche Ernährung zu erschließen!
3. Definieren Sie die Begriffe Bruttoproduktion, Nettoproduktion und Ertrag!
4. Erläutern Sie aufgrund Ihrer Kenntnisse über das Zusammenwirken von Umweltfaktoren und über die ökologische Potenz der Organismen Möglichkeiten, die Differenz zwischen Bruttoproduktion und Nettoproduktion möglichst gering zu halten! Beziehen Sie sich dabei auf eine konkrete Kulturpflanzenart!

Beim Übergang der Energie von den Konsumenten der zweiten Stufe zu den Konsumenten der dritten Stufe, den Endgliedern der Nahrungskette, vollzieht sich häufig der gleiche Vorgang. Zwei Drittel der von den Fleischfressern mit der Nahrung aufgenommenen Energie veratmen diese selbst wieder, um die Lebensprozesse ihres Körpers energetisch aufrechtzuerhalten.

Vom verbleibenden Drittel kann ein Teil vom Endkonsumenten nicht aufgenommen werden und bleibt als tote Substanz zurück (■ Skeletteile, Fellteile, Federn). Dem Endkonsumenten steht wiederum nur etwa ein Zehntel der vom Konsumenten der zweiten Stufe aufgenommenen Energie zur Verfügung.

▶ *In den Nahrungsketten nimmt die Biomasse und die darin gespeicherte Energie stufenweise von den Produzenten bis zum Endkonsumenten ab.*

Es ergäben sich für die Ernährung der Weltbevölkerung beträchtliche Reserven, wenn weniger die Endglieder der Nahrungsketten, sondern möglichst die Anfangsglieder derselben als Nahrung dienten. ①②

■ 50 Mill. t der von den Produzenten des Phytoplanktons erzeugten Biomasse reichen für die Bildung von etwa 5 Mill. t tierischen Planktons — das reicht für die Bildung von 1 Mill. t Hering — diese wieder für die Bildung von 100 000 t Thunfisch oder Kabeljau als Konsumenten der dritten Stufe.

- *Stoffproduktion in Ökosystemen.* Ausgangspunkt des Stoff- und Energiestroms in Ökosystemen ist die biologische Stoffproduktion der Produzenten durch autotrophe Assimilation. Von dieser Bruttoproduktion wird ein Teil von den Produzenten selbst veratmet (↑S. 164), der verbleibende Teil — die Nettoproduktion — steht den nachfolgenden Ernährungsstufen — den Konsumenten und Reduzenten — zur Verfügung.

▶ *Bei land- und forstwirtschaftlichen Nutzpflanzen ist der Mensch bestrebt, die Differenz zwischen Brutto-Produktion und Netto-Produktion möglichst gering zu halten.*

Beim Anbau von Monokulturen können durch Berücksichtigung der physiologischen Potenz der Kulturpflanzen die Anbau- und Pflegemaßnahmen (■ Düngung, Bewässerung) so gestaltet werden, daß die Brutto-Produktion möglichst hoch liegt. ③④

Das Temperaturminimum einer positiven Kohlendioxid-Assimilation erreichen viele Pflanzen einige Grade unter dem Gefrierpunkt (Zuckerrübe − 4,2 °C, Winterweizen − 2 °C bis − 3 °C, Fichte − 2 °C bis − 3 °C, Schwarz-Kiefer − 6 °C). Das Temperaturmaximum der Kohlendioxid-Assimilation liegt durchschnittlich gesehen bei 45 °C. Bei relativ hohen Temperaturen sind die Atmungsverluste stärker als die Stoffproduktion durch die Photosynthese, so daß es zu einer negativen Bilanz der Stoffproduktion kommt. Das Maximum der produzierten Pflanzenmasse liegt deshalb nicht in den heißen Sommermonaten mit schwülen Nächten, sondern im Frühsommer zur Zeit des Schossens des Getreides beziehungsweise im Spätsommer, wenn bei den Hackfrüchten die Stoffspeicherung einsetzt. Die relativ kühlen Nächte dieser Jahreszeit setzen die Atmungsverluste herab.

Die Nettoproduktion ist nicht mit dem nutzbaren Ertrag eines landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Ökosystems gleichzusetzen.

In einer Getreidemonokultur werden Wurzeln und untere Halmteile nicht genutzt. Außerdem treten Verluste an den nutzbaren Teilen durch Pflanzenfresser und den Ausfall der Körner beim Ernteprozeß in Erscheinung.

Der tatsächliche Ertrag eines vom Menschen genutzten Ökosystems liegt also beträchtlich unter den Werten der Nettoproduktion. Durch Schädlingsbekämpfung und Verbesserung der Erntetechnologie läßt sich die Spanne zwischen beiden Faktoren verringern. Die Züchtung kurzhalmiger Getreidesorten verringert nicht nur die Lageranfälligkeit,

sondern verschiebt auch innerhalb der Nettoproduktion das Verhältnis zwischen produzierter Halm- und Körnermasse zugunsten der Körnermasse.

Zwei grundlegende Funktionen aller Ökosysteme sind der Stoff- und Energiefluß, die beide eng mit dem Nahrungskettengefüge in Verbindung stehen. Während die von den Produzenten assimilierten Nährstoffe von Konsumenten aufgenommen und schließlich durch die Tätigkeit der Reduzenten in mineralisierter Form dem Biotop wieder zurückgegeben werden können (Stoffkreislauf), durchfließt der Energiestrom, bei den Produzenten beginnend und bei der Mineralisierung der Reduzenten endend, nur in einer Richtung das Ökosystem.

Die in der Natur existierenden natürlichen, die naturnahen und auch die stark vom Menschen geprägten Agrar-Ökosysteme sind keine in sich geschlossenen, sondern offene Systeme. Durch Nahrungsketten und Nahrungskettenkomplexe besteht eine enge Verbindung zu anderen Ökosystemen, die oft Hunderte, ja Tausende von Kilometern entfernt liegen. Die Ökosysteme erhalten von außen Energie und Stoffe (■ Sonnenstrahlung, Niederschlag, Staub) zugeführt, und sie geben beides auch wieder nach außen, in andere Ökosysteme ab (■ Ausstrahlung der Wärme, ober- und unterirdischer Wasserabfluß). Durch den Tierwechsel und das Verwehen pflanzlicher Bestandteile (■ Blätter, Sporen, Früchte, Samen) über die Grenzen des Ökosystems hinaus kommt es auch zum Austausch organischer Stoffe. ①

Neben den offenen Ökosystemen gibt es als Sonderfälle geschlossene und isolierte Ökosysteme, die in der Natur selten realisiert sind. Offene Ökosysteme erhalten Stoff und Energie von außen und können diese auch wieder nach außen abgeben. Geschlossene Ökosysteme erhalten nur Energie, aber keine Stoffe von außen (■ Minigärten in Glasbehältern); isolierte Ökosysteme erhalten weder Stoffe noch Energie aus der Umwelt (■ dunkler Grottensee).

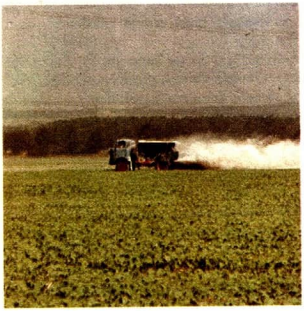
► In jedem Ökosystem herrscht ein Stoffumsatz, der durch die Vertreter der Ernährungsstufen Produzenten, Konsumenten, Reduzenten realisiert wird. Der Stoffstrom verläuft innerhalb von Nahrungsketten und ist nicht umkehrbar.

Der Stoffstrom in Ökosystemen ist mit einem Energiefluß verbunden; dabei steht jedem Glied in der Nahrungskette etwa nur ein Zehntel der von dem vorgeschalteten Glied aufgenommenen Energie zur Verfügung.

① Definieren Sie den Begriff Ökosystem!

② Erläutern Sie anhand einer Monokultur die Maßnahmen des Menschen, die notwendig sind, um ein einseitig beeinflußtes Ökosystem aufrechtzuerhalten!

# Eingriffe in das ökologische Gleichgewicht zur Steigerung der biologischen Stoffproduktion



Mineralsalzzufuhr durch Düngung (■ Streuen von Kalk)

Melioration (■ Entwässerung einer feuchten Wiese)

Der ständig steigende Bedarf an land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen führte und führt zur immer stärkeren Beeinflussung der Ökosysteme mit dem Ziel, die für den Menschen nutzbare biologische Stoffproduktion zu erhöhen.

*Monokulturen.* Wesentlichen Anteil an der Ertragssteigerung hat die Schaffung von Monokulturen (■ Weizenfelder, Rübenfelder, Fichtenforste), in denen durch die gleichen Ansprüche der Pflanzen an die Umweltfaktoren gezielte Pflege- und Erntemaßnahmen angewendet werden können und in denen auf bestimmten Flächen Pflanzen gleicher Stoffproduktion wachsen.

► *Monokulturen sind land- oder forstwirtschaftliche oder gärtnerische Kulturen jeweils einer Pflanzenart, sie dienen der Ertragssteigerung.*

Die Anlage von Monokulturen stellt allerdings erhebliche Eingriffe in das biologische Gleichgewicht der betreffenden Biozönose dar. Monokulturen sind artenarme, meist einschichtige Bestände. In ihnen herrscht deshalb oberirdisch, aber auch im Wurzelbereich eine starke Konkurrenz um die Umweltfaktoren. Es fehlt in diesen relativ artenarmen Biozönosen die Mannigfaltigkeit der zwischenartlichen Beziehungen und die optimale Nutzung aller gegebenen Umweltfaktoren (■ Lichtfaktor, Wasserfaktor).

Das Nahrungskettengefüge gestaltet sich wesentlich einfacher als in reichgegliederten Biozönosen. Der Schädlingsbefall ist häufig stärker, weil in den Nahrungsketten die natürlichen Feinde der Pflanzenschädlinge ausfallen. ②

■ Als Folge eines veränderten Nahrungskettengefüges nach einem Windbruch kam es 1946 zu einer Borkenkäferkalamität in den Fichtenforsten des Thüringer Waldes.

■ In Nadelholz-Monokulturen führt die anfallende Streu zur Rohhumusbildung, die ihrerseits zur Entbasung und Versauerung des Bodens beiträgt. Dadurch verschlechtern sich nicht nur die chemischen Bodeneigenschaften, es kommt auch zu einer starken Umschichtung der Mikroflora und Mikrofauna.

*Düngung.* In den Ökosystemen der landwirtschaftlichen Nutzflächen wie Acker und Grünland kann nur unter Mitwirkung des Menschen ein gewisses Fließgleichgewicht aufrechterhalten werden. Die jährliche Ernte, aber auch die Bodenbearbeitung entziehen den Standorten ständig beträchtliche Nährstoffmengen, die durch die natürliche Verwitterung und die Mineralisation organischer Substanzen nicht ersetzt werden können. Sie müssen durch Düngung ausgeglichen werden.

Die Produktivität eines landwirtschaftlich genutzten Standortes kann auf die Dauer nur erhalten werden, wenn dem Boden neben Mineraldünger wirtschaftseigene Dünger und Pflanzen- und Wurzelrückstände zur Verfügung stehen; denn ein wesentlicher biotischer Faktor für die Bodenfruchtbarkeit sind die Bodenmikroorganismen, die zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensfunktionen organische Substanzen benötigen. Die Beeinflussung bestimmter Bodenfaktoren (■ Reaktion, Stickstoffgehalt) durch Düngung kann aber auch zu einer starken Veränderung und Umgestaltung von Biozönosen und zur Entwicklung anderer Ökosysteme führen.

Saure, nährstoffarme Borstengrasrasen mitteleuropäischer Berggebiete mit geringen und qualitativ schlechten Erträgen können durch Düngung in anspruchsvolle, leistungsstarke Goldhaferwiesen umgewandelt werden.

Die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit als Voraussetzung für die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion ist ein wesentliches Vorhaben im Perspektivplan der DDR.

▶ *Ökosysteme der land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen haben einen offenen Nährstoffkreislauf. Der Mensch muß durch Düngung die durch die Ernte entstandenen Verluste an Nährstoffen ausgleichen.*

**Einfluß von Umweltfaktoren auf Pflanzengesellschaften**

| | | |
|---|---|---|
| Pflanzengesellschaft | Borstgrasrasen<br>anspruchslose Arten<br>■ Borstgras,<br>Heidekraut,<br>Schlängel-Schmiele,<br>Berg-Wohlverleih,<br>Schaf-Schwingel | Goldhaferwiese<br>anspruchsvollere Arten<br>■ Goldhafer,<br>Wald-Storchschnabel,<br>Weicher Pippau,<br>Perücken-Flockenblume,<br>Ährige Teufelskralle |
| Umweltfaktoren | | Anspruch |
| Wasserfaktor | frische Böden | frische Böden |
| Wärmefaktor | keine besonderen Ansprüche | keine besonderen Ansprüche |
| Bodenreaktion | stark sauer bis sauer | sauer bis schwach sauer |
| Stickstoffgehalt | gering | mittel bis hoch |
| Phosphatgehalt | gering | mittel bis hoch |
| Kaligehalt | gering | mittel bis hoch |
| Humusverhältnisse | Rohhumus | Moder bis Mull |
| Mineralisation der erzeugten Pflanzenteile | gering | mittel bis stark |
| Wirtschaftlicher Wert | | |
| Futterqualität | schlecht | gut |
| Futterertrag | gering | mittel bis hoch |

Die Verfassung der DDR erklärt den Schutz der Umwelt, die rationelle Nutzung und den Schutz des Bodens, die Reinhaltung der Gewässer und der Luft sowie den Schutz der Pflanzen- und Tierwelt und der landschaftlichen Schönheiten der Heimat zur Pflicht des Staates und der Gesellschaft und darüber hinaus auch zur Sache jedes Bürgers. In der Verfassung ist das Recht der Bürger auf Gesunderhaltung sowie Freizeitgestaltung und Erholung niedergelegt. Mit dem Landeskulturgesetz („Gesetz über die planmäßige Gestaltung der sozialistischen Landeskultur in der Deutschen Demokratischen Republik") vom 14. Mai 1970 und seinen inzwischen erlassenen 6 Durchführungsverordnungen wurden in der DDR wichtige Rechtsgrundlagen zur planmäßigen Gestaltung der natürlichen Umwelt geschaffen.①②③④⑤

Die Erfahrungen der sozialistischen Länder zeigen die Überlegenheit der sozialistischen Ordnung.

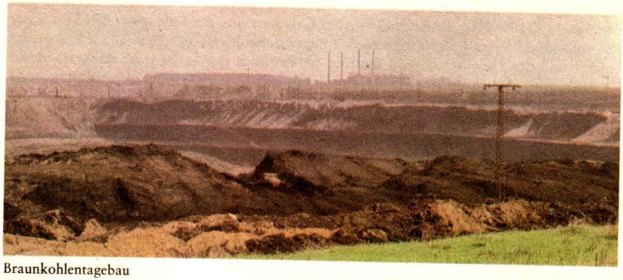
| Territorien | Anteil an Weltproduktion in % | Anteil an Umweltverschmutzung in % |
|---|---|---|
| Entwickelte kapitalistische Länder | 53 | 63 |
| Sozialistische Länder | 33 | 15 |
| Entwicklungsländer | 14 | 22 |

Eine endgültige Lösung der lebenswichtigen weltweiten Probleme des Umweltschutzes wird erst durch den Sieg der kommunistischen Gesellschaftsordnung auf der ganzen Welt möglich werden.

Ausgehend von den Erkenntnissen von Marx, Engels und Lenin wurde mit der Errichtung der sozialistischen Gesellschaftsordnung auch der antagonistische Widerspruch zwischen Gesellschaft und Natur überwunden. Mit der Vergesellschaftung der Produktionsmittel wurden auch die Naturreichtümer Eigentum der ganzen Gesellschaft. So entstand das objektive Interesse der Arbeiterklasse an ihrer sinnvollen Nutzung und ihrem Schutz in Übereinstimmung mit dem ökonomischen Grundgesetz des Sozialismus, der ständigen Entwicklung der Produktion und der ständig wachsenden Bedürfnisse. Dabei hatte die Arbeiterklasse als Erbe eine vom Kapitalismus über ein Jahrhundert lang entsprechend einem seiner ökonomischen Grundgesetze, dem Mehrwertgesetz, ausgebeutete Natur zu übernehmen.

Diese ausgebeutete Natur wurde charakterisiert durch unproduktive Bergbaufolgelandschaften, gestörte Wald- und Wasserökosysteme, verschmutzte Oberflächengewässer, verpestete Luft über den Ballungszentren der Industrie, Tausende ungeordneter Mülldeponien. Typisch waren Technologien, die aus Profitstreben heraus auf eine hohe Arbeitsproduktivität und auf eine hohe Ausbeute des jeweiligen Werk- oder Rohstoffes gerichtet sind, nicht aber auf den Schutz der Naturressourcen über die Dauer von Generationen hinweg.

# Nutzung und Schutz der Umwelt und der Naturressourcen



Braunkohlentagebau

Die Umwelt ist in der wissenschaftlichen Forschung Arbeits- und Erkenntnisgegenstand; die Erweiterung und Vertiefung von Kenntnissen über biologische Sachverhalte ist notwendig für eine rationelle Nutzung der Umwelt, sie gibt aber auch Hinweise für andere Gebiete der Naturwissenschaften und der Technik. In allen Ländern wird dem Schutz und den vielfachen Nutzungsmöglichkeiten der Naturressourcen immer mehr Interesse entgegengebracht.

*Die Erhaltung und Steigerung der Leistungsfähigkeit der Ökosysteme zur biologischen Stoffproduktion und zum Energieumsatz erfordern hohen gesellschaftlichen Aufwand, sie sind möglich nur bei effektiver und ressourcenschonender Nutzung.*

In dem auf dem IX. Parteitag der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands im Mai 1976 beschlossenen Programm der SED wird festgestellt: „Die Natur als Quelle des Lebens, des materiellen Reichtums, der Gesundheit und der Freude der Menschen zu erhalten, rationell, auf wissenschaftlicher Grundlage zu nutzen ist notwendig, damit sie dem gesicherten und glücklichen Leben kommender Generationen in der kommunistischen Gesellschaft dienen kann. Durch wirksame gesellschaftliche Anstrengungen zum Schutz des Bodens, zur Reinhaltung von Luft und Wasser sowie zur Vermeidung des Lärms werden bessere Bedingungen für die Arbeit und Freizeit geschaffen." In den Beschlüssen des Parteitages wird deutlich, daß der Umweltschutz eine gesellschaftliche Aufgabe darstellt, die notwendiger Bestandteil der weiteren Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft und der Schaffung der Grundlagen für den allmählichen Übergang zum Kommunismus in der DDR ist. Die erforderlichen Maßnahmen reichen vom Schutz bis zur planmäßigen Umgestaltung der Umwelt und der verstärkten Nutzung der natürlichen Ressourcen entsprechend den wachsenden Anforderungen. In der DDR gehört die Gestaltung, die rationelle Nutzung und der Schutz der Umwelt mit allen ihren Reichtümern zum festen Bestandteil der staatlichen Politik, des stetigen Aufschwungs der Produktion und der Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der heutigen und künftigen Generationen.

*Umweltschutz und Umweltgestaltung sind ein gesamtgesellschaftliches Anliegen zur langfristigen Sicherung des volkswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Reproduktionsprozesses.*

■ Nutzung der Naturressourcen

| Ressource | Nutzung als |
|---|---|
| Boden | Produktionsmittel in Land- und Forstwirtschaft und Gartenbau<br>Baugrund für Produktionsstätten, Verkehrsanlagen, Siedlungen<br>Raum für Naherholungsgebiete, Sportstätten |
| Wasser | Ausgangsstoff für biologische Stoffproduktion<br>Produktionsmittel in Industrie und Landwirtschaft und Fischerei<br>Produktionsmittel zur Erzeugung elektrischer Energie<br>Trinkwasser<br>Transport- und Verkehrsmittel |
| Luft | Ausgangsstoff für biologische Stoffproduktion<br>Produktionsmittel in der Industrie<br>Produktionsmittel zur Erzeugung elektrischer Energie |
| Bodenschätze | Rohstoffe für Industriegüterproduktion<br>Energieträger |
| Organismen | Ausgangsstoff in der Nahrungsmittelproduktion<br>Rohstoffe für Industriegüterproduktion<br>Erzeuger von Energieträgern<br>Produktionsmittel in der Industrie<br>Bereicherung zur ästhetischen Gestaltung von Wohn- und Arbeitsplätzen<br>Bereicherung der ästhetischen und ethischen Erlebnisbereiche |

Verantwortlich für Leitung, Planung, Durchführung und Kontrolle aller Maßnahmen zum Umweltschutz sind die Organe des sozialistischen Staates (■ Ministerrat der DDR; Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft in Zusammenarbeit mit anderen Ministerien, Ratsbereiche Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Räte der Bezirke, Kreise, Städte und Gemeinden sowie die Ständigen Kommissionen Umweltschutz/Sozialistische Landeskultur der Volksvertretungen). Bei der Lösung der Aufgaben im Umweltschutz wirken die Nationale Front und gesellschaftliche Organisationen wie FDJ, KDT, Kulturbund der DDR, Urania, aktiv mit.

Die wachsende Aktivität breiter Kreise der Bevölkerung findet ihren tätigen Ausdruck in der Mitwirkung an dem von der Nationalen Front der DDR organisierten Wettbewerb „Schöner unsere Städte und Gemeinden — mach mit". Im Rahmen dieses Wettbewerbs werden zahlreiche Initiativen für die Verbesserung der Umweltbedingungen (■ Errichtung und Pflege von Grünanlagen und Naherholungsgebieten) und für die Sauberhaltung der Wohngebiete wirksam.

Zu den staatlichen Aufgaben im Umweltschutz der DDR gehört die Leitung und Planung der Grundlagen des Umweltschutzes in seiner volkswirtschaftlichen Komplexität (■ Schutz der Atmosphäre, rationelle Nutzung und Schutz der Gewässer und des Bodens,

Schutz vor Lärm). Ziel der wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklung ist die Schaffung weitgehend geschlossener Stoffkreisläufe (■ durch abprodukt-, wasser- und energiearme bzw. -freie Technologien), um die durch Emission von Schadstoffen entstehende Umweltbelastung auf ein Minimum zu reduzieren. Durch die Schaffung von Landschafts- und Naturschutzgebieten werden der Schutz von seltenen Pflanzen und Tieren sowie von Naturdenkmalen gesichert. Die Herausbildung eines bewußten Umweltverhaltens durch verschiedene Maßnahmen (■ Öffentlichkeitsarbeit, Erziehung und Aus- und Weiterbildung von der Kindheit bis ins hohe Alter) ist eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung dieser Aufgaben. In der Verantwortung jedes einzelnen liegt es

- sich der eigenen Verantwortung gegenüber den Mitmenschen und den künftigen Generationen bewußt zu sein und danach zu handeln,
- schädliche Wirkungen auf die natürlichen Ressourcen bei der Arbeit und im privaten Leben zu vermeiden,
- beim Umgang mit Naturreichtümern sparsam zu sein und gegenwärtige wie auch zukünftige Bedürfnisse zu beachten.

▶ *Der Schutz der Umwelt und die rationelle Nutzung der natürlichen Ressourcen sind gleichzeitig Aufgaben von internationaler Bedeutung.*

In den Mitgliedsländern des RGW wird an der gemeinsamen, arbeitsteiligen Lösung wichtiger Umweltschutz-Vorhaben, die in einem umfassenden Programm der Zusammenarbeit formuliert sind, gearbeitet. Dabei richtet sich die Tätigkeit der DDR im RGW, ebenso wie die der anderen sozialistischen Länder, insbesondere auf die weitere Erhöhung der Effektivität, auf vorteilhafte Arbeitsteilung, Spezialisierung und Produktionskooperation. Von besonderer Bedeutung für die DDR ist die Zusammenarbeit mit der UdSSR, mit der auch im Umweltschutz Vereinbarungen abgeschlossen wurden, die sich auf den Erfahrungsaustausch in der Leitung, Prognose und Planung des Umweltschutzes sowie auf die Lösung wissenschaftlich-technischer Aufgaben erstrecken.

Die DDR mißt der Zusammenarbeit von Staaten unterschiedlicher Gesellschaftsordnungen auf der Basis des gegenseitigen Vorteils bei voller Wahrung der Souveränität und Nichteinmischung in die inneren Angelegenheiten große Bedeutung bei. Die DDR beteiligt sich als Mitglied der UNO und einer Reihe ihrer Spezialorganisationen (■ UNEP, UNESCO, ECE, WHO) aktiv an der internationalen Zusammenarbeit auch auf dem Gebiet des Umweltschutzes. Als Ergebnis der internationalen Zusammenarbeit liegt eine Reihe von Abkommen und Verträgen vor, wie

- Ostseekonvention
- Vertrag über das Verbot von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser (1963)
- Konvention über das Verbot militärischer oder sonstiger feindseliger Anwendung von Mitteln zur Einwirkung auf die Umwelt (1977).

(1) Erläutern Sie an mehreren Beispielen die Bedeutung der Luft für das Leben auf der Erde und für die menschliche Gesellschaft!

(2) Begründen Sie das verstärkte Auftreten von Rauchschäden in Nadelwäldern!

# Verminderung der Luftbelastung und Schutz der Atmosphäre

Durch Kalkstaub geschädigter Laubbaum

Grünanlagen in einem Wohngebiet

*Schadstoffe und Quellen der Luftverschmutzung.* Die Luft hat für die Lebensprozesse der Organismen, als Rohstoffquelle und für die Energieerzeugung durch Verbrennung fossiler Energieträger (■ Kohle, Erdöl und Erdgas) eine große Bedeutung. Infolge der starken Entwicklung der Produktivkräfte unter den Bedingungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts hat sich vor allem in den Ballungsgebieten der Industrie, der Siedlungen und des Kraftfahrzeugverkehrs der Anteil an Schadstoffen in der Luft stark erhöht. Das Verkehrswesen, die Industrie und der Hausbrand gehören dabei zu den stärksten Luftverschmutzern.

Neben dem Staub gehören Schwefeldioxid, Stickoxide, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Bleiverbindungen zu den wichtigsten luftverschmutzenden Stoffen, weil sie in weiten Bereichen der Atmosphäre der Erde auftreten. ①

Das Schwefeldioxid entsteht vor allem durch Verbrennung fossiler Energieträger. Durch die Abgase von Verkehrsmitteln gelangen vor allem Kohlenmonoxid, Stickoxide, giftige Kohlenwasserstoffe und Bleiverbindungen in die Luft.

*Schädigende Wirkung der Luftverunreinigung.* Luftverunreinigungen wirken sich negativ auf den Menschen, aber auch auf Tiere, Pflanzen, auf den Boden, auf Sachwerte und auf das Klima aus.

Schwefeldioxid in höheren Konzentrationen reizt die Schleimhäute und beeinflußt Erkrankungen der Atmungsorgane ungünstig. Das Kohlenmonoxid bildet stabile Anlagerungsverbindungen mit dem Hämoglobin und behindert dadurch die Sauerstoffaufnahme in das Blut. Bereits ein Anteil von 0,1 % Kohlenmonoxid in der Atemluft setzt den Sauerstoffgehalt des Blutes auf den zweihundertsten Teil des Normalwertes herab. Die Aufnahme von Bleiverbindungen (■ aus den Abgasen der Kraftfahrzeuge) kann ebenfalls zu gesundheitlichen Schäden führen. Luftverunreinigungen beeinträchtigen die Assimilationsleistungen, das Wachstum und die Erträge der Pflanzen und führen bei starker Konzentration zu Schädigungen und zum Absterben. Besonders starke Rauchschäden treten in Nadelwäldern auf. Luftverunreinigungen wirken sich auch auf das Klima und den Stoffkreislauf in der Natur aus. ②



12 [01 11 61]

Auszug der MIK-Werte einiger luftverschmutzender Stoffe (Gesetzblatt vom 24. April 1973)

| Schadstoffe | Konzentration in mg/m³ Kurzzeitgrenzwerte ($MIK_K$) | Dauergrenzwert ($MIK_D$) |
|---|---|---|
| Äthanol | 15,0 | 5,0 |
| Äthylen | 3,0 | 2,0 |
| Benzol | 1,5 | 0,8 |
| Chlorwasserstoff | 0,050 | 0,015 |
| Fluorverbindungen | 0,03 | 0,01 |
| Kohlenmonoxid | 3,0 | 1,0 |
| Methanol | 1,0 | 0,5 |
| Phenol | 0,03 | 0,01 |
| Ruß | 0,15 | 0,05 |
| Schwefeldioxid | 0,50 | 0,15 |
| Schwefelsäure | 0,05 | 0,02 |
| Staub (nichttoxisch) | 0,5 | 0,15 |
| Stickoxide (berechnet als $NO_2$) | 0,1 | 0,04 |

Die direkte Sonnenstrahlung wird über einer Großstadt im Sommer um 30 % und im Winter sogar bis 50 % vor allem durch die Dunstschicht der Atmosphäre absorbiert. Die Dunstglocken der Großstädte absorbieren einen großen Teil, in Extremfällen bis zu 90 % der UV-Strahlung. Die dadurch bedingte Herabsetzung der Stoffwechselprozesse bei Pflanzen wirkt sich wiederum negativ aus, weil grüne Pflanzen aktive Filter für Luftverunreinigungen sowie gleichzeitig Sauerstoffproduzenten sind.

Die mit der raschen Entwicklung der Produktivkräfte verbundene starke Steigerung der Energieerzeugung und der Industrieproduktion führen einerseits zu einer starken Belastung der Luft mit Kohlendioxid durch die Nutzung fossiler Brennstoffe und andererseits zu einer beträchtlichen Erhöhung des Sauerstoffbedarfs. Dadurch besteht die Gefahr einer Verschiebung der Anteile beider Gase in der Erdatmosphäre und damit einer Störung des Gleichgewichtes zwischen Photosynthese, Assimilation und Atmung sowie der Mineralisierungstätigkeit der Reduzenten, wie es sich im Verlauf der erdgeschichtlichen Entwicklung herausgebildet hat.

Seit 1959 ist der Kohlendioxidgehalt der Luft um etwa 5 % angestiegen. Gegenwärtig beträgt die jährliche Zunahme 0,4 %. Dieser Anstieg ist zweifellos eine Folge der weltweiten Verbrennung fossiler Stoffe und vielleicht auch der Beseitigung großer Waldgebiete, insbesondere in den Tropen. Die Langzeitwirkung des steigenden Gehaltes an Kohlendioxid in der Luft und des damit verbundenen erhöhten Sauerstoffverbrauchs (■ in den USA wird bereits heute 1,7 mal mehr Sauerstoff verbraucht als auf ihrem Territorium durch Photosynthese freigesetzt wird) sind noch nicht umfassend wissenschaftlich untersucht. ①

① Beschreiben Sie, durch welche Maßnahmen und Verhaltensweisen Sie persönlich zur Minderung der Luftverschmutzung beitragen können!

② Erläutern Sie, welche Bedeutung Gehölzanpflanzungen oder Grünanlagen auch unabhängig von ihrer Filterwirkung für die Regeneration der Luft haben!

# Maßnahmen zur Minderung der Luftbelastung in der DDR

Der sozialistische Staat unternimmt große Anstrengungen und setzt beträchtliche Mittel und Kräfte ein, um ein weiteres Ansteigen der Luftverunreinigung zu verhindern. Ein ganzer Komplex von Maßnahmen wurde eingeleitet, um die gesetzlich festgelegten Grenzwerte maximaler Immissionskonzentration nicht zu überschreiten.

Durch den weiteren Einsatz von Entstaubungs- und Abgasreinigungsanlagen, insbesondere in den Bereichen Kohle und Energie, chemische Industrie, Erzbergbau, Metallurgie und Kali sowie Bauwesen, wird die Staubbelastung in den Industriegebieten planmäßig gesenkt.

Maßnahmen zur Minderung der Luftbelastung in der DDR sind:

- Entwicklung abproduktarmer und -freier Produktionstechnologien
- Senkung des spezifischen Energieverbrauchs
- Verwendung von schwefelarmen Brennstoffen bei der Energieerzeugung
- Einbau und rationeller Betrieb von Entstaubungsanlagen in Industrie und Kraftwerken
- stärkere Nutzung von Energieträgern ohne Verbrennungsprozesse (Atomenergie, Sonnenenergie)
- Maßnahmen zur Territorialplanung zur Herabsetzung der Schadwirkung von Luftverunreinigungen (■ Beachtung der Hauptwindrichtung bei der Standortwahl neuer Wohnsiedlungen und Industriebetriebe, räumliche Trennung von Siedlungen und Industriekomplexen)
- Anschluß von Wohnkomplexen und Gesellschaftsbauten an Fernheizwerke.

Eine wichtige Maßnahme zur Regeneration der durch Staub verunreinigten Luft bilden Gehölzanpflanzungen im Bereich von Siedlungen, Industriekomplexen und in der Kulturlandschaft. ②

■ Ein Hektar Nadelwald filtert 30 t bis 35 t, ein Hektar Buchenwald sogar bis 68 t Staub aus der Luft aus, wobei eine Straßenbepflanzung von 1 km Länge in ihrer Filterwirkung etwa der Fläche eines Hektars Wald entspricht.

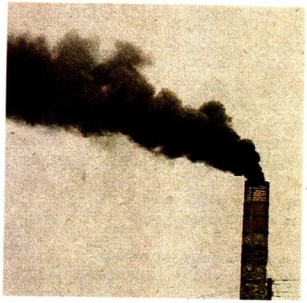
In zunehmendem Maße stellen Abgase der Kraftfahrzeuge eine Hauptquelle der Luftverunreinigung dar; Maßnahmen gegen diese Luftbelastung sind besonders wichtig. Dabei kann auch der einzelne Kraftfahrer durch verantwortungsbewußtes Verhalten im Verkehr einen Beitrag dazu leisten (■ zügige Fahrweise; Abstellen des Motors bei längerem Halt, abgasgerechte Leerlaufeinstellung des Motors, stärkere Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel).

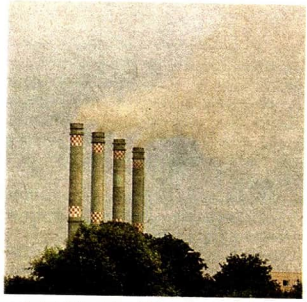
► *Der Kampf gegen die Luftverunreinigung gehört zu den Schwerpunktaufgaben des Umweltschutzes in der DDR.*

In den industriellen Ballungszentren werden beträchtliche Investitionsmittel aufgewendet, um bei kontinuierlich steigender Produktion die Luftbelastung durch den Einbau von

■ **Möglichkeiten für Gehölzanpflanzungen in der Kulturlandschaft**

| In Industriegebieten | In Landwirtschaftsgebieten |
|---|---|
| Als Gürtel um Produktionshallen<br>Als Begrenzung von Zufahrtswegen<br>Als Begrenzung von Kanälen | Als Markierung von Schlaggrenzen<br>Als Befestigung von Dämmen und Böschungen<br>Als Begrenzung von Wirtschaftswegen |





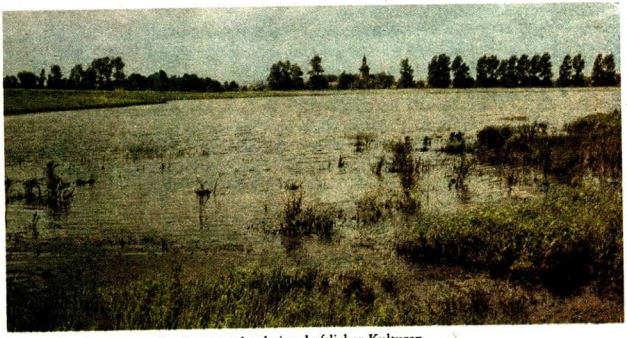
Wirkung von Filteranlagen in den Schornsteinen von Industriebetrieben (links ohne, rechts mit Filter)

Entstaubungs- und Abgasreinigungsanlagen herabzusetzen. In vielen Industriegebieten konnte durch die Modernisierung der Produktionstechnologie und durch den Einsatz schadstoffarmer Energieträger vor allem hinsichtlich der Staubbelastung der Atmosphäre Beträchtliches geleistet werden.

■ Jedes neu errichtete Kraftwerk muß mit Anlagen ausgerüstet sein, die 97% bis 99% des Staubes aus den Abgasen zurückhalten. Der Staubniederschlag (Immission) betrug zu Beginn der sechziger Jahre in der Nähe von Kraftwerken durchschnittlich 893 g/m², maximal sogar 2 176 g/m² in 30 Tagen, in den letzten Jahren konnte dieser Wert beträchtlich gesenkt werden. ①

① Nennen Sie Beispiele dafür, welche Maßnahmen in Ihrem Heimatkreis in den letzten fünf Jahren zur Reinhaltung der Luft durchgeführt wurden!

# Rationelle Nutzung und Schutz des Wassers



Künstlicher Stausee zur Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen

*Bedeutung und Funktion des Wassers.* Das Wasser besitzt für die gesunde Entwicklung des Menschen und für die Produktion materieller Güter durch den Menschen eine große Bedeutung. Wasser als Grundlage des Lebens bildet einen wichtigen Bestandteil der Körper aller Organismen und ist Voraussetzung für den Ablauf von Wachstums-, Ertrags- und Entwicklungsprozessen der Pflanzen- und Tierwelt.

Der Wasserdampf der Atmosphäre bildet eine wichtige Voraussetzung für Gestaltung und Ablauf von Witterung und Klima; die erodierende, transportierende und sedimentierende Wirkung des Wassers formt die Oberfläche der Erde in bedeutendem Maße mit.

Beträchtliche Wassermengen benötigt der Mensch für seine Lebenstätigkeit, für die Produktion und Konsumtion materieller Güter.

■ Die Leunawerke benötigen täglich etwa 1 Mill. $m^3$ Wasser, was der zehnfachen Menge des von der Stadt Halle verbrauchten Wassers entspricht.

■ Eine Großvieheinheit benötigt bei individueller Haltung etwa 60 l Wasser täglich, in den modernen Großanlagen der Tierproduktion liegt der Verbrauch bei 180 l.

In den Siedlungsgebieten der DDR betrug der Wasserverbrauch im Jahre 1970 110 l je Einwohner. Durch den steigenden Lebensstandard wird er weiter ansteigen. Der jährliche Wasserbedarf in der DDR betrug im Jahre 1970 fast 8 Milliarden $m^3$, wobei etwa 78 % auf die Industrie, 10 % auf die Siedlungen und 12 % auf die Landwirtschaft entfielen.

Das Volumen des in der Mitte der sechziger Jahre jährlich in der DDR genutzten Wassers würde eine Rohrleitung von der Erde zum Mond mit einem Durchmesser von 4,80 m füllen.

*Gewässerverunreinigung.* Durch die Nutzung des Wassers in Industrie, Landwirtschaft und Haushalt kommt es in vielen Fällen zu einer Verunreinigung des Wassers.

▶ *Aus dem Brauchwasser der Industrie und Landwirtschaft und aus dem Trinkwasser der Siedlungen wird Abwasser, das die Umwelt stark belastet.*

Abwasser ist unterschiedlich verschmutzt.

— *Äußerst schädlich:* Abwasser mit Beimengungen von Phenol, Öl, Fetten, Kraftstoff, Teer, Beizwässer, schwermetallhaltige Abwässer, Zellstoffabwässer, Kaliendlaugen, Abwässer aus zentralen Viehhaltungen
— *Stark schädlich:* Abwässer aus Papierfabriken, Textilfabriken, der Lederindustrie, Schlachthöfen, Molkereien, Wäschereien, Brauereien, Brennereien
— *Teilweise schädlich:* Abwässer aus Hüttenbetrieben

■ Zahlreiche Inhaltsstoffe des Abwassers sind gesundheitsschädlich. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe wirken krebsauslösend. Aus schwermetallhaltigen Abwässern gelangen über Nahrungsketten, die beim Phytoplankton beginnen und sich über Zooplankton und Fische bis zum Menschen fortsetzen, schädliche Schwermetallverbindungen in die Körper der Organismen, wobei sich eine beträchtliche Akkumulation dieser Giftstoffe von Stufe zu Stufe innerhalb der Nahrungsketten vollzieht.

Durch die mit Abwasser (■ Gülle) zugeführten organischen Stoffe kommt es in den Gewässerökosystemen zu einer starken Vermehrung und Aktivität der Reduzenten (■ Bakterien, Urtierchen, Insektenlarven), die für ihre Abbauprozesse große Mengen Sauerstoff benötigen, der ihnen jedoch im Wasser nicht unbeschränkt zur Verfügung steht. Sinkt der Sauerstoffgehalt des Wassers unter 5 mg/l, dann wird das biologische Gleichgewicht in den Gewässerökosystemen zerstört. Die aeroben Reduzenten können ihre Lebensprozesse nicht mehr aufrechterhalten. Sie sterben ab, und es kommt zur anaeroben Zersetzung, zu Fäulnisprozessen und der Bildung von Schwefelwasserstoff.

Eine Regenerierung dieser Gewässer, vor allem wenn es sich um stehende Gewässer (■ Teiche und Binnenseen mit relativ stabiler Wasserschichtung) handelt, erfordert einen beträchtlichen Aufwand und hohe Kosten.

Zu einem völligen Zusammenbruch der Ökosysteme kann es bei extremer Eutrophierung der Gewässer durch landwirtschaftliche Abwässer (■ Gülle) und Haushaltsabwässer kommen.

Nicht nur die Eutrophierung, sondern auch die Erwärmung der Flüsse und Seen durch Industrieabwässer und Kühlwasser der großen Kraftwerke wirkt sich nachteilig auf die Gewässerökosysteme aus, weil das Vermögen des Wassers, Sauerstoff zu lösen mit der Erhöhung der Wassertemperatur abnimmt. Die Temperaturerhöhung des Wassers führt zu einer Intensivierung der Lebensprozesse der Reduzenten, was zu einem stärkeren Verbrauch des Sauerstoffs im Wasser beiträgt. Die Sauerstoffzunahme der Gewässer aus der Atmosphäre hängt in starkem Maße auch vom Sättigungsgrad und von der Wasserbewegung ab. ①②③

Bedrohliche Ausmaße nimmt auch die Verschmutzung der Weltmeere, vor allem durch Öl und Industrieabprodukte, aber auch durch die Abwasserlast der in die Meere mündenden Ströme an. Durch Abwasser ist auch die Ostsee gefährdet, da hier die Schichtung des Wassers infolge der relativen Isolierung vom freien Meer und dem Fehlen der Gezeiten sehr stabil ist. Dadurch wird eine Vermischung und Verdünnung der einfließenden Abwässer und die Sauerstoffaufnahme bis in die tiefen Schichten erschwert.

① Erläutern Sie die Maßnahmen gegen die Eutrophierung der Gewässer und bestimmen Sie die Bedingungen für die differenzierte Anwendung!
② Stellen Sie anhand ökologischer und physiologischer Kenntnisse möglichst umfassend die Folgen der Weltmeerverschmutzung zusammen. Berücksichtigen Sie dabei auch die zunehmende Bedeutung der Algen!
③ Erläutern Sie, durch welche Maßnahmen im persönlichen Verhalten Sie dem Gewässerschutz dienen können!

# Zur ökologischen Exkursion

Biozönosen oder Einzelobjekte als Beobachtungsgegenstand der Exkursion

Ökologische Exkursionen dienen der Beobachtung und Untersuchung einzelner Organismen oder Biozönosen und ihrer Abhängigkeit von den Umweltfaktoren beziehungsweise ihrer Beeinflussung der Umweltfaktoren. Sie tragen wesentlich zum Erkenntnisgewinn über die Wechselbeziehungen zwischen Organismus und Umwelt bei.

Die Zielstellungen einer ökologischen Exkursion können sehr unterschiedlich sein:

- Untersuchung von Einzelorganismen und ihre Abhängigkeit von bestimmten Umweltfaktoren
- Untersuchung von Populationen und ihrer Schwankungen in Abhängigkeit von den Umweltfaktoren
- Untersuchungen von Biozönosen und den Beziehungen zwischen ihren einzelnen Elementen sowie zwischen Biozönose und abiotischer Umwelt.

Aus den Ergebnissen zahlreicher solcher Untersuchungen über das Verhalten von Organismen im natürlichen Biotop lassen sich Verallgemeinerungen und Gesetzmäßigkeiten über die Wechselwirkungen und die gegenseitige Abhängigkeit von Organismus und Umwelt ableiten, deren Kenntnis und Berücksichtigung bei der Nutzung und Gestaltung der Natur für den Menschen eine entscheidende Rolle spielen.

Das Gelingen einer Exkursion, das heißt das Erzielen exakter, auswertbarer Untersuchungsergebisse, ist weitgehend abhängig von der gründlichen Vorbereitung. Dazu gehört das Festlegen der inhaltlichen Ziele der Exkursion:

- Erkunden der Struktur eines Ökosystems
- Anwenden und Kontrollieren der Kenntnisse über Angepaßtheiten der Pflanzen an abiotische Umweltfaktoren

— Beobachten von Umweltschäden und Erkennen der Ursachen beziehungsweise Beobachten von Maßnahmen zur Verhinderung von Umweltschäden und Erläutern ihrer Wirkungsweise
— Sammeln und Herbarisieren von Pflanzen unter ökologischen Gesichtspunkten (■ Xerophyten-Hygrophyten, Schmarotzerpflanzen).

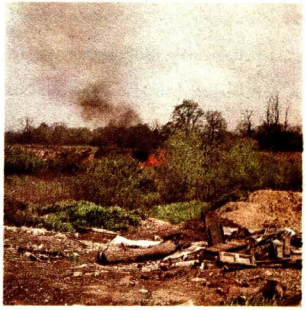
Zur Exkursionsvorbereitung gehören außerdem, abhängig von den Zielen, die Festlegung der Exkursionsroute, die Bereitstellung des entsprechenden Arbeitsmaterials (■ Meßgeräte, Sammelbehälter) und die Vorbereitung von Beobachtungsblättern.

Die inhaltlichen Ziele einer Exkursion lassen sich unter sehr unterschiedlichen örtlichen Bedingungen realisieren (■ Untersuchung der Angepaßtheit an den Wasserfaktor am Bachufer oder am trockenen Südhang, Zusammensetzung einer Biozönose auf Hackfruchtflächen oder im Mischwald). Je nach den Gegebenheiten müssen die Untersuchungen variiert werden, darum werden im folgenden nur allgemeine Hinweise zu ökologischen Untersuchungen gegeben.

Zur Gewinnung ökologischer Erkenntnisse auf Exkursionen wird in der Regel die Beobachtungsmethode angewendet, die sich auf das Beobachten und Feststellen von Eigenschaften und Merkmalen, von zeitlichen Abfolgen oder räumlichen Beziehungen gründet, ohne dabei grundlegende verändernde Eingriffe an den Untersuchungsobjekten oder -prozessen vorzunehmen.

Die Beobachtungen werden unter vorher genau festgelegter Zielstellung (■ Ermitteln der Artenzusammensetzung auf der Untersuchungsfläche, Ermitteln der Lichtintensität in der Krautschicht) vorgenommen, die Arbeitsschritte und die Ergebnisse werden sofort exakt protokolliert, wobei in jedem Falle die genaue Zeit- und Ortsangabe erforderlich ist, und in der Regel zu einem späteren Zeitpunkt verglichen und ausgewertet.

Einige Untersuchungen können während der Exkursion im Freiland nur schlecht durchgeführt werden (■ Feststellen des *p*H-Wertes), in diesen Fällen wird Untersuchungsmaterial (■ Bodenprobe, Wasserprobe) entnommen, beschriftet und im Fachunterrichtsraum untersucht. Entsprechend wird verfahren, wenn bei Bestandsaufnahmen charakteristische Vertreter der zu untersuchenden Biozönose (■ Gräser) nicht identifiziert werden können.



Beispiele für Umweltbelastung: ungeordnete Müllablagerung (links) und Bodenerosion (rechts)

Sie werden in der Bestandsliste mit einem beliebigen Zeichen (■ X, Y) geführt, unter dem gleichen Zeichen in eine Sammelmappe oder einen Plastbeutel eingelegt, im Fachunterrichtsraum bestimmt, und der gültige Name wird in die Bestandsliste nachgetragen.

Bei vielen ökologischen Untersuchungen ist das Messen von abiotischen Umweltfaktoren von großer Bedeutung, da diese Faktoren häufig die Grundlage für die jeweils beobachteten Reaktionen der Organismen (■ Ausbildung der Blattspreite, Auftreten von Kümmerwuchs) darstellen. Um zu genauen Werten zu kommen, sind Fehlerquellen möglichst auszuschalten. Es ist deshalb angebracht, daß

- die Messungen, in Abhängigkeit von der Größe der Untersuchungsflächen, an mehreren Meßpunkten vorgenommen und die Werte gemittelt werden,
- die einzelnen Werte in jeweils der gleichen Schicht (■ Krautschicht, Boden in 30 cm Tiefe) ermittelt werden,
- Bodenproben von mehreren Stellen entnommen und vor dem Messen der einzelnen Faktoren (■ Kalkgehalt, Feuchte) gemischt werden,
- Bodenproben möglichst aus dem Wurzelhorizont (■ Wiese in etwa 10 cm Tiefe) entnommen werden,
- bei Lichtmessungen (■ mit einem photoelektrischen Belichtungsmesser) der Lichtwert unmittelbar am Objekt gemessen wird, und daß der Schatten des Messenden nicht stört,
- bei Temperaturmessungen das Thermometer nicht von der Sonne beschienen und möglichst frei hängend leicht bewegt wird.

Zu grundlegenden ökologischen Untersuchungen gehört auch das Feststellen der Artenzusammensetzung einer bestimmten Biozönose. Um die Beziehungen zwischen den einzelnen beteiligten Organismen leichter zu erkennen ist es zweckmäßig, die ermittelten Tier- und Pflanzenarten den verschiedenen Schichten des Ökosystems zuzuordnen.

Ferner ist es für das Erkunden von Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Organismenarten einer Biozönose von Bedeutung festzustellen, in welcher Weise jede Art an der Zusammensetzung der Biozönose beteiligt ist. Bei Pflanzen werden dazu der Deckungsgrad und die Anzahl der Individuen geschätzt. Der Deckungsgrad drückt aus, wieviel Prozent der Bodenfläche von der betreffenden Art bedeckt sind. Deckungsgrad und Individuenanzahl können durch jeweils fünfstufige Skalen ausgedrückt werden; in der Regel werden beide Werte kombiniert und als Artmächtigkeit angegeben. Ähnlich wird bei der Bestandsaufnahme von Tieren verfahren.

**Skala der Artmächtigkeit**

| | |
|---|---|
| r | Individuenanzahl sehr spärlich (1 bis 5), Deckungsgrad sehr gering |
| + | Individuen spärlich, Deckungsgrad gering |
| 1 | Individuen zahlreich, Deckungsgrad gering |
| 2 | Individuen sehr zahlreich, Deckungsgrad 5% bis 25% |
| 3 | Deckungsgrad 25% bis 50%, Individuen beliebig |
| 4 | Deckungsgrad 50% bis 75%, Individuen beliebig |
| 5 | Deckungsgrad 75% bis 100%, Individuen beliebig |

# Register

* Abbildungshinweis

## A


Abstammung 21
Abstammungslehre 10
Abwasser 181ff.
—, Reinigung 183f.
Algen 31, 37, 63
Angepaßtheit 92, 185
—, Bodenreaktion 131ff.
—, Landleben 49, 64, 87
—, Lebensweise 87, 142
—, Lichtfaktor 127ff.
—, Wärmeregulation 112
—, Wasserfaktor 123ff.
Aorta 88
Aortenwurzel 96*
Arbeit 111, 171
Archaeopteryx 102
Aristoteles 9f.*
Art 11, 13ff.
Artengruppen 148
Artmächtigkeit 187
Aspekt 152, 154
Assimilation 127, 178
Assimilationsfarbstoff 24, 26, 32, 41
—leisten 38f.*
—zellen 40*
Assoziationen 82
Assoziationszentren 88*, 116
Atemgase, Austausch 96
Atemsystem 88
Atmung 110, 178
Atmungsorgane 90
Augentierchen 72
Ausscheidungsorgane 83, 86*
Außenskelett 82, 86f.
autotroph 26f., 31, 72


## B


Bakterien 19, 23ff.*, 63, 141, 143
—, Bedeutung 27ff.*
—, Krankheiten 29f.
—, Koloniebildung 23*, 25
—, nitrifizierende 26*
—, phylogenetische Beziehungen 26
—, Stoffwechselprozesse 27f., 36
—, Syntheseleistungen 28f.
—, systematische Einteilung 26
—, Vermehrung 21*
—zelle 23f.*
Bakteriochlorophyll 19, 24
Bakteriophagen 20f.*
Bärlappe 44f.*, 63
Bärtierchen 83
Bastardierung 18
Bauchgefäße 85*
Bauchmark 86*
Bauchmarktiere 82
Bedecktsamer 53, 56ff.*, 63, 65, 68ff.*
Befruchtung 56, 62, 101
Belebungsverfahren 184
Benthos 36
Bewußtsein 111
Bestandsaufnahme 186
Bewässerung 181
Bilateria 81, 94
Bildungsgewebe 58*
Bildungszellen 79
binäre Nomenklatur 9
biologisches Gleichgewicht 72
Biomasse 36, 52, 165
Biosphäre 119f.
Biotop 120, 123, 134, 138, 145, 148, 169
—bindung 135, 138
Biozönose 38, 120f., 145ff., 151f., 154, 167, 185
Blaualgen 26*
Blüten 52f., 56*, 60*
—achse 54*, 57*
—, Bedecktsamer 68ff.
—, Nacktsamer 54*, 66f.*
—stand 54
—standsachse 54*
Blutgefäß 96*
Blutgefäßsystem 117ff.*
—, Chordatiere 97
—, geschlossenes 82, 85*, 97, 104, 111f.*, 117f.
—, offenes 82, 88, 117
Blutkreislauf 99ff., 110
Bodenbildung 38
—fruchtbarkeit 27
Bodenreaktion 131ff., 146f.*
Braunalge 31*, 63
Bruttoproduktion 165


## C


Chitin 86
—panzer 87
*Chlorella* 34*, 37
Chlorophyll 32, 39, 41, 43
Chloroplasten 32, 34f., 39, 72
Chorda dorsalis 96f.*
Chordatiere 71, 95f.
—, systematische Einteilung 97


## D


Darm 83, 84*, 86*, 97
Darwin 9f.*, 13
Dauersporen 25
Deckschuppen 54, 67*
Denken 111
Differenzierung 33, 64, 81, 86
Doldengewächse 70*
Drüsenzellen 78f.*
Düngung 168
dunkelaktive Tiere 130


## E


Eibengewächse 66*
Eierstock 96*
eingeschlechtig 56
Einkeimblättrige 60, 63
Einzeller 71*
—, Grünalgen 32*f., 37
—, tierische 71ff.*, 74

Eizelle 52, 55, 61*
Ektoderm 78f., 81, 94, 96, 104
Elektronenmikroskop 19f.
Embryonalentwicklung 95f., 104
Embryosack 61*
endogene Rhythmen 127
Energiestrom 160, 164, 166
Entoderm 78, 81, 94, 104
Entwicklungsstufe 40
—tendenzen 33
Epidermis 39*f., 48*f., 55*, 84*, 96*
Epithelmuskelzellen 78
Epithelzellen 78
Erbinformation 24
Ernährungsstufen 160f.
Ertrag 165
Ertragssteigerung 167
Eutrophierung 182
Evolution 13, 72, 127, 138
Exkretionsorgane 83
Extremitäten 97, 106

## F

Fangarme 78
Farn 31*
Farne 44ff.*, 63
Farnpflanzen 31, 44ff.*, 48f., 51, 55, 61, 63, 65
—, fossile 44ff.*, 51
Fäulnisbakterien 28f., 36
Festigungsgewebe 48f.*, 55*, 58f.*
Feuchtlufttiere 126
Fische 98f.*
Flechten 33, 63, 140f.
Fließgleichgewicht 168
Flügel 92
Foraminiferen 76
Fortpflanzung 20, 33, 49, 52f., 61, 80
—, ungeschlechtliche 33, 49, 74
Fortpflanzungszellen 52
Fossilien 18, 98
Fruchtblatt 57*
Früchte 56f.*
Fruchtformen 57*
—knoten 53f.*, 56*, 61*
Fühler 86*, 89*, 90ff., 92, 94
Funktionsteilung 35

## G

Gametangien 50*f.
Gameten 33, 50*
Gametophyt 50f.*, 61f.*
Ganglienknotenpaare 82
Gärungsprozesse 28
Gastrula 95
Gefäße 39, 55
Gefäßteil 48f.*
Gehirn 83, 86*, 96, 108*, 114*
—, Insekten 88*
Gehirnbläschen 97
Gehölzanpflanzung 179
Geißel 24*, 75
—algen 63
—paar 78
—tierchen 74
Generationsfolge 62
Generationswechsel, Bedecktsamer 61f.*
—, Farnpflanzen 49ff.*
—, Hohltiere 80
Geschlechtszellen 50*, 61
Gesellschaft 171ff.
Gewässerverunreinigung 181
Gewebe 48f., 78, 80
—differenzierung 39f., 49, 51f., 62, 64f.*
Giftdrüsen 91, 94
Giftstoffe 182
Ginkgogewächse 66*
gleichwarm 102f., 112f.
Gliederfüßer 83, 86ff.*, 89
Gliedertiere 71*, 81ff.*
Gliedmaßen 87*, 104, 106f.*
Größenzunahme 87
Großhirn 110f.*
Grünalgen 32f.*, 36ff., 51, 63, 72
Grundgewebe 39*, 48*, 58*
Gürtelwürmer 82, 85

## H

Haftorgane 40
Haftzelle 35
Haut 107*
—bildungen 107*
—muskelschlauch 85*
Herz 82, 86*, 88, 97, 99ff., 104, 111f., 114*, 117
heterotroph 25, 30, 71f.
hierarchisches System 11
Hinterhirn 88*, 110
Hirnnerven 108ff.*
Hochmoortorf 38
Höherentwicklung 33, 55, 64, 86
—, Nervensystem 82
Hohltiere 71*, 78ff.*
Holz 55*
—faserzellen 55
—gewächse 55, 58
Hüllspelzen 56*
Hydrophyten 124
Hygrophyten 124
Hypophyse 110

## I

Immunisierung 22, 29
Infektionskrankheiten, bakterielle 29*f.
—, viröse 22*, 30
Insekten 82, 88f., 92f., 143
—bestäubung 56
Instinkthandlungen 110

## K

Kalkzeiger 134
Kapillargefäße 107*
Kapsel 24*
Kartoffelnaßfäule 29*
Kategorie 11f.*, 15, 63
Keimblätter 60*, 81, 104
Keimdrüsen 86*
Keimesentwicklung 81f.
Keimling 52f.*, 62
Kelchblätter 54, 56*
Kernäquivalent 24*, 26
—haltige 63
—lose 26, 63
Kiefernartige 54
Kieferngewächse 67*
Kiemen 82, 88, 90, 99f.
—bögen 96*
—darm 96f.*
Kleinhirn 111*
Kokken 23*
Koloniebildung, Bakterien 23*, 25
—, Hohltiere 80
Kolonien, Grünalgen 32f.*, 34, 37

Komplexauge 86*, 89*, 92
Konsumenten 36, 160ff., 164ff.
Konkurrenz 136f., 147
—, innerartliche 137
—kraft 138
—, zwischenartliche 137
kontraktile Fasern 75, 78
Kopf-Brust-Stück 90f.
Kopfganglion 85*
Korallentiere 80*
Korbblütengewächse 69*
Kormophyten 48ff., 64
Kormus 48, 64
—, Organdifferenzierungen 65*
Körperbedeckung 107
Körpergliederung, gleichmäßige 82
—, Gliederfüßer 86*
—, heteronome 82
—, homonome 82
—, ungleichmäßige 82, 86
—, Wirbeltiere 104
Körpertemperatur 110
Krankheitserreger 93
Kräuter 58
Krebstiere 82, 89f.*
Kreuzblütengewächse 68*
Kriechtiere 98, 101*
Kronblätter 54, 56*
Kulturpflanzen 52, 129, 134, 138, 141, 149
Kurztagpflanzen 128f.
Kutikula 39, 49, 55, 84*

## L

Lagerpflanzen 33
Landeskulturgesetz 173
Landökosysteme 52
Längsmuskulatur 84*
landwirtschaftliche Kulturen 138
Langtagpflanzen 128f.
Lanzettier 96f.*
Larvenstadium 100
Laubblätter 44, 52*, 55*, 58ff.*
—, Umwandlungen 59
Laubmoos 31, 39*, 41*, 63
Lebensgemeinschaft 120
Leber 96*
Lebermoose 39*, 41*, 43*, 63
Leibeshöhle 81f.*, 84*, 88
Leitbündel 48f.*, 55*, 58*, 60*
Leitgewebe 39*
lichtaktive Tiere 130
Lichtfaktor 121, 127ff., 167
Linné, Carl von 9f.*
Lippenblütengewächse 69*
Luftbelastung, Minderung 179
Luftverschmutzung 177f.
Luftverunreinigung 177f.
—, Minderung 179
Lungen 100f.
Lurche 98, 100*

## M

Manteltier 95*, 97
Mark 58*
Melioration 169
Merkmal, abgeleitetes 15ff.
Merkmal, Leben 19f.
Merkmal, Übereinstimmung 17*
Merkmal, ursprüngliches 15ff.
—, Tier 71
Merkmalsabwandlung 15*
—komplex 14*, 63
—wertung 16, 18
Medusen 78ff.*
Mesoderm 81, 104
Mesophyten 124
Metamorphose 53*, 100
Milchdrüsen 103
Milchsäurebakterien 28
Mineralisierung 27, 72
Mittelhirn 88*, 110f.*
Monokulturen 167, 170
monophyletisch 15f., 18
Monophylie 15
Moospflanzen 31, 38ff., 41*, 51, 63
Mundgliedmaßen 86*, 89ff.
Mundöffnung 82f., 95f.*
Muskelsystem 78
Muskulatur 96, 107

## N

Nachhirn 110f.*
Nacktsamer 53ff.*, 63, 65ff.*
Nährgewebe 52f.*, 62
Nährmuskelzellen 78
Nahrungsaufnahme 76f., 96
Nahrungsketten 27, 161f.*, 164ff.
—gefüge 163f.*, 166f.
Nahrungskonkurrenz 137
—vakuolen 75
Nährzellen 78
Narbe 56*
Natur 171ff.
Naturressourcen 173ff.
Nephridien 83
Nerven 107*
—faser 82, 108, 110*
Nervensystem 78f.*, 82, 85, 88f., 95ff.*, 108f.*, 114f.
—, Höherentwicklung 82
—, netzförmiges 79*, 114
—, zentralisiertes 82, 114
Nervenzelle 78f.*, 108f.*
Nesselzellen 78f.*
Nettoproduktion 165f.
Neumundtiere 95
Neuralrohr 96f.*, 115
Nierenkörperchen 83
Nukleinsäuren 20f., 24
Nukleoid 24
Nutzpflanzen 52, 134
Nutztiere 93

## O

Oberschlundganglion 82, 85*
ökologische Potenz 123, 134, 145f.*
ökologisches Gleichgewicht 167
ökologisches Optimum 145
Ökosystem 127, 130, 145, 151f., 154ff., 160f., 164, 166, 174, 182, 185
Optimumkurve 123*
Organdifferenzierungen 52, 65*
Organisationshöhe 78
Organsysteme 81, 114ff.

P

Pantoffeltierchen 77*
Parasiten 23, 25, 30, 72, 142ff.
Parasitismus 137, 142
Parasympathikus 109
Pflanzen 31ff.
—gruppen 62f.
—reich 71
—schädlinge 92
Phagen 20*
Photoperiode 131
Photoperiodismus 129f.
Photoperiodizität 129, 131
Photosynthese 31, 36, 155, 178
*p*H-Wert 131f., 134f., 145
Phylogenese 13
physiologische Potenz 146*f., 165
Pilze 31, 33, 63, 143
Plankton 36, 165
Plattwürmer 71
Pollen 52, 54*f., 56
—sack 54, 61
—schlauch 55f., 61*
Polypen 78ff.*
Polyphylie 15
Population 137, 156f.
Populationsdynamik 156f.
—schwankung 157*
Produzenten 160ff., 164ff.
Prothallium 50*, 61
Protoplasma 74ff.
Protostomia 82

R

radialsymmetrisch 78, 80
Radiata 78
Rauchschäden 177
Raumkonkurrenz 137
Reinkultur 146
Reaktionsgruppen, Pflanzen 132, 134
Reduzenten 27, 161, 164, 166
Reflexe 117
Reflexbogen 115*
Regenerationsvermögen 79f.
Rhythmizität 127
Rhizoide 39ff.*, 43, 50
Ribosomen 24*
Ringelwürmer 82ff.*, 85
Ringherzen 85*
Ringmuskulatur 85*
Rückengefäß 82, 84f.*
Rückenmark 96, 108*, 110, 115f.
—tiere 95
Rundwürmer 71

S

Samen 52f.*, 56f.*, 61
—anlagen 52ff.*, 56, 61*, 67*
—artig 51
—farne 63
—pflanzen 31*, 51ff., 60f., 63
—schale 52f.*
—schuppen 54, 67*
Saprophyten 25, 27, 30
Sauerstoffabgabe 36
Säugetiere 143
Säurezeiger 134
Schachtelhalme 43ff.*, 63
Schädel 104f.*
Schädellose 97
Schädlingsbekämpfung 170
Schadstoffe 176ff.
Schalen 72, 75
Scharlach 29*
Scheinfüßchen 75f.*
Schmetterlingsblütengewächse 68*, 141
Schwämme 71
Schweinerotlauf 29*
Selbstregulation 156
Selbstreinigung d. Gewässer 27, 72
Sexualbeziehungen 139
Siebröhren 58*
—teil 48f.*, 58
—zellen 39, 55
Silberliniensystem 77*
Sinnesorgane 85, 89
—zellen 78f.*, 107*, 114f.
Skelette 72, 75f.
Sozialbeziehungen 139f.
Spaltöffnungen 40, 48ff.*, 55*
—pflanzen 26*, 63, 141
Spaltung 24, 25*, 30
Speicherzellen 39*
Spermatozoide 50*
Spermazellen 52, 56, 61
Spezialisierung 33, 64, 81, 98
Spinnentiere 82, 89, 91*
Spirillen 23*
Sporangien 45, 48ff.*, 61
—häufchen 49f.*
Sporenbildung 25*
—blätter 49
—kapseln 49f.*
—tierchen 7
—tragende Blätter 44
Sporophylle 44f., 49
Sporophyt 50f.*, 61f.*
Sprache 111
Sproß 48ff.*
—achse 52, 55, 58*
—pflanzen 12, 52
Stäbchen 23*
Stammesentwicklung 33, 41
stammesgeschichtlich 64
Standort 168
—bedingungen 149f.
—gerechter Anbau 149
Staubblätter 54*, 56*
Staubbeutel 35*
Steinkohlenlager 44, 51, 54
Stoffbilanz 161
Stoffproduktion 165, 167, 169, 174
Stoffstrom 160f., 166
Stoffwechsel 71
Strickleiternervensystem 82, 85, 115f.*
Stummelfüßer 83
Stützlamelle 78f.*
Sukkulente 124
Süßgräser 70
Symbionten 23, 34, 72, 140f.
Symbiose 137, 140ff.
Sympathikus 109
Syntheseleistungen, Bakterien 29
—, Grünalgen 37
Systematik 7ff.
—, stammesgeschichtliche 10
System, hierarchisches 11
—, natürliches 8, 10, 15, 19
—, künstliches 10
—, willkürliches 8

T

tagneutrale Pflanzen 128f.
Talgdrüsen 107*
Thallophyten 33, 64
Thallus 33, 35, 37, 64*

—artig 39, 41, 43, 50
—formen 32*
—, Lebermoos 39*
Taxonomie 8ff.
Teilung 74
Tiere 31, 71ff.*
Tierreich 71, 118
Tierproduktion, industriemäßige 131, 140
Tracheen 58f.*, 88, 92
Tracheiden 55, 58f.
Toleranzbereich 122f., 138, 146
Toxine 25, 29
Trockenlufttiere 126

U

Überwinterung 155
Umwelt 172, 185
Umweltfaktor, Bodenreaktion 131ff.
Umweltfaktoren 119ff., 145ff., 152, 156, 168, 185
—, abiotische 120f., 145, 147, 151, 157
—, biotische 120f., 136f., 139, 142, 144f., 157
—, Messen 187
Umweltfaktor, Wasser 123ff.
Umweltschäden 186
Umweltschutz 171ff.
—, international 176
umweltunabhängig 53, 113, 127
Unterschlundganglion 82
Urfarne 44f.*, 48*, 54, 64
Urmund 95*
—tiere 82, 89, 94
Urnacktsamer 54
Urvogel 102

V

Vakuole, kontraktile 74f.*
Vegetationskörper 33, 39, 40, 43, 48
Vegetationsperiode 129
Verdauungshöhle 78
Verdauungssystem, Gliedertiere 83
Verfassung DDR 173
Vermehrung 20ff.*, 24f.*, 30, 53
Verwandtschaft, stammesgeschichtliche 15
Verwandtschaftsanalyse 15, 18
—beziehungen 10
Vibrionen 23*
Vielborster 82f.*, 85
Vielfüßer 89, 94*
Vielzeller, Grünalgen 32*f., 35, 37
Viren 19ff.*, 63, 143
Virologie 19
Viruskrankheiten, Menschen 22
—, Pflanzen 19, 22
—, Tiere 22
Vögel 98, 102*, 143
Vorderdarm 96
Vorderhirn 88*
Vorkeim 50f.*
Vorratsschädlinge 93

W

Warmblüter 113
Wärmefaktor 121, 127
Wärmeregulation 112
Wasserfaktor 121, 123ff., 148, 167
Wasser, Nutzung 181f.
Wasser, Schutz 181
wechselwarm 99ff., 113
Weichtiere 71, 143
Wimpern 74f.*, 77
Wimpertierchen 74, 77*
Windbestäubung 56
Wirbel 104f.*
—säule 104f.*, 108
—tier 71*, 89, 95*, 97ff.*
Wurzel 48ff., 60*
—füßer 74, 76*

X

Xerophyten 124

Z

Zapfen 66f.*
Zeigerarten 134, 148
Zelldifferenzierungen 64
—kern 74
—mund 74f.*
—organelle 33, 74f., 77
—plasma 24
—schlund 75
—teilung 33
—wand 24
Zentralnervensystem 104, 108ff.*, 115f.*
Zonierung 122*
Zungenwürmer 83
Zweikeimblättrige 60, 63
zweiseitig symmetrisch 81, 94
Zwischenhirn 110f.*
zwittrig 56
Zygote 33, 50*
Zypressengewächse 66*

Kurzwort: 011161 Lehrb.Biolog. Kl11
Schulpreis DDR: 4,00