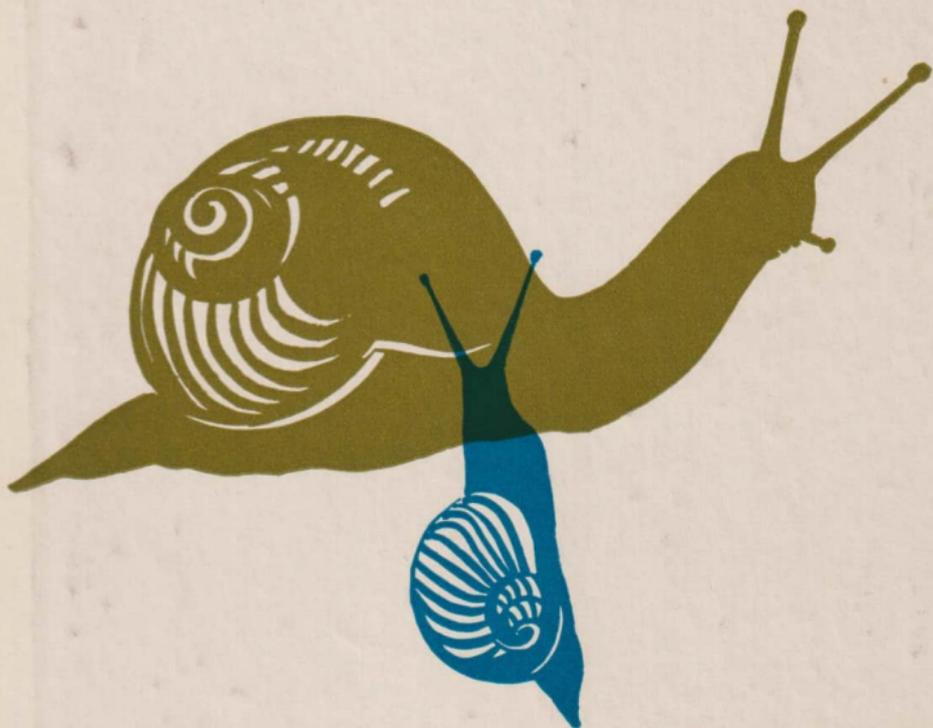
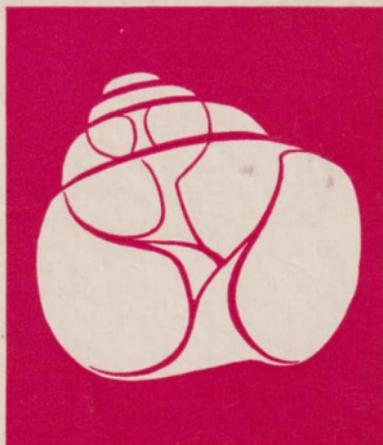


ERWEITERTE OBERSCHULE

2



**BIOLOGIE**



# BIOLOGIE

## II

EIN LEHRBUCH FÜR DIE ERWEITERTE OBERSCHULE

10. KLASSE

DAS SYSTEM DER ORGANISMEN – REICH TIERE  
STÜTZ- UND BEWEGUNGSSYSTEM DES MENSCHEN



VOLK UND WISSEN

VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1967

Dieses Lehrbuch wurde verfaßt von Dr. Wolfgang Crome (Das System der Organismen — Reich Tiere) und Dr. Karl Germershausen (Stütz- und Bewegungssystem des Menschen). Bearbeitung des Manuskripts Gertrud Kummer.

An der Entwicklung des Lehrbuches wirkten viele Wissenschaftler und Lehrer mit.

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

Ausgabe 1963  
5., durchgesehene Auflage

Mit 75 Abbildungen im Text und 7 Farbtafeln  
Redaktionsschluß: 1. Okt. 1966  
Einband: Günther Klaus  
Vorsatz: Rainer Zieger

Ausstattung: Atelier Volk und Wissen, Berlin  
ES 11 H · Bestell-Nr. 01 10 58-5 · Preis: 5,30 · Lizenz Nr. 203 · 1000/66 (UN)  
Vervielfältigungsgenehmigung Nr. 1/70/66

Satz und Druck: VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig (III/18/203)

## INHALTSVERZEICHNIS

Das System der Organismen .....	5
Reich Tiere .....	5
Stamm Schwämme .....	5
Hohltiere .....	12
Stamm Nesseltiere .....	12
Stamm Rippenquallen .....	12
Stamm Plattwürmer .....	24
Stamm Rundwürmer .....	24
Gliedertiere .....	33
Stamm Ringelwürmer .....	33
Stamm Gliederfüßer .....	33
Stamm Weichtiere .....	70
Stamm Stachelhäuter .....	75
Stamm Chordatiere .....	76
Anhang .....	123
Übersicht über das System der Organismen .....	123
Anleitung zum Sezieren von Tieren .....	129
Stütz- und Bewegungssystem des Menschen .....	133
Das Stützgewebe .....	133
Das Skelett .....	141
Das Bewegungssystem .....	157
Wichtige Muskeln unseres Körpers .....	163

## VORWORT

Das vorliegende Lehrbuch beschäftigt sich mit dem System der Organismen – Reich Tiere.

Die einzelnen Tiersippen unterscheiden sich durch zahlreiche Eigentümlichkeiten des äußeren und inneren Körperbaus voneinander. Durch die vergleichende Betrachtung der Anatomie der Tiersippen und ihrer Embryonen während verschiedener Entwicklungsstadien erhalten wir Einblick in die stammesgeschichtliche Entwicklung (Phylogenie) der Tiere.

Große Bedeutung für das Erkennen stammesgeschichtlicher Probleme kommt auch der Physiologie, der Lehre von der Funktion der Organe, zu. Wir wissen, daß Bau und Funktion der Organe eine untrennbare Einheit darstellen, also eigentlich auch zusammen behandelt werden müssen. In den letzten Jahren wurden jedoch in der Physiologie zahlreiche, bisher scheinbar nicht durchschaubare Erscheinungen als komplizierte chemische Vorgänge erkannt. Das Verständnis dieser Vorgänge setzt ein tiefes chemisches Wissen – auch bestimmter Gebiete der organischen Chemie – voraus, über das Schüler der 10. Klasse noch nicht verfügen. Deshalb werden ausgewählte Gebiete der Physiologie der Einzeller, der Pflanzen und Tiere und des Menschen erst am Ende der 11. Klasse behandelt. Im vorliegenden Buch werden physiologische Probleme nur da berührt, wo sie zum Verständnis grundlegender Funktionen der Organe oder Organsysteme unbedingt erforderlich sind.

# DAS SYSTEM DER ORGANISMEN

## Reich Tiere – Metazoa

Früher wurden die Organismen in die Reiche der Pflanzen und Tiere eingeteilt. Das führte zu Unstimmigkeiten. Viele Arten der Geißelträger (*Flagellata*) beispielsweise wurden von den Zoologen als „Urtierchen“ angesehen, während die Botaniker dieselben Arten zu den „Algen“ rechneten.

Heute unterscheiden die meisten Systematiker drei Reiche der Organismen. Den Pflanzen und Tieren wird dabei ein Reich der Protisten vorangestellt. Dieses dritte Reich umfaßt die Kernlosen (Bakterien und Blaualgen), die verschiedenen Stämme der Algen, die Pilze und die Urtierchen.

Mitunter werden davon nochmals die „Kernlosen“ abgetrennt und ebenfalls als besonderes (viertes) Reich aufgefaßt. Dadurch soll der Unterschied zwischen diesen „Kernlosen“ und den kernbesitzenden „Einzellern“ stärker hervorgehoben werden. Wir folgen hier dieser Einteilung der Organismen in die Reiche Kernlose, Protisten, Pflanzen und Tiere.

Zum Reich Tiere gehören demzufolge nur die echten Mehrzeller oder Zellverbands-tiere (*Metazoa*). Das sind ausnahmslos Tiere, die aus einer befruchteten Eizelle hervorgehen, welche durch aufeinanderfolgende Zellteilungen sogenannte Zellverbände (Epithelien oder Gewebe) bildet.

### Stamm Schwämme (Porifera)

Schwämme sind stets auf einer Unterlage festgewachsen und bilden hier krusten- oder klumpenförmige Überzüge, aber auch einfache, baum- oder strauchförmige, mehr oder weniger aufrecht stehende Röhren sowie trichter- oder pilzförmige Körper.

Im Schwamm finden wir keinerlei Organe und Gewebe. Der Körper besteht aus zahlreichen Sorten selbständiger Zellen, zwischen denen ein Wasserkanalsystem verläuft. Nur an der Außenfläche und in den Bezirken der Nahrungsaufnahme im Innern sind die Zellen als lockere Epithelien (Dermallager und Gastrallager) angeordnet.

Sämtliche Zellen des Schwammkörpers können sich wie Wechseltierchen amöboid bewegen.

Die vielfach kennzeichnende Gestalt des einzelnen Schwammes wird durch Kalk- oder Kieselnadeln von sehr unterschiedlicher Form hervorgerufen. Oft sind diese Skelettelemente untereinander durch eine chemisch mit der Seide verwandte Hornsubstanz (Spongine) verbunden. Mitunter fehlen die Nadeln. Dann wird das Skelett allein von Sponginfasern gebildet (manche Hornschwämme).

Über die Abstammung der Schwämme ist nichts Sicheres bekannt. Es gibt keine fossilen oder lebenden Formen, die über die Stammesentwicklung Auskunft geben. Daß die Schwämme aber keine weiterentwickelten Protozoen-Kolonien, sondern echte Mehrzeller sind, geht unter anderem daraus hervor, daß sie sich aus befruchteten Eizellen entwickeln. Im äußeren Ablauf gleicht ihre Keimesentwicklung sogar sehr weitgehend derjenigen, die bei den höheren Gewebetieren zu beobachten ist.

Alle Schwämme leben im Wasser. Die meisten Arten kommen im Meer, nur wenige im Süßwasser vor.

### Aufgaben

1. Sammeln Sie in verschiedenen Gewässertypen (Tümpel, Teiche, Seeufer usw.) Schwämme und vergleichen Sie die Wuchsformen miteinander!
2. Halten Sie einen lebenden Schwamm einige Tage lang in einem Aquarium und bringen Sie mit einer Pipette vorsichtig Farbstoff, Tusche oder gefärbtes Wasser in unmittelbare Nähe der Schwamm-Oberfläche! Beobachten Sie, was mit dem markierten Pipetten-Inhalt geschieht!
3. Suchen Sie Fundplätze, an denen Sie regelmäßig Schwämme erbeuten können, im Spätsommer und zeitigen Vorfrühling auf! Berichten Sie, in welchem Zustand Sie die Schwämme während beider Beobachtungstermine vorgefunden haben!

### Die Überwinterung der Süßwasserschwämme

Süßwasserschwämme leben nur einen Sommer. Sie sterben im Spätherbst ab. Ihre Körper verfaulen. Zurück bleiben nur die Skelette, die den Schwämmen ihre Gestalt gaben.

Bevor ein Schwamm abstirbt, bildet er winterfeste Fortpflanzungskörper (Gemmulae). Diese bestehen aus klumpig zusammengeballten, amöbenartig beweglichen Urzellen (Archaeozyten), die sehr viel Nährstoff enthalten. Skelettbildende Zellen umschließen den Urzellenklumpen mit einer doppelten Hornwand, in der zahlreiche kleine Nadeln angeordnet sind. Wo diese Hülle zuletzt gebildet wird, bleibt eine winzige Öffnung erhalten.

Im Frühjahr, wenn wieder günstige Lebensbedingungen herrschen, verlassen die Urzellen den Fortpflanzungskörper durch die vorgebildete Öffnung und besiedeln das alte Skelett. Vögel und Wassertiere können die Gemmulae aber auch verschleppen und so dafür sorgen, daß an bisher nicht besiedelten Stellen Schwämme wachsen.

Bei der Neubildung des Schwammes gehen aus den überwinternden Urzellen alle anderen im Körper anzutreffenden Zellsorten hervor.

Der in ruhigem Wasser sehr häufige Schwamm *Spongilla lacustris* beispielsweise besteht aus vierzehn verschiedenen Zellformen, die alle von den Amöbenzellen der Gemmulae gebildet werden. Dabei sind nicht die grügefärbten Algenzellen mitgerechnet, die oft einem im Licht gewachsenen Schwamm seine Farbe geben. Diese Algen werden mit der Nahrung aufgenommen und in den verdauenden Amöbenzellen gespeichert. Sie werden verdaut, wenn der Schwamm dauernd beschattet wird. Er verliert dann seine Grünfärbung.

Die Neubildung von Schwämmen aus überwinternden Gemmulae ist eine ungeschlechtliche Fortpflanzung. Diese Fortpflanzungsweise kommt hauptsächlich bei Süßwasserschwämmen vor. Von den meeresbewohnenden Schwämmen bilden nur sehr wenige Arten Gemmulae.

### Die Entwicklung eines Schwammes

Bei der geschlechtlichen Vermehrung entsteht ein neuer Schwamm aus einer befruchteten Eizelle (Abb. 1). Die Entwicklung dieser Eizelle zum Schwamm findet teilweise im Innern des Muttertieres (ausgezogener Pfeil) und teilweise im freien Wasser statt (gestrichelter Pfeil).

Mit dem Atemwasser strudeln die Kragengeißelzellen des Gastrallagers auch Samenzellen herbei, die die Eier befruchten (1). Danach teilt sich die Eizelle in viele Male (2 u. 3) und bildet so einen mosaikartigen Zellhaufen, den Maulbeerkeim (Moula, 4). Durch Auseinanderrücken der Zellen entsteht daraus der innen hohle Blasenkeim (Blastula, 5). In den Hohlraum hinein ragen die Geißeln der Blastulazellen.

Nun öffnet sich die Blastula und bildet am Rande der Öffnung neue, unbegeißelte Zellen, die die bisherige Außenwand umwachsen. Gleichzeitig werden die Geißeln der ursprünglichen Blastulazellen nach außen gekehrt (6 u. 7). So entsteht abermals eine Hohlkugel, deren Wand zur Hälfte aus geißellosen und zur Hälfte aus geißeltragenden Zellen besteht.

Diese neugebildete Hohlkugel verläßt als Larve den Mutterschwamm und schwimmt eine Zeitlang im Wasser umher (8).

Später stülpt sich der begeißelte Wandteil in die unbegeißelte Hälfte der Larve ein. Dadurch entsteht ein doppelwandiges Entwicklungsstadium (9). Jetzt setzt sich die Larve mit ihrer Öffnung auf dem Untergrund fest (10), verschließt diese Öffnung (11) und bildet am entgegengesetzten Pol eine neue Öffnung (12). Das ist die Ausströmöffnung des Jungschwammes (13).

Eine besondere Mundöffnung ist am fertigen Schwamm nicht ausgebildet. Als Einstromöffnungen für das Atem- und Nahrungswasser dienen die sehr zahlreichen feinen Poren, die über die ganze Außenwand verstreut sind.

### Die Anordnung der Kragengeißelzellen im Schwamm

Die weitere Entwicklung des Jungschwammes ist häufig durch Verlagerungen der Kragengeißelzellen gekennzeichnet. Im einfachsten Fall kleiden die Kragengeißelzellen auch beim erwachsenen Schwamm den gesamten Innenraum aus (14). Sie können aber auch in tiefe, sackförmige Taschen einwandern (15) oder sogar in rundherum geschlossenen Geißelkammern angeordnet sein (16).

Querschnitte durch den erwachsenen Schwamm (17 bis 19) zeigen, daß die verschiedene Anordnung der Kragengeißelzellen eine Vergrößerung des Magenraums und der Darmfläche bewirkt und gleichzeitig die Einstromkanäle verkürzt. Außer-

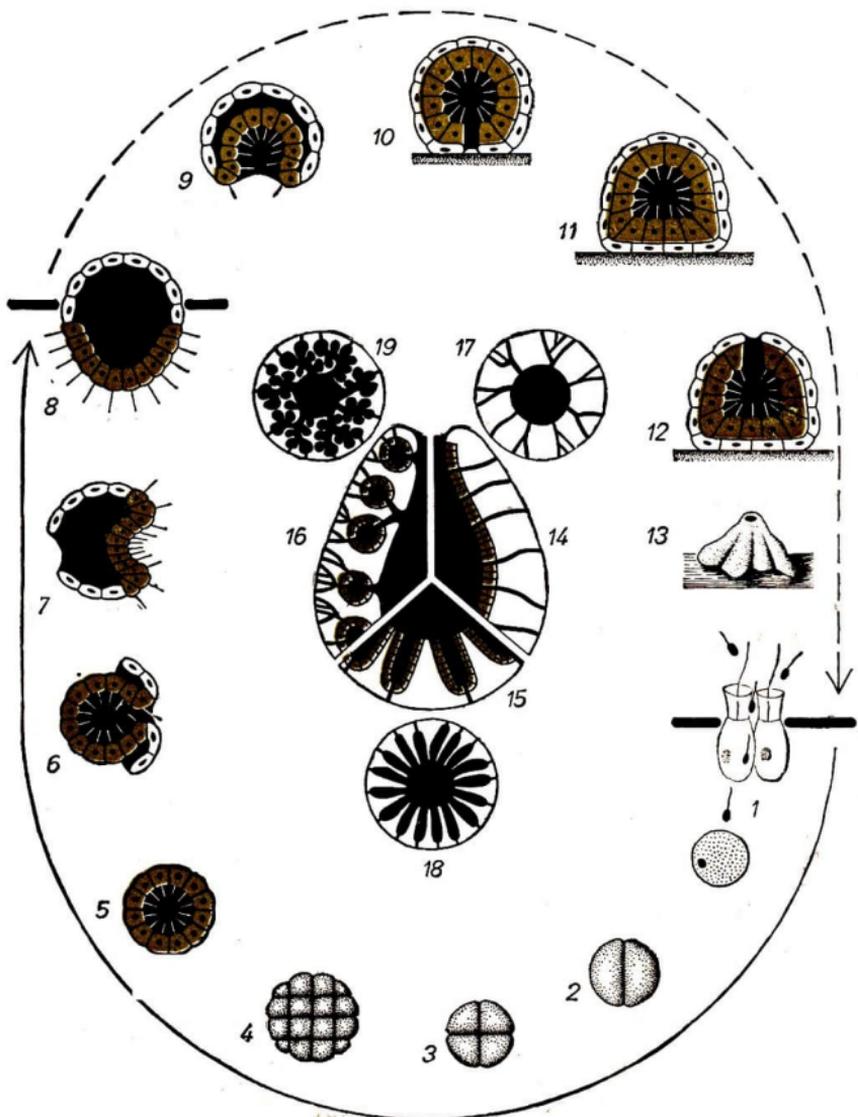


Abb. 1 Entwicklung und Baupläne der Schwämme

dem sind die sehr empfindlichen Kragengeißelzellen in den radiären Taschen und mehr noch in den allseitig geschlossenen Geißelkammern besser geschützt als dort, wo sie frei liegend den Innenraum des Schwammes vollständig auskleiden.

Bei manchen Schwammarten treten die verschiedenen Formen der Kragengeißelzellen-Anordnung als zeitlich aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien auf: Andere Arten bleiben zeitlebens auf dem einen oder anderen Stadium stehen.

In den Einzelheiten der Ei-, Larven- und Jugendentwicklung unterscheiden sich die verschiedenen Gruppen und Arten der Schwämme teilweise ganz erheblich voneinander.

### Tierstockbildung

Am fertigen Schwamm sind keine Einzeltiere gegeneinander abgegrenzt. Vielfach herrscht die Ansicht, daß ein Schwamm aus so vielen Einzeltieren zusammengesetzt ist, wie größere Ausströmöffnungen ausgebildet sind. Das ist aber nicht der Fall.

So können die amöboiden Urzellen eines einzigen Fortpflanzungskörpers im Frühjahr einen Jungschwamm bilden, der gleich von Anfang an zwei Ausströmöffnungen besitzt. Dicht daneben aber bilden vielleicht die Amöbenzellen mehrerer anderer Gemmulae zusammen einen Schwamm, der nur eine einzige Ausströmöffnung aufweist.

Schwämme stellen Tierstöcke dar. Jeder dieser Tierstöcke verkörpert einen selbständigen, einheitlichen Organismus.

Einen Süßwasserschwamm kann man vollständig zerreiben und durch feine Gaze pressen. Aus dem durchgeseibten „Saft“ formiert sich wieder ein neuer Schwamm, sofern darin neben amöboiden Urzellen auch Kragengeißelzellen, Hornbildungszellen und einige Geschlechtszellen enthalten sind. Der neuformierte Schwamm kann dabei ein ganz anderes Aussehen haben als der Schwamm vor dem Zerreiben. Auch kann er eine größere oder sehr viel geringere Anzahl Ausströmöffnungen besitzen als dieser.

### Bekannte Arten der Schwämme

Die etwa 5000 heute lebenden Schwammarten (Abb. 2) werden nach dem Material ihrer Skelettnadeln und Stützsubstanz in Kalkschwämme, Kieselschwämme und Hornschwämme unterteilt.

**Ordnung Kalkschwämme.** Die Kalkschwämme (*Calcarea*) sind unscheinbare, höchstens 10 cm hohe Arten, die ausnahmslos im Meere leben und hier die Flachwassergebiete bevorzugen.

**Kieselschwämme.** Zu den Kieselschwämmen gehören ebenfalls nur Meerestiere, die aber überwiegend in der Tiefsee zwischen 500 und 1000 m Wassertiefe vorkommen, weil ihre zarten Skelettgerüste keinen Wellenschlag vertragen.

Nach der Gestalt ihrer Nadeln werden die Kieselschwämme in zwei Ordnungen (*Triaxonida* und *Tetaxonida*) eingeteilt.



Dazu gehören die größten lebenden Schwammarten überhaupt; so beispielsweise die Gattung *Sphectospongia*, die in westindischen Küstengewässern bis 2 m Durchmesser erreicht. Andere Formen werden etwa 1 m hoch und sind mit einer über 2 m langen Pfahlnadel im Untergrund verankert (Gattung *Monorhaphis*).

Viele Kieselschwämme besitzen eine auffällige Gestalt. So etwa die Gießkannenschwämme der Gattung *Euplectella*, die im Indischen, Stillen und Atlantischen Ozean heimisch sind. Ihre sehr feinen und regelmäßig aufgebauten Kieselgerüste dienen in vielen asiatischen Küstenländern als Schmuck.

Zu den Kieselschwämmen gehören auch die Bohrschwämme der Gattung *Cliona*. Diese Schwämme bohren sich vollständig in Kalksteine, Schnecken- und Muschelschalen oder in Korallen ein und können das Gestein derart durchlöchern und zersetzen, daß es sich zwischen den Fingern zerreiben läßt.

**Hornschwämme.** Die Hornschwämme besitzen zumeist keine bestimmte Gestalt, so daß die Tierstöcke derselben Art sehr verschieden aussehen können. Die Masse des Skelettgerüsts wird hier aus Spongin gebildet, das entweder den Körper als unverzweigte Balken durchzieht (Ordnung *Cornacuspongia*), oder dessen Fasern baumförmig verzweigt sind (Ordnung *Dendroceratida*). Die meisten Hornschwämme leben im Meer.

Einige wenige Arten sind auch ins Süßwasser eingedrungen und hier heimisch geworden. Die Gattungen *Spongilla* und *Ephydatia* kommen bei uns vor. Bei ihnen sind – wie bei den meisten Hornschwämmen – kleine Kieselnadeln in die Balken des Horngerüsts eingelagert.

Manchen im Meere lebenden Hornschwämmen fehlen solche Nadeln, so daß das Skelett hier nur aus Hornsubstanz besteht. Diese Schwammarten können wirtschaftlich genutzt werden. Der Badeschwamm *Euspongia officinalis* wird vor der tunesischen Küste, im östlichen Mittelmeer, im Roten Meer, bei den Philippinen und in Westindien von Tauchern in Tiefen zwischen 5 und 75 m „geerntet“. An Deck der Boote läßt man die Schwammkörper ausfaulen. Dann werden die Spongingerüste kräftig ausgewaschen und zum Tröcknen auf Schnüre gereiht. Eine künstliche Zucht des Badeschwamms gestaltet sich nur in Westindien rentabel. Im Mittelmeer brauchen die zerschnittenen Schwammstücke zu lange Zeit, um zu verwendbarer Größe (etwa 15 bis 20 cm Durchmesser) heranzuwachsen.

Wirtschaftlich genutzt wird auch der bis 90 cm Durchmesser erreichende Pferdeschwamm *Hippospongia communis*. Als Badeschwamm aber ist diese Art ungeeignet, weil die Oberfläche ihres Spongingerüsts sandpapierartig beschaffen ist. Skelettnadeln fehlen hier zwar ebenfalls gänzlich. Dafür aber werden in das Horngerüst von den Amöbozyten aufgenommene Sandkörner, Diatomeen und andere harte und scharfkantige Partikel eingekittet.

---

Abb. 2 Wuchsformen der Schwämme. Von oben nach unten: Neptunsbecher (1,50 m hoch), Gestielter Schwamm (10 cm Ø), Topfförmiger Schwamm (30 cm Ø), Fingerschwamm (etwa 25 cm lang), Fächerförmiger Schwamm (30 cm hoch), Spiraliger Schwamm (30 cm Ø)

## Hohltiere (*Coelenterata*)

Der Körper der Hohltiere ist aus Epithelien aufgebaut, die viel fester zusammengefügt sind als das Dermal- und Gastralger der Schwämme. Die meisten Arten behalten zeitlebens den Bauplan einer Gastrula bei. Eine zweischichtige Körperwand umgibt einen zentralen Hohlraum (Gastralraum, Magen), dessen einzige Öffnung zugleich als Mund und After dient.

Zwischen dem äußeren Epithel (Ektoderm) und dem inneren Epithel (Entoderm) der Körperwand befindet sich eine sogenannte Stützlamelle, die ursprünglich zellenlos ist. Bei den Korallen (*Anthozoa*) jedoch wandern später Zellen in diese Stützlamelle ein, so daß die Körperwand dreischichtig erscheint.

Bei den Hohltieren sind bereits einfache Gewebe entwickelt. Das Ektoderm und das Entoderm bilden Epithelmuskelzellen, Sinneszellen und Nervenzellen. Das Nervensystem ist meistens netzförmig. Oft sind auch schon dickere, strangartige Nervenbahnen ausgebildet (z. B. bei Medusen).

Die meisten Hohltiere besitzen in eigenen Körper gebildete Nesselkapseln. Nach dem Vorhandensein oder Fehlen solcher kompliziert gebauten Nesselkapseln werden zwei Stämme Hohltiere unterschieden.

### Stamm Nesseltiere (*Cnidaria*)

Etwa 9000 Arten, die zum größten Teil im Meere leben und nur mit wenigen Arten der Hydrozoen auch im Süßwasser vorkommen. Die meisten Nesseltiere treten in zwei verschiedenen Formen auf: als festsitzende Polypen und als frei schwimmende Medusen oder Quallen (Abb. 3).

### Stamm Rippenquallen (*Acnidaria, Ctenophora*)

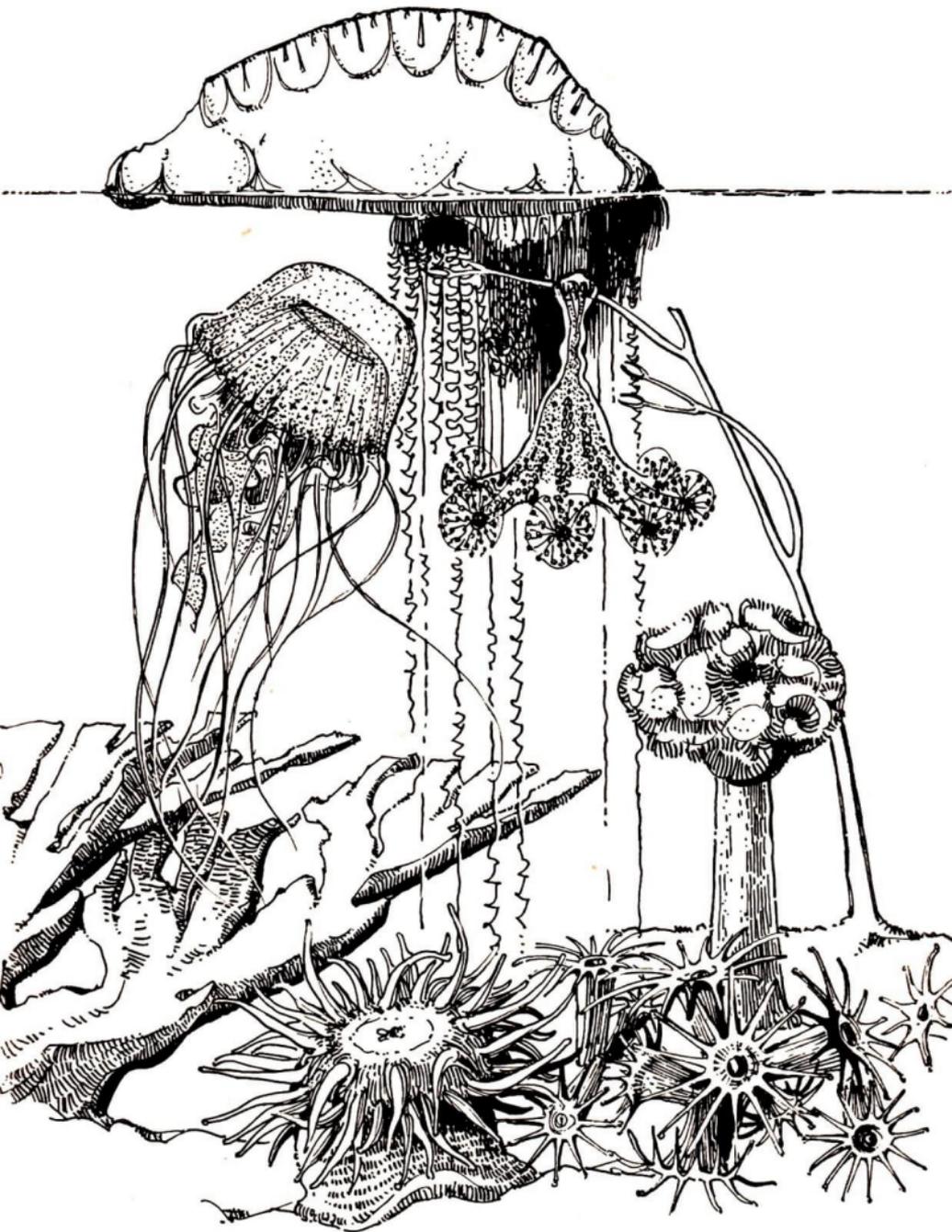
Knapp 100 nesselkapsellose Arten, die im Meere schweben oder (viel seltener) auf dem Meeresboden kriechen. Sehr zarte und überwiegend durchsichtige Tiere mit vielen speziellen Eigentümlichkeiten des Körperbaus.

### Aufgaben und Fragen

1. Beobachten Sie Süßwasserpolypen im Aquarium beim Beutefang und Fressen!
2. Wie verfährt ein Süßwasserpolyp mit den nicht verdaulichen Nahrungsresten?
3. Beschreiben Sie die bei einem nicht beunruhigten Süßwasserpolypen regelmäßig zu beobachtenden Bewegungen!
4. Welche Reaktionen zeigt ein Süßwasserpolyp auf chemische und mechanische Reize?
5. Haben Sie schon einmal die Vermehrung eines Süßwasserpolypen beobachtet?

---

Abb. 3 Meeresbewohnende Nesseltiere. Von oben nach unten: Portugiesische Galeere (Blase 10 × 20 × 30 cm), Becherqualle (20 cm Ø), Seenessel (20 cm Ø), Geweihkoralle (ungefähr Größe eines Hirschgeweihs), Seedahlie (bis 1,50 m Ø), Krustenanemone (2 cm Ø), Seenelke (30 cm hoch)



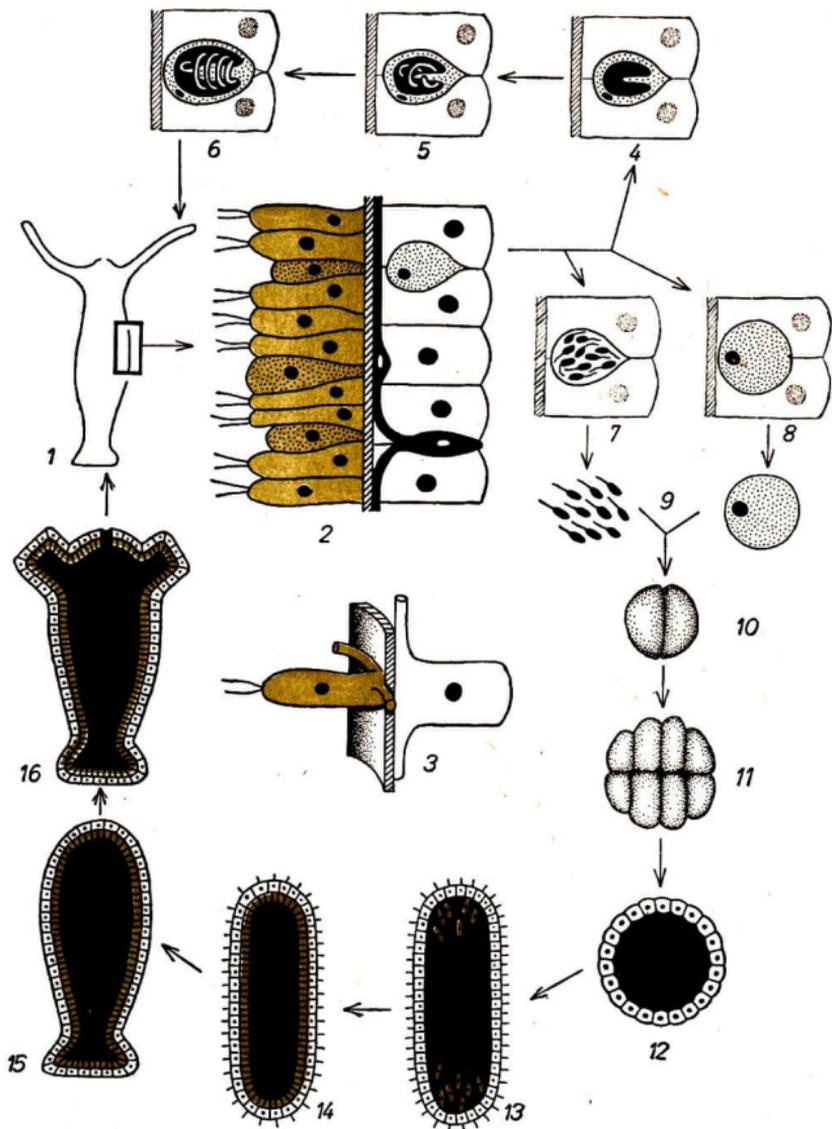


Abb. 4 Körperbau und Fortpflanzung des Süßwasserpolyphen

## Bau und Fortpflanzung des Süßwasserpolypen

Die Körperwand des Süßwasserpolypen (Abb. 4, 2) bildet innen die Darmwand (Entoderm, grün gezeichnet) und außen die Haut (Ektoderm). Zwischen beiden liegt die (schraffiert gezeichnete) Stützlamelle. Die Darmwand setzt sich aus beißelnden Nährzellen und unbeißelnden (punktiert gezeichneten) Drüsenzellen zusammen. In der Außenhaut sind besondere Bildungszellen (punktiert gezeichnet) verteilt. Außerdem liegen hier Sinneszellen und das netzförmige Nervensystem.

Die Nährzellen des Entoderms und die Hautzellen des Ektoderms dienen zugleich als Muskelzellen. Die Hautzellen bilden die Längsmuskulatur, die Nährzellen die Ringmuskulatur (3).

Vielfältige Aufgaben haben die ektodermalen Bildungszellen zu erfüllen. Aus ihnen entstehen die Nesselkapseln (4 bis 6), die später zum größten Teil in die Fangarme einwandern und zum Überwältigen der Beute beziehungsweise zur Verteidigung dienen. Ebenso werden die männlichen (7) und weiblichen Geschlechtszellen (8) von den Bildungszellen des Ektoderms erzeugt.

Samenzellen und Eizellen gelangen ins Wasser und vereinigen sich hier (9). Danach macht die Eizelle zahlreiche aufeinanderfolgende Teilungen durch (10 und 11) und bildet schließlich den Blasenkeim (Blastula, 12). Die Blastula streckt sich in die Länge und entwickelt außen ein dichtes Wimperkleid. Von ihren Enden her wandern Zellen in das Innere ein (13) und formieren sich zum Entoderm. So entsteht aus der einschichtigen Blastula die zweischichtige Gastrula (14).

Wir verwenden die Bezeichnung Gastrula hier zum ersten Mal, obwohl uns schon bei den Schwämmen ein ebenfalls zweischichtiges Stadium der Keimesentwicklung begegnet ist (Abb. 1, 9). Bei den Schwämmen kann man aber noch nicht von einer Gastrula sprechen. Das innere Epithel einer echten Gastrula besteht in jedem Falle aus neugebildeten Zellen, die dann fortan auch im Innern des Keimes verbleiben, um später direkt die Darmwand zu bilden. Das ist bei den Hohltieren zum ersten Mal der Fall. Die innere Schicht bei den Schwämmen dagegen war ursprünglich die Zellwand der Blastula. Deshalb vermeidet man auch am fertigen Schwamm Keimblattbezeichnungen und nennt das innere und äußere Körperepithel Gastral- und Dermallager.

Die außen bewimperte Blastula- und Gastrula-Form dienen als frei bewegliche Larve (Planula). Später setzt sich diese Larve fest, verliert ihre Bewimperung (15) und bildet sich direkt zum jungen Polypen um (16).

## Fortpflanzung der Hydrozoen

Alle im Süßwasser und im Meer lebenden Hydropolypen können sich ungeschlechtlich (durch Knospung) vermehren (Abb. 5). Aus einer einfachen Ausbeulung der Körperwand (2) kann direkt ein neuer Polyp entstehen, der bei vielen Arten ständig mit dem Mutterpolypen verbunden bleibt (3), was schließlich zur Bildung einer Polypenkolonie führt. Der Jungpolyp kann sich aber auch vollständig vom Muttertier ablösen (4), und einzeln leben oder seinerseits eine neue Kolonie begründen.

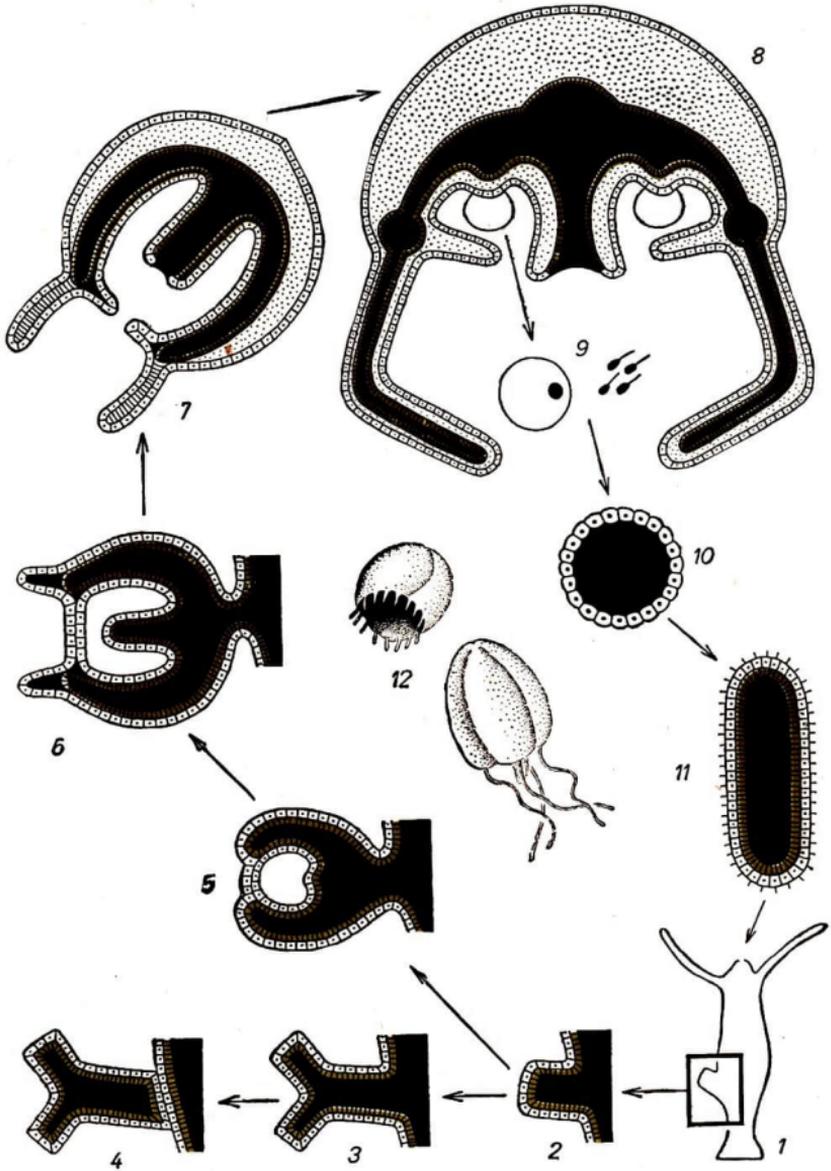


Abb. 5 Generationswechsel der Hydrozoen



Ob der durch Knospung neuentstandene Polyp einzeln lebt oder wieder eine neue Polypkolonie begründet, ist oft von der Artzugehörigkeit des betreffenden Polypen abhängig.

Vom Tierstock (s. S. 9) unterscheidet sich die Kolonie dadurch, daß sie aus deutlich gegeneinander abgegrenzten Einzelwesen besteht, die allerdings an die Erfüllung ganz bestimmter Aufgaben in ganz besonderer Weise angepaßt sein können.

Ausstülpungen der Polypenwand (2) können auch komplizierter gebaute Tiere hervorbringen (5 und 6), die sich als schirm- oder glockenförmige Medusen ablösen (7) und frei im Wasser schwimmen. Ihre Stützlamelle ist zu einer auffällig dicken Gallertmasse vergrößert (punktiert gezeichnet).

Diese Gallertmasse enthält so viel Wasser, daß die Körpersubstanz einer Meduse im Durchschnitt nur etwa 3 bis 4% ihres Gesamtgewichtes ausmacht.

Die fertig entwickelte Meduse (8) bildet in ihren ektodermalen Geschlechtsorganen Samenzellen oder Eier (9). Aus dem befruchteten Ei entwickelt sich eine Blastula (10), daraus geht die als Planula-Larve umherschwimmende Gastrula (11) hervor, die sich schließlich festsetzt und zum Polypen umwandelt (Abb. 4).

Wir bezeichnen eine solche Fortpflanzungsweise als Generationswechsel. Der Polyp verkörpert die ungeschlechtliche Generation, die durch Knospung neue Polypen oder Medusen bildet. Die Meduse stellt die geschlechtliche Generation dar und hat stets Polypen als Nachkommen. Hydromedusen sind immer sehr klein, zart und unscheinbar (12).

Beim Süßwasserpolyphen treten überhaupt keine freilebenden Medusen auf, der Polyp erzeugt selbst Eier und Samenzellen. Dennoch ist die Fortpflanzungsweise nicht einfacher und primitiver als die medusenbildender Arten, sondern – im Gegenteil – ebenfalls als Generationswechsel aufzufassen, bei dem lediglich die Medusengeneration verlorengegangen (vollständig rückgebildet) ist.

Wir stoßen im Tierreich sehr oft auf solche uns einfach erscheinenden Verhältnisse, die in Wirklichkeit nur „nachträglich“ vereinfacht sind, weil sich ursprünglich kompliziertere Fortpflanzungsweisen, Baupläne, Lebensgewohnheiten oder Verhaltensweisen im Verlaufe der Stammesgeschichte vereinfacht haben.

### **Aufgaben und Fragen**

1. Weshalb findet man Ohrenquallen immer dann in großer Anzahl in Buchten und Hafenbecken an der Ostseeküste, wenn der Wind von See her landwärts weht?
2. Beschreiben Sie die Fortbewegungsweise der Ohrenquallen, die Sie bei Exkursionen oder während eines Ferienaufenthaltes an der Ostseeküste beobachtet haben!
3. Geben Sie eine darstellende Beschreibung des Körperbaus der Ohrenquallen!

### **Fortpflanzung der Scyphozoen**

Die ausnahmslos im Meere lebenden Scyphozoen (Abb. 6) besitzen ebenfalls einen Generationswechsel. Die ungeschlechtlichen Scyphopolypen (1) leben meistens einzeln und bilden nur selten Kolonien. Medusen entwickeln sich aus ihnen nicht

durch Knospung, sondern durch Abschnürung von Querscheiben (Strobilation, 2 und 3). Die Übereinstimmung im Bau von Polyp und Meduse ist dadurch besser zu erkennen als bei den Hydrozoen (Abb. 5), denn die junge Scyphomeduse (4) ist nichts anderes als eine frei schwimmende Scheibe des Polypenkörpers.

Diese Meduse (5) bildet in ihren entodermalen Geschlechtsorganen Samenzellen oder Eier (6). Aus dem befruchteten Ei entwickelt sich auf ganz ähnliche Weise wie bei den Hydrozoen ein neuer Polyp (7 und 8). Bei den Scyphozoen ist die Meduse immer viel größer und auffälliger als der unscheinbare Polyp (9).

## Regeneration und Körperform der Polypen und Medusen

**Regeneration.** Süßwasserpolypen besitzen ein sehr hohes Regenerationsvermögen. Selbst wenn man einen einzelnen Polypen in ungefähr 200 Scheiben querteilt, wächst jede dieser Scheiben wieder zu einem vollständigen Polypen aus.

Das ist vor allem darauf zurückzuführen, daß jedes dieser Teilstücke die beiden den Körper aufbauenden Gewebe (Ektoderm und Entoderm) enthält. Die Regeneration besteht also eigentlich nur darin, daß sich die Zellen beider Epithelien so lange vermehren, bis die alte Grundgestalt des Körpers wiederhergestellt ist.

Daneben gibt es beim Süßwasserpolypen noch wenig spezialisierte Ektodermzellen, die Nesselkapseln oder Geschlechtszellen hervorbringen können. In beschränktem Umfang zeigen diese Bildungszellen sogar dieselben amöbenartigen Eigenbewegungen wie die Urzellen der Schwämme.

Innerhalb der Hydrozoen ist die Fähigkeit zur Regeneration nicht überall so stark ausgebildet wie bei *Hydra*. Als Regel können wir uns merken, daß sie im gleichen Maße nachläßt, wie die Polypen zunehmend höher organisiert und stärker spezialisiert sind. Ganz allgemein ist bei den komplizierter gebauten Medusen die Fähigkeit, Gewebe zu ersetzen, geringer entwickelt als bei den einfacher organisierten Polypen.

**Körperform.** Die artkennzeichnende Gestalt des Einzelwesens unterscheidet die Hohltiere sehr deutlich von den Schwämmen. Der Süßwasserpolyp und einige verwandte Arten bleiben praktisch zeitlebens einzeln. Nur während der Knospung haften dem Mutterpolypen eine Zeitlang die Tochterpolypen an.

Bei Hydropolypen des Meeres findet man häufig Koloniebildung. Sie kommt dadurch zustande, daß die Jungpolypen nach beendeter Knospung dauernd mit dem Mutterpolypen verbunden bleiben.

Solche Kolonien zeigen immer ganz ausgeprägte, arttypische Wuchsformen. Die einzelnen Arten können sich im grundsätzlichen Aufbau der Kolonie unterscheiden. Im einfachsten Fall setzt sich die Polypenkolonie aus gleichförmigen Einzeltieren zusammen. In anderen Fällen kann eine weitgehende Differenzierung schon rein äußerlich zu beträchtlichen Veränderungen der Polypengestalt führen (Abb. 3). Man kann dann mindestens normal gebaute Freipolypen von mundlosen Wehrpolypen unterscheiden.

Der Gestaltenreichtum einer Polypenkolonie kann auch von der Fortpflanzungsweise der betreffenden Hydrozoenart abhängig sein. Die übliche Fortpflanzung dieser Tiere ist ein Generationswechsel: die Polypen bilden durch Knospung neue Polypen oder Medusen, die ihrerseits aus befruchteten Eiern nur Polypen erzeugen.

Normalerweise lösen sich die Medusen vom Polypenstock ab und schwimmen eine Zeitlang frei umher. Bei vielen Arten jedoch bleiben sie mit der Polypenkolonie verwachsen. Sie verlieren sogar ihre charakteristische Gestalt und erscheinen als polypenförmige Fortpflanzungstiere.

Mit dem Süßwasserpolypen haben wir eine Art kennengelernt, bei der die Medusengeneration völlig zurückgebildet und verlorengegangen ist. Umgekehrt kann natürlich auch die Polypenform zurückgebildet werden. Bei manchen im Meere lebenden Hydrozoen treten nur Medusen auf, aus deren Eiern und Samenzellen sich wieder Medusen bilden.

Alle diese Beispiele zeigen, daß Polyp und Meduse nur verschiedene Erscheinungsformen einer und derselben Art sind. Deshalb bestehen auch zwischen Polyp und Meduse keine grundlegenden Unterschiede des Körperbaus, und deshalb können auch manche Polypen wie Medusen aussehen und frei im Wasser umherschwimmen oder manche Medusen wie Polypen aussehen und im Sande des Meeresbodens umherkriechen.

Die Vielgestaltigkeit der Hydrozoen kann man also auf den Grundbauplan der Polypen zurückführen. Selbst die kompliziert gebauten, oft wunderschön gefärbten Staatsquallen der Hochsee (Abb. 3) sind eigentlich nur Polypenkolonien mit fest-sitzenden Medusen. Die Kolonien haben sich als Ganzes vom Untergrund losgelöst und schwimmen treibend im Meer.

### Bekannte Arten der Hohltiere

Der Stamm Nesseltiere (*Cnidaria*) wird in drei Klassen unterteilt. Nur Vertreter der Klasse *Hydrozoa* leben auch im Süßwasser.

In der Klasse *Hydrozoa* sind die Polypen stets viel auffälliger als die oft winzigen (selten mehr als einen Zentimeter Schirmdurchmesser erreichenden) Medusen. Bei den meisten Arten leben die Polypen kolonieweise. Die Medusen werden immer durch Knospung erzeugt.

Hierher gehören die Süßwasserpolypen mit mehreren Gattungen. Diese leben stets einzeln und bilden fast niemals Medusen.

Besonders formenreich sind die Kolonien der meeresbewohnenden Hydrozoen. Bei einigen Arten ist die Polypengeneration völlig rückgebildet, so daß nur Medusen auftreten. Bei vielen im Meer lebenden Arten ist das Zusammengehören der beiden Generationen nicht geklärt, Polypen und Medusen sind vielfach mit eigenen Art-namen versehen.

Zu den Hydrozoen gehören auch die besonders schönen, in der Hochsee schwebenden Staatsquallen (Abb. 3), von denen die meisten Arten leuchten können.

In der Klasse der ausschließlich meeresbewohnenden *Scyphozoa* sind die Medusen fast immer sehr viel größer und auffälliger als die Polypen. Von vielen Arten bekommt man fast nur die Medusen zu sehen, weil die Polypen überwiegend am Meeresgrund festsitzen und im Vergleich zu den Quallen nur eine winzige Körpergröße besitzen. Diese Polypen bilden nur ganz ausnahmsweise Kolonien. Medusen erzeugen sie immer durch Strobilation, niemals durch Knospung.

Hierher gehören beispielsweise die Becherquallen und die in der Ostsee besonders häufige, bis 40 cm Schirmdurchmesser erreichende Ohrenqualle (*Aurelia aurita*). Bei einigen Arten enthalten die Nesselkapseln der Medusen hochwirksame Gifte, die auch in der Haut des Menschen Krankheitserscheinungen hervorrufen (Feuerquallen).

Zur Klasse der Korallen (*Anthozoa*, Abb. 3) gehören nur Meerestiere. Der Gastralraum des Polypenkörpers ist durch mindestens 6 Trennwände (Septen) in tiefe senkrechte Nischen geteilt. Außerdem ist ein quer zusammengedrücktes Mundrohr ausgebildet, und die (hier Mesogloea genannte) Stützlamelle enthält viele Zellen.

Die Korallen gehören zu den erdgeschichtlich ältesten Tieren. Die einzeln oder kolonieweise lebenden Polypen sind oft prächtig bunt gefärbt, weshalb die Korallen auch Blumenpolypen genannt werden, und viele Arten richtige Blumenamen tragen (Seerosen, Seelilien, Seeanemonen usw.).

Medusen treten bei den Korallen nicht auf. Die Polypen vermehren sich ungeschlechtlich (durch Knospung) oder geschlechtlich, wobei die Eier und Samenzellen aus dem Magenraum durch das Schlundrohr und die Mundöffnung nach außen gelangen.

Die einzeln lebenden Seerosen (*Actinia*) können wir überall in Meerwasseraquarien beobachten. Die Steinkorallen (*Madreporaria*) sind besonders dadurch bekannt, daß viele Arten in warmen Meeren (Südsee) Riffe bilden. Dörnchenkorallen und die Edelkoralle des Mittelmeeres (*Corallium rubrum*) werden zu Schmuck verarbeitet. Der Venusfächer (*Rhipidogorgia flabellum*), der über 1 m hoch und bis 1,5 m breit wird, und die lose im Meeresboden steckenden Seefedern (*Pennatularia*) sind besonders auffällige Formen.

Der Stamm *Acnidaria* umfaßt nur die Klasse der Rippenquallen (*Ctenophora*). So wie die Korallenpolypen oft an Blumen erinnern, haben manche Rippenquallen äußerlich eine gewisse Ähnlichkeit mit Früchten. Deshalb tragen viele Arten von Früchten abgeleitete Namen (Melonenqualle, Seestachelbeere usw.).

### Parasitismus

Wenn ein Tier ein anderes frißt, lebt es räuberisch. Wenn aber ein sehr kleines Raubtier an ein sehr großes Opfer gerät, vermag es dieses nicht immer zu überwältigen und erst recht nicht vollständig zu verzehren. Stellen wir uns nun vor, daß der Räuber in diesem Fall nur bestimmte Organe oder Gewebe seines Opfers (vielleicht sogar nur einer ganz bestimmten anderen Tierart) frißt, so haben wir einen Übergang von der räuberischen zur parasitischen Lebensweise erfaßt.

Viele Parasiten haben sich aus räuberisch lebenden Vorfahren entwickelt.

Räuber und Parasiten fressen also an (oder in) ihren Opfern. Während aber der Räuber normalerweise sein Opfer tötet (damit er es in Ruhe verzehren kann), muß – umgekehrt – das Opfer des Parasiten möglichst lange am Leben bleiben, weil nur das lebende Opfer Nahrung liefert. Deshalb bezeichnet man die Opfer der Räuber als „Beute“ und die der Parasiten als „Wirte“.

Beim Übergang zur parasitischen Lebensweise treten vielfältige Anpassungserscheinungen bei den Parasiten auf. Oft sind Parasiten gegenüber ihren freilebenden Verwandten aus derselben Tiergruppe schon äußerlich erheblich abgewandelt. Die Veränderungen von Gestalt und Körperbau sind meist um so beträchtlicher, je spezialisierter der betreffende Parasit lebt.

Solche Abwandlungen erfolgen hauptsächlich in zwei verschiedenen Richtungen:

Es können **einzelne Organe rückgebildet** werden. – Ein Parasit beispielsweise, der zweilebens in bereits verdauter Nahrung lebt, braucht keinen Darm und oft keinen Mund. Er kann die Nahrung gleich durch die (besonders dünne) Haut aufnehmen. Ebenso sind Sinnesorgane, die beim Leben im Freien für die Orientierung wichtig sind, rückgebildet.

Es können **Neuerwerbungen** auftreten. – So verfügen Parasiten vielfach über Haftorgane und Klammereinrichtungen, die ihrer Verankerung am oder im Wirt dienen, und die deshalb den freilebenden Verwandten fehlen. Parasiten, die nicht jederzeit und überall auf einen geeigneten Wirt treffen, bilden außerordentlich widerstandsfähige Dauerstadien aus, die bei freilebenden Verwandten ebenfalls nicht auftreten.

Auch in den Lebensäußerungen unterscheiden sich Parasiten von ihren freilebenden Verwandten oft ganz beträchtlich.

Viele Parasiten können einzig und allein in ganz bestimmten Organen ganz bestimmter Tierarten leben. Ihre Nachkommen müssen also wieder in das gleiche Organ eines anderen Wirtes derselben Tierart gelangen. Das ist meistens ungeheuer schwer und vielfach überhaupt nur auf Umwegen möglich.

Mitunter sind sogar die einzelnen Entwicklungsstadien des Parasiten auf ganz andere Organe ganz anderer Wirte angewiesen, weil sie sich nur darin weiterentwickeln können. Die Entwicklung muß dann also mit einem Wirtswechsel verbunden sein, der über einen oder mehrere Zwischenwirte zum Endwirt führt. Nur in diesem Endwirt kann der erwachsene Parasit seine Fortpflanzungsfähigkeit erlangen.

Der Bestand der Parasitenart ist nur dann für eine weitere Generation gesichert, wenn eine Parasitenlarve den ganzen, komplizierten Entwicklungsgang durchlaufen hat. Viele Larven gehen vorher zugrunde!

Die meisten Parasiten bringen ungeheuer viele Nachkommen hervor. Die sehr hohen Eizahlen unterscheiden zahlreiche Parasiten ebenfalls recht deutlich von ihren freilebenden Verwandten.

Freilebende Planarien bringen im Verlaufe einer Saison nur wenige Gelege von je einigen Dutzend Eiern hervor. Ein einziges reifes Glied des Schweinefinnenbandwurms dagegen enthält bis zu 30000 Eier. Insgesamt bringt ein einzelner Bandwurm im Laufe seines Lebens mehrere Millionen Eier hervor.

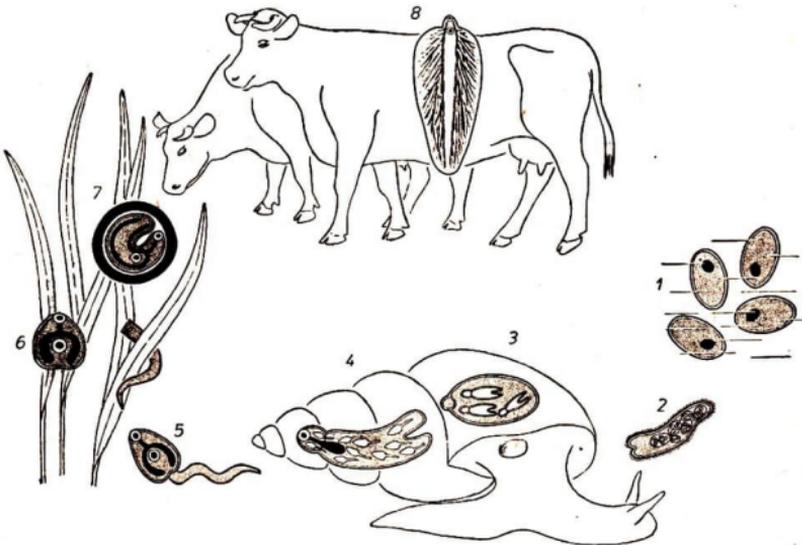


Abb. 7 Entwicklung des Großen Leberegels. 1 Eier, 2 Flimmerlarve, 3 Keimschlauch, 4 Stablarve, 5 und 6 Schwanzlarven, 7 Kapsel, 8 erwachsener Wurm

Ähnliches ist bei Rundwürmern zu beobachten. Freilebende, räuberische Arten legen bestenfalls einige hundert Eier ab. Das Weibchen des im Menschen lebenden Spulwurms jedoch erzeugt täglich bis zu 200000 entwicklungsfähige Eier.

Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang der Große Leberegel (*Fasciola hepatica*). Er legt im Höchstfall etwa 45000 Eier ab. Die einzelnen Larvenstadien können sich jedoch ungeschlechtlich vermehren, so daß die Zahl der Nachkommen um ein vielfaches höher als die der abgelegten Eier ist. In der Entwicklung des Großen Leberegels ist ein Wirtswechsel mit einem Generationswechsel gekoppelt (Abb. 7).

Alle hier skizzierten Anpassungserscheinungen sind in der Hauptsache bei solchen Tieren zu beobachten, die ständig parasitisch leben. Diesen ständigen Parasiten steht eine nicht geringe Zahl zeitweiliger Parasiten gegenüber. Dazu gehören beispielsweise die vielen Blutsauger aus den verschiedensten Tiergruppen. Sie alle suchen ihre Wirte überwiegend nur für kurze Zeit (zur Nahrungsaufnahme) auf. Sie unterscheiden sich von ihren freilebenden Verwandten zumeist sehr viel weniger als die ständigen Parasiten.

In den meisten Fällen verfügen die Blutsauger lediglich über Einrichtungen zur Nahrungsspeicherung. So ist der Darm des Blutegels beispielsweise beiderseits mit vielen Blindsäcken ausgestattet, während die räuberisch lebenden Egelarten ein einfaches, gerades Darmrohr besitzen. Auch von den blutsaugenden Insekten (z. B. Stechmücken) wissen wir, daß ihr Hinterleib sehr viel dehnungsfähiger ist als der pflanzensaftsaugender Mückenarten.

Zeitweiliger Parasitismus kann auch darin begründet sein, daß nur gewisse Entwicklungsstadien einer Tierart parasitisch leben. Während des betreffenden Abschnittes der Entwicklung leben diese Stadien aber dauernd parasitisch.

Das ist zum Beispiel bei den Schlupfwespen unter den Insekten der Fall. Ihre Larven parasitieren in Eiern, Larven oder Vollkerfen anderer Insekten; die Erwachsenen dagegen leben überwiegend von Blütenstoffen (Nektar und Pollen), fliegen frei umher und unterscheiden sich äußerlich nicht von anderen Hautflüglern.

### Aufgaben und Fragen

1. Welche ständigen und zeitweiligen Parasiten kennen Sie?
2. Nennen Sie die Besonderheiten im Körperbau, durch die sich diese Parasiten von ihren freilebenden Verwandten unterscheiden!

### Stamm Plattwürmer (*Plathelminthes*)

Der Körper der Plattwürmer ist, wie schon der Name besagt, meist auffällig abgeplattet. Das Körperinnere füllt ein von feinen Spalten durchsetztes Bindegewebe aus. Der Darm besitzt nur eine Mundöffnung; ein After fehlt. Oft ist der ganze Darm rückgebildet und fehlt vollständig.

Die Strudelwürmer (*Turbellaria*) leben als Räuber hauptsächlich im Wasser. Saugwürmer (*Trematodes*) und Bandwürmer (*Cestodes*) leben als Erwachsene ausnahmslos parasitisch in und an anderen Tieren (vorwiegend an Wirbeltieren); von ihnen kommen lediglich einzelne Entwicklungsstadien im Freien vor.

### Aufgaben und Fragen

1. Welchen Schaden verursacht der Große Leberegel, und wie bekämpft man diesen parasitischen Saugwurm? Welche Bedeutung hat die Kenntnis des Entwicklungszyklus dieses Parasiten für seine Bekämpfung?
2. Wie beugt man am besten einem Bandwurmbefall vor?
3. Weshalb ist der Hundebandwurm (*Echinococcus granulosus*) für den Menschen besonders gefährlich?

### Stamm Rundwürmer (*Nemathelminthes*)

Rundwürmer sind meistens drehrund und langgestreckt. Das Körperinnere ist ein mit Flüssigkeit angefüllter Hohlraum. Deshalb werden die Rundwürmer auch Schlauchwürmer (*Aschelminthes*) genannt. Der Darm besitzt einen Mund und eine Afteröffnung.

Die Stammesgeschichte der Rundwürmer ist noch gänzlich ungeklärt. Sicherlich sind die Rundwürmer aber nicht als eine einfache Weiterentwicklung der Plattwürmer aufzufassen. Die meisten Wissenschaftler betrachten die Rundwürmer heute als eine besonders spezialisierte Tiergruppe, die sich vermutlich aus höher organisierten Gliedertieren rückgebildet hat.

Die wichtigste Klasse der Rundwürmer sind die Fadenwürmer (*Nematoda*), von denen sehr viele parasitisch leben. Sie verursachen teilweise an Kulturpflanzen ganz enorme Schäden (s. Tabellen S. 31 u. 32).

#### Aufgaben und Fragen

1. Welche Krankheitserscheinungen und Schäden werden von Nematoden an Kulturpflanzen hervorgerufen?
2. Welche an Kulturpflanzen schädlichen Nematoden kennen Sie, und was wissen Sie über ihre Bekämpfung?
3. Nennen Sie Nematoden, die im Menschen parasitieren können, und geben Sie an, wo die von Ihnen genannten Arten im menschlichen Körper zu finden sind!

#### Körperbau freilebender und parasitischer Platt- und Rundwürmer

Die Plattwürmer verändern beim Übergang vom Freileben zum Parasitismus ihren gesamten Bauplan. Vor allem sind davon der Darm und die Geschlechtsorgane betroffen (Abb. 8).

Gegenüber den freilebenden Strudelwürmern (1) besitzen die Saugwürmer zur Nahrungsspeicherung einen stark vergrößerten (ungemein verästelten) Darm (3). Die Bandwürmer haben überhaupt keinen Darm (5), sie nehmen bereits verdaute Nahrung durch die Haut (osmotisch) auf.

Die Geschlechtsorgane sind bei den Parasiten im allgemeinen viel größer als bei freilebenden Plattwürmern; sie bringen viel größere Eimengen hervor (2, 4 und 6).

Alle Plattwürmer sind Zwitter, besitzen also nebeneinander männliche und weibliche Geschlechtsorgane. Bei den Bandwürmern trifft dies nur für das ganze Tier zu. Das einzelne Bandwurmglied aber fungiert nacheinander als Männchen und später (voll ausgereift) als Weibchen.

Eine weitgehende Veränderung erfährt auch die Körperdecke (Abb. 9). Strudelwürmer besitzen eine einschichtige, dicht mit Wimpern bestandene Haut (1). Bei erwachsenen Saug- und Bandwürmern dagegen dient als Körperdecke eine dünne, zellenlose Hülle (Kutikula; 2 und 3). Diese Kutikula wird in der Jugend von einer ebenfalls einschichtigen Haut abgesondert, die danach vollständig rückgebildet wird.

Die Rundwürmer verändern ihren Bauplan beim Übergang zur parasitischen Lebensweise fast gar nicht. Die Parasiten zeigen den gleichen Körperbau wie die freilebenden Arten (Abb. 8, 7 bis 9). Das trifft im wesentlichen auch für den Körperquerschnitt zu (Abb. 9, 4 und 5). Im Grunde besitzen die Parasiten hier lediglich eine viel derbere Kutikula, die darunterliegende Haut hat ihre Zellgrenzen verloren, und die Anzahl der Längsmuskelsegmente ist vermehrt.

Im Gegensatz zu den zwitterigen Plattwürmern sind die Rundwürmer immer getrenntgeschlechtlich. Es treten bei ihnen Weibchen und Männchen auf (Abb. 8, 8 und 9).

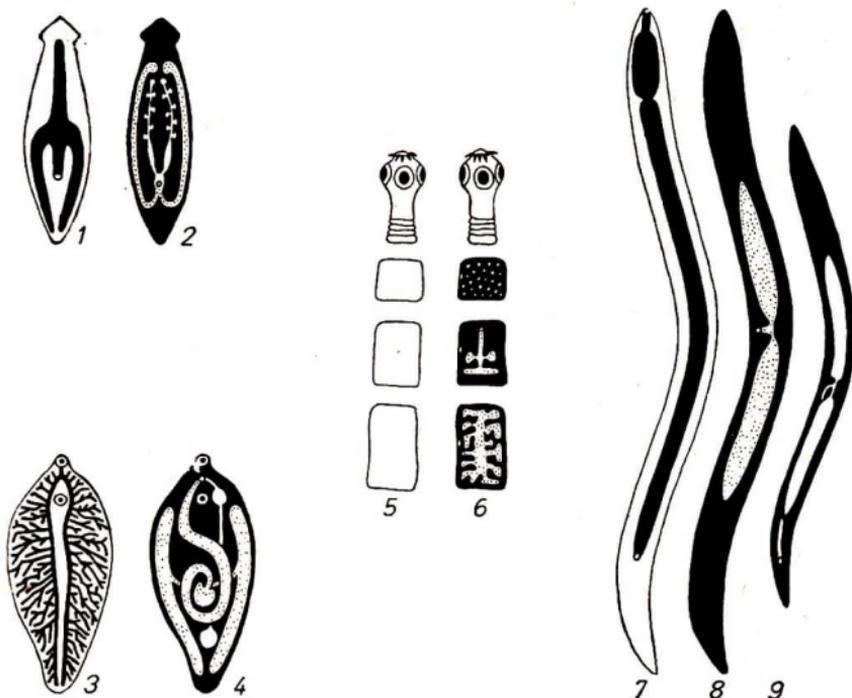


Abb. 8 Darm und Geschlechtsorgane bei Platt- und Rundwürmern

Während also die Plattwürmer zahlreiche körperliche Anpassungen an den Parasitismus aufweisen, haben die Rundwürmer überwiegend ihre Lebensweise ohne Veränderungen des Bauplans geändert.

### Regeneration bei Platt- und Rundwürmern

Manche Planarien kann man in mehr als 200 Scheiben zerschneiden, und jede davon wächst wieder zu einem vollständigen Strudelwurm aus.

Dieses hohe Regenerationsvermögen ist den meisten Parasiten unter den Plattwürmern verlorengegangen. Ein Leberegel beispielsweise stirbt, wenn man ihn in Stücke schneidet.

Das kann mit daran liegen, daß dem erwachsenen Wurm ein Teil der organbildenden Gewebe fehlt, beispielsweise die Haut, die nach dem Abscheiden der Kutikula noch während der Jugendentwicklung des Leberegels völlig rückgebildet wird.

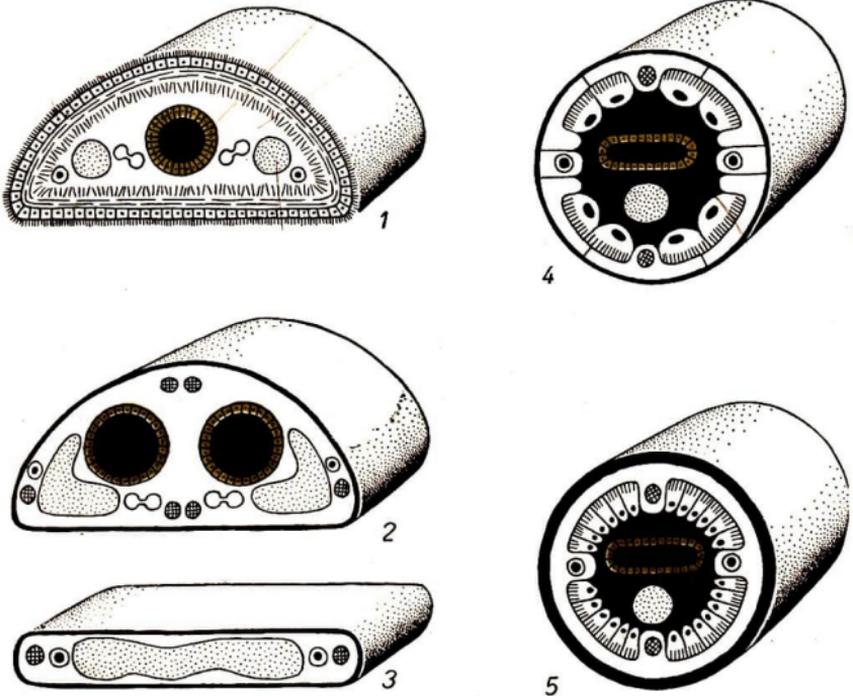


Abb. 9 Innerer Körperbau der Platt- und Rundwürmer

Auch die Rundwürmer besitzen kein Regenerationsvermögen. Ihr Bauplan ist ungewöhnlich hoch spezialisiert. Die einzelnen Organe und Gewebe bestehen meistens aus einer genau festgelegten Anzahl von Zellen. Diese Erscheinung der Zellkonstanz treffen wir im Tierreich immer nur bei sehr stark spezialisierten Formen an. Gerade auch wegen dieser Zellkonstanz werden die Rundwürmer heute allgemein als eine gleichzeitig spezialisierte und rückgebildete Tiergruppe angesehen, deren Vorfahren vermutlich unter den Gliedertieren zu suchen sind.

### Bekannte Arten der Plattwürmer

Die drei Klassen der Plattwürmer sind sehr leicht nach äußerlich erkennbaren Merkmalen zu unterscheiden.

Zur Klasse Strudelwürmer (*Turbellaria*) gehören mehr als 1400 Arten, deren Körper immer ungegliedert ist, und die niemals mit Saugnäpfen oder Haftscheiben ausgestattet

sind. Die meisten Arten sind freilebend, doch finden sich auch zahlreiche Übergänge zum Parasitismus. Ursprünglichster Lebensraum ist das Meer, wo die Strudelwürmer hauptsächlich an Pflanzen oder am Boden (auch in den oberen Sandschichten des Grundes) leben. Zahlreiche Arten kommen im Süßwasser, einige auch an feuchten Stellen auf dem Lande vor. Bekannteste Vertreter sind die Planarien.

Zur Klasse Saugwürmer (*Trematodes*) gehören etwa 2600 Arten, die an der Bauchseite ein oder zwei Saugnapfe in sehr verschiedener Anordnung tragen. Als Erwachsene leben sie durchweg parasitisch, überwiegend an und in Wirbeltieren. Nach der unterschiedlichen Entwicklungsweise werden zwei Ordnungen unterschieden:

Die *Monogenea* entwickeln sich direkt und ohne Wirtswechsel. Erwachsene parasitieren sie vornehmlich an der Haut und den Kiemen von Fischen und in den Harnblasen der Lurche. Hierher gehören einige Erreger seuchenhafter Fischkrankheiten.

Die Entwicklung der *Digenea* ist immer mit einem Generationswechsel und mit einem einfachen oder doppelten Wirtswechsel verbunden. Erwachsene parasitieren sie in verschiedenen Organen der Wirbeltiere. Hierher gehört zum Beispiel der Große Leberegel (*Fasciola hepatica*).

Zur Klasse Bandwürmer (*Cestodes*) gehören ungefähr 1700 Arten, deren Körper immer in einen Kopf (Skolex) und daran anschließende Glieder (Proglottiden) unterteilt ist. Das einzelne Tier erreicht bis 15 m Länge (Fischbandwurm, *Diphyllobothrium latum*). Von den bis 4500 Gliedern werden die letzten, ausgereiften einzeln oder in Gruppen abgestoßen. Erwachsene Bandwürmer leben überwiegend im Darm von Wirbeltieren.

Einige wirtschaftlich wichtige Arten der Saugwürmer und Bandwürmer sind in den Tabellen auf den Seiten 29 und 30 zusammengefaßt.

## Bekanntere Arten der Rundwürmer

Der Grundbauplan der Rundwürmer ist in den einzelnen Klassen teilweise erheblich abgewandelt. Man unterscheidet sechs Klassen:

Die Fadenwürmer (*Nematoda*) werden bis 1 m lang. Diese mit etwa 5000 Arten größte Klasse ist zugleich die wirtschaftlich bedeutungsvollste. Einige der wichtigsten Parasiten und Schädlinge sind in den Tabellen auf Seite 31 und 32 berücksichtigt.

Die Rädertiere (*Rotatoria*) verdanken ihren Namen einem räderartigen Wimperkranz am Vorderende, der gleichzeitig zur Fortbewegung und zum Herbeistrudeln der Nahrung dient. Die ungefähr 1500 Arten sind meist kleiner als 1 mm und werden höchstens 3 mm lang. Es sind durchweg Wasserbewohner, die auch in kleinen Wasseransammlungen (z. B. der Moospolster) häufig vorkommen (Abb. 12).

Die Bauchhärlinge (*Gastrotricha*) tragen an ihrer abgeflachten Bauchseite Wimperstreifen, während auf dem Rücken Schuppen oder Borsten stehen. Die etwa 200 Arten von höchstens 1,5 mm Körperlänge leben als Bodentiere im Meer und Süßwasser.

Die Saitenwürmer (*Nematomorpha*) tragen ihren Namen ebenfalls zu Recht. Bei einer Körperlänge von mitunter mehr als 1 m beträgt ihr Durchmesser zumeist kaum mehr als 1 mm. Die erwachsenen Würmer sind Wassertiere. Wir sehen sie zum Beispiel auf dem Grunde klarer Bäche als schwärzliche, braune oder gelbe Knäuel liegen, die häufig aus Hunderten von Tieren bestehen. Die Larven leben parasitisch in Krebsen und Insekten. Auch ausgesprochene Landinsekten (z. B. Heuschrecken) werden von ihnen befallen. Diese Wirte suchen dann, wenn der Parasit fertig entwickelt ist, das Wasser auf und entlassen ihn dahinein. Die bei uns häufigste Art ist das Wasserkalb (*Gordius aquaticus*).

Häufige und bekannte Cestoden

Artname	Größe und Merkmale	Zwischenwirt	Endwirt	Befallenes Organ	Infektionsweg
Zwergbandwurm ( <i>Hymenolepis nana</i> )	7 bis 15 mm lang, 0,55 bis 0,70 mm breit, Hakenkranz, 4 Saugnäpfe, fadenförmig, selten schmal, bandförmig	Larve entwickelt sich im Endwirt (Ausnahme!)	Mensch	Letzter Teil des Dünndarms, besonders bei Kindern	Verunreinigte Nahrung
Schweinebandwurm ( <i>Taenia solium</i> )	Bandwurm 2 bis 4 m lang, bisweilen 8 m lang, Finne 15 mm lang, 4 Saugnäpfe, Hakenkranz	Finne im Schwein	Mensch	Bandwurm im Dünndarm, Finnen in Augen, Nervensystem, Haut	Durch finniges, ungenügend gekochtes Schweinefleisch
Kinderbandwurm ( <i>Taeniakynchus saginatus</i> )	Bandwurm 5 bis 10 m lang, ohne Hakenkranz mit 4 Saugnäpfen	Finnen im Rind	Mensch	Dünndarm	Durch finniges, ungenügend gekochtes Rindfleisch
Fischbandwurm ( <i>Diphyllobothrium latum</i> )	Bandwurm durchschnittlich 2 bis 8 m lang, zuweilen 10 bis 15 m, ohne Hakenkranz, mit 2 Sauggruben	Krebs und Fisch	Mensch, auch Hund und Katze	Dünndarm	Durch finniges, ungenügend gekochtes Fischfleisch
Hundebandwurm ( <i>Echinococcus granulosus</i> )	Bandwurm 3 bis 6 mm lang, mit Hakenkranz und 4 Saugnäpfen	Finnen in Mensch, Rind, Schaf, Schwein	Hund	Bandwurm im Dünndarm des Hundes, Finnen in Leber und Lunge	Durch Aufnahme der Eier

Häufige Trematoden der Wirbeltiere

Artnamen	Größe und Merkmale	Zwischenwirt	Entwicklung im Wasser	Endwirt	Befallenes Organ	Infektionsweg
Großer Leberegel ( <i>Fasciola hepatica</i> )	18 bis 40 mm lang, 4 bis 13 mm breit, blattförmig	Wasserschnecken	Eier Miracidien (Flimmerlarve)	Schaf, Rind und andere Haustiere	Gallengänge	Durch Trinkwasser oder Pflanzennahrung
Kleiner Leberegel ( <i>Dicrocoelium lanceatum</i> )	8 bis 10 mm lang, 1,5 bis 2,5 mm breit, schlank, lanzettförmig	Land-schnecken		pflanzenfressende Säugetiere	Leber, Gallenblase	Durch Genuß infiltrierter Landpflanzen
Katzenleberegel ( <i>Opisthorchis felis</i> )	8 bis 10 mm lang, 1,5 bis 2,2 mm breit, schlank, lanzettförmig, durchsichtig	kalkliebende Schnecken und Fische	Eier Miracidien (Flimmerlarve)	Katze, Hund und Mensch	Gallengänge	Durch Genuß infiltrierter roher Fische (Fischsalat)
Pärchenegel ( <i>Schistosoma haematobium</i> )	♂ 10 bis 15 mm lang, ♀ 15 bis 20 mm lang	Wasserschnecken	Eier Miracidien (Flimmerlarve)	Mensch	Venensystem, besonders Pfortader	Aktives Einbohren durch die Haut

Parasitische Nematoden

Artnamen	Größe und Merkmale	Zwischenwirt	Endwirt	Befallenes Organ	Infektionsweg
Spulwurm ( <i>Ascaris lumbricooides</i> )	♂ 15 bis 17 cm lang, 3,2 bis 4 mm breit, ♀ 20 bis 25 cm lang, 3,8 bis 6 mm breit, Mundöffnung von 3 Lippen umstellt		Mensch, Schwein	Wurm im Dünndarm, Larven in Aderm und Lunge	Durch verunreinigte Nahrung
Trichine ( <i>Trichinella spiralis</i> )	♂ 1,5 mm lang, 40 µm breit, ♀ 3 bis 4 mm lang, 60 µm breit		Mensch, Schwein, Ratte, Fuchs, Hund	Wurm im Dünndarm, Larven in der Muskulatur	Durch rohes oder ungenügend gekochtes trichinöses Fleisch
Madenwurm ( <i>Enterobius vermicularis</i> )	♂ 3 bis 5 mm lang, 200 µm breit, Ende stumpf eingerollt ♀ 9 bis 12 mm lang, 0,5 mm breit Ende pfriemenförmig		Mensch, besonders Kinder	Dickdarm, Blinddarm und Wurmfortsatz	Durch verunreinigte Nahrung, oft Selbstinfektion
Haarwurm ( <i>Wucheria bancrofti</i> )	♂ etwa 4 cm lang, 100 µm breit, ♀ 8 bis 10 cm lang, etwa 300 µm breit	Stechmücken	Mensch	Lymphgefäße und Lymphknoten der Beckenregion, der Extremitäten und Geschlechtsorgane	Übertragung durch Stechmücken beim Blutsaugen

Nematoden als Pflanzenschädlinge

Artname	Größe und Merkmale	Endwirt	Krankheitsbild	Bekämpfungsmittel
Stock- bzw. Roggen- älchen ( <i>Ditylenchus</i> <i>dipsaci</i> )	♂ 0,9 bis 1,6 mm lang, ♀ 0,9 bis 1,8 mm lang, schlank, mit deutlich abgesetztem Kopfende	Roggen, Ha- fer, Mais, Raps Rüben, prak- tisch an allen Pflanzen	Blätter korkzieherartig gedreht, reiche Bestockung der Pflanze, aber geringe Schösserbildung	Intensive Unkrautbe- kämpfung, Vermeidung der Verschleppung mit Stroh beziehungsweise Mist und anderem; Einhaltung einer Fruchtfolge, in der die be- sonders anfälligen Frucht- arten vermieden werden
Weizenälchen ( <i>Anguina tritici</i> )	♂ 0,9 bis 2,5 mm lang, ♀ 3 bis 5 mm lang, spiralg aufgerollt und unbeweglich	Weizen, Din- kel	Buckelartige Erhebung und Einrollung der Blätter; Ähren mit grünen bis schwarzen Gallen	Gründliche Reinigung des Saatgutes (Weizen). Befäl- lener Dinkel ist einer Heiß- wasserbeize zu unterziehen
Kartoffelälchen ( <i>Heterodera rosto-</i> <i>chimensis</i> )	♂ 0,9 bis 1,2 mm lang, zylindrisch, ♀ 0,3 bis 1 mm lang, kugelförmig mit kräftigem Hals	Kartoffel, selten Tomate	Wachstumshemmung, Ver- gilben, Einrollen der Blät- ter, verstärkte Wurzelbil- dung infolge Absterbens vieler Wurzeln	Fruchtfolgemassnahmen, Reinigungsfuchtfolge. Zur Entseuchung hochwertiger Pflanzenknollen wird zur Desinfektion 5%ige kalte oder 1%ige auf 52 °C er- wärmte Formalinlösung be- nutzt
Rübenälchen ( <i>Heterodera schachtii</i> )	♂ 1,2 bis 1,6 mm lang, zylindrisch, ♀ 0,4 bis 1,1 mm lang, zitronenförmig	Rüben	Schlaffheit der Blätter, vor- zeitiges Vergilben der äuße- ren Blätter, starke Seiten- wurzelbildung	Vermeidung der Verschlep- fung, ordnungsgemäßer Fruchtwechsel, Vernich- tung aller als Wirtspflanzen bekanntes Unkräuter, Dün- gung mit Mineraldünger

Die *Kinorhyncha* sind äußerlich scheinbar segmentiert und haben sonst eine gewisse Ähnlichkeit mit den Bauchhärlingen. Sie werden ebenfalls nur etwa 1 mm lang. Die etwa 30 Arten leben am Meeresboden im Schlamm und zwischen Algen.

Die Kratzer (*Acanthocephala*) werden bis 60 cm lang. Kennzeichnend für sie ist ein mit Widerhaken besetzter, einstülpbarer Rüssel. Die Erwachsenen leben als Parasiten im Darm von Wirbeltieren und nehmen ihre Nahrung (wie die Bandwürmer) osmotisch durch die Haut auf. Die Larven leben in Insekten, Krebsen, Fischen, Lurchen und Kriechtieren. Die Entwicklung ist mit einem Wirtswechsel gekoppelt. Von den mehr als 250 Arten ist der Riesenkratzer (*Macrocanthorhynchus hirudinaceus*) die bekannteste. Dieser bis 35 cm lange Parasit lebt im Dünndarm des Schweines. Als Zwischenwirte dienen Engerlinge und andere Käferlarven.

### Gliedertiere (*Articulata*)

Von den bisher behandelten Tiergruppen unterscheiden sich die beiden nun zu besprechenden Stämme Ringelwürmer und Gliederfüßer grundsätzlich dadurch, daß sie einen in Segmente gegliederten Körper besitzen. Bei den Ringelwürmern und Gliederfüßern ist ein gänzlich neuer Bauplan ausgebildet, der eine enge Verwandtschaft zum Ausdruck bringt. Die Gliederfüßer stammen von ringelwurmähnlichen Vorfahren ab. Deshalb werden diese beiden Tierstämme – zusammen mit einigen weiteren, kleineren Stämmen – als Gliedertiere (*Articulata*) zusammengefaßt.

#### Stamm Ringelwürmer (*Annelida*)

Von den Platt- und Rundwürmern unterscheiden sich die Ringelwürmer schon äußerlich dadurch, daß ihr Körper segmentiert ist. Dieser äußeren Ringelung entspricht eine gleichartige Gliederung im Körperinnern. Dieses Körperinnere ist – wie bei den Rundwürmern – ein Hohlraum, der hier aber mit einer eigenen Wand ausgekleidet und in der Längsrichtung des Körpers gekammert ist.

Die Mehrzahl der Ringelwürmer lebt im Wasser. Besonders auffällige und teilweise sehr bunte Formen sind unter den Meeresbewohnern anzutreffen (Abb. 12).

Große wirtschaftliche Bedeutung besitzen die landbewohnenden Regenwürmer, die mit zu den wichtigsten Humusbildnern gehören.

Unter den Egeln gibt es zahlreiche zeitweilige Parasiten, die an ihren Opfern Blut saugen (z. B. der Medizinische Blutegel).

#### Stamm Gliederfüßer (*Arthropoda*)

Mit mindestens 900000 heute lebenden Arten (davon allein rund 750000 Arten Insekten) bilden die Gliederfüßer den bei weitem größten Tierstamm.

Im Grundbauplan unterscheiden sich die Gliederfüßer nur geringfügig von den Ringelwürmern (Abb. 14 bis 16). Im Vergleich zu diesen wird der Körper zunehmend in einzelne Abschnitte mit unterschiedlicher Funktion unterteilt (Kopf, Brust, Hinterleib).

Ihren Namen verdanken die Gliederfüßer den gegliederten Gliedmaßen, mit deren Hilfe sie den Körper stärker vom Boden abheben als die Ringelwürmer.

Die Körperdecke wird von einer kräftigen Kutikula aus Chitin gebildet, die mindestens während der Jugendentwicklung durch periodische Häutungen erneuert wird.

#### Aufgaben und Fragen

1. Setzen Sie einen Regenwurm auf Filtrierpapier! Beobachten Sie!
2. Sezieren Sie einen großen Regenwurm! Benutzen Sie die Anleitung auf S. 130. Beschreiben und zeichnen Sie den inneren Aufbau des Körpers!
3. Erklären Sie die Nützlichkeit der Regenwürmer!
4. Lösen Sie die Aufgabe 3 auf S. 149 des Lehrbuches Biologie II!

#### Körperbau der Ringelwürmer

Beim erwachsenen Ringelwurm stimmt die innere Gliederung mit der äußeren vollständig überein (Abb. 10). Alle Rumpsegmente zeigen den gleichen Aufbau; sämtliche wichtigen Organe werden in jedem Segment wiederholt.

Die Körperwand läßt eine deutliche Schichtung erkennen. Außen liegt eine Kutikula, darunter die Haut. Unter der Haut ist ein kräftiger Hautmuskelschlauch entwickelt, der aus Ring- und Längsmuskeln besteht.

Innen liegt dem Hautmuskelschlauch die Wand der Leibeshöhle (Coelom) an. Jedes Segment besitzt zwei seitliche Coelomhöhlen, die in der Mittellinie des Körpers über und unter dem Darm aneinanderstoßen. Außerdem ist jedes Segment von dem nachfolgenden durch eine doppelte Querwand getrennt.

Wo die Coelomhälften in der Segmentmitte aneinanderstoßen, dienen ihre senkrechten Wände zur Aufhängung des Darmes. Zwischen ihnen verlaufen alle den

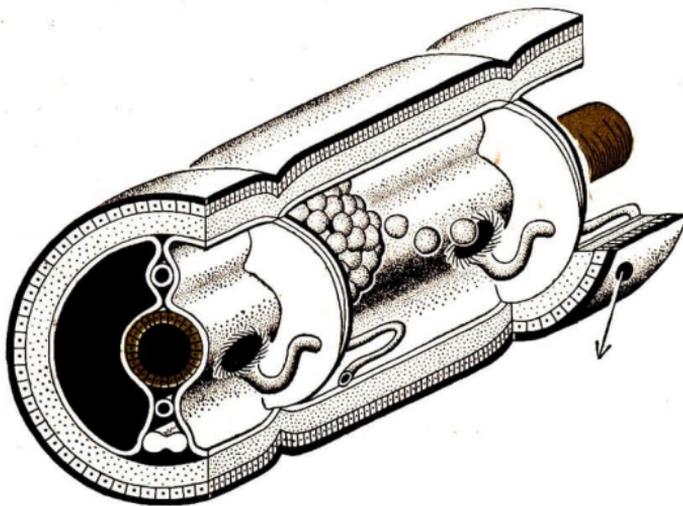


Abb. 10  
Körperbau  
eines  
Ringelwurms

ganzen Körper durchziehenden Organe: das Darmrohr, über und unter dem Darm je ein Blutgefäß (Rückengefäß und Bauchgefäß), und an der Bauchseite der Längsstrang des Nervensystems (Bauchmark). Dieser Spalt zwischen den Coelomhälften ist ein Rest der ursprünglichen (primären) Leibeshöhle. In einem Rest der primären Leibeshöhle verlaufen auch zwischen den segmentalen, queren Coelomwänden noch Ringgefäße, die das Rücken- und Bauchgefäß miteinander verbinden.

Außer den genannten Organen durchziehen nur noch Ausscheidungsorgane die queren Trennwände des Coeloms. Diese Ausscheidungsorgane beginnen mit einem offenen, rundherum bewimperten Trichter und münden durch einen langen, meist gewundenen Ausführungskanal im jeweils nachfolgenden Segment nach außen. Weil in jedem Segment ein Paar Ausscheidungsorgane ausgebildet ist, nennt man sie auch Segmentalorgane.

Die Segmentalorgane der Ringelwürmer transportieren auch die Geschlechtszellen nach außen. In dem vollständig dargestellten Segment der Abb. 10 sind die Geschlechtsorgane mit eingezeichnet, der Weg der Geschlechtszellen ist angegeben (Pfeil).

### Das dritte Keimblatt (Mesoderm)

Bei den Hohltieren (Abb. 4 bis 6) tritt nur ein äußeres Keimblatt (Ektoderm) und ein inneres Keimblatt (Entoderm) auf. Bei den Ringelwürmern begegnet uns erstmals noch ein drittes Keimblatt, das zwischen den beiden anderen angelegt wird und deshalb mittleres Keimblatt (Mesoderm) genannt wird.

Das befruchtete Ei der Ringelwürmer (Abb. 11, 1) furcht sich anfangs in gleich große Zellen (2). Bei der dritten Furchungsteilung aber (3) entstehen 4 große Zellen (Makromeren) und 4 kleine Zellen (Mikromeren).

Bei den nächsten Teilungsschritten wird dann sehr frühzeitig eine Mikromere abgeschnürt (in 4 punktiert gezeichnet), der für die weitere Entwicklung eine besondere Bedeutung zukommt. Sie ist zunächst gar nicht von den übrigen Zellen der Morula zu unterscheiden, und auch an der Blastula ist sie noch nicht äußerlich zu erkennen (5).

Wenn sich aber die Blastula zur Gastrula einstülpt, gelangt diese Zelle in das Innere des Keimes (6). Sie liegt nun unter dem Hinterende des eingestülpten Urdarms (7) und teilt sich hier sogleich (8).

Durch sehr komplizierte Versuche konnte bewiesen werden, daß aus dieser frühzeitig gebildeten Mikromerenzelle später das dritte Keimblatt hervorgeht. Sie wird deshalb Urmesodermzelle genannt.

Bei den im Meere (vorwiegend in selbstgefertigten Röhren festsitzend) lebenden vielborstigen Ringelwürmern schwimmt die Gastrula als Larve umher. Weil sie mit je einem vor und hinter dem Urmund gelegenen Wimperkranz ausgerüstet ist, nennt man sie Reifenträger-Larve (Trochophora, 9).

Die Larve streckt sich auffällig in die Länge. Dabei bleiben die Urmesodermzellen unter dem hinteren Darmende liegen (10). Durch sehr schnell aufeinanderfolgende Teilungen

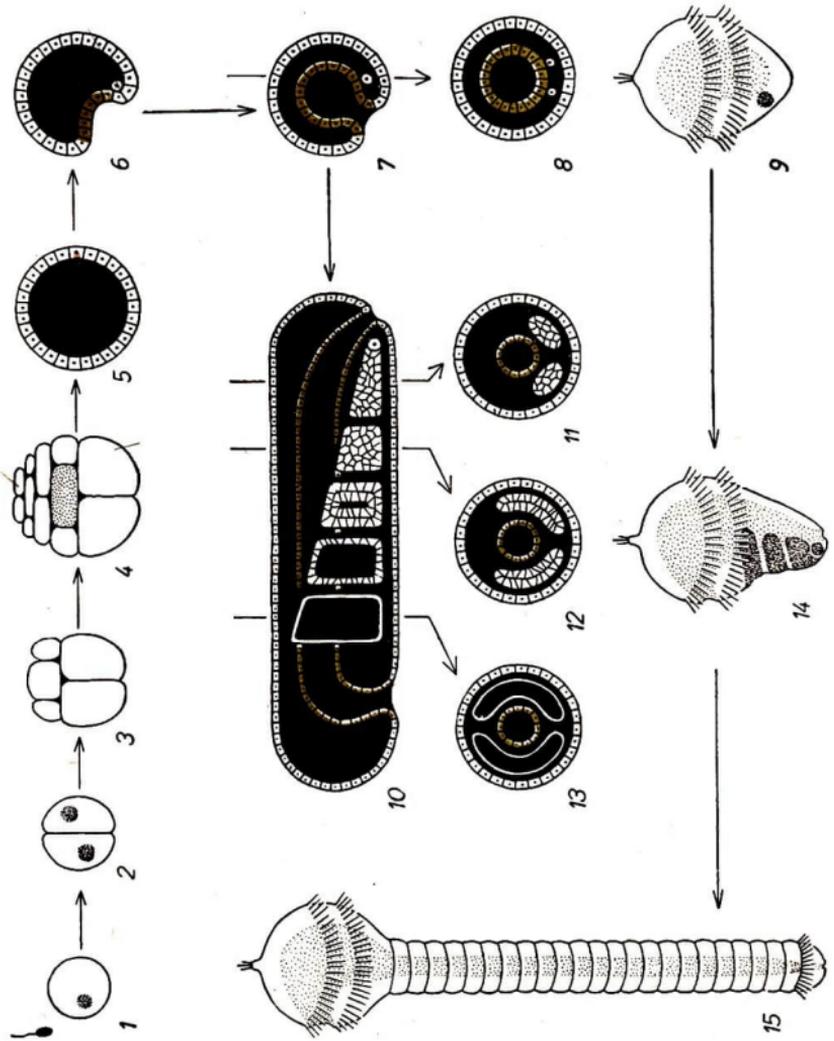


Abb. 11  
Entwicklung  
der  
Ringelwürmer

bilden sie zwei massive Zellstränge, die sich beiderseits unter dem Darm nach vorn schieben (11). Weiter vorn zerteilen sich diese Stränge in gleich lange Abschnitte, die hohl werden, und so im Innern der Trochophora Segmente bilden (12). Diese Coelomhöhlen der Segmente schieben sich aber auch zwischen Darm und Körperwand immer weiter rückenwärts, wodurch allmählich der Körperaufbau des erwachsenen Wurmes vollendet wird (12 und 13).

Den ganzen Vorgang kann man an der Larve selbst verfolgen, wenn man diese von der Seite her betrachtet (14). Durch ihn wird die Leibeshöhle der Gastrula allmählich fast ganz verdrängt (8 und 13). Am Ende der Mesoderm-Bildung ist das ganze Körperinnere mit segmental hintereinanderliegenden, paarigen Kammern ausgefüllt. Dadurch ist aus der primären Leibeshöhle der Gastrula die mit einer eigenen Wand vollständig ausgekleidete sekundäre Leibeshöhle (Coelom) des fertigen Ringelwurmes (Abb. 10) entstanden.

Wenn die Bildung des Coeloms abgeschlossen ist, gliedert sich der Körper der Larve auch äußerlich in Abschnitte, die der inneren Gliederung vollständig entsprechen (15). Man erkennt nun bereits die Gestalt des zukünftigen Wurmes, dessen Körper in Segmente gegliedert ist.

Am fertigen Ringelwurm ist die Herkunft der Organe aus den einzelnen Keimblättern nicht mehr zu erkennen (Abb. 10).

Aus dem Ektoderm gehen die Haut mit allen Drüsen und Anhangsorganen, die Speiseröhre und der Enddarm, das Nervensystem und die Sinneszellen hervor.

Das Entoderm liefert den die Nahrung zersetzenden und aufnehmenden Abschnitt des Darmes sowie alle Anhangsdrüsen des Darmrohres.

Aus dem Mesoderm schließlich werden die Muskeln und Ausscheidungsorgane, das Bindegewebe und die Geschlechtsorgane gebildet. Mitunter gehen die Geschlechtsorgane auch aus Urgeschlechtszellen hervor, die sich in ähnlicher Weise frühzeitig von den übrigen Keimblättern sondern, wie das in Abb. 11 für die Urmesodermzellen dargestellt ist.

### Bekannte Arten der Ringelwürmer

Der Stamm *Annelida* wird heute allgemein in zwei Klassen unterteilt:

Die Klasse Borstenwürmer (*Polychaeta*) umfaßt etwa 4000 Arten, die ausschließlich im Meere leben und höchstens bis ins Brackwasser der Küsten vordringen. Sie leben überwiegend kriechend oder grabend am Meeresboden. Der Formenreichtum ist in dieser Klasse unter allen Ringelwürmern am größten (Abb. 12). Die systematische Unterteilung der Klasse ist außerordentlich umstritten, weil die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Gruppen bei weitem noch nicht geklärt sind. Als „praktisch“ erweist sich immer noch die alte Einteilung in drei Ordnungen.

Die Ordnung der frei lebenden Borstenwürmer (*Errantia*) umfaßt meist räuberisch lebende Arten. Die Seemaus (*Aphrodite aculeata*, Abb. 12), sowie die verschiedenen Arten der Gattungen *Nereis* und *Nephtys* sind auch an unseren Meeresküsten häufig.

Von den nicht in unseren Gegenden vorkommenden *Errantia* sind die Palolo-Würmer am bekanntesten, besonders der pazifische Palolo (*Eunice viridis*). Dieser Wurm lebt in den Löchern von Korallenriffen. Im Oktober oder November lösen sich in Abhängigkeit von den Mondphasen die eiergefüllten Hinterleiber der Würmer von den steckenbleibenden Vorderenden ab und treiben in riesigen Mengen an der Meeresoberfläche. Sie werden von den Bewohnern dieser Gegenden gefischt und als Leckerbissen verzehrt. Das Vorderende bildet danach einen neuen Hinterleib aus.

Die Ordnung der Röhrenwürmer (*Sedentaria*) lebt überwiegend in selbst-grabenen Gängen oder in Röhren aus verschiedenstem (mitunter vom Körper abgeschiedenen) Material; manche Arten sind sogar zeitlebens festsitzend. Die Gänge oder Röhren besitzen meist eine artspezifische Gestalt, so daß man nach ihnen die Würmer bestimmen kann. Die meisten hierher zu rechnenden Arten fressen Kleinorganismen, die entweder herbeigestrudelt oder durch Verschlingen von Schlick aufgenommen werden. Von den an unseren Küsten häufigen Arten ist der Sandpfer oder Köderwurm (*Arenicola marina*) am bekanntesten. Er frißt in L- oder U-förmigen Gängen Schlick und scheidet die geringelten Kothaufen ab, die wir überall in unmittelbarer Küstennähe am Meeresboden sehen.

Die Ordnung der Ur-Ringelwürmer (*Archannelida*) zeichnet sich durch eine sehr gleichmäßige Segmentierung und durch fehlende oder besonders einfach erscheinende Stummelgliedmaßen (Parapodien) aus. Diese Merkmale wurden früher als sehr „primitiv“ betrachtet, und deshalb stellte man diese Tiere als Stammformen aller übrigen Ringelwürmer überhaupt in eine besondere Klasse ganz an den Anfang des Systems. Heute wissen wir, daß diese Merkmale nachträglich (sekundär) vereinfacht sind, und deshalb betrachtet man die Ur-Ringelwürmer jetzt als eine Sammelgruppe rückgebildeter Borstenwürmer. Die bekannteste Gattung *Polygordius* ist das „klassische“ Objekt für die Untersuchungen über Trochophora-Larven und deren Entwicklung.

Die Klasse der Gürtelwürmer (*Clitellata*) stellt sicherlich eine echte Verwandtschaftsgruppe dar, die ihren Namen dem Kennzeichen verdankt, daß die Haut der Genitalsegmente mindestens während der Fortpflanzungszeit zu einem drüsigen Gürtel verdickt ist. Die überwiegend im Süßwasser oder (an feuchten Stellen) auf dem Lande lebenden Arten verteilen sich auf zwei Ordnungen:

Die Ordnung der Wenigborstigen (*Oligochaeta*) umfaßt rund 2400 Arten, deren äußere Gliederung vollständig mit der inneren übereinstimmt. Von den im Süßwasser lebenden Arten kennen wir vor allem die schlammbewohnende Gattung *Tubifex*, die als Futter für Aquarientiere Verwendung findet. Außerdem ist die Familie *Naididae* (mit der Gattung *Nais*) häufig. Schließlich gehören hierher auch die oft mit den Egel verwechselten, am Hinterende mit einem scheibenförmigen Saugnapf versehenen und außen an Flußkrebsen parasitierenden *Branchiobdella*-Arten. Von den landbewohnenden Formen sind uns vor allem die humusbildenden und oft auch als Futtertiere gezüchteten *Enchytraeen* (Familie *Enchytraeidae*) und die Regenwürmer (Familie *Lumbricidae*) bekannt.

Die Ordnung der Egel (*Hirudinea*) besteht aus etwa 300 Arten, deren Haut

äußerlich in stärkerem Maße geringelt als der Körper aus Segmenten zusammengesetzt ist. Außerdem besitzen diese Tiere stets zwei Saugnapfe, von denen der vordere den Mund umgibt. Die Egel sind überwiegend Süßwassertiere, die sich aber zur Zeit der Eiablage auch an feuchten Stellen des Landes aufhalten können. Am bekanntesten ist der Gemeine Blutegel (*Hirudo medicinalis*, Abb. 12), der als zeitweiliger Parasit hauptsächlich an Säugetieren Blut saugt. Die bei uns sehr häufigen Pferdeegel (*Haemopsis sanguisuga*) und Hundeegel (*Herpobdella octoculata*) sind dagegen keine Parasiten. Sie ernähren sich räuberisch von kleinen Wassertieren. Große wirtschaftliche Bedeutung kommt auch dem außen an Nutz- und Speisefischen des Süßwassers und der küstennahen Meeresteile parasitierenden Gemeinen Fischegel (*Piscicola geometra*) zu. Er überträgt die Erreger der Bauchwassersucht (eine der gefürchtetsten Fischseuchen).

Im Zusammenhang mit den Ringelwürmern sind drei meeresbewohnende, wurmförmige Tiergruppen zu nennen, die früher den Würmern zugerechnet wurden, heute aber als selbständige Tierstämme angesehen werden, weil sie weder mit den Ringelwürmern noch untereinander eng verwandt sind. Alle drei Stämme besitzen ein Coelom, einen Hautmuskelschlauch, ein Bauchmark und einen durchgehenden Darm mit Mund und After.

#### Stamm *Priapulida*

Der Körper ist in einen walzenförmigen, geringelten Rumpf, einen einziehbaren, birnenförmigen Rüssel und einen büschelförmigen Schwanzanhang gegliedert. Der Rüssel trägt Hakenreihen, die auf deutlichen Längsrippen stehen.

Man kennt drei Arten, die in kälteren Meeren auf tonigem oder sandigem Grund in Röhren leben und Pflanzenfresser oder Räuber sind.

#### Stamm *Sipunculida*

Der Körper ist in einen walzenförmigen Rumpf und einen meist langen, einziehbaren, schlauchförmigen Rüssel gegliedert. Der Rüssel trägt am Vorderende einen Tentakelkranz.

Die etwa 250 Arten leben hauptsächlich in wärmeren Meeren (oft in der Tiefsee) am Boden in Röhren und ernähren sich von zersetzten tierischen und pflanzlichen Stoffen oder Mikroorganismen.

#### Stamm Igelwürmer (*Echiurida*)

Der ungegliederte, mehr oder weniger sackförmige Körper setzt sich vorn in einen löffelförmigen, nicht einziehbaren Kopfanhang fort.

Die etwa 70 Arten leben größtenteils in der Tiefsee am Boden und ernähren sich von organischen Abfallstoffen.

Sehr berühmt ist *Bonellia viridis* (Abb. 12) wegen der Geschlechtsbestimmung bei ihren Larven. Ob nämlich aus einer Larve ein Männchen oder Weibchen wird, ist hier nicht von Geschlechtschromosomen abhängig. Setzt sich die Larve am Rüssel eines reifen Weibchens fest, wird aus ihr ein Männchen. Larven, die diese Möglichkeit nicht haben, werden zu Weibchen. Während die Weibchen durchschnittlich 7 cm lang werden, erreichen die Männchen höchstens 3 mm Körperlänge oder bleiben sogar mikroskopisch klein (Zwergmännchen). Die Männchen leben niemals frei, sondern als Parasiten in den Geschlechtsorganen der Weibchen.

## Aufgaben und Fragen

1. Beobachten Sie die Fortbewegung eines Regenwurms, eines Egels, eines Hundertfüßers, einer Raupe und eines Käfers! Vergleichen Sie, und beschreiben Sie die Unterschiede in der Körperhaltung und Bewegungsweise!
2. Bei welchem Wetter und zu welcher Tageszeit sehen Sie am häufigsten Regenwürmer auf dem Erdboden umherkriechen?
3. Beobachten Sie die Bewegungsweise eines Mai- oder Mistkäfers und einer Heuschrecke! Vergleichen Sie den Bau aller Beinpaare bei den beobachteten Tieren und erklären Sie die Unterschiede!

## Gliedertiere besiedeln das Land

Ringelwürmer sind Wassertiere. Nur wenige Arten haben das Land besiedelt. Ihre drüsenreiche, schleimige Haut gestattet es ihnen jedoch nur, feuchte Lebensstätten des Landes zu bewohnen. Deshalb findet man Ringelwürmer nur in der Erde, an Gewässerrändern, unter faulem Laub, in Mulm usw. Sobald sie die feuchten Lebensräume verlassen, droht ihnen tödliche Austrocknung.

Gliederfüßer sind durch ihren Chitinpanzer vor solcher Austrocknung geschützt. Deshalb können sie sogar an extrem trockenen Stellen des Landes leben. Insekten, Spinnentiere und Vielfüßer findet man noch in Steppen und Wüsten.

Der feste Panzer der Gliederfüßer ermöglicht auch die Ausbildung gegliederter Laufbeine. Solche Beine müssen durch kräftige Muskeln bewegt werden. Diese Muskeln aber können nur dort ausgebildet werden, wo feste Körperteile ihren Ansatz ermöglichen. Der Panzer der Gliederfüßer dient somit gleichzeitig als Außenskelett.

Auch durch die Ausbildung besonderer Atemorgane zur Verwendung atmosphärischer Luft sind die Gliederfüßer besser an das Landleben angepaßt als die Ringelwürmer.

## Atemorgane der Gliedertiere

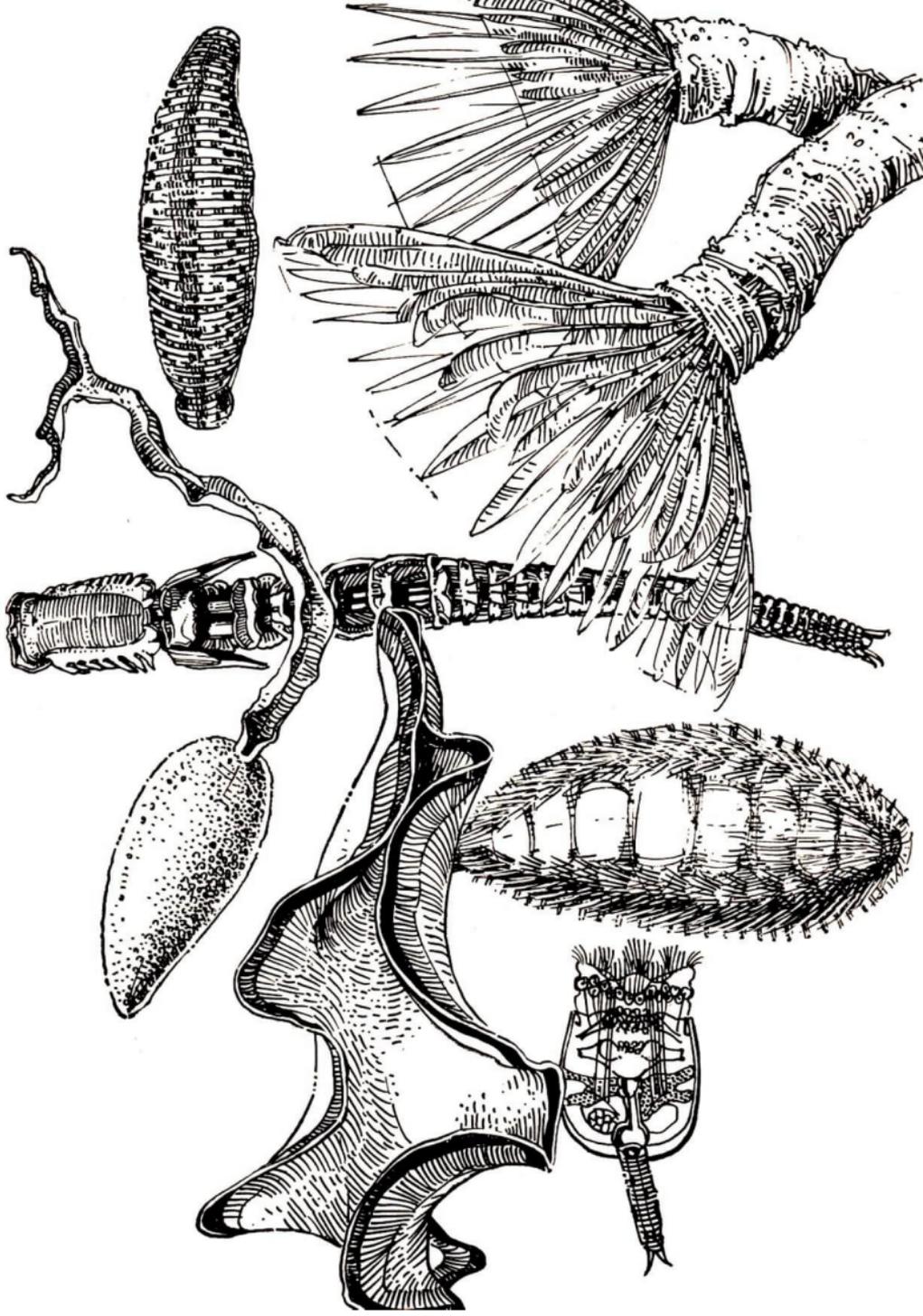
Im Wasser lebende Ringelwürmer atmen den darin gelösten Sauerstoff durch Kiemen, die hauptsächlich am Rückenlappen der Parapodien angeordnet sind (Abb. 13, 1). Landbewohnende Arten besitzen keine Atemorgane, sondern nehmen den Sauerstoff direkt durch die dünnwandige Körperhaut auf.

Ähnliches ist bei vielen Gliederfüßern zu beobachten. Im Wasser lebende Arten atmen meistens durch Kiemen, die auf den körpernahen Gliedern der Laufbeine oder an den Rumpfsseiten stehen. Bei vielen Krebsen befinden sich die Kiemen in einer geschlossenen Kiemenhöhle (2).

Zarthäutige Zwergformen unter den landbewohnenden Gliederfüßern atmen oft – wie Regenwürmer – durch die ganze Haut.

---

Abb. 12 Wurmformige Tiere. Von oben nach unten: Röhrenwürmer (0,5 mm bis 30 cm lang), Blutegel (8 bis 15 cm lang), Pergamentwurm (14 bis 25 cm lang), Bonellia (Körper 8 cm lang, Rüssel bis 100 cm lang), Strudelwurm (bis 15 cm lang), Seemaus (bis 10 cm lang), Rädertier (0,4 bis 3 mm lang)



Der größte Teil der Gliederfüßer des Landes aber besitzt Luftröhren (Tracheen). Das sind röhrenförmige, mit dünnem Chitin ausgekleidete Einstülpungen der Außenhaut, die den Sauerstoff im Körper an die einzelnen Organe und Gewebe heranbringen. Diese Tracheen beginnen mit schlitzförmigen Öffnungen (Stigmen) in der Körperwand, spalten im Innern in immer feinere Äste auf und umgeben die Organe mit einem Netz haarfeiner Kapillaren (3).

Bei allen Gliederfüßern ist die Entwicklung der Atem- und der Kreislauforgane deutlich voneinander abhängig. Wo sich die Blutgefäße reich verzweigen, sind die Tracheen stark konzentriert. Umgekehrt sind überall dort, wo im Körper umherschweifende Tracheen entfaltet sind, die Blutgefäße wenig verästelt oder sogar rückgebildet.

Ursprünglich sind die Tracheen segmental angeordnet (4). Bei höher entwickelten Gruppen treten dann durchlaufende Längsstämme auf, die diesen segmentalen Aufbau verwischen und die Atemröhren untereinander zu einem einheitlichen Ganzen verbinden (5).

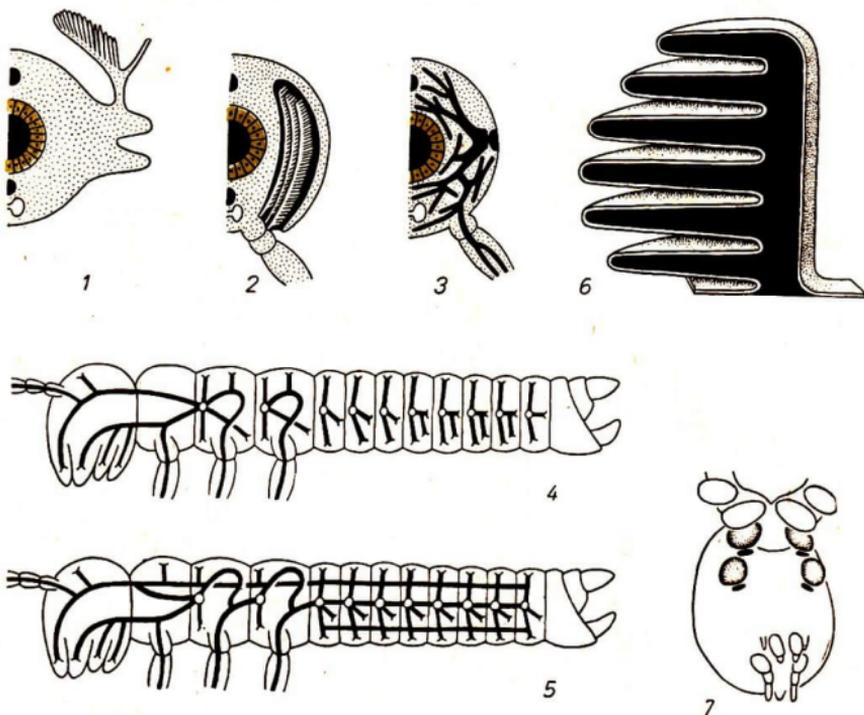


Abb. 13 Atemorgane der Gliedertiere

Die einzelnen Typen der Atemorgane sind nicht auf bestimmte Gruppen der Gliederfüßer beschränkt. Innerhalb einer Gruppe können mehrere Formen von Atemorganen auftreten.

So atmen die Krebse zwar grundsätzlich durch Kiemen; die landbewohnenden Asseln aber besitzen Tracheen. Mitunter können sogar bei einer Art nacheinander mehrere verschiedene Atemorgane in Funktion treten. Das ist beispielsweise bei Insekten der Fall, deren Larven sich im Wasser entwickeln und durch Kiemen atmen, während die landbewohnenden Vollkerfen Tracheen besitzen.

Das Auftreten von Tracheen kann also nicht als Beweis für verwandtschaftliche Beziehungen unter den Gliederfüßern herangezogen werden. Atemröhren sind im Verlaufe der Stammesgeschichte bei Gliederfüßern und einigen verwandten Tierstämmen unabhängig voneinander mehrmals entstanden. Solche mehrmalige Entstehung gleichartiger Organe mit derselben Funktion nennt man Parallelbildungen (Konvergenzen).

Als besondere Atemorgane treten bei Spinnentieren sogenannte Fächertracheen oder Buchlungen auf. Dabei führen paarige Atemöffnungen an der Bauchseite der vorderen Hinterleibsegmente in je einen Vorhof, der flache, blattartige Tracheen parallel zueinander in einen bluterfüllten Hohlraum sendet (6). Diese Atemorgane sind auf einen ganz engen Raum konzentriert (7).

Den grundsätzlichen Unterschied zwischen Buchlungen und im Körper umherschweifenden Röhrentracheen beweist erst die Keimesentwicklung der Tiere. Sie zeigt, daß die Tracheen der Insekten aus segmentalen, röhrenförmigen Einstülpungen der Körperwand hervorgehen, während die Buchlungen der Spinnentiere umgewandelte Gliedmaßen des Hinterleibes darstellen.

Im Tierreich entstehen oftmals Organe mit gleichartiger Funktion auf sehr verschiedene Weise. Ebenso oft können Organe auf gleiche Weise entstehen, die später eine sehr unterschiedliche Funktion erlangen. Man spricht dann von analogen und homologen Organen. Analoge Organe sind die Fächertracheen der Spinnentiere und die Röhrentracheen der Insekten. Beide haben als Atemorgane die gleiche Funktion, entstehen aber auf verschiedene Weise. Umgekehrt sind die Fächertracheen und die Laufbeine der Spinnentiere homologe Organe. Beide werden embryonal als Gliedmaßen angelegt. Die einen dienen aber nachher zum Atmen und die anderen zum Laufen.

#### **Aufgabe und Frage**

Beobachten Sie Libellenlarven, untergetaucht lebende Völlinsekten (Wasserkäfer, Wasserwanzen) und Wasserspinnen im Aquarium! Was können Sie über das Atmen dieser Tiere berichten?

#### **Die äußere Gestalt der Gliedertiere**

Vergleicht man Ringelwürmer und Gliederfüßer miteinander, so fällt auf, daß der Körper immer stärker in einzelne Abschnitte unterteilt wird (Abb. 14).

Bei den Ringelwürmern ist der Körper aus gleichartig aufgebauten Segmenten zusammengesetzt (1). Die Meeresbewohner unter ihnen lassen oftmals schon eine

stärkere Differenzierung des Vorderendes erkennen (2). Das ist auch bei den Hundertfüßern (3) und Tausendfüßern der Fall, deren Körper sich aus einem Kopf und einem daran anschließenden Rumpf aus gleichartigen (je ein oder zwei Beinpaare tragenden) Segmenten zusammensetzt.

Am stärksten unterteilt ist der Körper bei den Insekten (4). Er besteht aus drei deutlich abgesetzten Abschnitten. Der Kopf trägt alle wichtigen Sinnesorgane und die Freßwerkzeuge. An der nachfolgenden Brust (Thorax) setzen die Laufbeine und die Flügel an. Daran schließt sich der Hinterleib (Abdomen) an, in dem sich die Verdauungs- und Fortpflanzungsorgane befinden.

Bei manchen Gliederfüßern verschmelzen einzelne Abschnitte nachträglich wieder zu größeren Partien. Der Kopf der Zehnfüßigen Krebse beispielsweise ist immer mit der Brust zu einer Kopfbrust (Cephalothorax) verschmolzen (5).

Der Aufbau der einzelnen Körperabschnitte aus Segmenten ist aber auch in diesem Fall noch am erwachsenen Tier zu erkennen, weil an der Bauchseite die Segmentgrenzen der Kopfbrust erhalten bleiben.

Bei erwachsenen Webespinnen ist eine Segmentierung des Körpers überhaupt nicht mehr zu erkennen. Ihr Körper ist nur in zwei Abschnitte gegliedert (6). Der Vorderleib trägt die Sinnesorgane, Mundwerkzeuge und Laufbeine, während im Hinterleib die Verdauungs- und Geschlechtsorgane liegen.

Daß der Körper dennoch aus Segmenten aufgebaut ist, beweist die Ei- und Jugendentwicklung. Es wird nämlich ein ringelwurmähnlich segmentierter Embryo ausgebildet, und auch die Jungspinnen zeigen unmittelbar nach dem Schlüpfen noch einen deutlich segmentierten Hinterleib.

### Aufgaben

Zergliedern Sie ein großes Insekt (Maikäfer, Heuschrecke oder Schabe)! Zeichnen Sie die einzelnen Körperteile und -abschnitte!

## Das Zentralnervensystem der Gliedertiere

Die stärkere Unterteilung des Körpers in Abschnitte mit verschiedener Funktion hat bei den Gliederfüßern gleichzeitig eine zunehmende Konzentration des Nervensystems zur Folge.

Bei den Ringelwürmern schließt sich an das Gehirn (Oberschlundganglion) eine Kette paariger, segmentaler Nervenknotten an. Die Nervenknotten sind untereinander alle durch Längs- und Quernerven verbunden (Strickleiternnervensystem, Abb. 14, 1 u. 15, 1).

Bei manchen Ringelwürmern geht die Paarigkeit des Nervensystems dadurch verloren, weil die Nervenknotten in der Mittellinie des Körpers zu einem unpaaren Bauchmark verschmelzen (2). Ein solches Bauchmark besitzen auch die im ganzen noch sehr wurmförmigen Vielfüßer (3).

Bei Insekten und vielen Spinnentieren können die Nervenknottenpaare aller Rumpf-

segmente zu einer einzigen großen Masse (Unterschlundganglion) zusammenrücken (4 u. 6).

Andererseits können Krebse, deren Kopf und Brust einen einheitlichen Körperabschnitt bilden, in der Kopfbrust noch ein strickleiterähnliches Nervensystem besitzen (5).

Die Krebse beweisen, daß das Zusammenrücken der segmentalen Nervenknoten nicht unbedingt dort am weitesten fortgeschritten sein muß, wo eine starke Konzentration von Segmenten zu Körper-Abschnitten auftritt.

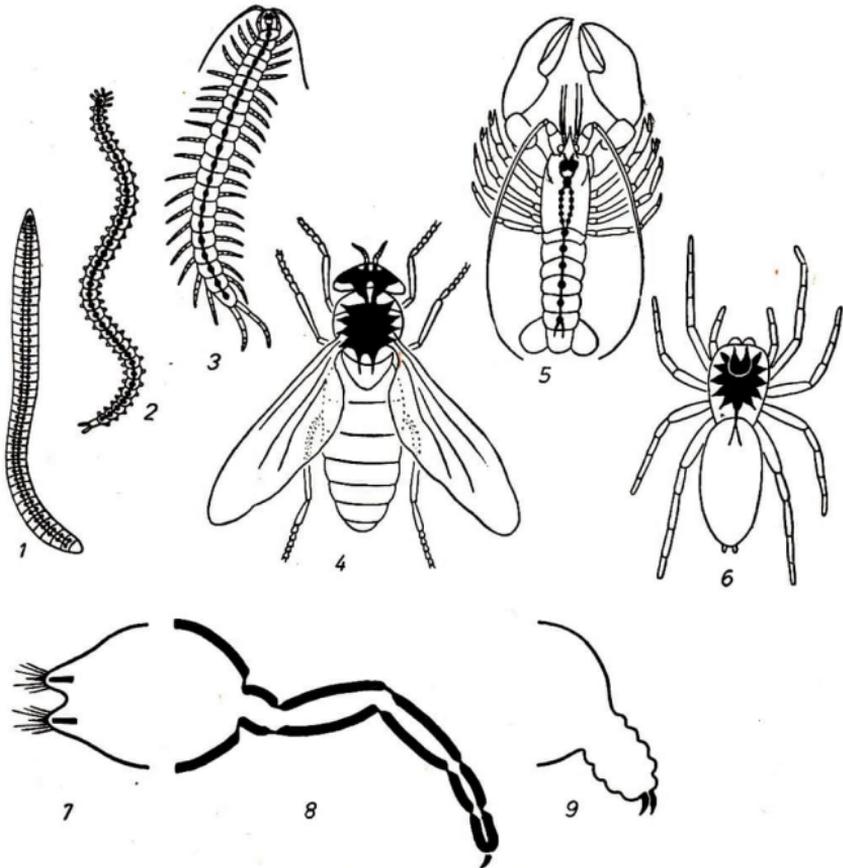


Abb. 14 Körperform, Nervensystem und Segmentbau der Gliedertiere

## Der Aufbau der Segmente bei den Gliedertieren

Ringelwürmer und Gliederfüßer unterscheiden sich auch im Aufbau der einzelnen Segmente beträchtlich voneinander (Abb. 14).

Ringelwürmer besitzen nur eine dünne Kutikula aus Eiweißstoffen; ihre Segmente sind höchstens mit stummelförmigen Fortbewegungsorganen (Parapodien) ausgestattet (7). Gliederfüßer dagegen sind von einem Panzer aus Chitin umgeben; zur Fortbewegung dienen ihnen gegliederte Schreitbeine (8).

Manchmal treten bei Larven und Erwachsenen der Gliedertiere auch weniger deutlich gegliederte (meist nur äußerlich geringelte) Stummelbeine auf, die vielfach als eine Art Vorstufe des echten Gliederfußes angesehen werden. Von den Parapodien der Ringelwürmer unterscheiden sich diese Stummelbeine dadurch, daß sie stets mit Krallen ausgerüstet sind (9). Sie stellen rückgebildete Beine dar.

Der Panzer der Gliederfüßer ist nicht überall am Körper gleich dick. Vielmehr sind dickere Panzerplatten durch weniger dicke Gelenkhäute verbunden und bleiben dadurch gegeneinander beweglich. Jedes Segment besitzt eine Rücken- und eine

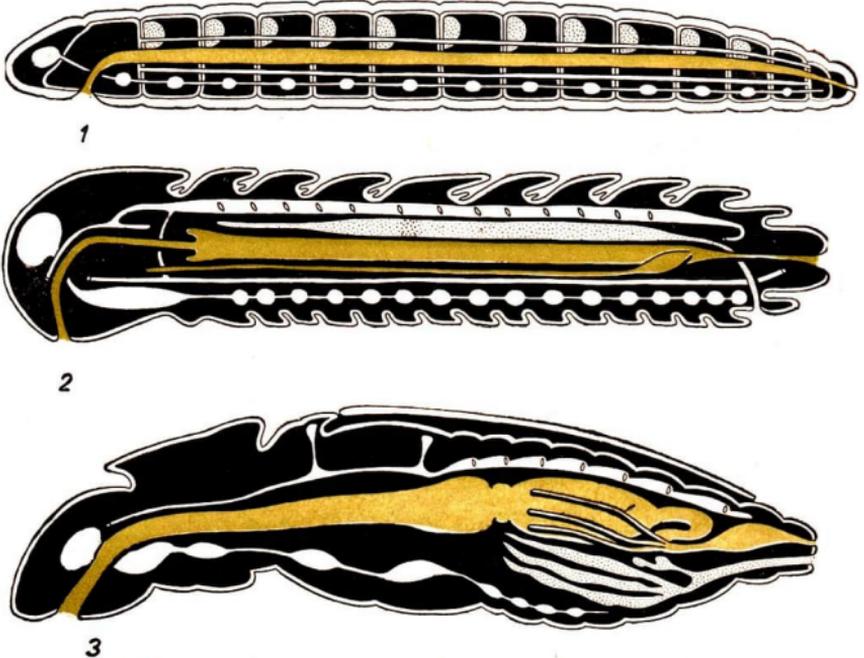


Abb. 15 Längsschnitt durch einen Ringelwurm, einen Hundertfüßer und ein Insekt

Bauchplatte, die durch dehnungsfähige Seitenwände verbunden sind. In gleicher Weise sind auch alle Rücken- und Bauchplatten untereinander verbunden.

Auch an den Beinen sind die stark gepanzerten, röhrenförmigen Beinglieder durch zartere Gelenkhäute verbunden und dadurch gegeneinander zu bewegen.

### Der innere Körperbau der Gliedertiere

Entsprechende Unterschiede wie in der äußeren Gestalt bestehen auch im inneren Körperbau der Gliedertiere (Abb. 15 u. 16). Einen Überblick über die Unterschiede gewinnt man, wenn man in Längsschnitten durch Gliedertiere die einzelnen Organe vergleicht.

**Geschlechtsorgane.** Die Ringelwürmer (Abb. 15, 1) besitzen in jedem Rumpfsegment ein Paar Keimdrüsen (punktiert gezeichnet), die über dem Darm an den Vorderwänden der Coelomkammern liegen (Abb. 10). Bei den Gliederfüßern sind diese segmentalen Keimdrüsen zu einem einzigen Paar Gonaden verschmolzen (Eierstöcke der Weibchen und Hoden der Männchen).



2

Abb. 16 Längsschnitt durch einen Krebs und eine Spinne

Bei einigen noch sehr wurmähnlichen Hundertfüßern durchzieht das Gonadenpaar noch fast den ganzen Rumpf oberhalb des Darmes, dorsal (Abb. 15, 2). Bei allen übrigen Gliederfüßern sind die Keimdrüsen stets derart verkürzt, daß sie auf den Hinterleib beschränkt bleiben; außerdem liegen sie hier immer unter dem Darm, ventral (Abb. 15, 3 u. Abb. 16).

Bei anderen Organen ist die ursprünglich segmentale Anordnung nicht mehr so deutlich zu erkennen, weil große Teile des betreffenden Organsystems stark oder ganz rückgebildet sind.

**Leibeshöhle.** Ringelwürmer besitzen zeitlebens ein segmental gekammertes Coelom (Abb. 15, 1). Solche segmentalen Coelomhöhlen treten bei Gliederfüßern nur während der Embryonalentwicklung auf. Später liefern ihre Wände Muskeln, Bindegewebe, Fettkörper usw. Dadurch vermischt sich das Coelom mit der primären Leibeshöhle der Gastrula, so daß erwachsene Gliederfüßer durchweg eine gemischte Leibeshöhle (Mixocoel) besitzen (Abb. 15, 2 u. 3 u. Abb. 16). Als Coelomreste bleiben dann nur die Innenräume der Geschlechtsorgane und die Anfangsteile drüsenartiger Ausscheidungsorgane erhalten.

**Segmentalorgane.** Die Ringelwürmer besitzen in jedem Rumpfring ein Paar Segmentalorgane (Abb. 10). Davon bleiben bei den Gliederfüßern höchstens zwei Paare erhalten, die im Vorderkörper liegen und nach dem Ort ihrer Ausmündung bezeichnet werden (Antennen-, Maxillar- oder Coxaldrüsen).

Alle übrigen Segmentalorgane sind bei den Gliederfüßern gänzlich rückgebildet, weil ihre ursprünglichen Aufgaben (Ausscheidung und Transport der Geschlechtszellen) von anderen Organen übernommen werden. Die Geschlechtsorgane münden hier durch eigene Ausführgänge nach außen (Abb. 15, 2 u. 3; Abb. 16). Für die Ausscheidung aber werden bei landbewohnenden Gliederfüßern im Hinterleib schlauchförmige und oft verzweigte Blindschläuche des Darmes entwickelt, die nach ihrem Entdecker MALPIGHISCHE Gefäße genannt werden. Bei Vielfüßern (Abb. 15, 2) und Insekten (Abb. 15, 3) entspringen diese Blindschläuche am Enddarm, bei Spinnentieren dagegen am Mitteldarm (Abb. 16, 2).

Außerdem können bei Gliederfüßern noch Speicherzellen in den Blutbahnen Exkretstoffe speichern. Schließlich können Exkrete auch als Pigment in oder unter der Haut beziehungsweise an der Oberfläche des Darmes abgelagert werden.

Die bei Ringelwürmern von den Segmentalorganen besorgte Ausscheidung kann bei Gliederfüßern also auf verschiedene Weise erfolgen:

- durch drüsenartige Organe im Vorderkörper als erhalten gebliebene Segmentalorgane,
- durch MALPIGHISCHE Gefäße im Hinterleib,
- durch Speicherzellen in den Blutbahnen,
- durch Pigmentablagerung.

**Blutgefäße.** Die Ringelwürmer besitzen ein geschlossenes Blutgefäßsystem (Abb. 15, 1), in dem alle Adern untereinander verbunden sind. Demgegenüber

besitzen die Gliederfüßer ein offenes Blutgefäßsystem, dessen Adern irgendwo in Organlücken enden. Sie ergießen das Blut in diese Organlücken. Es fließt dann zum Rückengefäß zurück, wird von diesem angesaugt und neuerlich in den Körper gepumpt.

Dieses Rückengefäß ist bei Gliederfüßern stets vorhanden und wird Herz genannt. Es ist meist sehr muskulös und besitzt paarige, seitliche Schlitzventile (Ostien) zum Ansaugen des Blutes. Oft ist außerdem ein Bauchgefäß ausgebildet (Abb. 15, 2 u. Abb. 16, 1), das durch ringförmige Adern mit dem Herzen verbunden sein kann.

Die Ableitung des offenen Gefäßsystems der Gliederfüßer aus dem geschlossenen Kreislauf der Ringelwürmer fällt nicht schwer. Im einfachsten Fall ist das Herz nämlich noch sehr lang und besitzt auch in fast jedem Segment ein Paar Ostien (Abb. 15, 2). Außerdem können dabei ebenso viele Paar Seitenarterien wie Ostienpaare ausgebildet sein. Diese Seitenarterien sind als Reste segmentaler Ringadern zu deuten. Von hier aus haben weitergehende Reduktionen zu Blutgefäßsystemen geführt, die praktisch nur aus einem kurzen Herzrohr mit wenigen Ostienpaaren bestehen (Abb. 15, 3 u. Abb. 16, 2).

### Das Vorderende der Gliedertiere

Das Vorderende ist bei den Gliedertieren sehr verschieden gestaltet (Abb. 17). Am besten zu erkennen sind die Unterschiede in der Bauchansicht. Verständlich werden sie jedoch erst, wenn man die Segmentgrenzen mit berücksichtigt, die zwar beim Embryo ausgebildet sind, beim erwachsenen Tier aber meist verlorengehen. (In der Abb. 17 sind diese Segmentgrenzen mit eingezeichnet.)

Bei den Ringelwürmern (1) liegt vor der Mundöffnung nur der Kopflappen, der höchstens Tentakel oder Palpen als Anhänge trägt. An diesen Kopflappen setzen sogleich Rumpfsegmente an, die je ein Paar stummelförmige Parapodien tragen können.

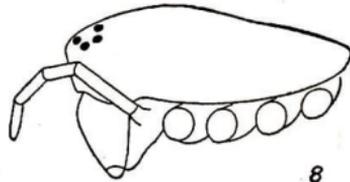
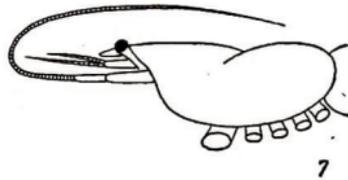
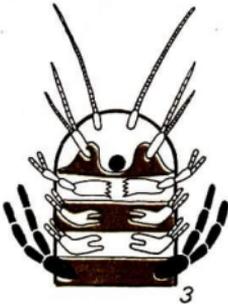
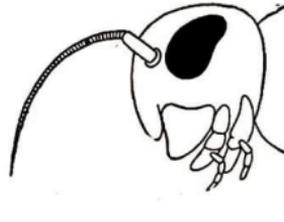
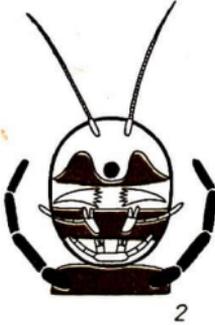
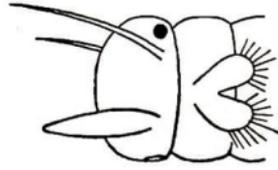
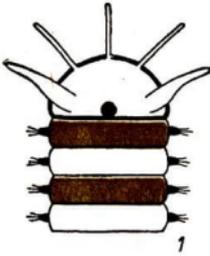
Bei allen Gliederfüßern (2 bis 4) ist das hinter dem Kopflappen liegende Segment beiderseits neben der Mundöffnung nach vorn gebogen, so daß es die Mundöffnung annähernd U-förmig umgibt.

Bei den Vielfüßern und Insekten trägt dieses Segment keinerlei Anhänge (2). Bei den Krebsen aber setzt hier das zweite Paar Fühler (Antennen, 3) an, und bei den Spinnentieren trägt dieses Segment die als Mundwerkzeuge dienenden Kieferfühler (Cheliceren; 4).

Das zweite Paar Antennen der Krebse und die Cheliceren der Spinnentiere entsprechen also dem ersten Paar Parapodien der Ringelwürmer (homologe Organe). Beide Gliedmaßenpaare werden ursprünglich hinter dem Munde angelegt und wandern erst später vor die Mundöffnung.

Das zweite Parapodienpaar der Ringelwürmer ist bei den Spinnentieren (4) äußerlich laufbeinartig gestaltet. Lediglich sein Hüftteil kann mit mundwärts gerichteten Kauladen der Nahrungsaufnahme dienen, weil dieses Gliedmaßenpaar beim erwachsenen Tier ebenfalls neben der Mundöffnung ansetzt.

Abb. 17  
Vorderenden  
von Glieder-  
tieren in  
Bauch- und  
Seitenansichten



Bei den Insekten (2), Vielfüßern und Krebstieren (3) sind die Gliedmaßen des zweiten, dritten und vierten Segments hinter dem Kopflappen zu echten Mundwerkzeugen umgestaltet.

Das vordere Paar Mundgliedmaßen arbeitet ursprünglich als Oberkiefer (Mandibeln) zangenartig gegeneinander und dient zum Festhalten und Zerkleinern der Nahrung. Das nachfolgende Paar schaufelt als Unterkiefer (Maxillen) die zerkleinerte Nahrung in die Mundöffnung. Das letzte Paar schließlich dient entweder als zweites Paar Unterkiefer derselben Aufgabe (3) oder es ist in der Körpermitte verwachsen und schließt als Unterlippe (Labium) den Mundraum nach hinten ab (2). Oft ist dann der Vorderrand der Stirn ebenfalls schaufelförmig ausgezogen und schließt den Mundraum als Oberlippe (Labrum) nach vorn ab (6).

Bei den Insekten ist dieser Grundbauplan der Mundgliedmaßen oftmals ganz erheblich abgewandelt (Abb. 18). Das kann so weit gehen, daß die ursprünglich kauend-beißende Funktion (1) gänzlich verlorengeht und die Mundwerkzeuge zusammen einen Rüssel bilden, der zum stechenden (z. B. Wanzen und Stechmücken, 3) oder leckenden Saugen dient (z. B. Schmetterlinge, 4). Als eine Art Übergangsstadium solcher Abwandlung erscheinen die Hautflügler, deren Mandibeln noch zum Kauen dienen, während die beiden Paare Maxillen zusammen einen leckenden Rüssel bilden (2). Bei Bienen, Wespen und Hummeln ist die Funktion der einzelnen Mundteile gut zu beobachten. Mit dem Rüssel saugen alle diese Tiere Nektar auf, die Mandibeln werden beim Wabenbau verwendet. Die Wespen nagen damit aber auch Holzsplitter von Telegraphenmasten, zerkleinern mit ihnen Fliegen oder „knabbern“ mit ihrer Hilfe an reifen Früchten.

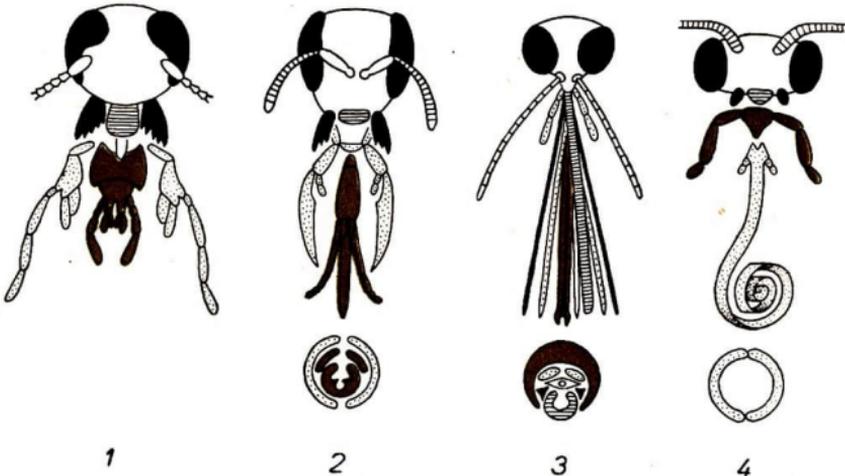


Abb. 18 Mundgliedmaßen einer Küchenschabe, einer Honigbiene, einer Stechmücke und eines Schmetterlings. Augen und Oberkiefer schwarz, Oberlippe quer schraffiert, Unterkiefer punktiert und Unterlippe grün gezeichnet. Der manchmal auch als Mundwerkzeug dienende Mundboden ist weiß gelassen (Schabe und Mücke).

Mitunter treten neben den Mundwerkzeugen noch weitere Gliedmaßenpaare in den Dienst des Nahrungserwerbs. So ist bei den Hundertfüßern das vorderste Paar Laufbeine zu mächtigen Kieferfüßen umgestaltet, die mit stark wirksamen Giftdrüsen ausgerüstet sind, und deren Biß große, wehrhafte Beutetiere augenblicklich lähmt. Bei manchen Krebsen können sogar drei Paar Kieferfüße entwickelt sein, die allerdings nur zum Ergreifen und Festhalten der Nahrung dienen.

### Aufgaben und Fragen

1. Zergliedern Sie die am Kopf befindlichen Mundteile einer Heuschrecke oder Schabe, einer Biene, Wespe oder Hummel und eines großen Schmetterlings (siehe hierzu Seite 130)! Zeichnen Sie die einzelnen Teile und vergleichen Sie!
2. Untersuchen und zergliedern Sie die Mundgliedmaßen einer Stubenfliege oder eines „Brummers“ (Schmeißfliege)! Versuchen Sie, den Bau zu erklären!
3. Bestimmen Sie verschiedene Gliedertiere! Benutzen Sie dazu den Bestimmungsschlüssel auf dieser Seite und Abb. 17!

### Wir bestimmen Gliedertiere

- 1 An den Kopflappen setzen sogleich Rumpfssegmente an. Kopflappen ohne gegliederte Anhänge, höchstens mit schlauchförmigen Tentakeln oder Palpen. Rumpf ohne gegliederte Beine, höchstens mit seitlichen, stummelförmigen Parapodien (Abb. 17, 5). Körper mit einer weichen, drüsenreichen, feucht-schleimigen Haut bedeckt . . . **Ringelwürmer**
- 1' Kopflappen mit nachfolgenden Segmenten zu einem Kopf oder Vorderkörper verwachsen. Vorderende mit gegliederten Anhängen. Fortbewegungsorgane sind stets gegliederte Beine. Körper mit einer drüsenarmen, trockenen Haut bedeckt, meist sogar gepanzert **2**
- 2 Vorderende mit gegliederten Fühlern, die vor oder über der Mundöffnung ansetzen (6 u. 7). Als Mundwerkzeuge dienen drei Paar Kiefer, von denen wenigstens die beiden vorderen zangenartig gegeneinander arbeiten . . . . . **3**
- 2' Vorderende ohne Fühler (8). Wo fühlerrähnliche Tastgliedmaßen entwickelt sind, setzen diese immer neben oder hinter der Mundöffnung an. Als Mundwerkzeuge dienen niemals zangenartige Kiefer, sondern scherenförmige Cheliceren, die höchstens mit Kauladen an den Hüften des nachfolgenden Gliedmaßenpaares zusammenwirken. Vier Paar Laufbeine . . . . . **Spinnentiere**
- 3 Mit zwei Paar Fühlern (7) . . . . . **Krebstiere**
- 3' Mit einem Paar Fühler (6) . . . . . **4**
- 4 Drei Paar Laufbeine. Körper in Kopf, Brust und Hinterleib gegliedert. Nur die Brustsegmente tragen je ein Paar Laufbeine und meistens auch insgesamt ein oder zwei Paar Flügel. Hinterleib höchstens bei Larven mit stummelförmigen Gliedmaßen . . . . . **Insekten**
- 4' Mindestens neun Paar Laufbeine. An den Kopf setzt ein gleichmäßig segmentierter Rumpf an. Sämtliche Rumpfssegmente mit je einem oder zwei Paar Laufbeinen. Flügel fehlen . . . . . **Vielfüßer**

## Häutung und Wachstum bei Gliedertieren

Die dünne Kutikula des Regenwurmes ist ein lebender Bestandteil der Haut. Sie kann mit dem Tier wachsen. Deshalb wird ein Regenwurm ganz allmählich größer.

Bei den Gliederfüßern wird die viel derbere Kutikula zwar von der Haut abgeschieden. Sie stirbt dann aber ab und kann demzufolge nicht mitwachsen. Wächst ein Gliederfüßer, so muß sein zu klein werdender Panzer von Zeit zu Zeit abgestreift und durch einen größeren ersetzt werden (Häutung). Deshalb wachsen Gliederfüßer meist nicht stetig, sondern sprunghaft, immer nur im Zusammenhang mit solchen Häutungen. Sie können allerdings ihre Körperlänge während einer einzigen Häutung mehr als verdoppeln (manche Radnetzspinnen).

Bei der Häutung werden auch alle inneren Organe, die mit Chitin ausgekleidet sind, mit gehäutet (Anfangs- und Enddarm, ausführende Teile der Geschlechtsorgane, Atemorgane). Ein Insekt muß also Tausende feinsten Tracheenröhren in seinem Körper jedesmal mit häuten. Darin liegt eine große Gefahr. Wenn nur eine einzige Kapillare bei der Häutung verklemmt, wird das Tier die alte Haut mitunter nicht los und geht zugrunde. Die meisten Gliederfüßer müssen sich etwa acht- bis zehnmahl häuten, ehe sie erwachsen sind. Manche Arten häuten sich auch danach noch jährlich ein- bis zweimal, beispielsweise unsere Flußkrebse.

Ein Krebs, der sich häuten will, stellt seine Nahrungsaufnahme ein. Der Panzer wird grau und weich, weil die härtenden Kalksalze herausgelöst werden. Nun sucht das Tier einen Schlupfwinkel auf.

Das Abwerfen des alten Panzers dauert nur wenige Minuten. Der Krebs legt sich dazu auf die Seite. Der Panzer platzt zwischen dem Rückenschild des Vorderkörpers und dem ersten Hinterleibssegment auf, und durch diesen Spalt zwängt sich das Tier heraus. Zuerst wird der Vorderkörper frei. Die Beine, Fühler und Augenstiele werden aus der alten Haut wie aus Handschuhfingern herausgezogen. Dann wird auch der Hinterleib mit einem einzigen Ruck vom alten Panzer befreit.

So ähnlich verläuft die Häutung bei allen Gliederfüßern, stets wird der alte Panzer an besonders vorgebildeten Stellen geöffnet.

Ein frisch gehäuteter Krebs heißt Butterkrebse, weil sein Panzer noch ganz weich ist. Dieser neue Panzer wird nicht erst nach dem Sprengen des alten abgeschieden. Er ist unter diesem bereits vorgebildet, muß aber erst allmählich erhärten. Das dauert eine ganze Zeit, während welcher der Krebs sich in seinem Versteck aufhält.

Früher glaubte man, daß beim Festwerden des neuen Panzers die sogenannten Magen- oder Krebssteine eine besondere Rolle spielen. Das sind rundliche, steinartige Gebilde, die sich zur Häutungszeit in der Magenwand bilden. Sie entstehen, wenn der Krebs den Kalk aus dem alten Panzer herauslöst. Weil sie nach der Häutung allmählich wieder verschwinden, nahm man an, daß sie in den neuen Panzer wieder eingebaut werden. In Wirklichkeit aber werden sie nach der Häutung verdaut und durch den Darm ausgeschieden.

Die zum Härten des neuen Panzers nötigen Kalksalze entnimmt der Krebs dem Wasser. Das läßt sich durch einen einfachen Versuch nachweisen. Setzt man einen

Butterkrebs in normales Leitungswasser und einen anderen in Regenwasser, so hat der Leitungswasserbewohner nach spätestens einem Monat einen normal festen Panzer, während der andere immer noch ein Butterkrebs ist.

Besondere Schwierigkeiten bereiten bei der Häutung die Scheren des Krebses. Sie können oft nicht aus der alten Haut befreit werden und brechen ab. In späteren Häutungen werden sie allmählich wieder ersetzt. Der betreffende Flußkrebs besitzt dann zwei ungleich große Scheren.

Verschieden große Scheren müssen aber nicht immer auf ein Mißgeschick bei der Häutung hinweisen. Krebse werfen ihre Scheren und Beine auch ab, wenn sie von einem Feind gepackt oder stark beunruhigt werden (Selbstverstümmelung oder Autotomie). Solche Selbstverstümmelungen kommen auch bei anderen Gliederfüßern vor, besonders bei Spinnentieren. Autotomierte Gliedmaßen werden in nachfolgenden Häutungen ebenso ersetzt (regeneriert) wie solche, die bei einer Häutung verlorengegangen sind.

Die Häutung der Gliederfüßer ist keineswegs ein rein mechanischer Vorgang, der lediglich in der Bildung eines neuen Panzers, dem Abstreifen der alten Körperhülle und dem Festwerden des neugebildeten Außenskeletts besteht. Sehr komplizierte Versuche an Insekten haben gezeigt, daß der ganze Körper am Ablauf der Häutung beteiligt ist. Die Steuerung sowohl des Häutungsablaufes wie der Häutungsfolge insgesamt erfolgt vornehmlich vom Gehirn aus. Darin befinden sich wie Drüsen tätige (neurosekretorische) Zellen, die zu bestimmten Zeiten Häutungshormone absondern, von denen die Häutungen gesteuert werden.

#### **Aufgabe**

Beobachten Sie die Häutungen Ihnen erreichbarer Gliederfüßer (Flußkrebs, Hausspinnen, Schlüpfen von Schmetterlingen oder Libellen, Häutung einer Insektenlarve usw.)! Beschreiben Sie den genauen Ablauf!

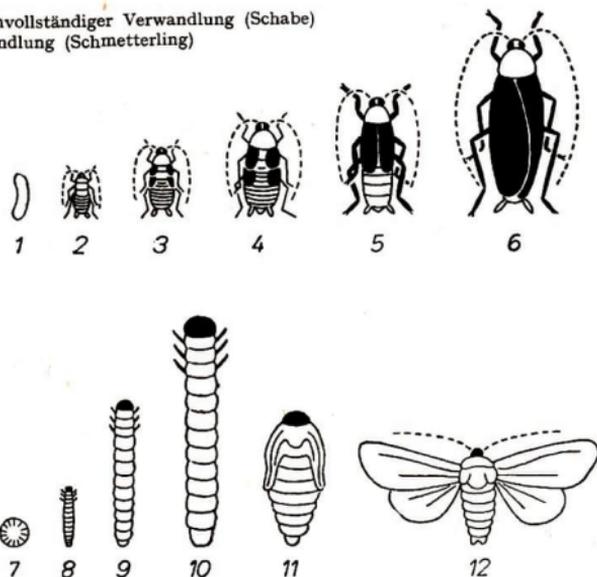
### **Jugendentwicklung der Insekten**

Aus den Eiern der Mehrzeller können Tiere schlüpfen, die den Erwachsenen sehr ähnlich sind und nur heranzuwachsen brauchen (direkte Entwicklung). Ebenso können aber auch die aus den Eiern schlüpfenden Jungen mit den Eltern gar keine Ähnlichkeit haben und sich durch einen mehr oder weniger beträchtlichen Gestaltwandel nur allmählich zum erwachsenen Tier entwickeln (indirekte Entwicklung mit Metamorphose). Bei der direkten Entwicklung spricht man von Jugendstadien, bei der indirekten dagegen von Larven.

Bei Insekten kommen beide Entwicklungsweisen vor. Eine gewisse Gestaltwandelung machen hier allerdings auch die Jugendstadien bei direkter Entwicklung durch. Deshalb spricht man von Insekten mit vollständiger und mit unvollständiger Verwandlung.

Bei unvollständiger Verwandlung (Abb. 19, 1 bis 6) schlüpft ein Tier aus dem Ei, das sich eigentlich nur durch die fehlenden Flügel vom Erwachsenen unterscheidet. Diese Flügel wachsen mit den Häutungen allmählich aus.

Abb. 19 Insekten mit unvollständiger Verwandlung (Schabe) und vollständiger Verwandlung (Schmetterling)



Bei vollständiger Verwandlung (7 bis 12) hat die Larve mit den Eltern überhaupt keine Ähnlichkeit. Mitunter treten sogar mehrere Larvenformen nacheinander auf. In einem besonderen, ruhenden Umformungsstadium (Puppe, 11) wird der zumeist einfachere Bauplan der Larve in den oft viel komplizierteren des Erwachsenen umgewandelt.

Die einzelnen Entwicklungsstadien können bei verschiedenen Insektenarten sehr unterschiedlich aussehen. In Abb. 20 sind einige typische Larvenformen (1 bis 6), die dazugehörigen Puppen (7 bis 12) und die daraus hervorgehenden Erwachsenen (13 bis 18) dargestellt. Einerseits können also aus sehr ähnlichen Larven und Puppen recht verschieden gestaltige Vollinsekten hervorgehen (1 bis 3, 7 bis 9, 13 bis 15). Umgekehrt können jedoch auch äußerlich sehr ähnliche Erwachsene aus recht verschieden aussehenden Larven und Puppen entstanden sein (4 bis 6, 10 bis 12, 16 bis 18).

Die Entwicklungsweise kommt vielfach auch im Lebenslauf zum Ausdruck. Insekten mit unvollständiger Verwandlung leben in der Jugend zumeist im gleichen Lebensraum wie die Erwachsenen und ernähren sich auch auf dieselbe Weise. Diese Arten kann man über einen langen Zeitraum hinweg im gleichen Lebensraum beobachten.

Bei Insekten mit vollständiger Verwandlung leben die Larven in der Regel ganz anders und in ganz anderen Lebensräumen als die Erwachsenen. Diese Arten kann man meistens nur einen kurzen Zeitraum hindurch im gleichen Lebensraum beob-

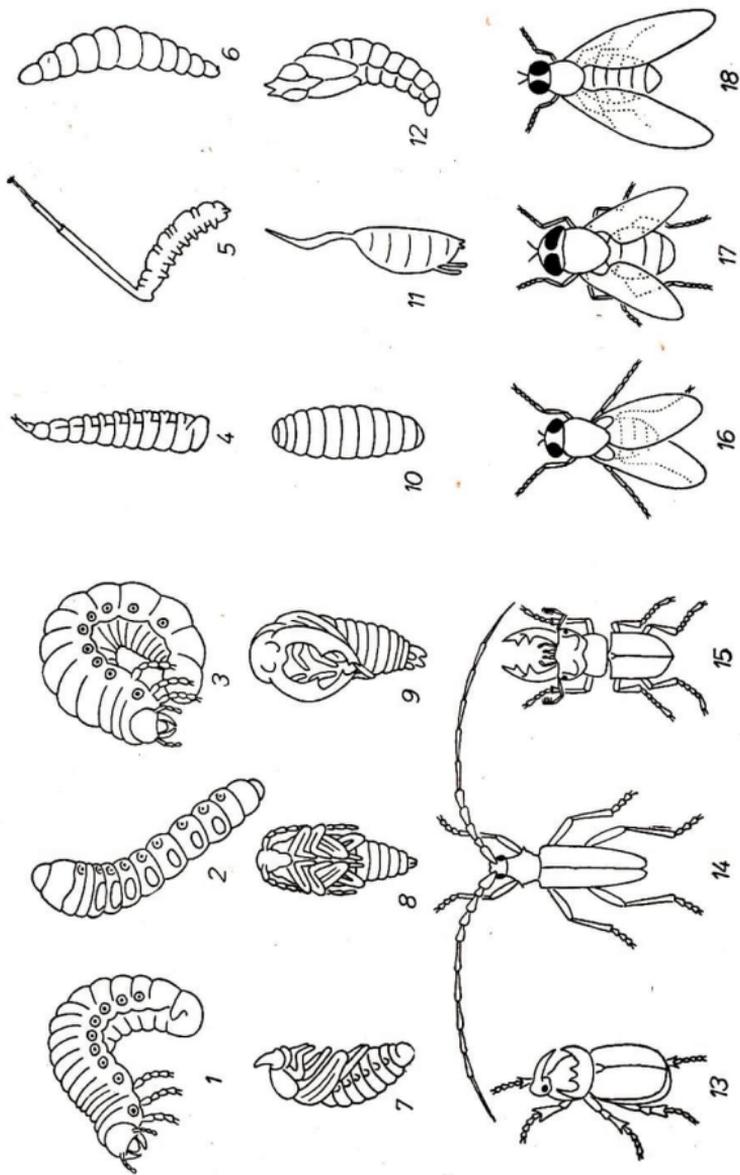


Abb. 20 Larven, Puppen und Vollkerfen von Insekten mit vollständiger Verwandlung (Käfer und Fliegen)

achten, und im einzelnen Biotop begegnet man zudem immer nur bestimmten Entwicklungsstadien der betreffenden Arten.

So können die Larven Holzzerstörer sein, während die Erwachsenen als Blütenbesucher leben (manche Bockkäfer). Die Larven können auch als Parasiten in anderen Tieren leben, während die Eltern ebenfalls Blütenbesucher sind (viele Schlupfwespen). Manche Larven leben beispielsweise räuberisch im Wasser, während die Erwachsenen weitab vom Wasser als Pflanzensaftsauger ihr Dasein führen (zahlreiche Mücken). Hinzu kommt noch, daß sich vollständig verwandelnde Insekten als Erwachsene vielfach nur ganz kurze Zeit (höchstens wenige Wochen) leben, während ihre Larvenentwicklung Jahre oder sogar Jahrzehnte in Anspruch nimmt (Mai-, Hirsch-, Nashorn- und Bockkäfer).

### Aufgaben

Schildern Sie die Entwicklungsweise verschiedener Ihnen bekannter Gliedertiere! Überlegen Sie, ob es sich dabei um direkte oder indirekte Entwicklungen handelt! Begründen Sie Ihre Ansicht ausführlich!

### Staatenbildende Insekten

Staatenbildung kommt im Insektenreich an zwei verschiedenen Stellen vor: bei den mit den Schaben und Heuschrecken verwandten Termiten und bei den Hautflüglern, deren bekannteste Vertreter die Bienen, Wespen, Hummeln und Ameisen sind.

Überall ist die Staatenbildung Ausdruck einer besonders intensiven Brutpflege. Alle Insektenstaaten dienen eigentlich nur dem Schutz der Brut. Das beweisen vor allem die Hautflügler, bei denen sich gewisse Übergänge vom Einzelleben zur Staatenbildung beobachten lassen.

Bei den Sandbienen der Gattung *Andrena* gräbt jedes Weibchen eine eigene Bruthöhle in den Erdboden, legt darin einen Nahrungsvorrat und das Ei ab und zieht die Brut selbst auf.

Bei den Pelzbienen der Gattung *Anthophora* verhält sich das einzelne Weibchen noch ebenso, doch legen hier meistens sehr viele Weibchen ihre Bruthöhlen (an Lehmwänden) auf engstem Raum nebeneinander an. Diese Brutkolonien werden bei Gefahr von allen Weibchen gemeinsam verteidigt.

Bei den Furchenbienen der Gattung *Halictus* legt das Weibchen in einer selbstgegrabenen Erdhöhle eine kleine Wabe mit mehreren Brutzellen an und zieht darin die Jungen selbst auf. Diese zerstreuen sich dann aber nicht, sondern helfen den mütterlichen Bau vergrößern, legen ihre eigenen Eier darin mit ab und verrichten überhaupt alle anfallenden Arbeiten gemeinsam.

Das ist der Anfang einer Staatenbildung. Zwischen diesem Gemeinwesen der Furchenbienen und den Staaten der Bienen, Wespen, Hummeln und Ameisen bestehen nur geringfügige Unterschiede. In den Staaten findet vor allem eine immer weiter gehende Arbeitsteilung zwischen den Bewohnern statt. Das kann dazu führen, daß nur noch ein einziges oder einige wenige Weibchen Eier legen, während die übrigen

die Brut aufziehen, den Bau erweitern, Nahrung herbeischaffen oder nur der Verteidigung dienen.

Bei den Hautflüglern gibt es zwei Staatentypen. Bei Ameisen und Honigbienen überdauern die Staaten viele Jahre. Bei Wespen und Hummeln dagegen wird der Staat in jedem Frühjahr neu gegründet und geht im Spätsommer wieder zugrunde. Die einjährigen Staaten zeigen die Spezialisierung der einzelnen Weibchen viel besser.

Bei Hummeln und Wespen überwintern nur junge, im Spätsommer befruchtete Weibchen. Sie verlassen im Frühjahr ihre Winterquartiere und gründen einen neuen Staat. Dabei verrichten sie anfangs sämtliche Arbeiten selbst: bauen Brutzellen, legen Eier ab und ziehen die Larven mit selbst herbeigeschaffter Nahrung auf. Diese ersten Larven erhalten nur soviel Nahrung, wie zu ihrer Entwicklung unbedingt erforderlich ist. Deshalb entwickeln sich daraus Hummeln oder Wespen, die auffällig kleiner sind als ihre Mutter. Diese kleinen Tiere sorgen nun für die Erweiterung der Brutkolonie und das Herbeischaffen der Nahrung. Die „Königin“ beschränkt sich immer mehr auf das Eierlegen. Im Sommer, wenn genügend Tiere ausreichende Nahrungsmengen herbeischaffen, werden die Vollinsekten wieder größer. Im Spätherbst, kurz vor dem Absterben des Staates, entstehen dann wieder die großen Weibchen, die nach ihrer Überwinterung einen neuen Staat gründen.

Bei Ameisen und Honigbienen nimmt das ganze Volk nach der Überwinterung sogleich wieder seine sämtlichen Tätigkeiten auf, so daß der Staat nicht das jährliche Auf und Ab wie bei den Hummeln und Wespen erlebt.

In ihrem Aufbau unterscheiden sich die Staaten der verschiedenen Hautflügler ganz beträchtlich.

Bei der Honigbiene gibt es immer nur ein Weibchen (Königin), das Eier legt. Alle übrigen Tiere des Volkes sind ebenfalls Weibchen, deren Eierstöcke aber nicht funktionsfähig sind. Deshalb dienen sie als Arbeiterinnen und legen keine Eier. Einmal im Jahr werden für wenige Wochen Männchen (Drohnen) hervorgebracht und gleichzeitig junge Königinnen herangezogen. Die Drohnen paaren sich mit den Jungköniginnen auf dem Hochzeitsflug, eine Jungkönigin bleibt dann im Stock, während die alte Königin mit einem Teil der Arbeiterinnen ausschwärmt und einen neuen Staat gründet.

Ob aus einer Larve später eine Königin oder Arbeiterin wird, hängt nur von ihrer Ernährung ab. Ob daraus aber ein Weibchen oder eine Drohne hervorgeht, entscheidet sich im Augenblick der Eiablage. Befruchtete Eier ergeben Weibchen, unbefruchtete Männchen.

Im Ameisenstaat besorgen die Eiablage gleichzeitig mehrere bis einige hundert Königinnen. Die Mehrzahl der Bewohner des Staates besteht auch hier aus fortpflanzungsunfähigen Weibchen, die alle übrigen Arbeiten verrichten. Männchen werden ebenfalls nur einmal im Jahr zur Fortpflanzungszeit hervorgebracht. Die Staatengründung aber nimmt die befruchtete Jungkönigin allein vor.

Ein Unterschied zwischen Bienen und Ameisen besteht auch darin, daß Ameisen zumeist in Erdbauten leben, über denen aus Pflanzenmaterial die bekannten Ameisenhaufen aufgeschichtet werden. Bienen dagegen bauen in Höhlen ein Wabenwerk

mit sechseckigen Zellen ausschließlich aus körpereigenem Wachs. Bienen und Ameisen unterscheiden sich auch in ihrer Nahrung. Bienen verzehren ausschließlich Nektar und Pollen. Sie legen große Nahrungsvorräte an, wobei Blütenstaub und Honig voneinander getrennt aufbewahrt werden. Ameisen ernähren sich überwiegend von lebender Beute und speichern deshalb keine Vorräte.

Allerdings gibt es auch Ausnahmen. Manche Ameisen leben nämlich auch von pflanzlicher Kost. Dabei kann es beispielsweise zu Pilzzuchten in den unterirdischen Wohnkammern kommen; in diesen Fällen könnte man von Nahrungsvorräten sprechen.

Hummeln legen wie die Honigbiene Wachsbauten an und ernähren sich von Nektar und Pollen. Beide Nahrungsstoffe werden hier aber zu einem Brei vermischt.

Die Wespen bauen wie die Bienen sechseckige Zellen, die in Waben angeordnet sind. Diese Waben aber hängen immer waagrecht und bestehen niemals aus Wachs, sondern aus zerkleinertem und mit Speichel vermengtem Holz oder Papier. Mit den Ameisen stimmen die Wespen darin überein, daß sie für die Aufzucht ihrer Brut lebende Nahrung, vorwiegend andere Insekten, verwenden.

Die Staaten der Termiten ähneln denen der Ameisen. Bei ihnen gibt es aber außer Arbeitern auch noch sogenannte Soldaten, die sich ebenfalls nicht fortpflanzen können und ausschließlich der Verteidigung dienen. Die Nahrung dieser fälschlicherweise oft „Weiße Ameisen“ genannten Insekten besteht vorwiegend aus Holz, das sie mit Hilfe von Flagellaten, die in ihrem Darm leben, verdauen können. In tropischen Gebieten spielen Termiten als Holzzerstörer eine große Rolle. Eine Art wurde auch nach Deutschland eingeschleppt und hat in mehreren westdeutschen Großstädten bereits enorme Schäden verursacht.

### Aufgaben

1. Beobachten Sie Honigbienen im Freien! Verfolgen Sie das Treiben der Bienen auf einer Wiese nach vorherigem Regen oder Gewitter!
2. Stellen Sie entsprechende Beobachtungen an einem Ameisenhaufen an! Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse!
3. Viele Hautflügler haben große wirtschaftliche Bedeutung! Berichten Sie über „Nutzen“ und „Schaden“ durch solche Tiere!

### Insekten ahmen einander nach

Manche Wespen, die empfindlich stechen können, sind auffällig gefärbt; beispielsweise die Hornisse (*Vespa crabro*; Farbtafel 7, oben rechts) oder die Feldwespen (Gattung *Polistes*, oben links). Sie tragen ihre Giftigkeit sozusagen zur Schau, und deshalb spricht man von einer Warnfärbung. Oft genießen die Träger solcher Warnfarben wirklich einen Schutz, indem sie seltener gefressen werden; deshalb dienen Warnfarben vielfach zugleich als Schutztracht.

Eine Schutzfärbung muß jedoch nicht unbedingt warnen. Sie kann auch dadurch entstehen, daß ein gänzlich harmloses Tier durch seine Färbung und Zeichnung so gut an die Umgebung angepaßt ist, daß es fast unsichtbar wird.

Häufig ahmen harmlose Tiere giftige und wehrhafte Arten im Aussehen nach. Das kann innerhalb derselben Tiergruppe geschehen, der auch das Vorbild angehört. Beispielsweise sind die nicht stechenden Holzwespen (Mitte oben) und Blattwespen (Mitte unten) innerhalb der Hautflügler ähnlich gezeichnet wie Hornissen. Es können aber auch Tiere aus ganz anderen Verwandtschaftsgruppen giftige Arten kopieren. So finden wir die Hornissen-Färbung und -Zeichnung auch bei Schmetterlingen (Gattung *Trochilium*, unten Mitte), Schwebfliegen (unten links) und Bockkäfern (unten rechts).

Früher wurden solche Erscheinungen allgemein überbewertet. Man sprach bei solcher Nachahmung einfach von Mimikry, weil man annahm, daß der Nachahmer „selbstverständlich“ in gleicher Weise durch sein Aussehen geschützt ist wie das giftige Vorbild. Heute wissen wir, daß dies nur in den seltensten Fällen wirklich zutrifft.

Wenn ein Tier wie eine Hornisse gefärbt ist oder äußerlich wie eine empfindlich beißende Ameise aussieht, dann muß es sich auch wie eine Hornisse oder Ameise verhalten, muß im gleichen Lebensraum vorkommen wie sein Vorbild und dort denselben Feinden ausgesetzt sein, um überhaupt den gleichen Schutz genießen zu können.

Das gilt auch für die Warn- und Schutzfarben selbst. Erst wenn sehr genaue Beobachtungen der Lebensweise sowohl des Vorbildes wie des Nachahmers im natürlichen Lebensraum vorliegen, kann für den vorliegenden, speziellen Einzelfall entschieden werden, ob die Warnfarbe wirklich warnt, die Schutztracht wirklich Schutz bietet, und die Nachahmung wirklich eine Mimikry ist.

### Räuberische und pflanzenfressende Gliedertiere

Pflanzenfresser sind oft groß und plump, Räuber hingegen meist zierlich und beweglicher. Unter den Landsäugetieren ist der Elefant mit 100 bis 120 Zentnern Lebendgewicht der größte Pflanzenfresser, während der Eisbär als größtes Raubtier höchstens 16 Zentner Gewicht erreicht.

Wenn auch oft die Größenunterschiede weniger beträchtlich sind, bleibt ein verschiedener Körperbau und ein gegensätzliches Verhalten als Unterscheidungsmerkmal zwischen Räubern und Pflanzenfressern erhalten. Dafür liefern die Vielfüßer ein Beispiel.

Die Hundertfüßer (Abb. 21) sind sehr bewegliche Räuber. Ihr vorderstes Paar Laufbeine dient als Kieferfüße und besitzt hochwirksame Giftdrüsen. Ein Biß damit lähmt selbst beträchtlich größere und wehrhafte Beutetiere augenblicklich. Das letzte Beinpaar dient ebenfalls nicht zum Laufen, sondern wird nachgeschleppt. Es ist zangenförmig gebogen und sehr kräftig bestachelt. Ein Angreifer erhält damit empfindliche Schläge.

Die Tausendfüßer dagegen sind durchweg plumpe und langsame Pflanzenfresser (Abb. 21). Ihre Mundwerkzeuge eignen sich nur zum Abschaben kleinster Teilchen von modernem Pflanzenmaterial. Dadurch gehören sie neben Regenwürmern,

Asseln und zahlreichen Kleintieren des Bodens (Milben, Springschwänze usw.) zu den wichtigsten Humusbereitern. Tausendfüßer sind immer viel stärker gepanzert als Hundertfüßer. Manche Arten tritt man eher in den Boden ein, als man sie zerquetscht. Überdies rollen sie sich bei Gefahr zusammen und schützen dadurch die empfindliche Bauchseite mit den sehr zahlreichen Laufbeinen. Durch Poren an der Rückenseite wird oft noch ein beißendes oder ätzendes Wehrsekret abgesondert.

### Aufgabe

Nennen Sie weitere Beispiele für Unterschiede im Körperbau und gegensätzliches Verhalten bei Räubern und Pflanzenfressern aus anderen Gliederfüßer-Gruppen! Erläutern Sie Ihre Beispiele!

## Von der Ernährung der Spinnen

Alle Webespinnen ernähren sich von lebender Beute, hauptsächlich von Insekten. Als Insektenvertilger spielen sie eine ebenso große Rolle wie die insektenfressenden Wirbeltiere.

Die Beute kann mit oder ohne Fanggewebe überwältigt werden. Alle Spinnen fressen auf dieselbe Weise. Mit ihren Mundwerkzeugen können sie keine Stücke von der Beute abbeißen, und ihre kleine Mundöffnung erlaubt kein Schlingen. Selbst bei Vogelspinnen von 12 cm Körperlänge ist die Mundöffnung nicht einmal einen Quadratmillimeter groß.

Das Verzehren der Beute geschieht bei allen Spinnen durch Außenverdauung. Mit den Mundwerkzeugen wird die Beute gepackt und festgehalten. An ihnen münden Giftdrüsen nach außen, deren Sekrete bei einigen exotischen Spinnenarten auch für den Menschen stark wirksam sind. In die Öffnung, die die Mundwerkzeuge in das Opfer geschlagen haben, sondert die Spinne aus ihrem Darm Verdauungssaft ab. Dieser Tropfen löst etwas vom Körpergewebe der Beute auf und wird wieder eingesogen. Diesen Vorgang wiederholt die Spinne so lange, bis alle verdaulichen Teile des Opfers aufgelöst sind. Manche Arten kneten die Beute dabei zwischen den Mundwerkzeugen.

Spinnen können sehr lange hungern. Ihr Hinterleib und zum Teil auch der Vorderkörper sind mit Blindsäcken des Darmes ausgefüllt (Abb. 16, 2), in denen erhebliche Mengen der stark konzentrierten Nahrung gespeichert werden können. Zahlreiche Spinnenarten sind dagegen sehr empfindlich gegen Verdursten. Manche Arten sind schon nach zwei oder drei Tagen Gefangenschaft verendet, sofern man ihnen kein Wasser bietet.

Gegeneinander verhalten sich Spinnen zumeist ebenso wie gegen Beutetiere. Deshalb darf man nicht zwei Spinnen in einem Beobachtungsgefäß oder Zuchtglas halten. Es muß aber nicht immer die größere eine kleinere Spinne fressen. Meist überlebt diejenige, die zuerst ihren Giftbiß anbringen konnte. Größere Arten sind nämlich nicht giftiger als kleinere. Große Vogelspinnen warmer Länder haben – gemessen an ihrer Körpergröße – sogar viel kleinere Giftdrüsen als die bei uns heimischen Kreuzspinnen.

## Aufgaben

1. Beobachten Sie die Lebensgewohnheiten (Netzbau, Beutefang, Fressen) bei häufigen Arten der Radnetzspinnen! Vergleichen Sie mehrere Arten und auch jeweils mehrere Tiere derselben Art miteinander! Nennen Sie die beobachteten Unterschiede im Verhalten!
2. Vergleichen Sie die Reaktionen von Netzspinnen und netzlosen Laufspinnen auf verschiedenartige Beunruhigung! Versuchen Sie, das Verhalten der Tiere zu erklären!

## Bekannte Arten der Gliederfüßer

Die Gliederfüßer werden in mehrere Unterstämme eingeteilt, die sich am leichtesten nach der Ausgestaltung ihrer Vorderenden unterscheiden lassen.

Der Unterstamm der Trilobiten (*Trilobitomorpha*) besteht nur aus einer Klasse (*Trilobita*). Er umfaßt die ältesten und urtümlichsten Gliederfüßer überhaupt (Abb. 21). Die etwa 4000 Arten waren ausnahmslos Wasserbewohner, sie lebten nur vom Kambrium bis zum Perm und sind seitdem vollständig ausgestorben. Wir kennen diese Tiere nur als Versteinerungen. Die größten Formen sind 70 cm lang. Der Körper ist längs und quer deutlich dreigeteilt und aus ganz gleichförmigen Segmenten aufgebaut. Außer einem Paar Fühler sind nur untereinander gleichartige Schreitbeine entwickelt. Mundgliedmaßen fehlen. Die Trilobiten stammen sicherlich direkt von Ringelwürmern ab. Übergangsformen zwischen beiden sind aber bisher nicht bekannt.

Der Unterstamm der Fühlerlosen (*Chelicerata*) besitzt weder Fühler noch kauernd gegeneinanderarbeitende Kiefer. Als Mundwerkzeuge dient ein Paar Cheliceren. Hier werden drei Klassen unterschieden:

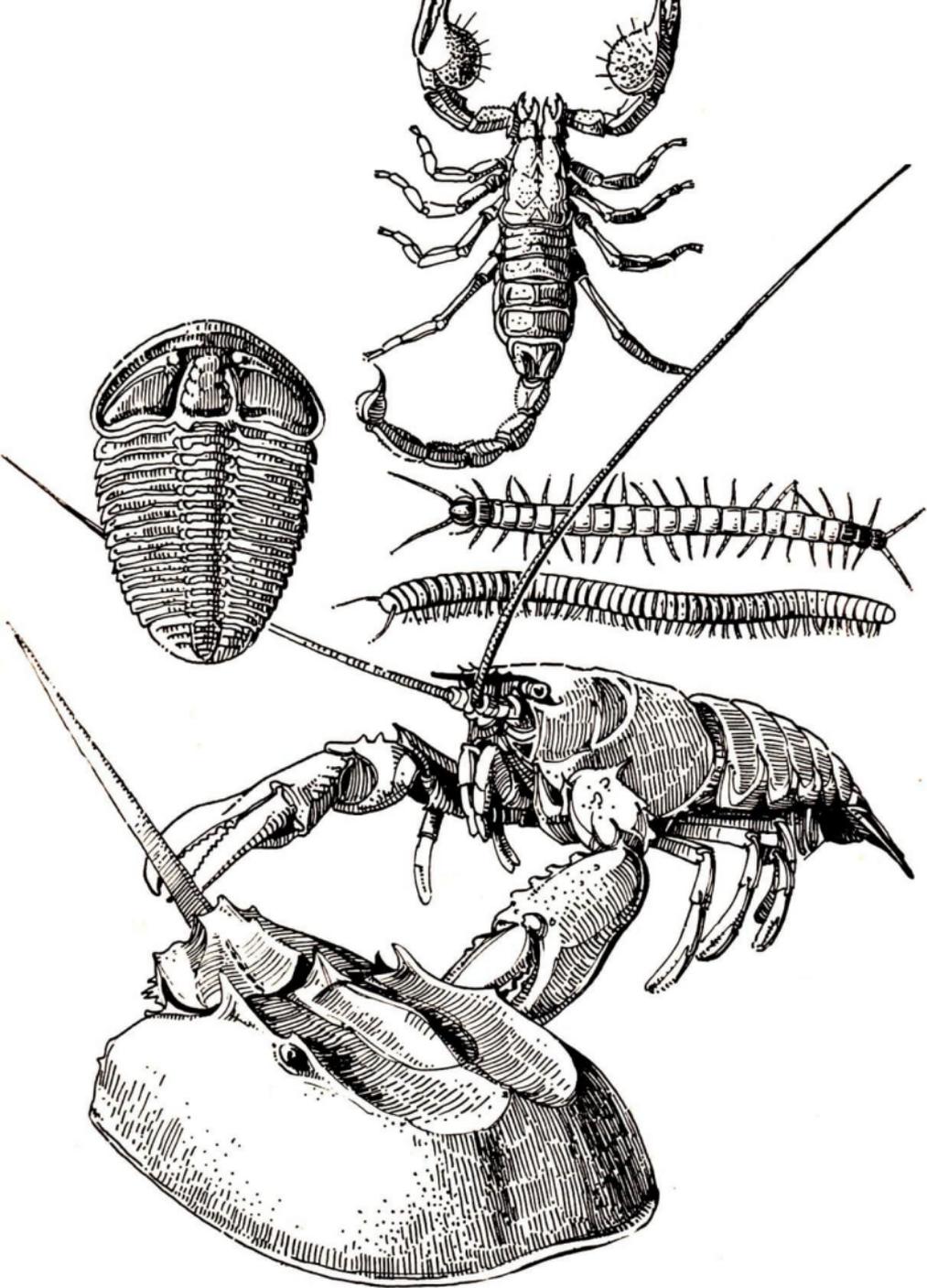
Die Klasse *Merostomata* besteht aus kiemenatmenden Wasserbewohnern. Die Ordnung der Seeskorpione oder Riesenkrabse (*Eurypterida* oder *Gigantostraca*) lebte mit ungefähr 200 Arten vom Untersilur bis zum Perm, ist also heute ausgestorben. Die Art *Pterygotus rhenaniae* lebte im Unterdevon und ist mit 1,8 m Körperlänge der größte Gliederfüßer überhaupt. Die Ordnung der Schwertschwänze (*Xiphosura*) lebt mit 5 Arten an den Küsten des atlantischen und pazifischen Ozeans. Bekannteste Art ist der Pfeilschwanzkrebs, auch Königskrabbe genannt (*Limulus polyphemus*, Abb. 21), die insgesamt 60 cm lang wird.

Die Klasse der Spinnentiere (*Arachnida*) ist leicht an den meistens vorhandenen vier Paar Laufbeinen zu erkennen. Sie umfaßt über 40000 Arten, die ursprünglich alle Landbewohner oder sekundär ins Süßwasser eingedrungen sind. Allgemein werden heute 10 Ordnungen unterschieden, von denen wir hier nur die wichtigsten nennen:

Die Skorpione (*Scorpiones*) sind an ihren Scheren und dem schwanzartig ver-

---

Abb. 21 Körperformen von Gliederfüßern. Von oben nach unten: Skorpion (etwa 10 cm lang), Trilobit (15 cm lang), Skolopender (15 cm lang), Diplopede (bis 20 cm lang), Hummer (40 cm lang), Pfeilschwanzkrebs (etwa 60 cm lang)



schmäleren Hinterleib mit dem Giftstachel zu erkennen (Abb. 21). Die etwa 600 Arten leben vorwiegend in warmen Ländern, wo manche als Gifttiere eine große Rolle spielen. In Indien allein sterben jährlich durchschnittlich 30000 Menschen an den Folgen von Skorpionstichen. Erdgeschichtlich sind die Skorpione neben den Tausendfüßern (*Diplopoda*, Abb. 21) die ältesten Landtiere überhaupt. Sie lebten schon im Silur auf dem Lande und haben sich in der äußeren Körperform seitdem überhaupt nicht verändert. Ihre Vorfahren sind die Seeskorpione, mit deren jüngsten Arten sie im Körperbau vollständig übereinstimmen.

Die Spinnen (*Araneae*) besitzen am Hinterleibsende stets eine verschiedene Anzahl von Spinnwarzen (meist 6). Die über 25000 Arten fressen überwiegend Insekten. Viele Familien weben Netze: Radnetzspinnen (*Araneidae*), Trichterspinnen (*Agelenidae*), Kugelspinnen (*Theridionidae*), Baldachinspinnen (*Linyphiidae*). Andere erbeuten ihre Opfer ohne Netz: Wolfspinnen (*Lycosidae*), Springspinnen (*Salticidae*), Krabbenspinnen (*Thomisidae*). Bekannt sind auch die Vogelspinnen (*Orthognatha*), die mit über 1500 Arten vornehmlich in warmen Ländern leben. Darunter befinden sich die größten Spinnen überhaupt (12 cm Körperlänge), und auch die Arten mit dem höchsten Lebensalter (über 20 Jahre). Manche Spinnenarten warmer Länder spielen als Gifttiere eine ähnliche Rolle wie die Skorpione.

Die After- oder Bücherskorpione (*Pseudoscorpiones*) sehen wie Skorpione aus, denen der „Schwanz“ fehlt. Sie werden höchstens 1 cm lang. Die über 1000 Arten leben hauptsächlich in Ritzen und Spalten an feuchten Stellen und ernähren sich von allerlei Kleintieren. Oft findet man Bücherskorpione an Fliegen und andere Insekten angeklammert, von denen sie sich transportieren lassen.

Die Weberknechte (*Opiliones*) erkennt man an ihren meist sehr langen Beinen. Die etwa 2500 Arten leben hauptsächlich in und auf der Krautschicht am Boden. Die meisten von ihnen ernähren sich von Pflanzen.

Die Milben (*Acari*) sind überwiegend Kleintiere unter 2 mm Körperlänge mit sehr verschiedener Gestalt. Von den über 10000 Arten haben viele eine große wirtschaftliche Bedeutung. Nützlich sind beispielsweise die Hornmilben (*Oribatei*), die in ungeheuren Mengen in den obersten Bodenschichten leben, hier moderne Pflanzensubstanzen zersetzen und dadurch als Humusbildner wirken. Viele Milben sind aber schädlich. So können viele pflanzensaftsaugende Arten Krankheiten auf Kulturpflanzen übertragen (Viren). Andere sind stärker spezialisiert und werden dadurch schädlich. Die *Tyroglyphidae* heißen auch Vorratsmilben, weil sie in vielfältiger Weise als Vorrats- und Materialschädlinge auftreten. Als Pflanzenschädlinge sind vor allem die zahlreichen Arten der Spinnmilben (*Tetranychidae*) und Gallmilben (*Tetrapodili*) zu nennen, von denen manche Arten im ausgewachsenen Zustand höchstens 0,08 mm lang werden und damit die kleinsten Gliederfüßer überhaupt darstellen. Unter den parasitischen, bei Menschen und Haustieren zahlreiche Krankheiten übertragenden Milben sind vor allem die Zecken (*Ixodidae*), Krätzmilben (*Acaridae*), Räude milben (*Psoroptidae*) und Haarbalgmilben (*Demodicidae*) wichtig.

Die Klasse der Asselspinnen (*Pantopoda*) umfaßt eigentümlich spezialisierte Formen, die nur aus Beinen zu bestehen scheinen, weil der Körper winzig klein ist.

Während die Spannweite der 4 oder 5 Beinpaare mehr als 15 cm betragen kann, erreicht die Körperlänge höchstens 15 mm. Die etwa 500 Arten leben ohne Ausnahme im Meer, wo sie in Küstennähe auf Kolonien von Hydrozoen, Schwämmen, Moostierchen usw. umherklettern und an diesen Kolonien saugen.

Der Unterstamm Krebstiere (*Diantennata*) besteht nur aus der Klasse Crustacea und ist leicht an den zwei Paar Fühlern zu erkennen. Man teilt die Klasse heute in zahlreiche Unterklassen und in noch zahlreichere Ordnungen. Wir erwähnen hier nur die wichtigsten Gruppen. – Als Futtertiere für Fische sind uns die Blattfußkrebse oder Wasserflöhe (*Phyllopoda*) und die Ruderfußkrebse (*Copepoda*) bekannt. Auf dem Lande, im Süßwasser und an Meeresküsten können wir vor allem Asseln (*Iso-poda*) und Flohkrebse (*Amphipoda*) beobachten. Außerdem finden wir an der Küste mitunter die festgewachsenen Gehäuse der Seepocken, die zu den Rankenfüßern (*Cirripedia*) gehören. Schließlich sind auch die Zehnfüßigen Krebse (*Decapoda*) allgemein bekannt, zu denen die Flußkrebse, die Wollhandkrabbe, die Garneelen und der Hummer (Abb. 21) gehören.

Der Unterstamm der Röhrenatmer (*Tracheata* oder *Antennata*) besitzt ein Paar Fühler und überwiegend Tracheen als Atemorgane. Er wird in zwei Klassen unterteilt.

Die Klasse der Vielfüßer (*Myriopoda*) besteht aus Formen, die mindestens 9 Beinpaare besitzen. Die beiden wichtigsten Unterklassen sind die Hundertfüßer (*Chilopoda*), die an jedem Segment nur ein Beinpaar tragen, und die Tausendfüßer (*Diplopoda*), bei denen je Segment zwei Beinpaare ausgebildet sind. Zu den Hundertfüßern gehören die Steinkriecher (*Lithobiidae*), Erdläufer (*Geophilidae*) und die großen Skolopender (*Scolopendridae*, Abb. 21) wärmerer Länder, von denen einige Arten auch für den Menschen sehr giftig sind. Besonders auffällige Hundertfüßer sind die Spinnenasseln (*Scutigerae*), die in warmen Gegenden an Mauern usw. umherlaufen und ihre langen, vielgliedrigen Beine wie Lassos zum Fliegenfang benutzen. Von den Tausendfüßern sind vor allem die in Gebirgsgegenden heimischen, überwiegend ganz dunkel gefärbten Saftkugler (*Glomeridae*) bekannt, die sich bei Gefahr zu einer allseitig geschlossenen Kugel zusammenrollen. Ebenso bekannt sind die überall vorkommenden, langgestreckten Schnurfüßer (*Iulidae*), die den typischen Körperbau dieser Tiergruppe am besten zeigen (Abb. 21).

Die Klasse der Insekten (*Hexapoda*) besitzt höchstens drei Beinpaare und meistens ein oder zwei Paar Flügel, die am Rücken der Brust ansetzen. Aus der großen Zahl von Ordnungen sind uns viele Vertreter bekannt.

Die Springschwänze (*Collembola*) sind Kleintiere, die für die Bodenzologie sehr bedeutungsvoll sind, und von denen einige Arten sogar auf Gletschern leben können. Von den Borstenschwänzen (*Thysanura*) lebt das Silberfischchen (*Lepisma saccharina*) auch in Wohnungen. Eintagsfliegen (*Ephemera*), Steinfliegen oder Uferbolde (*Plecoptera*) und Libellen (*Odonata*) leben überwiegend dicht am und über dem Wasser. Ohrwürmer, Grillen und Heuschrecken sind bekannte Vertreter der Geradflügler (*Orthopteroidea*). In diese Verwandtschaftsgruppe gehören auch die Schaben (*Blattaria*) und Termiten (*Isoptera*). Die Tierläuse (*Phthiraptera*) spielen als Blut-

sauer und Krankheitsüberträger eine Rolle. Wanzen (*Heteroptera*) und Zikaden (*Homoptera*) sind immer an ihrem Stechrüssel zu erkennen. Hautflügler (*Hymenoptera*), Käfer (*Coleoptera*), Schmetterlinge (*Lepidoptera*), Zweiflügler (*Diptera*) und Flöhe (*Aphaniptera*) sind weitere Ordnungen mit bekannten Arten.

Im Anschluß an die Gliederfüßer sind drei andere Tiergruppen zu erwähnen, die heute als selbständige Stämme geführt werden, und die alle drei ebenfalls mit zu den Gliedertieren (*Articulata*) zählen.

#### Stamm Stummelfüßer (*Onychophora*)

Ungefähr 70 Arten, die auf der südlichen Halbkugel in Tropenländern leben und wie Regenwürmer aussehen, die am Vorderende ein Paar geringelte Fühler und an jedem Segment ein Paar Stummelfüße mit Krallen tragen. Früher galten diese Tiere als Bindeglied zwischen Ringelwürmern und Gliederfüßern. Da sie aber neben vielen urtümlichen Ringelwurmermerkmalen auch zahlreiche spezialisierte Sonderbildungen im Körperbau aufweisen, werden sie heute als ein Seitenzweig der Stammesentwicklung angesehen, der sich neben den echten Gliederfüßern unabhängig aus ringelwurmähnlichen Vorfahren entwickelt hat (Gattung *Peripatus*).

#### Stamm Bärtierchen (*Tardigrada*)

Knapp 200 Arten, die durchweg wasserbewohnende Zwergformen von meist nicht einmal 1 mm Körperlänge sind und überwiegend vergängliche Kleinstgewässer in Moospolstern, Flechten, Dachrinnen usw. bewohnen. Die meisten Arten bilden außerordentlich widerstandsfähige Dauerstadien aus, die Temperaturen bis  $-200^{\circ}\text{C}$  überleben können. Die Zellkonstanz des Körpers (vgl. Rundwürmer!) kennzeichnet diesen Stamm als stark spezialisiert und abgewandelt. Gattung *Macrobiotus*.

#### Stamm Zungenwürmer (*Pentastomida*)

Etwa 60 Arten mit langgestrecktem, abgeplattetem, wurmförmigem Körper, die als Erwachsene ausnahmslos parasitisch in den Atemorganen fleischfressender Landwirbeltiere leben. Merkmale der Embryonalentwicklung deuten darauf hin, daß diese Tiere mit den Fühlerlosen näher verwandt sind. Der Nasenwurm (*Linguatula serrata*) lebt in den Nasenhöhlen von Hunden und Füchsen.

Die Bärtierchen und Zungenwürmer gehören auch zur einheimischen Tierwelt.

#### Schädliche Insekten (Zweiflügler)

Schädling	Schaden	Bekämpfung
Anophelesmücke	Überträgt Malariaerreger auf den Menschen, heftige rhythmische Fieberanfälle	Trockenlegung der Sümpfe, Chininprophylaxe, Mückenschutz durch Moskitonetze
Himbeerruten-Gallmücke	Larven fressen Stengelgewebe an	Anfang Mai Boden mit HCH- oder Chlordan-Emulsion überbrausen

Schädling	Schaden	Bekämpfung
Kohldrehherzmücke	Durch Saugschaden Krümmungen und Drehungen der jungen Blätter. Keine Kopfbildung	Nach der Pflanzung alle 10 Tage mit Bercema-D-5-Staub stäuben
Stechmücke	Juckreiz und Anschwellung am Mückenstich, Übertragung von Krankheiten	Trockenlegung von Tümpeln und Sümpfen. Bekämpfung der Brut durch Besprühen flacher Gewässer; biologische Vernichtung durch bestimmte Fische oder Schwimmkäfer. Vernichtung der reifen Mücken im Winter in geschlossenen Räumen (z. B. Kellern) mit Kontaktinsektiziden (organisierte Mückenbekämpfung für ganze Gebiete)
Biesfliege (Schafbremse)	Legen Eier in der Nähe der Nase oder anderer Körperteile ab, Larven kriechen in die Nasenöffnungen und verursachen in Verbindung mit Bakterien Gehirnentzündung. Erkrankte Tiere taumeln, niesen, schütteln den Kopf, magern ab usw. Häufig tritt Tod ein	Vernichtung der Biesfliege. Tierärztliche Behandlung nötig!
Dasselfliege	Beulen an Rücken-, Lenden- und Kruppegegend bei Rindern, Abmagerung, Sinken der Milchleistung. Haut unbrauchbar für Leder	Bekämpfung zweimal jährlich vor dem Weideaustrieb durch den „Entdasseler“
Stubenfliege	Übertragen von Milzbrand, Cholera und vielen anderen Krankheitskeimen und Fäulnisserregern	Töten aller Winterfliegen; Bekämpfung mit Insektiziden, Schutz der Nahrungsmittel, Beseitigung von Kot und Küchenabfällen
Tsetsefliege	Überträger der Schlafkrankheit in Afrika	
Kirschenfruchtfliege	Früchte sehen glanzlos aus, zeigen in Stichnete eine weiche, bräunliche Stelle und gehen später in Fäulnis über, in Steinnahe frisst eine weißliche Made	Spritzungen mit DDT- und E-Mitteln

### Schädliche Insekten (Zweiflügler)

Schädling	Schaden	Bekämpfung
Fritfliege	Herzblatt des Getreides (auch Mais) vergilbt und läßt sich leicht aus dem Triebgrund ziehen. An der Schadstelle gelblichweiße Larven. Besonders an Hafer	Aussaat des Sommergetreides so früh wie möglich. Aussaat des Wintergetreides (Roggen und Weizen) nicht vor dem 20. September. Bekämpfung der Quecke
Kohlfliege	Madenfraß im Innern des Stempels und des Wurzelstumpfes der Kohllarten. Pflanze welkt	Bercema Ruscalin 100 cm <sup>3</sup> je Pflanze angießen
Möhrenfliege	Fraßgänge mit gelbem Kot in der Wurzel	Saatgut mit Duplexan-Spritzpulver-50 inkrustieren
Rübenfliege	Schmale, weißlichgelbe Fraßgänge (Minen) unter der Blattoberhaut. Rübenpflanzen erleiden erhebliche Wachstumsstörungen	Bekämpfung mit E-Mitteln (Wofatox) oder E-605-Staub
Zwiebelfliege	Junge Pflanzen sterben ab, Herzblätter leicht herausziehbar. Maden der zweiten Generation verursachen Fraßgänge am Zwiebelboden	Saatgutinkrustierung mit Bercema Bekrustal

### Schädliche Insekten (Schmetterlinge)

Schädling	Schaden	Bekämpfung
Apfelblütenstecher	Das Innere der Blüte ist durch fußlose, gelblichweiße Larven ausgefressen, daher bleiben die Blütenblätter geschlossen, werden rostbraun und vertrocknen	Schutz und Pflege der Singvögel. Späte Winterspritzung mit DNF-Mitteln. Zusatz von E-Mitteln zur ersten Vorblütenspritzung
Apfelgespinstmotte	An den Zweigen große dichte Gespinste. Minierfraß an jungen, Skelettfraß an älteren Blättern	Schutz und Pflege der Singvögel. Mitte Juni Winterspritzung mit DNC-Mitteln. Vor Anlage größerer Gespinste Spritzung mit DDT-, HCH- oder E-Mitteln

Schädling	Schaden	Bekämpfung
Apfelwickler	Larve mit braunem Kopf frißt im Innern. Die Früchte zeigen Bohrloch, von dem ein kotgefüllter Fraßgang bis zum Kerngehäuse führt. Früchte fallen ab	Schutz und Pflege der Singvögel. Spritzung mit DDT-, HCH- oder E-Mitteln. Raupenfanggürtel
Erbsenwickler	Raupenfraß in der Erbse	Früher Anbau früher, kurz abblühender Sorten oder späte Sorten spät aussäen
Kiefernspinner	Raupen fressen Kiefernadeln, bei Massenbefall Kahlfraß	Bei starkem Befall Bestäubung der Wälder vom Flugzeug aus mit Giftstoffen. Wahrung und Pflege des biologischen Gleichgewichtes. Förderung der Feinde der Schadinsekten (Vögel, bestimmte Insektenarten wie beispielsweise Schlupfwespen, bestimmte krankheitserregende Mikroorganismen)
Kleidermotte	Zerstört Wollstoffe, Pelze, Gewebe, Haare und andere Teile der Kleidung	Streuen von Mottenpulver! Entwicklung mottenfester, synthetischer Faserstoffe
Kohlweißling	Kahlfraß an den Blättern	Stäuben mit Bercema D-5-Staub, sobald die jungen Raupen schlüpfen
Maiszünsler	Raupen fressen zunächst an männlichen Blüten, später bohren sie sich in die Stengel ein und befallen alle Organe	Vernichtung oder Verfütterung befallener Pflanzen; tiefer Schnitt bei der Ernte des Maises zur Vernichtung der Raupen im Wurzelhals Spritzen mit DDT-Mitteln (z.B. Gesarol zur Flugzeit der Falter)
Nonne	Wichtigster Fichtenschädling! Raupen fressen Fichten- und Kiefernadeln; teils große Schäden durch periodische Massenvermehrung	wie Kiefernspinner

### Schädliche Insekten (Käfer)

Schädling	Schaden	Bekämpfung
Borkenkäfer	Gefährliche Waldschädlinge, Käfer und Larven fressen Gänge in Rinde und Holz	Entrindung von Käfern befallener Bäume, Verbrennen der Borke. Abtöten der heruntergefallenen Käfer durch Giftstoffe oder Dieselöl, Schlagen von Fangbäumen
Bockkäfer	Larven fressen Gänge bis ins Mark der Baumstämme	Fällen der Brutbäume und sofortige Verarbeitung zu Brennholz
Kartoffelkäfer	Blattfraß durch Käfer und Larven	Ablesen, stäuben mit DDT-Mitteln
Kohlerdfloh (Flohkäfer)	Fraßstellen an den Blättern von Kohlpflanzen	Bercema-D-5-Staub, sofort nach dem Auftreten stäuben
Kornkäfer	Befallene Getreidekörner zeigen Bohrlöcher, der Mehlkörper ist oft vollständig ausgefressen	Reinigung und Ausspritzen der Lagerräume mit Dimuxan oder stäuben mit Anox-Staub
Maikäfer	Engerlinge verursachen Fraßschäden an Wurzeln, Käfer verursachen Schäden durch Blattfraß (z. B. Obstbäume, Weinreben)	Absammeln der Käfer, Bekämpfung mit E-Mitteln oder durch Vernebeln mit Kombi-Aerosol F
Rübenaaskäfer	Absterben der Keimpflanzen, Blätter älterer Pflanzen zeigen tiefe, unregelmäßige Löcher	Bekämpfung mit organischen Kontaktmitteln, wie Gesarol-, Hexa- und E-Mitteln

### Stamm Weichtiere (*Mollusca*)

Die meisten Weichtiere sind äußerlich unsegmentiert. Ihr Körper ist höchstens in einen Kopf und einen Eingeweidessack gegliedert. Der Eingeweidessack wird vielfach durch verschieden geformte Schalen oder Gehäuse geschützt.

Die Mehrzahl der Weichtiere sind Wassertiere (Meeresbewohner). Viele Arten der Schnecken leben aber auch auf dem Lande.

Bei zahlreichen Meeresschnecken treten Larvenstadien auf, die als eine Weiterentwicklung der für Ringelwürmer typischen *Trochophora* gelten können. Es wird heute auch allgemein angenommen, daß die Weichtiere von segmentierten Vorfahren abstammen, die sich ihrerseits (ähnlich wie die Gliederfüßer, jedoch unabhängig von diesen) von ringelwurmformigen Vorfahren herleiten.

Im Erdaltertum (Kambrium, Silur und Devon) gab es noch Weichtiere, deren Körperinneres deutlich segmentiert war. Diese Formen galten bis zum Jahre 1952 als vollständig ausgestorben. Da förderte eine dänische Tiefsee-Expedition solche Tiere im Stillen Ozean aus mehr als 3500 m Wassertiefe lebend zutage. Weil diese segmental gegliederte Form mit der Gattung *Pilina* aus dem Silur fast völlig übereinstimmt, nannte man sie *Neopilina*. Sie gehört zu den bedeutsamsten zoologischen Entdeckungen dieses Jahrhunderts und führte zur Begründung einer neuen Klasse der Weichtiere, die gewisse Baueigentümlichkeiten der Käferschnecken und Schnecken in sich vereinigt.

### Wir bestimmen Weichtiere

Weichtiere lassen sich ohne besondere Schwierigkeiten nach äußerlichen Merkmalen unterscheiden. Wir erfassen hier nur bei uns vorkommende Gruppen.

- 1 Das Tier ist von einer zweiklappigen Schale umgeben. Zwischen den Schalenklappen wird höchstens ein Kriechfuß hervorgestreckt. Ein Kopf ist nicht ausgebildet ..... **Muscheln**
- 1' Die Schale besteht niemals aus zwei Klappen. Es ist immer ein Kopf ausgebildet, der allerdings manchmal nur undeutlich gegen den übrigen Körper abgesetzt ist ..... 2
- 2 Die Schale besteht aus 8 hintereinanderliegenden Rückenplatten. Die Bauchseite bildet eine breite Kriechsohle. Am Vorderende sind keine Fühler entwickelt ..... **Käferschnecken**
- 2' Die Schale ist ein spiralförmig gewundenes Gehäuse, oder sie fehlt ganz 3
- 3 Am Vorderende sind höchstens 2 Paar glatte Fühler ausgebildet, auf denen manchmal Augen sitzen können. Die Schale ist meistens ein spiralförmig gewundenes Gehäuse, fehlt aber häufig auch ..... **Schnecken**
- 3' Am Vorderende sind mindestens 8 Fangarme entwickelt, die mit Saugnapfen besetzt sind. Meistens ist äußerlich überhaupt keine Schale sichtbar ..... **Kopffüßer oder Tintenfische**

Auf dem Lande und im Süßwasser kommen nur Schnecken und Muscheln vor. Alle anderen Weichtiere leben ausnahmslos im Meer.

### Schalen und Gehäuse der Weichtiere

Die Rückbildung der Segmentierung am Eingeweidesack der Weichtiere kann als eine Neuerwerbung gedeutet werden, die mit der Ausbildung kräftiger, den Körper schützender Schalen in engem Zusammenhang steht.

Diese Schalen variieren vielfach ganz beträchtlich, je nach dem Lebensraum, in dem die betreffende Art lebt. Das kann man bei unseren Süßwassermuscheln feststellen, die in bewegtem Wasser zumeist viel dickere und festere Schalen ausbilden als in ruhigem oder sogar unbewegtem Wasser.

Bei vielen Schnecken beeinflußt die Wasserbewegung des Lebensraumes nicht nur die Schalendicke, sondern auch die Gehäuseform. Oft kann man schon bei ein und derselben Art äußerlich am Gehäuse ablesen, ob das betreffende Tier aus einem Teich, einem Bach oder aus der Brandungszone des Meeres stammt.

Schnecken schalen bieten viele Beispiele dafür, wie eine Grundgestalt abgewandelt werden kann. Immer wird ein spiralig gewundenes Schneckenhaus angelegt. Aber auf wie vielfältige Weise geschieht das! Die Schale kann nur aus einem Spiralen- umgang bestehen oder aus zahlreichen Windungen aufgebaut sein. Diese zahlreichen Windungen wieder können in einer Ebene aufgerollt sein oder zu einem richtigen Turmbau führen. Solch ein Turm aber kann schlank und spitz, breit und klobig oder sogar fast kugelig geformt erscheinen.

Jede dieser Grundgestalten ist in sich noch mannigfaltig modifiziert. Oft geht die Grundgestalt selbst dabei fast verloren. Das kann durch Rückbildungen geschehen oder – umgekehrt – durch Luxusbildungen in Form von Auswüchsen, Fortsätzen, Stacheln usw. Stets aber ist es vor allem der Lebensraum, der die Gestalt des Schneckenhauses prägt. Deshalb werden besonders bizarre Formen in der Brandungszone des Meeres ausgebildet.

### Aufgabe

Sammeln Sie Gehäuse von Weichtieren (vor allem am Strand der Ostsee) und betrachten Sie diese genau!

### Bekannte Arten der Weichtiere

Mit etwa 130 000 Arten bilden die Weichtiere einen der größten Tierstämme. Diese Arten verteilen sich auf insgesamt sieben Klassen. Bekannte und auffällige Arten sind auf Abb. 22 zu sehen.

Die Klasse der Wurmmollusken (*Solenogastres*) besteht aus Meeresbewohnern, die im Bodenschlamm oder auf Hydrozoen- und Korallenstöcken leben. Sie besitzen einen wurmförmigen Körper und keinerlei Schalen. Deshalb galten sie lange Zeit als besonders urtümlich. In Wirklichkeit sind sie aber nur sekundär vereinfacht, wie manche anderen scheinbar urtümlichen Tiere auch.

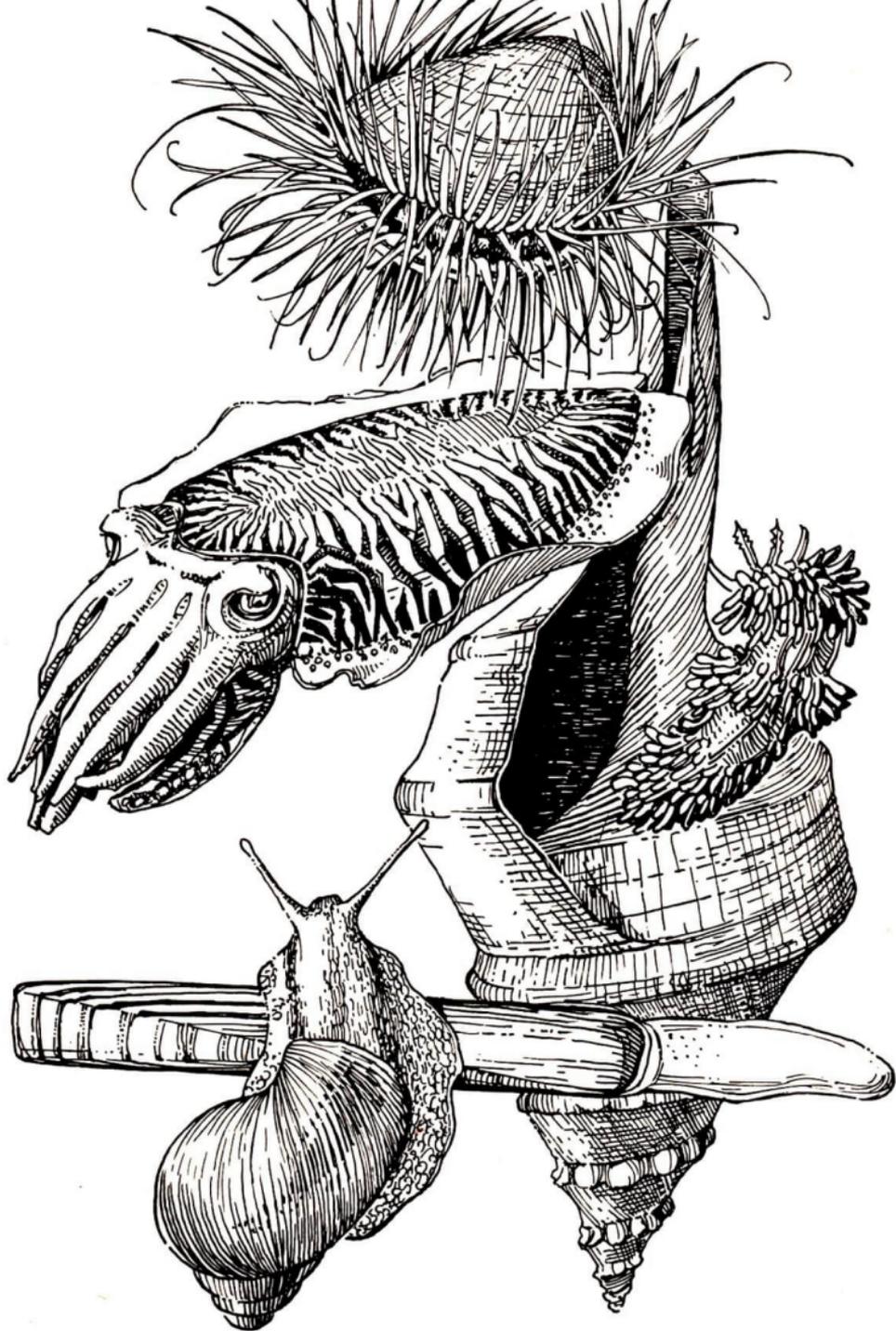
Die Klasse der Käferschnecken (*Polyplacophora*) sind Tiere der Brandungszone, die sich hier an Felsen und Steinen festsaugen. Nach der bekannten Gattung *Chiton* werden diese Tiere auch oft Chitonen genannt.

Die Klasse Urmollusken (*Monoplacophora*) besteht aus tiefseebewohnenden Arten, deren segmental gegliederter Körper von einer einheitlichen, an Napschnecken erinnernden Schale bedeckt wird (Gattung *Neopilina*).

Die Klasse der Schnecken (*Gastropoda*) umfaßt heute die weitaus meisten (etwa 95 000) Arten der Weichtiere. Von den wasserbewohnenden Arten sind die Sumpfdeckelschnecke (*Viviparus viviparus*), die Strandschnecken des Meeres (*Littorinidae*), die Schlamm- schnecken (*Lymnaeidae*) und die Teller- oder Posthornschnecken (*Planorbidae*) am bekanntesten. Von den landbewohnenden Arten sind die gehäuse- losen Wegschnecken (*Arionidae*) und Egelschnecken oder Schnegel (*Limacidae*)

---

Abb. 22 Weichtiere. Von oben nach unten: Feilenmuschel (8 cm lang), Sepia (etwa 35 cm lang), Schnecken- schale (40 cm lang), Nacktschnecke (5 bis 8 cm lang), Taschenmuschel (20 cm lang), Achatschnecke (10 cm lang – Höhe des Hauses)



häufige „Nacktschnecken“. Von den Gehäuseschnecken des Landes sind vor allem die Weinbergschnecke (*Helix pomatia*), die Schnirkelschnecken der Gattung *Cepaea*, die meist weißen und scheibenförmigen, Wärme und Trockenheit liebenden Heideschnecken (*Helicellinae*), und die sehr häufigen, jedoch außerordentlich schwer bestimmbar Schließmundschnecken (*Clausiliidae*) zu erwähnen.

Viele Schnecken haben für den Menschen eine „praktische“ Bedeutung. Die Weinbergschnecke ist in vielen Ländern ein geschätzter Leckerbissen. Nacktschnecken und manche Gehäuseschnecken treten als Pflanzenschädlinge (vor allem in Frühbeeten, Gewächshäusern und Jungpflanzenkulturen) auf. Die Leberegelschnecke (*Lymnaea truncatula*) und einige verwandte Arten müssen als Zwischenwirt (und Überträger) des Großen Leberegels (s. S. 23) bekämpft werden. Andererseits finden die besonders schön geformten und bunten Porzellanschnecken (*Cypraeidae*) in vielen, an warme Meere grenzenden Ländern als Schmuck Verwendung. Zur hierher gehörenden Gattung *Cypraea* zählen die „Tigerschnecken“, in denen man angeblich das Meeresrauschen hören kann, und die „Kauri-Schnecken“, die in manchen Gegenden Äquatorialafrikas noch heute als Zahlungsmittel dienen und das Geld ersetzen.

Die Klasse der Röhrenschaler (*Scaphopoda*) umfaßt Weichtiere, die in einer röhrenförmigen, leicht gebogenen und an beiden Enden offenen Schale stecken, aus der sie nur den Kopf mit den Tentakeln hervorstecken. Alle Arten leben im Meere und graben im Boden (Gattung *Dentalium*).

Die Klasse der Muscheln (*Bivalvia*) ist mit etwa 20000 Arten die größte nach den Schnecken. Von der Gestalt her sind die Muscheln viel weniger einförmig, als allgemein angenommen wird. Davon kann man sich bereits an einer Sammlung heimischer Arten überzeugen. Malermuschel (*Unio pictorum*), Teichmuschel (*Anodonta cygnea*), Flußperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*), Kugelmuscheln (Gattung *Sphaerium*), Erbsenmuscheln (Gattung *Pisidium*) und die vom Balkan her bei uns eingeschleppte, jetzt überall massenweise vorkommende Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) sind bekannte Süßwasserarten. Von den meeresbewohnenden Arten, die lebend oder als angespülte Schalen in der Strandregion zu finden sind, kennen wir die Miesmuschel (*Mytilus edulis*), die Kammuscheln (*Pectinidae*), deren einzelne Schalen vielfach als Aschenbecher benutzt werden, die Herzmuscheln (Gattung *Cardium*), die Plattmuschel (*Macoma baltica*), die Leitform einer nach ihr benannten Biozönose des Sand- und Schlammgrundes ist, und die Klaffmuscheln (*Myiidae*).

Manche Muschelarten haben auch eine wirtschaftliche Bedeutung. Allgemein bekannt sind diese Tiere als Erzeuger echter Perlen. Als Leckerbissen, ähnlich wie die Weinbergschnecke, ist die Auster (*Ostrea edulis*) geschätzt, die auf Austernbänken gezogen wird und äußerlich an den ungleich geformten Schalen kenntlich ist, mit deren linker (tieferer) sie am Untergrund festwächst. Stellenweise sehr schädlich werden die mit rückgebildeten und umgewandelten Schalen versehenen Bohrmuscheln (*Pholadidae*). Der Pfahlwurm (*Teredo navalis*) zerstört durch seine Bohrtätigkeit hölzerne Brücken, Pfähle und andere Hafenanlagen. Der immer nur vereinzelt auf-

tretende Schiffsbohrwurm (*Teredo megotara*) ist mehr auf Treibholz und hölzerne Schiffsrümpfe spezialisiert.

Die Klasse der Kopffüßer oder Tintenfische (*Cephalopoda*) umfaßt heute etwa 640 nur im Meere lebende Arten. In früheren Epochen der Erdgeschichte war sie mit unvergleichlich mehr Arten vertreten. Als versteinerte Reste dieser ausgestorbenen Formen kennen wir die bis 2 m Durchmesser erreichenden, schneckenhausähnlichen, aber innen gekammerten Ammoniten und die Donnerkeile, die bei den Belemniten als Fortsatz an den im Körperinnern gelegenen Schalen (Rückenschulp) saßen. Unter den heute lebenden Tintenschnecken (Tintenfischen) besitzen nur noch die 3 Arten des indopazifischen Schiffsbootes (Gattung *Nautilus*) eine äußere, gekammerte Schale wie die Ammoniten. Alle anderen haben eine innere, nicht sichtbare Schale wie die Belemniten. Darunter gibt es Arten mit zehn Fangarmen (Tintenfische der Gattung *Sepia* und Kalmare der Gattung *Loligo*), und solche mit acht Fangarmen (Kraken der Gattung *Octopus* und das Papierboot *Argonauta argo*).

### Stamm Stachelhäuter (*Echinodermata*)

Die Stachelhäuter sind eigenartig spezialisierte, fünfstrahlig-symmetrisch gebaute Meerestiere mit sonderbar kompliziert anmutenden Larven, die ebenfalls als Weiterentwicklungen der Trochophora angesehen werden können. Ihren Namen verdanken die Stachelhäuter ihrem Skelettsystem. Es besteht aus in die Haut eingelagerten Kalkplatten, die oft mit Stacheln versehen sind.

### Bekannte Arten der Stachelhäuter

Die ungefähr 4500 Arten der Stachelhäuter verteilen sich auf fünf Klassen, die mit Ausnahme der Haarsterne auch im Bereich unserer Meeresküsten anzutreffen sind.

Die Klasse der Haarsterne oder Seelilien (*Crinoidea*) sind ursprünglich an einem langen, dünnen Stiel festsitzende Stachelhäuter, deren eigentlicher Körper aus einem Kelch mit fünf einfachen oder gegabelten, dünnen Armen besteht. Diese Arme tragen feine Seitenäste (Pinnulae) und dienen zum Herbeistrudeln der Nahrung. Bei den meisten heute lebenden Arten löst sich der Körper vom Stiel los, so daß die Tiere frei im Wasser schweben.

Die Klasse der Seesterne (*Asteroidea*) zeigt mit ihrem buchstäblich sternförmigen, fünf Arme tragenden Körper die Symmetrieverhältnisse der Stachelhäuter am deutlichsten.

Für die Klasse der Schlangensterne (*Ophiuroidea*) gilt ganz ähnliches, nur sind die dünnen, langen Arme hier deutlicher von dem scheibenförmigen, zentralen Körper abgesetzt. Von den Haarsternen unterscheiden sich die Schlangensterne dadurch, daß ihre Arme keine Pinnulae tragen und daß sie nicht schwebend im Wasser schwimmen, sondern meistens mit Hilfe der Arme auf dem Boden kriechen.

Die Klasse der Seeigel (*Echinoidea*) besitzt einen kugeligen Körper, dem die Stacheln auf den Skelettplatten ein wirklich igelartiges Aussehen geben.

Die Klasse der Seewalzen (*Holothuroidea*) hat ein gurken- bis wurmförmiges Aussehen. Die fünfstrahlige Symmetrie des Körpers ist äußerlich meist nur an der Verteilung der Saugfüßchen auf fünf Längsreihen zu erkennen.

## Stamm Chordatiere (*Chordata*)

Die Chordatiere besitzen ein Achsenskelett, das aus einem elastischen Stab (Rückensaite oder Chorda dorsalis) besteht. Das röhrenförmige Zentralnervensystem (Neuralrohr) liegt dorsal, und der Motor des geschlossenen Blutgefäßsystems (Herz) ventral davon. Bei allen ursprünglich im Wasser lebenden Formen ist der Vorderdarm von paarigen Kiemenspalten durchbrochen.

### Aufgaben

Nennen Sie weitere kennzeichnende Merkmale der Chordatiere!

Prüfen Sie, ob alle Ihnen bekannten Chordatiere die von Ihnen genannten Merkmale besitzen!

### Der Körperbau des Lanzettierchens (*Branchiostoma lanceolatum*)

Das etwa 5 cm lange Lanzettierchen hat eine fischähnliche Gestalt und wird deshalb auch Lanzettfischchen genannt (Abb. 23). Es ist aber ebensowenig ein Fisch wie der Wal.

Der Körper ist an beiden Enden leicht zugespitzt. In der Seitenansicht erkennt man einen Flossensaum, der fast den ganzen Körper umgibt (1). An der Bauchseite, zwischen dem Hinterrand der Mundhöhle und der weit dahinterliegenden Ausmündung des Kiementraumes sind statt des Flossensaumes zwei seitliche Falten ausgebildet, die man am besten an Querschnitten erkennt (4 u. 5).

Nahe der Bauchseite sieht man bis zu 26 Paar Geschlechtsorgane durch die Haut schimmern (1). Der After liegt an der linken Körperseite im Bereich der Schwanzflosse und ist deshalb nur in der Seitenansicht zu sehen (1 u. 2).

Der Körper ist deutlich gegliedert. Die bindegewebigen Segmentgrenzen zwischen den Muskeln kann man von außen erkennen (1). Den inneren Körperbau zeigen Längs- und Querschnitte.

Im Längsschnitt (2) erkennen wir drei durch den ganzen Körper ziehende Organe. Unter dem Rücken liegt das Zentralnervensystem (Rückenmark), darunter der elastische Längsstab der Rückensaite (Chorda) und darunter der Darm, der vorn von Kiemenspalten durchbrochen ist.

Im Längsschnitt ist auch das Blutgefäßsystem zu verfolgen (3). Das Lanzettierchen besitzt – wie die Ringelwürmer – ein geschlossenes Blutgefäßsystem. Alle Adern sind untereinander verbunden. Dorsal fließt das Blut nach hinten, ventral nach vorn. Über dem Kiemendarm liegen zwei Längsadern, die sich weiter hinten vereinigen. In der hinteren Körperhälfte gibt das Rückengefäß nach unten sich verzweigende Seitenäste ab, die alle in das Bauchgefäß einmünden. Dieses leitet das Blut in das engmaschige Kapillarennetz der Leber, einem nach vorn gerichteten, rechts neben dem Kiemendarm liegenden Blindschlauch des Mitteldarms. Aus der Leber gelangt das Blut in die Kiemendarmregion. Hier spaltet sich das Bauchgefäß in Äste auf, die zwischen den Kiemenspalten nach oben ziehen. Darin wird das Blut

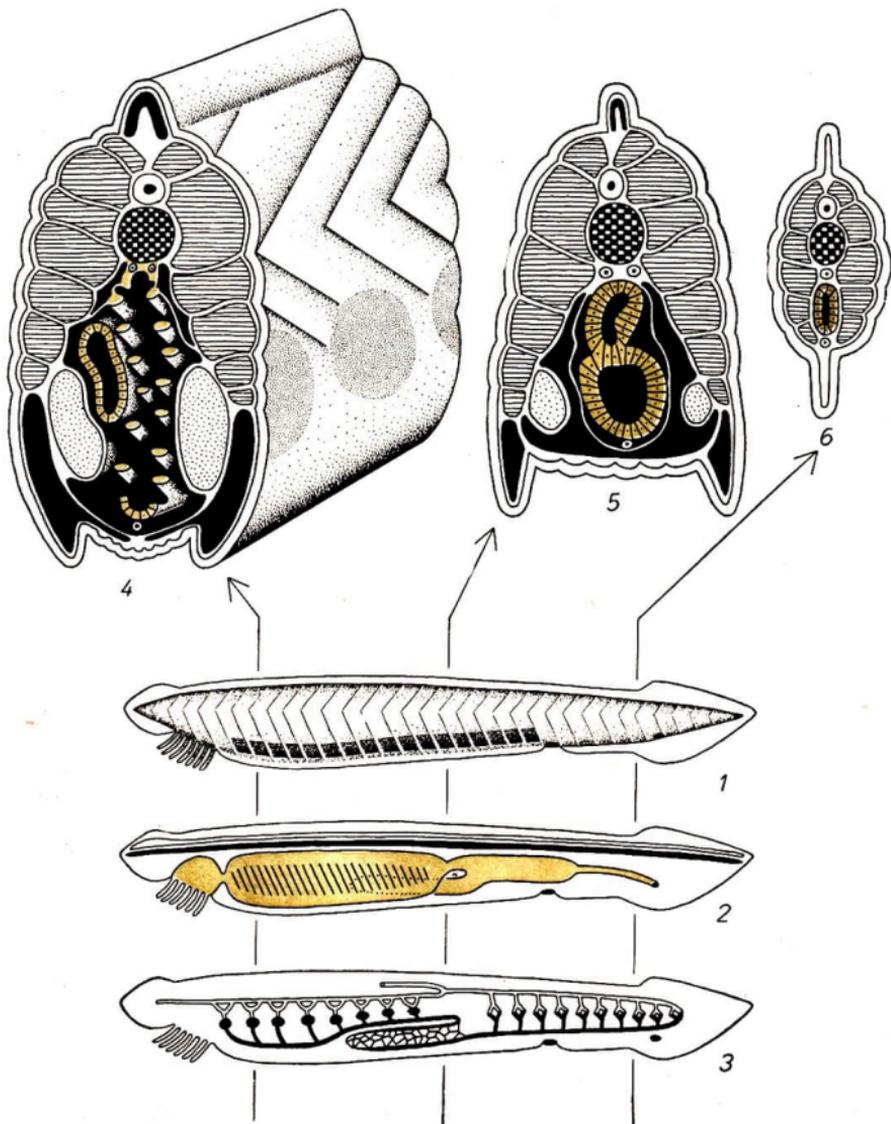


Abb. 23 Körperbau des Lanzettierchens

mit Sauerstoff (Atmung!) angereichert. Muskulöse Anschwellungen (Bulbilli) in diesen Kiemenadern arbeiten wie Herzen und treiben das Blut weiter. Im Rückengefäß beginnt der Kreislauf von neuem.

Der Querschnitt zeigt in den einzelnen Körperregionen ein ganz verschiedenes Aussehen. Im Bereich des Vorderdarms (4) sieht man die Kiemenspalten in der Darmwand und die rechts neben dem Kiemendarm liegende Leber. Der Kiemendarm ist von einem U-förmigen Kiemenraum umgeben, der durch die nicht mit dem After zu verwechselnde Öffnung an der Bauchseite nach außen mündet.

Das Atemwasser gelangt aus der Mundöffnung durch die Kiemenspalten in den Kiemenraum und aus diesem wieder nach außen. Dabei wird zwischen den Kiemenspalten das Blut mit Sauerstoff angereichert. Gleichzeitig wird aber auch die Nahrung aus dem Atemwasser ausgesiebt. Sie gelangt an der Unterseite des Kiemendarms – durch Flimmern vorangetrieben – in den Mitteldarm und wird hier verdaut.

In den Kiemenraum ragen auch die Geschlechtsorgane hinein. Wenn in ihnen die Eier und Samenzellen reif sind, platzen ihre dünnen Wandungen, und die Geschlechtszellen werden mit dem Atemwasser durch den Kiemenraum nach außen befördert.

Außerdem übernimmt der Kiemenraum auch noch den Abtransport der Exkretstoffe, die ähnlich wie bei den Ringelwürmern gebauten Segmentalorgane oder Nieren münden ebenfalls in ihn ein.

Ein Querschnitt durch die Region des Leberansatzes (5) zeigt deutlich, daß die Leber ein blindgeschlossener Fortsatz des Mitteldarmes ist. Ein Querschnitt durch die Schwanzregion schließlich (6) zeigt den typischen Bauplan aller nachfolgend behandelten Tiergruppen.

### Entwicklung des Lanzettierchens

Eier und Samenzellen gelangen aus dem Kiemenraum ins Wasser (Abb. 24, 1). Hier findet die Befruchtung statt, die befruchteten Eier furchen sich (2) und entwickeln sich zur Blastula (3), die sich zur Gastrula einstülpt (4).

Die Gastrula streckt sich stark (5). Dann erfolgt der Verschluß des spaltförmigen Urmundes. Am Vorderende beginnend, wächst die Doppelwand der Gastrula rückwärts, bis vom Urmund nur eine winzige Öffnung am Hinterende erhalten bleibt (6).

Gleichzeitig mit dem Verschluß des Urmundes werden drei den Körper längs durchziehende Organsysteme angelegt. Diese parallel und gleichzeitig nebeneinander herlaufenden Bildungsvorgänge sind hier einzeln dargestellt:

**Bildung des Zentralnervensystems.** Im Bereich des einstigen Urmundes sinkt ein Längsstreifen Ektoderm nach innen ab (7), dessen Ränder nach oben umbiegen (8) und sich in der Mittellinie des Rückens aneinanderfügen, so daß ein hohles Nervenrohr entsteht (9). An der Stelle des früheren Urmundrestes (6) steht das Nervenrohr mit dem Urdarm in offener Verbindung (10).

**Bildung des Coeloms.** Die sekundäre Leibeshöhle wird hier auf andere Weise gebildet als bei Ringelwürmern (Abb. 11). Zunächst wölben sich die Seitenteile des Urdarmdaches (11) faltenartig nach außen vor (12). Dann lösen sie sich ganz vom Urdarm ab und fügen sich auf beiden Seiten zu je einem Rohr zusammen (13). Diese

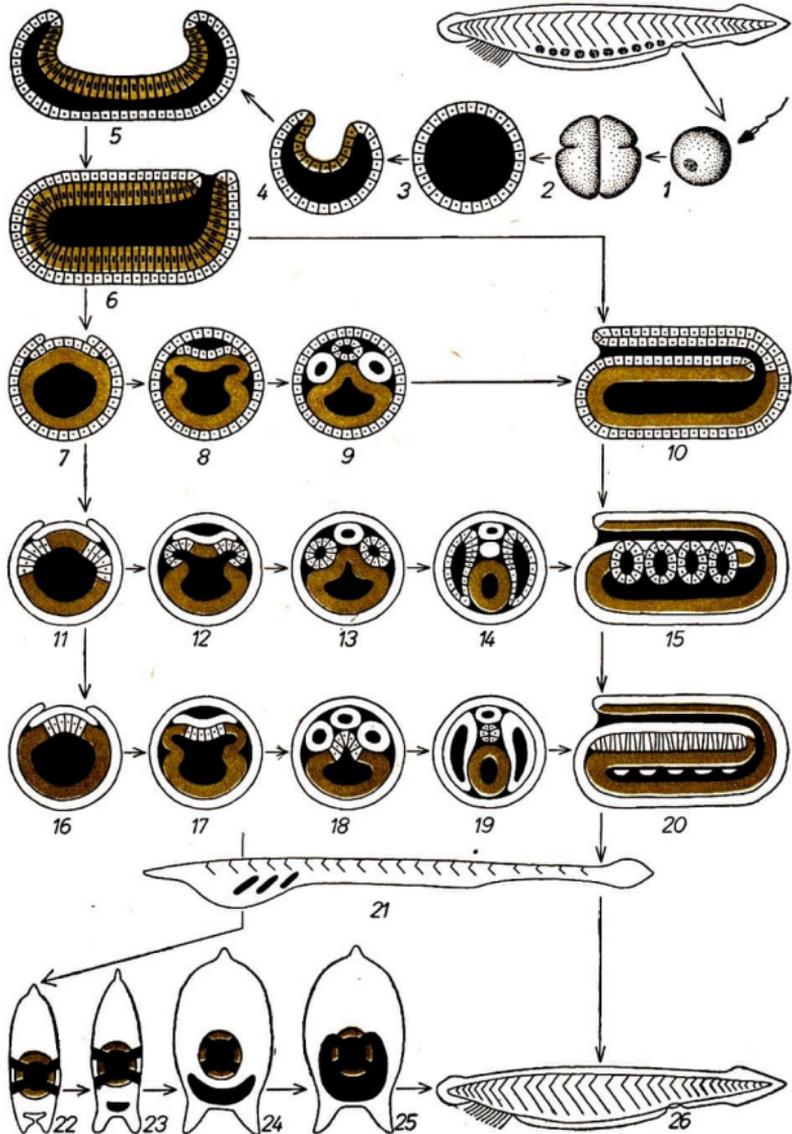


Abb. 24 Entwicklung des Lanzettierchens

Coelomrohre dehnen sich aus und schieben sich zwischen Darm und Körperwand (14), wobei sie gleichzeitig in hintereinanderliegende Kammern zerlegt werden (15).

Bildung der Chorda. Die Rückensaite geht aus dem mittleren Stück Urdarmdach hervor, das zwischen den coelombildenden Teilen liegt (16). Dieses Chordamaterial wird durch die Coelombildung stark rückenwärts gedrückt (17 u. 18) und schiebt sich zwischen Darm und Nervenrohr zu einem massiven Strang zusammen (19 u. 20).

Wenn die Ausbildung aller drei Organe abgeschlossen ist, liegt bereits der Bauplan des Lanzettierchens vor. Seine Entwicklung ist aber damit noch nicht beendet, denn diese im Wasser schwimmende Larve (21) verwandelt sich nun in ein bodenbewohnendes Lanzettierchen (26).

Bei der Larve münden die Kiemenspalten direkt durch die Körperwand nach außen (21). Sie werden in der Metamorphose nach innen verlagert.

Dieser Prozeß beginnt an den Seitenfalten der Bauchseite. Sie entsenden innen je einen wulstartigen Fortsatz (22). Beide Fortsätze verwachsen dann miteinander und schnüren einen Kanal ab (23), der sich immer mehr verbreitert (24), und schließlich fast den ganzen Kiemendarm außen umgreift (25). In dem gleichen Maße, wie sich der Kiemenraum vergrößert, wird das ursprünglich an seiner Stelle befindliche Coelom rückenwärts verdrängt (14 u. Abb. 23).

### Bauchmarktiere und Rückenmarktiere

Querschnitte durch ein Gliedertier und ein Lanzettierchen zeigen, daß in beiden die gleichen Organe enthalten, aber umgekehrt angeordnet sind (Abb. 25).

Beim Gliedertier (1) ist ein Außenskelett vorhanden. Über dem Darm liegt das wichtigste Blutgefäß (Herz), und unter dem Darm das Zentralnervensystem (Bauchmark).

Beim Lanzettierchen (2) liegt die Chorda als Innenskelett über dem Darm. Ebenfalls über dem Darm (und über der Chorda) liegt das Zentralnervensystem (Rückenmark), während unter dem Darm die Hauptader des Blutgefäßsystems verläuft.

Vom Skelett abgesehen sind die Baupläne also einander umgekehrt. Nach der kennzeichnenden Lage des Nervensystems unterscheidet man Bauchmarktiere und Rückenmarktiere. Die Gliedertiere sind die größte Gruppe der Bauchmarktiere, die Chordatiere die wichtigsten Vertreter der Rückenmarktiere.

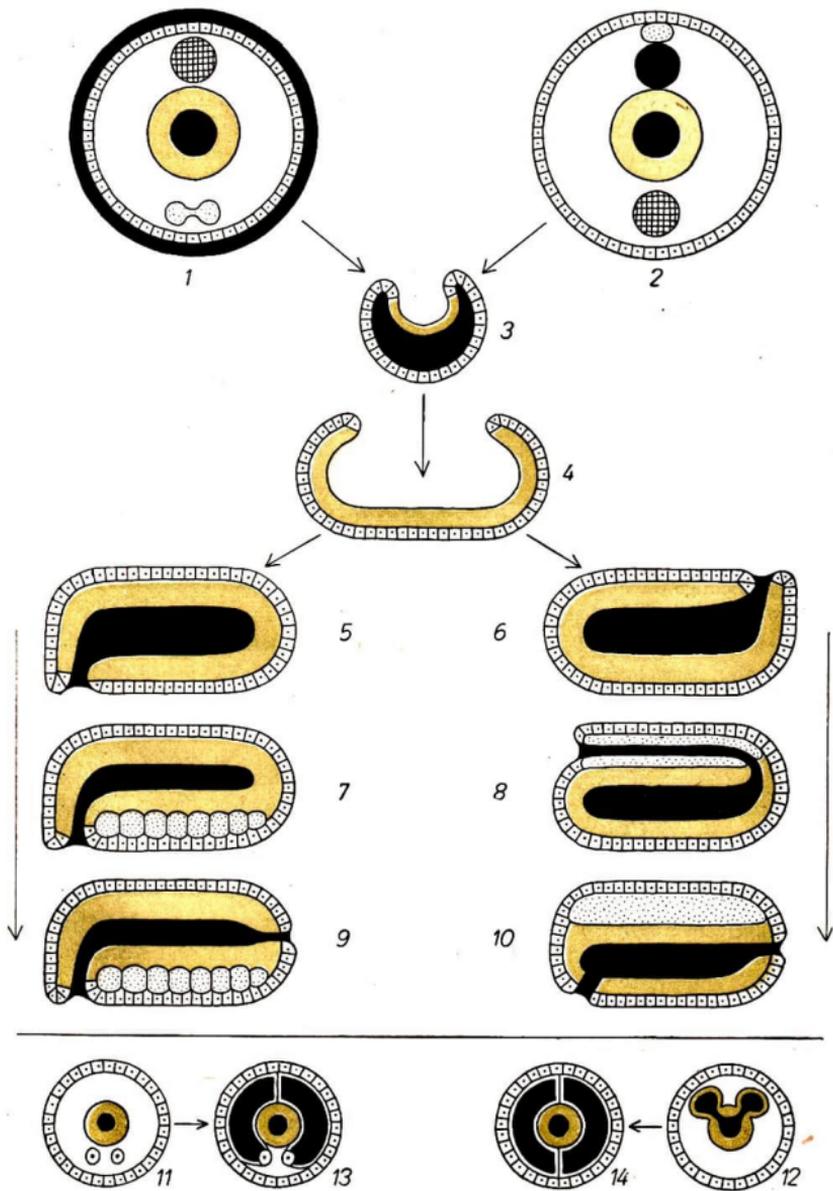
Die entgegengesetzte Anordnung der Organe bei Bauchmarktieren und Rückenmarktieren geht auf eine unterschiedliche Entwicklung zurück.

In beiden Fällen läuft die Entwicklung über eine Gastrula (3), die sich beträchtlich in die Länge streckt (4). Dann aber setzen grundsätzliche Unterschiede in der Entwicklung ein.

In beiden Fällen wird zwar der ausgedehnte Urmund bis auf eine winzige Öffnung verschlossen. Bei den Bauchmarktieren (5) geschieht dies aber von hinten nach vorn,

---

Abb. 25 Bauplan und Entwicklung der Bauchmark- und Rückenmarktiere



während der Verschluss bei Rückenmarktieren (6) stets von vorn nach hinten erfolgt. Der Rest der Urmundöffnung liegt also einmal am zukünftigen Vorderende des Keimes (Bauchmarktiere) und das andere Mal an dessen Hinterende (Rückenmarktiere).

Das Zentralnervensystem entwickelt sich in beiden Fällen aus dem Ektoderm. Bei Bauchmarktieren (7) entsteht es als massiver, segmental gegliederter Strang, bei Rückenmarktieren (8) dagegen als hohles Nervenrohr, das mit dem Urdarm in offener Verbindung steht.

Auf verschiedene Weise entstehen auch Mund und After. Bei den Bauchmarktieren (9) wird der Urmundrest zur bleibenden Mundöffnung; neugebildet wird der After. Bei Rückenmarktieren hingegen (10) wird der Mund neugebildet; strenggenommen auch der After. Die Afterbildung erfolgt aber an der Stelle, wo bislang Darm und Nervenrohr ineinander übergingen, dort lag ursprünglich der Rest des Urmundes (6 u. 8).

Weil diese beiden Entwicklungsweisen für das gesamte Tierreich allgemeine Bedeutung haben, werden die mehrzelligen Tiere auch in „Urmünder“ und „Neumünder“ unterteilt (Farbtafel 4).

Allerdings ist dabei zu bemerken, daß das Schicksal des Urmundes nicht immer mühelos zu verfolgen ist, weil komplizierte Einzelvorgänge der Entwicklung das Gesamtbild verwischen. So sind die Gliederfüßer ganz echte Urmünder, obwohl bei vielen von ihnen gar keine richtige Gastrula auftritt und der Mund erst sehr spät während der Embryonalentwicklung plötzlich gebildet wird.

Im wesentlichen sind alle Bauchmarktiere Urmünder, und alle Rückenmarktiere Neumünder. Ausnahmen bilden einige kleinere Tierstämme, von denen die Stachelhäuter am bekanntesten sind. Diese Ausnahmen besitzen durchweg nur drei hintereinanderliegende Coelomabschnitte des Körpers und werden deshalb als „Urcoelomaten“ zusammengefaßt.

Bauchmarktiere bilden ihr Coelom aus Urmesodermzellen (11), Rückenmarktiere aus Abschnürungen des Urdarmes (12). Am fertigen Coelom ist dieser Unterschied nicht mehr zu erkennen (13 u. 14).

Nur die Bärtierchen, die zu den Gliedertieren gehören, sind typische Bauchmarktiere und typische Urmünder, die ihr Coelom durch Abschnürungen vom Urdarm bilden.

Im allgemeinen sind also Bauchmarktiere Urmünder, deren Coelom aus Urmesodermzellen entsteht, während die Rückenmarktiere Neumünder sind, deren Coelom durch Abschnürungen vom Urdarm gebildet wird.

### Gehirnentwicklung der Chordatiere

Beim Lanzettierchen endet das Rückenmarkrohr vorn in einem erweiterten Bläschen. Alle übrigen Chordatiere weisen diesen Zustand als vorübergehendes Entwicklungsstadium ebenfalls auf. Während der Embryonalentwicklung entsteht daraus dann das Gehirn, wobei eine zunehmende Untergliederung und Kammerung dieser ersten Hirnanlage zu beobachten ist.

Im ersten Entwicklungsstadium kann man wie beim Lanzettierchen zwei hintereinanderliegende Abschnitte unterscheiden, die ihrer Lage entsprechend als Vorderhirn und Hinterhirn bezeichnet werden (Abb. 26, 1).

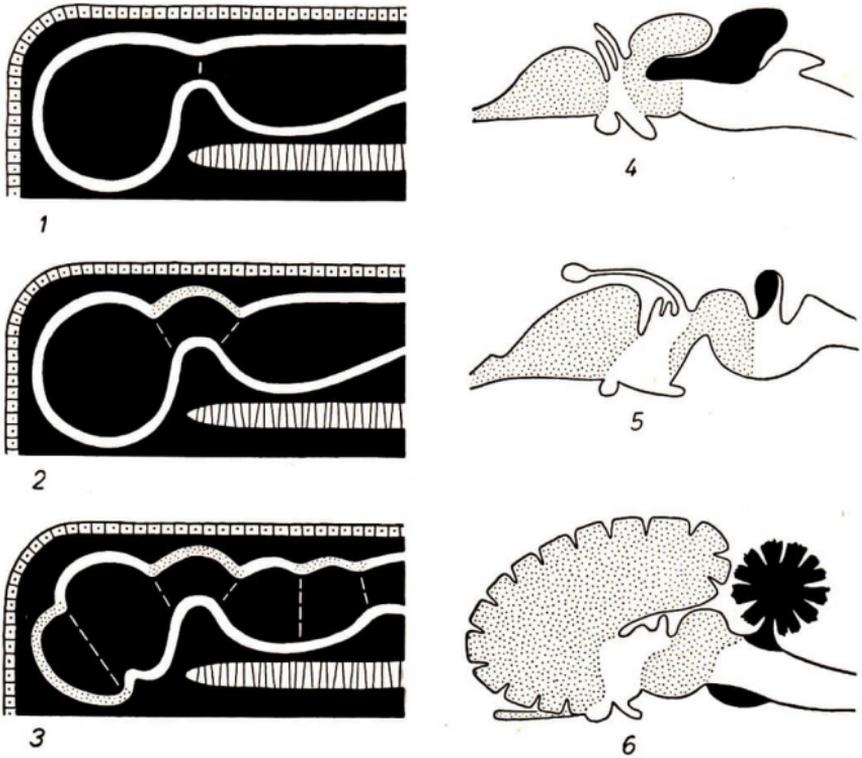
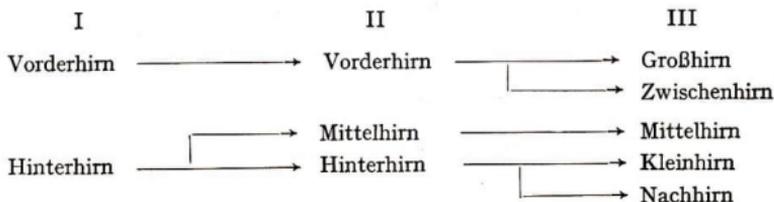


Abb. 26 Gehirnentwicklung der Chordatiere

In der weiteren Entwicklung wölbt sich zunächst die Decke der Hirnanlage zwischen diesen beiden ursprünglichen Abschnitten stark auf. Dadurch entsteht eine dritte Kammer, das Mittelhirn (2). Das Mittelhirn stellt bereits einen bleibenden Hirnabschnitt dar.

Am Vorderhirn und Hinterhirn dagegen finden weitere Untergliederungen statt (3). Das Vorderhirn wird dabei in die Abschnitte Großhirn und Zwischenhirn unterteilt, während aus dem Hinterhirn das Kleinhirn und Nachhirn (verlängertes Mark) hervorgehen.

Die nachfolgende Übersicht veranschaulicht diese Entwicklung noch einmal:



Diese zunehmende Gliederung des Gehirns steht mit einer immer stärkeren Differenzierung und Aufteilung der Aufgaben der einzelnen Hirnabschnitte in engem Zusammenhang.

Das dreiteilige Gehirn des zweiten Entwicklungsschritts dient der Versorgung der wichtigsten Sinnesorgane des Kopfes: Nase (Vorderhirn), Augen (Mittelhirn) und Ohren (Hinterhirn). Im fünfteiligen Gehirn sind die Aufgaben viel stärker verteilt:

**Großhirn.** Dieser Hirnabschnitt dient ursprünglich (bei den Fischen) nur als Riechhirn. Von den Lurchen an tritt diese Aufgabe immer mehr zurück gegenüber den „höheren geistigen Fähigkeiten“. Je stärker solche Assoziationszentren ausgebildet werden, um so gewaltiger entfaltet sich auch dieser Hirnteil. Bei den Säugetieren schließlich ist das Großhirn sogar in zwei Hälften (Hemisphären) geteilt, und seine Oberfläche erscheint durch zahlreiche Windungen enorm vergrößert.

**Zwischenhirn und Mittelhirn.** Diese beiden Hirnabschnitte zusammen steuern die Augenbewegung, halten den Körper im Gleichgewicht und stellen ursprünglich auch das Zentrum des Sehvermögens dar. Bei den höheren Landwirbeltieren aber (Kriechtiere, Vögel und Säugetiere) werden die von den Augen aufgenommenen optischen Reize überwiegend im Großhirn verarbeitet.

Eine ganze Reihe von Sonderfunktionen übt das Zwischenhirn aus. Es steuert und regelt zahlreiche Lebensvorgänge, wie etwa den Blutdruck, den Wasserhaushalt des Körpers, die Körperwärme, den allgemeinen Stoffwechsel und den Rhythmus von Wachsein und Schlafen. Außerdem werden von ihm aus fast alle Instinkthandlungen gesteuert. Schließlich dienen Teile des Zwischenhirns als innersekretorische Drüsen oder zumindest als drüsenähnliche Organe (Hypophyse, Parietalaug, Zirbeldrüse).

**Kleinhirn.** Von hier aus werden die Muskelbewegungen des Körpers gesteuert und koordiniert. Außerdem werden von ihm alle akustischen Reize verarbeitet und der Körper im Gleichgewicht gehalten.

**Nachhirn.** Dieser letzte Hirnabschnitt ist der Sitz der Zentren zur Steuerung der Atmung und des Kreislaufs. Außerdem werden hier die Geschmacksreize verarbeitet.

Bei den einzelnen Gruppen der Wirbeltiere können einzelne Aufgaben von einem Hirnabschnitt auf den anderen verlagert werden, wie das bereits am Beispiel des Sehens skizziert wurde. Zum anderen ist auch in deutlicher Abhängigkeit von der jeweils überwiegender Lebensweise bei den einzelnen Gruppen der Wirbeltiere bald

der eine und bald der andere Hirnabschnitt stärker entfaltet oder – umgekehrt – mehr zurückgetreten.

Fünf Hirnabschnitte sind bei allen Wirbeltieren ausgebildet. Allerdings erfahren die einzelnen Gehirnteile eine ganz unterschiedliche Entfaltung. Das beweist schon ein Vergleich der Gehirne eines Fisches (4), eines Kriechtieres (5) und eines Säugtieres (6). (In diesen Figuren sind das Großhirn und Mittelhirn überall punktiert und das Kleinhirn schwarz gezeichnet.)

Unterschiede zwischen den einzelnen Wirbeltiergruppen bestehen auch darin, daß am Gehirn eine verschieden große Anzahl von Nerven entspringt. Bei den Neunaugen sind nur acht Paar Hirnnerven ausgebildet. Am Gehirn der Lurche entspringen bereits zehn Paar, und an dem der Kriechtiere, Vögel und Säugetiere schließlich zwölf Paare Hirnnerven.

### Schutz des Gehirns durch Schädelbildungen

Mit der Ausbildung eines Gehirns (Abb. 26) entwickeln die Chordatiere gleichzeitig auch eine schützende Kapsel (Schädel) für diesen empfindlichen Teil des Zentralnervensystems (Abb. 27).

Den einfachsten Schädel besitzen die fischähnlichen Rundmäuler (*Cyclostomata*). An ihrem Vorderende erkennt man eine unpaarige Nasenöffnung, dahinter die großen Augen und dahinter jederseits sieben lochförmige Kiemenspalten (1). Alle Öffnungen zusammen haben diesen Tieren den Namen Neunaugen gegeben.

Beim erwachsenen Neunauge ist das Gehirn in einer oben offenen Kapsel geborgen (2 u. 5). Die Entstehungsweise dieses Schädels kann man während der Jugendentwicklung verfolgen.

Bei der Neunaugenlarve werden nur zwei Paar Spangen am Vorderende der Rückensaite angelegt, von denen das hinterste Paar jederseits genau neben dem Chordavorderende liegt. Außerdem sind zwei Ohrkapseln und eine Nasenkapsel ausgebildet (3). Das ist der einfachste Schädelbau, der bei Chordatieren anzutreffen ist. Die ganze Anlage stützt das Gehirn von unten her.

Beim erwachsenen Neunauge ist dieser Schädel weiter ausgewachsen und vergrößert. Die Spangen und Kapseln sind miteinander verwachsen (4), so daß das Gehirn jetzt auch seitlich mehr eingeschlossen ist. Neu hinzugekommen sind Skelettstücke, die die Augen schützen. Zum Rücken hin ist die Schädelkapsel aber noch offen (5). Bei den Haien und Rochen ist der Schädel auch dorsal stärker geschlossen als bei den Neunaugen (6). Außerdem haben diese Fische neben der Schädelkapsel noch einen davon unabhängigen Stützapparat für die Mundöffnung (Kieferapparat) ausgebildet.

Auch bei den erwachsenen Neunaugen sind stützende Platten und Spangen ausgebildet, die der Mundöffnung Halt geben (2); der größte Teil des Schädels selbst dient sogar dieser Aufgabe (4 u. 5). Diese Spangen tragen jedoch niemals Zähne und dienen nicht als Kiefer. Sie stellen ebenso Sonderbildungen der Rundmäuler dar, wie die Skeletteile, die den Kiemendarm stützen (2).

Bei den Haien und Rochen begegnet uns erstmalig ein Schädel, der sich aus den beiden (hier noch unabhängigen und nur durch Sehnen verbundenen) Teilen Hirn-

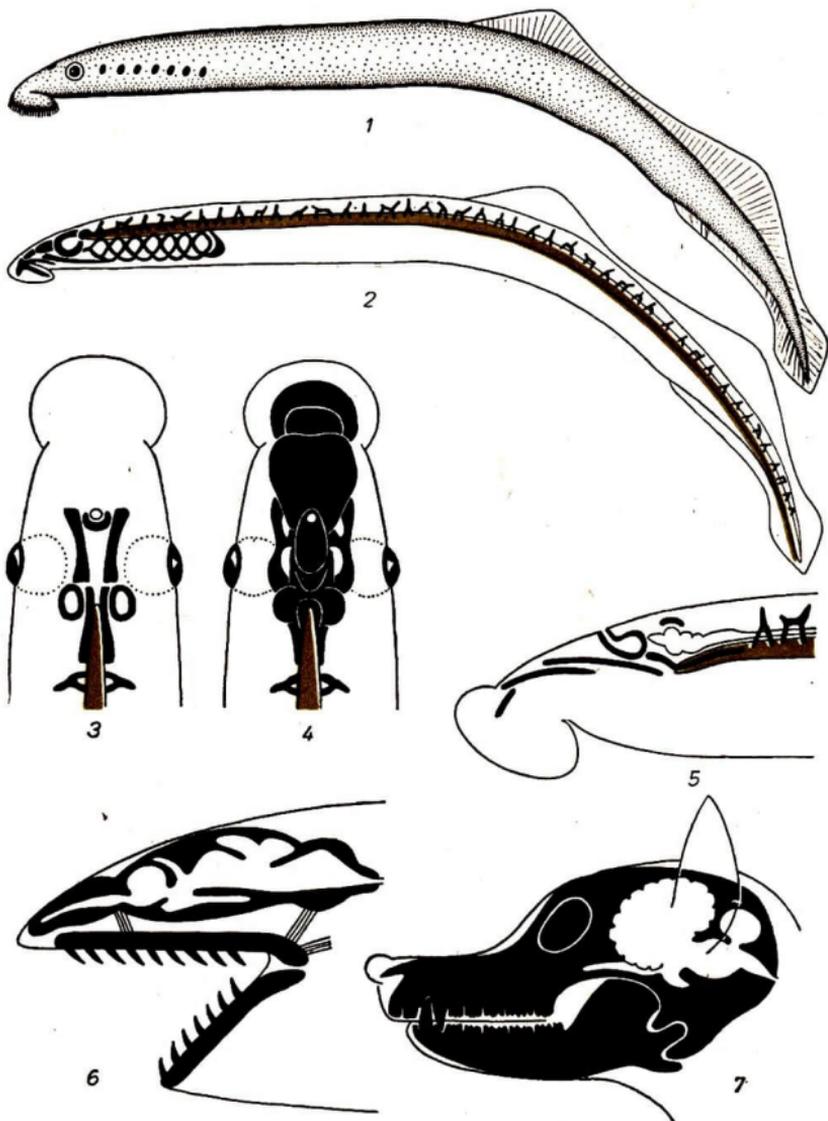


Abb. 27 Schädelbildung der Chordatiere

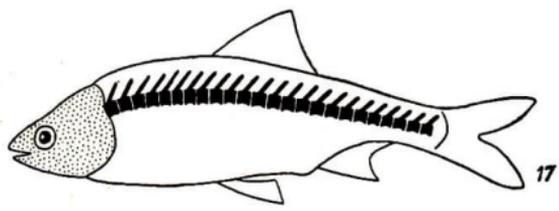
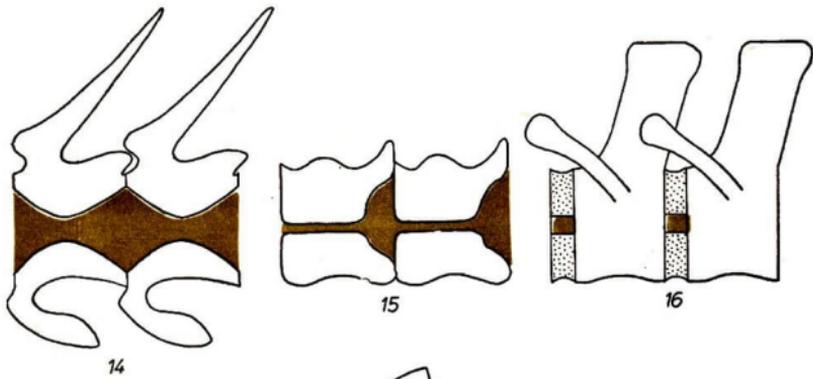
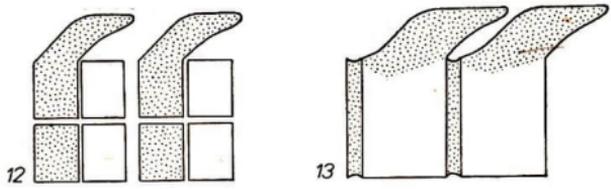
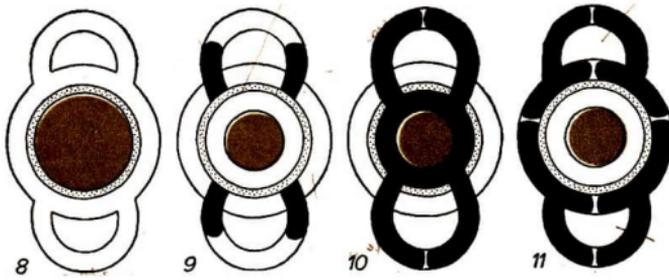


Abb. 28 Wirbelbildung und Wirbelsäule

schädel (Schädelkapsel) und Gesichtsschädel (Kieferapparat aus Ober- und Unterkiefer) zusammensetzt.

Weil die Rundmäuler nur den einen Teil dieses vollständigen Schädels (den Hirnschädel) entwickelt haben, werden sie Halbschädler genannt. Weil ihnen der Kieferapparat noch fehlt, heißen sie außerdem Kieferlose. Die übrigen Wirbeltiere, die beide Schädelteile ausbilden, werden den Rundmäulern als Schädeltiere oder Kiefermäuler gegenübergestellt.

Die Schädel aller anderen Wirbeltiere sind aus dem Bauplanschema der Haie und Rochen herzuleiten. Dabei wird der Hirnschädel immer stärker allseitig geschlossen und der Gesichtsschädel immer inniger mit dem Hirnschädel verbunden. So entsteht schließlich eine gänzlich geschlossene Schädelkapsel, mit der der Oberkiefer fest verschmolzen ist, während der Unterkiefer frei bewegbar bleibt (7).

Bei den Neunaugen, Haien und Rochen besteht der Schädel zeitlebens aus Knorpel. Bei allen übrigen Wirbeltieren dagegen verknöchert dieser Knorpel später, außerdem werden zusätzliche Knochenplatten aufgelagert, die in der Haut gebildet werden.

### Aufgaben und Fragen

1. Vergleichen Sie die Schädel Ihnen bekannter Wirbeltiere und stellen Sie die Unterschiede in einfachen Skizzen dar!
2. Welche Spezialisierungen können Sie am Kieferapparat der einzelnen Wirbeltierklassen beobachten?

### Entwicklung des Achsenskeletts und Wirbelbildung

Bei den Rundmäulern treten zum ersten Male Skelettspangen an der Rückenseite auf. Daraus entwickelt sich bei den übrigen Wirbeltieren die Wirbelsäule. Für die Bildung der Wirbelkörper sind vor allem die die Chorda umgebenden Hüllen von Bedeutung.

Das Lanzettierchen besitzt noch keine Wirbel. Seine Rückenseite ist von einer doppelten Hülle umgeben (Abb. 28, 8). Die innere, zartere Hülle (punktirt gezeichnet) wird von den Chordazellen abgeschieden (entodermal). Die äußere, kräftigere Hülle, die auch das Rückenmark und das unter der Chorda verlaufende Blutgefäß umgibt, besteht aus Bindegewebe (mesodermal).

Bei den übrigen Wirbeltieren kommt noch eine dritte Hülle hinzu, die ebenfalls von den Chordazellen innerhalb der ursprünglichen Hülle abgesondert wird (9 bis 11).

Die Bildung von Skelettstücken beginnt stets in der äußeren, mesodermal-bindegebewigen Lage der dreischichtigen Chordascheide.

Bei den Rundmäulern werden hier kurze Skelettspangen angelegt (schwarz gezeichnet), die der entodermalen Chordascheide außen aufsitzen, und sowohl das Neuralrohr wie das unter der Rückenseite liegende Blutgefäß seitlich etwas umgreifen (9).

Bei den Haien und Rochen schließen sich diese Spangen zu zwei Bögen zusammen (Nerven- oder Neuralbogen und Gefäß- oder Hämalbogen). In diese Skelettbildung ist die innere entodermale Chordascheide selbst mit einbezogen (10).

An der Wirbelbildung aller übrigen Wirbeltiere dagegen ist immer nur die mesodermale Chordascheide beteiligt (11). Außerdem verknöchern hier die Wirbel vollständig, während sie bei Neunaugen, Haien und Rochen zeitlebens knorpelig bleiben.

Da sich die Wirbel aus paarigen Spangen über und unter der Chorda entwickelt haben, besteht jeder Wirbel aus vier Halbbögen (9 u. 11). Außerdem werden ursprünglich in jedem Segment zwei Wirbel ausgebildet, so daß die Chorda in jedem Segment von insgesamt acht Skelettelementen umgeben ist (11 u. 12).

Schon bei den Rundmäulern werden in jedem Muskelsegment zwei Paar Skelettspangen ausgebildet. Daraus gehen bei Haien und Rochen je zwei Wirbel je Segment hervor (12). Bei den Fischen und Lurchen sind diese beiden Wirbel zu einem einheitlichen Wirbelkörper verschmolzen. Bei Kriechtieren, Vögeln und Säugetieren ist der jeweils vordere Wirbel (punktiert gezeichnet) stark rückgebildet und sein Körper zur Zwischenwirbelscheibe umgestaltet (13).

Durch die fortschreitende Verknöcherung der Wirbelkörper wird die Chorda immer stärker eingengt und tritt demzufolge immer mehr zurück.

Beim Lanzettierchen und bei den Rundmäulern durchzieht die Chorda zeitlebens den ganzen Körper (Abb. 23, 2 u. Abb. 27, 2) und bleibt im ursprünglichen Umfange erhalten (Abb. 28, 8). Bei Haien und Rochen wird die Chorda nur durch die Verknorpelung der innersten Chordascheide etwas stärker eingengt (10). Die Fische besitzen bereits eine rosenkranzförmige Chorda, weil die stark verdickten Wirbelkörper die Rückensaite segmental einschnüren (14). Noch stärker eingeschnürt ist die Chorda bei den Lurchen und Kriechtieren, deren Wirbel lediglich von einem feinen Kanal durchzogen werden und nur vorn oder nur hinten eine Höhlung besitzen (15).

Fast gänzlich verdrängt ist die Chorda bei den Säugetieren. Von ihr bleibt hier nur je ein winziger Rest als Kern der (punktiert gezeichneten) Zwischenwirbelscheiben erhalten (16).

An der Wirbelsäule setzen kräftige Muskeln an. Deshalb ist die Oberfläche der Wirbelkörper vielfach vergrößert. Insbesondere dienen mächtige Rücken- oder Dornfortsätze dieser Muskelanheftung. Die knöchernen Wirbel des Rumpfes sind fast immer mit solchen Dornfortsätzen ausgestattet (12 bis 16).

Am Vorderende ist die Wirbelsäule mit dem Schädel fest verbunden (17). Eine besondere Ausgestaltung der beiden vordersten Halswirbel ermöglicht den Landwirbeltieren die Bewegung und Drehung des Kopfes (s. auch S. 143).

### Aufgaben

1. Beschreiben Sie den Bau der Wirbelsäule verschiedener Wirbeltiere! Achten Sie dabei insbesondere auf die Form der Wirbel in den einzelnen Körperabschnitten!
2. Betrachten Sie die Verbindungen der Gliedmaßen mit der Wirbelsäule bei verschiedenen Wirbeltierskeletten! Setzen Sie dazu die Art der Fortbewegung dieser Tiere in Beziehung!

## Rippen, Schulter- und Beckengürtel

Eine Weiterentwicklung des bisher behandelten Wirbeltier-Skeletts weisen die Fische auf. Sie haben Rippen (Gräten) und paarige Gliedmaßen (Brust- und Bauchflossen).

Die Rippen gehören zum zentralen Stützskelett. Sie gewähren vor allem den inneren Organen Schutz, außerdem setzen daran zahlreiche Rumpfmuskeln an, die verschiedenen Aufgaben dienen (Bewegung, Atmung usw.).

Die ursprünglichste Rippenanordnung zeigen die sehr urtümlichen Quastenflosser, eine Fischgruppe, aus der im Erdaltertum die vierfüßigen Wirbeltiere entstanden sind. Bei diesen Fischen trägt jeder Wirbel zwei Paar Rippen (Abb. 29, 1). Die äußeren Rippen sind sehr kurz und enden zwischen der Rumpfmuskulatur; die inneren, längeren Rippen umgreifen seitlich die Eingeweide.

Bei allen übrigen Wirbeltieren setzt an jedem Wirbel nur ein Paar Rippen an.

Die Haie und Rochen haben nur die äußeren Rippen ausgebildet (3). Alle anderen Fische (Knochenfische) besitzen nur innere Rippen (2).

Bei den übrigen Wirbeltieren sind (wie bei den Haien und Rochen) die äußeren Rippen entwickelt. Sie setzen mit einer Gabel an einem Doppelgelenk der Wirbelkörper an (4). Der innere (untere) Ast dieser Gabel ist ein erhalten gebliebener Rest der rückgebildeten inneren Rippen.

Die Rippen sind überall mit seitlich abstehenden Querfortsätzen der Wirbel gelenkig verbunden.

Bei den Fischen ragen die freien Enden der Rippen in den Körper hinein oder zwischen die Muskulatur (1 bis 3). Bei den Vierfüßern dagegen sind die freien Rippenenden an einem Brustbein angewachsen (4).

Wirbelsäule, Rippen und Brustbein bilden zusammen den Brustkorb. Bei den meisten Vögeln ist das Brustbein mit einer hohen, dachartigen Knochenkante versehen, die als Ansatz für die Flugmuskulatur dient.

Die meisten Wirbeltiere besitzen paarige Gliedmaßen. Nach ihrer Lage unterscheiden wir vordere und hintere Extremitäten. Skeletteile, die die Verbindung zwischen den Gliedmaßen und dem Achsen skelett herstellen, bilden einen Schultergürtel und einen Beckengürtel.

Bei den Fischen ist der Schultergürtel der Brustflossen fest mit dem Kopfskelett verbunden (5). Er dient gleichzeitig dazu, die Kiemenhöhle nach hinten abzuschließen. Bei den vierfüßigen Wirbeltieren ist diese feste Verbindung aufgehoben. Der ursprünglich dreiteilige Schultergürtel ist statt mit dem Schädel mit der Wirbelsäule, und zwar immer nur lose durch Muskeln verbunden (6).

Am Beckengürtel ist eine entgegengesetzte Entwicklung zu beobachten. Das Becken der Fische ist eine einfache Knochenspanne, die lose in der Körpermuskulatur liegt (5). Bei den vierfüßigen Wirbeltieren entwickelt sich daraus ein dreitelliges Becken, das bei den Lurchen nur durch Muskeln und Bänder mit der Wirbelsäule verbunden ist. Bei Kriechtieren, Vögeln und Säugetieren aber verwächst dieses

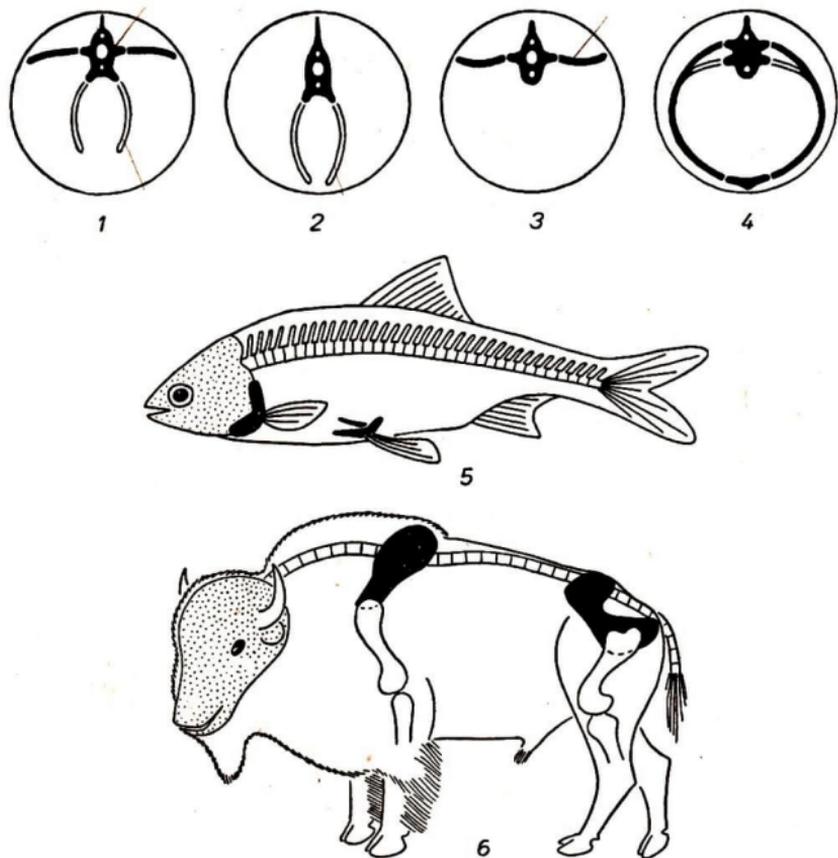


Abb. 29 Rippen, Schulter- und Beckengürtel

Becken mit der Wirbelsäule vollständig und bildet so das Kreuzbein (6). An dieser Verwachsung sind 2 bis 23 Wirbel beteiligt.

#### Aufgaben und Fragen

1. Erklären Sie, weshalb wenig fliegende oder nur laufende Vögel ein schwächeres Brustbein als gute Flieger besitzen!
2. Vergleichen Sie die Gliedmaßenkelette der einzelnen Wirbeltiergruppen miteinander! Fertigen Sie Übersichtsbilder an!

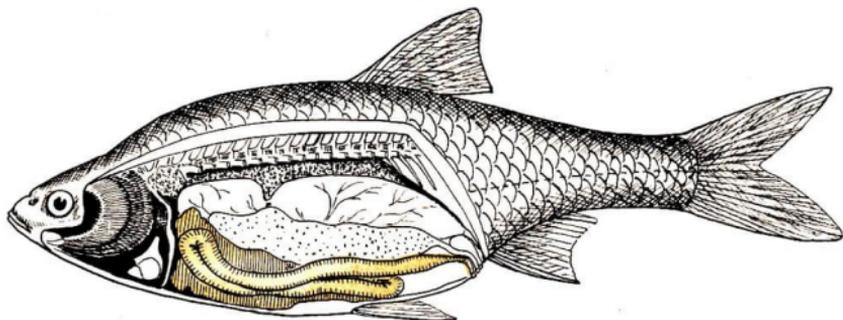


Abb. 30 Innere Organe eines Fisches (Plötze)

3. Sezieren Sie einen Fisch! Beschreiben Sie den Aufbau des Skeletts und die Lage der wichtigsten inneren Organe! Benutzen Sie dazu die Arbeitsanleitung auf S. 130 u. Abb. 30!

### Die Einteilung der Chordatiere

Die etwa 62000 Arten der Chordatiere werden nach dem Entwicklungsgrad ihres Achsenskeletts und nach der Ausbildung des Schädels und Kieferapparates in drei Unterstämme eingeteilt.

Im Unterstamm der **Manteltiere** (*Tunicata*) besitzen nur wenige Arten zeitlebens eine Chorda. Meist wird dieses Organ nur bei der Larve angelegt und später wieder rückgebildet. Ihren Namen verdanken diese Tiere einer zellulosehaltigen Hautabsonderung, die den Körper als dicker Mantel umgibt. Manteltiere sind meist Zwitter. Ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospung und Koloniebildung ist häufig. Alle Manteltiere leben im Meer und ernähren sich von Kleinorganismen, die herbeigestrudelt werden. Es werden vier Klassen unterschieden, von denen die fest-sitzenden Seescheiden (*Asciadiacea*) und die in der Hochsee schwimmenden Salpen (*Thaliacea*) am bekanntesten sind. An den Salpen hat der berühmte Dichter und Naturforscher ADALBERT v. CHAMISSO während einer Weltreise mit dem russischen Forschungsschiff „Rurik“ 1819 den Generationswechsel bei Tieren entdeckt.

Der Unterstamm der **Schädellosen** (*Acrania*) besitzt zeitlebens eine Chorda, aber noch keine Wirbelbildungen und keinen Schädel. Hierher gehört das Lanzettierchen (*Branchiostoma lanceolatum*), auch *Amphioxus* genannt, das in Küstennähe bis etwa 60 m Wassertiefe im Sande gräbt und sich von herbeigestrudelten Einzellern ernährt.

Der Unterstamm der **Wirbeltiere** (*Vertebrata*) ist durch Wirbelbildungen im Bereich der Chorda und durch eine sich immer stärker allseitig schließende Schädelkapsel gekennzeichnet. Außerdem besitzen die meisten Arten einen knöchernen, Zähne tragenden Kieferapparat, der mit dem Hirnschädel eine immer engere Verbindung eingeht. Dieser Unterstamm wird heute in sieben Klassen unterteilt, zu denen alle allgemein bekannten Wirbeltiere zählen.

Die Klasse der Rundmäuler oder Kieferlosen (*Cyclostomata* oder *Agnatha*) umfaßt die Neunaugen oder Lampreten (*Petromyzonidae*) und die nur im Meer leben-

den Inger (*Myxinidae*). Die als „Querder“ bekannte Larve der Fluß- oder Bachneunaugen (*Petromyzon fluviatilis*) wurde in dem Berliner Fließchen Panke entdeckt.

Die Klasse der Knorpelfische (*Chondrichthyes*) besitzt zeitlebens nur ein knorpeliges Skelett. Hierher gehören vor allem die bekannten Formen der Haie und Rochen (*Elasmobranchii*).

Die Klasse der Knochenfische (*Osteichthyes*) besitzt ein ursprünglich knöchernes Skelett, das aber bei manchen Arten nachträglich wieder knorpelig werden kann (z. B. Störe – *Acipenseroidei*). Hierher gehört die Masse der bekannten Fische.

Früher gab es nur eine Klasse Fische (*Pisces*). Zuerst hat man daraus die Rundmäuler abgetrennt, dann die Haie und Rochen, weil sich herausgestellt hat, daß auch diese Tiere einen besonderen Zweig der Stammesgeschichtlichen Entwicklung verkörpern. So ist also der Begriff „Fische“ im Laufe der Zeit ebenso aufgelöst worden, wie die alte zusammenfassende Bezeichnung „Würmer“. Fisch und Wurm sind lediglich Gestalttypen, die in Abhängigkeit von einer bestimmten Funktion (Kriechen und Schwimmen) während der Stammesgeschichte mehrmals entstanden sind.

Die übrigen Klassen der Wirbeltiere sind die Lurche (*Amphibia*), Kriechtiere (*Reptilia*), Vögel (*Aves*) und Säugetiere (*Mammalia*).

### Blutgefäßsystem der Wirbeltiere

Alle Wirbeltiere besitzen einen geschlossenen Blutkreislauf. Im Gegensatz zum Lanzettierchen (Abb. 23, 3) haben sie stets ein Herz ausgebildet. Deshalb unterscheidet man bei ihnen auch zum Herzen hinführende Blutgefäße (Venen) und vom Herzen kommende Blutgefäße (Arterien).

Neben anderen Aufgaben hat das Blut auch den An- und Abtransport der Atemgase (Sauerstoff und Kohlendioxid) zu übernehmen. Das erfolgt mit Hilfe des Blutfarbstoffs, an den der Sauerstoff während des Transports chemisch gebunden ist. Solche Blutfarbstoffe kommen auch bei Wirbellosen vor; sie geben dem Blut die unter Umständen sehr kennzeichnende Färbung.

Nach dem Sauerstoffgehalt unterscheidet man arterielles und venöses Blut. Das arterielle Blut ist sauerstoffreich, das venöse sauerstoffarm (kohlendioxidreich). Weil aber die ähnlichen Bezeichnungen bei den Adern von ihrer Lage und beim Blut von seiner Funktion hergeleitet sind, können Arterien auch venöses Blut (Kiemerarterien der Fische) und umgekehrt Venen arterielles Blut führen (Lungenvenen der Landwirbeltiere).

Das einfachste Blutgefäßsystem unter den Wirbeltieren besitzen die Fische (Abb. 31, 1). Ihr Herz liegt unter und hinter dem Kiemendarm. Es besteht aus vier Abschnitten:

- einem Venensammelraum,
- einer schwach muskulösen Vorkammer,
- einer stark muskulösen Herzkammer, die das Blut weiterpumpt, und
- einem Herzrohr, das innen mit Ventilkappen ausgestattet ist, die ein Zurückfließen des Blutes verhindern.

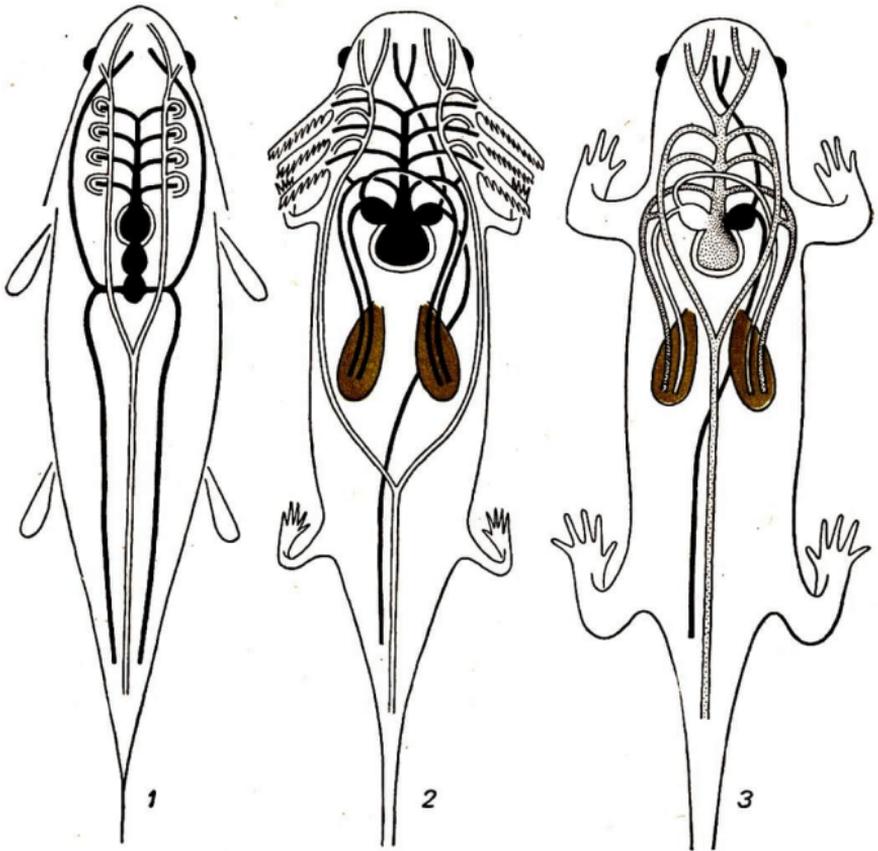


Abb. 31 Kreislauf der Fische, Amphibienlarven und Schwanzlurche in Rückenansicht

Im Venensammelraum sammelt sich das aus dem Körper kommende, verbrauchte Blut. Es wird von der Herzkammer in die Kiemenarterie gepumpt, die sich zwischen den Kiemen in vier bis fünf paarige Äste gabelt. Darin reichert sich das Blut mit Sauerstoff an. Nun wird es durch Kiemenvenen in ein paariges Blutgefäß über dem Darm (Aortenwurzeln) geleitet, dessen beide Äste sich weiter hinten zur Aorta vereinigen. Nach vorn geben die Aortenwurzeln je zwei Kopfarterien ab, während die Aorta selbst alle inneren Organe versorgt.

Die Venen, die das Blut zum Herzen zurückbefördern, sind ganz ähnlich angeordnet wie die Arterien.

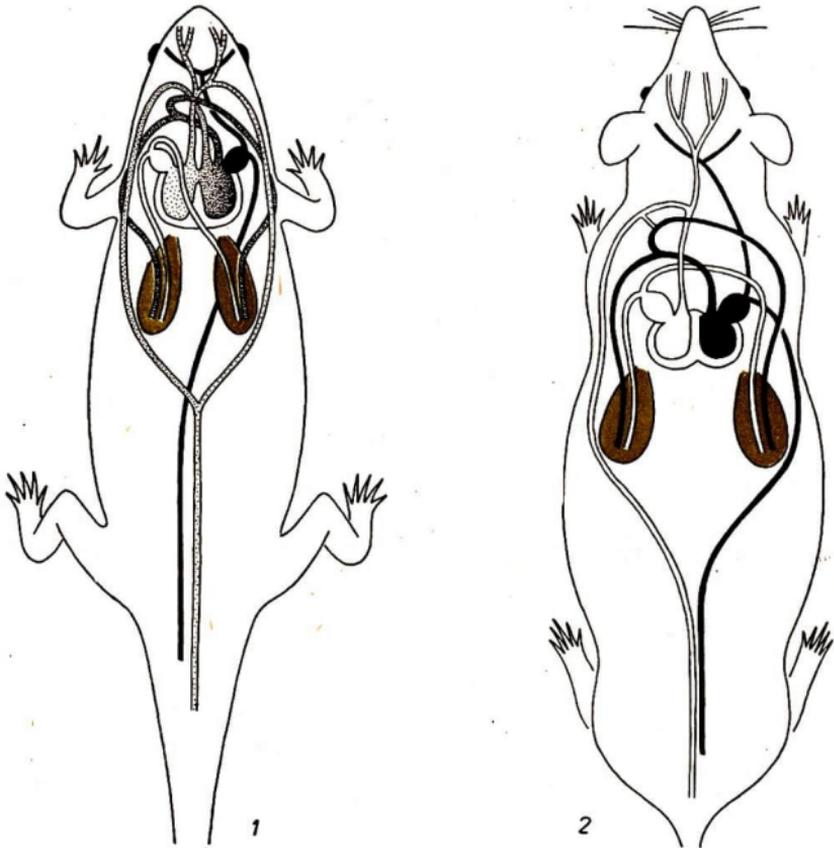
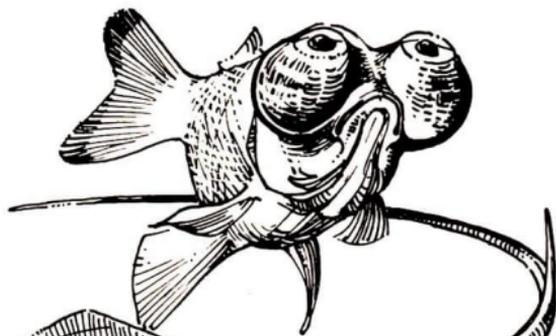
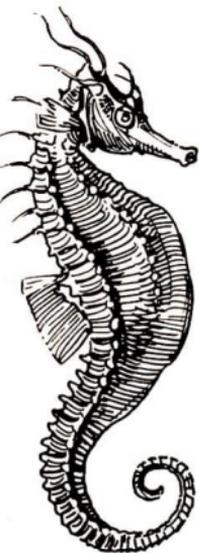
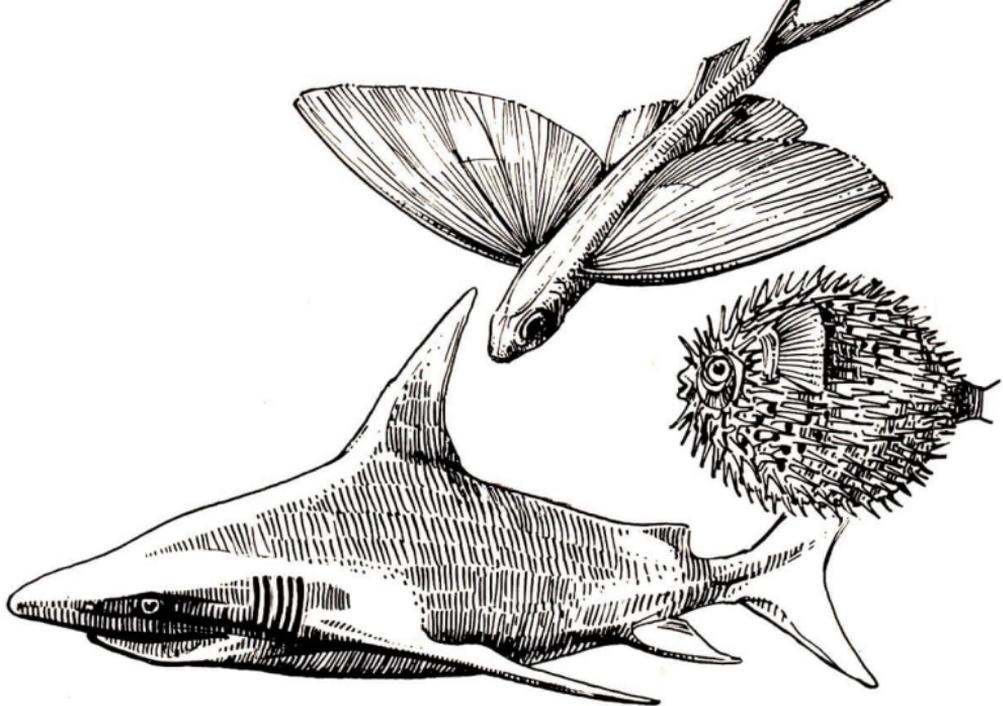


Abb. 32 Kreislauf der Kriechtiere und Säuger in Rückenansicht

Die weitere Entwicklung der Kreislauforgane bei den Wirbeltieren läßt sich aus dem Übergang zum Landleben erklären.

Die landbewohnenden Wirbeltiere bilden als Atemorgane Lungen aus, in denen nun das Blut (statt wie bisher in Kiemen) mit Sauerstoff angereichert wird. Der Kreislauf wird dadurch in einen Lungenkreislauf und einen Körperkreislauf getrennt. Das hat eine stärkere Sonderung des arteriellen Blutes vom venösen zur Folge, das Herz wird immer vollständiger in getrennte Kammern unterteilt.

Bei erwachsenen Lurchen ist bereits die einheitliche Vorkammer des Fischherzens in einen rechten und einen linken Vorhof unterteilt (Abb. 31, 3). Bei den Kriechtieren



bahnt sich auch schon eine Teilung der Herzkammer in eine rechte und eine linke Kammer an (Abb. 32, 1). Diese Entwicklung ist dann bei den Vögeln und Säugetieren (Abb. 32, 2) abgeschlossen, so daß hier zwei Vorhöfe und zwei Herzkammern vorhanden sind.

Andere tiefgreifende Veränderungen treten im Bereich der ursprünglichen Kiemenarterien auf. Bei den Fischen sind vier paarige Äste der Kiemenarterie ausgebildet (Abb. 31, 1). Davon liefert das vorderste Paar bei allen Landwirbeltieren die Kopfarterien (Abb. 31, 3 bis Abb. 32, 2). Die beiden folgenden Paare werden zu Aortenbögen. Aus dem hintersten Paar gehen die Lungenarterien hervor.

Zwei Paar Aortenbögen sind nur bei den Lurchen ausgebildet (Abb. 31, 3). Bei allen übrigen Wirbeltieren ist davon nur das vordere Paar erhalten (Abb. 32, 1). Bei den Vögeln und Säugetieren geht sogar noch die Paarigkeit dieses Aortenbogens verloren, so daß bei den Vögeln nur der rechte und bei den Säugern nur der linke Bogen (Abb. 32, 2) entwickelt wird.

Bei den Säugetieren (Abb. 32, 2) fließt das in den Lungen mit Sauerstoff angereicherte Blut durch die Lungenvenen zur linken Vorkammer des Herzens. Dann gelangt es über die linke Herzkammer in die Schlagader (Aorta), die es zu den einzelnen Organen befördert. Das venöse Blut wird zur rechten Vorkammer des Herzens geleitet, gelangt dann in die rechte Herzkammer und weiter durch die Lungenarterien zu den Atemorganen. In den Lungen erfolgt der Gasaustausch. Das arterielle Blut fließt in den Lungenvenen wieder zur linken Vorkammer, und damit beginnt der Kreislauf von neuem.

#### Aufgabe

Erklären Sie, in welchem Maße bei den einzelnen Klassen der Wirbeltiere das arterielle vom venösen Blut geschieden wird, und wodurch die Trennung erreicht wird! Setzen Sie die Körpertemperatur der Tiere dazu in Beziehung!

#### Bekannte Arten der Fische

Zur Klasse der Knorpelfische (*Chondrichthyes*) gehören als bekannteste Vertreter die beiden Ordnungen der Haie (*Pleurotremata*) und Rochen (*Hypotremata*). Bei den Haien liegen die Kiemenspalten an den Seiten des Vorderkörpers, bei den Rochen dagegen an der Körperunterseite.

Haie sind immer langgestreckt, spindel- oder torpedoförmig. Einige Arten kommen auch regelmäßig in deutschen Küstengewässern vor oder verirren sich gelegentlich bis in die östliche Nordsee. Zu solchen Irrgästen zählen beispielsweise der bis 9 m lange, Kleintiere fressende Riesenhai (*Cetorhinus maximus*) und der „nur“ 4 m

---

Abb. 33 Bekannte und auffällige Fische. Von oben nach unten: Fliegender Fisch (bis 45 cm), Kugelfisch (bis 25 cm), Menschenhai (bis 5,5 m), Teleskopfisch (20 cm), Stachelrochen (0,3 bis 2 m), Seepferdchen (bis 14 cm); die Zahlen in den Klammern geben die Körperlänge an

lang werdende, sehr gefräßige und mitunter auch Menschen anfallende Blau- oder Menschenhai (*Carcharinus glaucus*).

Von den häufigeren Arten sind die gefleckten, höchstens 1,5 m Körperlänge erreichenden Katzenhaie (*Scyliorhinidae*) zu nennen. Regelmäßig in der Nord- und Ostsee anzutreffen sind der bis 3 m lange Heringshai (*Lamna cornubica*), der sogar in Flußmündungen eindringt, und der Dornhai (*Acanthias acanthias*), der zwar selten über 1 m lang wird, aber auch in der Ostsee oft in großen Scharen auftritt. Sein Fleisch kommt als „Seeaal“ in den Handel, während seine Bauchlappen geräuchert die schmackhaften „Schillerlocken“ ergeben. – Von den Haien wärmerer Meere ist vor allem der Hammerhai (*Sphyrna zygaena*) zu erwähnen, der bis 4 m Länge erreicht und durch seinen quergestellten, hammerförmigen, dreimal so breiten wie langen Kopf auffällt.

Rochen haben einen flachen, an Flundern und Schollen erinnernden, scheibenförmigen Körper, von dem der Schwanz immer deutlich abgesetzt ist. Der Nagelroche (*Raja clavata*) und der Stechroche (*Trygon pastinaca*) werden beide bis etwa 1 m lang, kommen gelegentlich noch in der westlichen Ostsee vor und tragen beide auf dem Schwanz mindestens einen Dorn, der als Waffe benutzt wird. Äußerlich den Haien ähnlich, aber an den bauchseitig liegenden Kiemenspalten doch als Rochen kenntlich sind die in wärmeren Meeren vorkommenden Sägefische (*Pristidae*), die ihren Namen dem oft über 1 m langen, sägeförmigen Schnauzenfortsatz verdanken, dessen Funktion immer noch unbekannt ist.

Die Klasse der Knochenfische (*Osteichthyes*) wird auf die verschiedenste Weise unterteilt. Meist werden vier größere Gruppen unterschieden.

Die Quastenflosser (*Crossopterygii*) sind eine urtümliche Gruppe, von der sich schon im Erdaltertum die vierfüßigen Landwirbeltiere abspalteten. Die Tiere galten lange Zeit hindurch als gänzlich ausgestorben, bis man vor etwa 30 Jahren zum ersten Male an der ostafrikanischen Küste aus etwa 400 m Wassertiefe heute lebende Vertreter fing (Gattung *Latimeria*).

Die Lurch- oder Lungenfische (*Dipnoi*) sind mit einem Nasenrachengang (Choane) ausgestattet, der es ihnen gestattet, bei Austrocknung des Wohngewässers atmosphärische Luft in der dann als Lunge arbeitenden Schwimmblase zu veratmen. Je eine Gattung dieser Fische lebt in Afrika (*Protopterus*), Südamerika (*Lepidosiren*) und Australien (*Ceratodus*).

Die Störe (*Chondrostei* oder *Acipenseroidi*) besitzen ein sekundär wieder verknorpeltes Skelett und wurden deshalb früher oft als „Knorpelganoiden“ bezeichnet. Bekannt sind diese Fische dadurch, daß aus ihren Eiern der echte Kaviar bereitet wird. Vor allem im Schwarzen Meer lebt der bis 4 m lange, zur Laichzeit in die Flüsse einwandernde Stör (*Acipenser sturio*). Nur etwa 60 cm lang wird der Sterlett (*Acipenser ruthenus*), der ebenfalls im Schwarzen Meer, aber auch im Kaspischen und Asowschen Meer sowie in zahlreichen sibirischen Flüssen lebt.

Die Echten Fische (*Teleostei*) umfassen alle uns bekannten Fischarten, die nicht zu einer der vorigen Gruppen gehören. Die Vielfalt der Gestalten und die große Zahl der Speisefische ist schon aus einer Aufzählung bekannter Familien ersichtlich:

Aale (*Anguillidae*), Schwertfische (*Xiphiidae*), Welse (*Siluridae*), Karpfenfische (*Cyprinidae*), Lachse (*Salmonidae*), Heringe (*Clupeidae*), Hechte (*Esocidae*), Schellfische (*Gadidae*), Makrelen (*Scombridae*), Barsche (*Percidae*), Stichlinge (*Gasterosteidae*) und Schollen (*Pleuronectidae*).

Einige auffällige Fischgestalten sind in Abb. 33 dargestellt.

### Aufgabe

Stellen Sie tabellarische Übersichten von Fischen des Süß- und Meerwassers nach ihrem Vorkommen, ihrer Verwandtschaft und ihrer wirtschaftlichen Bedeutung zusammen.

## Die Lungen der Wirbeltiere

Die Lurche heißen auch *Amphibien*, was im Griechischen „die Doppellebigen“ bedeutet. Die Erwachsenen können sowohl auf dem Lande als auch im Wasser leben. Das einzelne Tier aber ist als Larve ein kiemenatmendes Wassertier und erwachsen ein lungenatmendes Landtier.

Die Larven der Schwanzlurche sehen den Erwachsenen sehr ähnlich und tragen äußere Kiemen. Von ihrer Verwandlung beobachten wir nur das Abwerfen der äußeren Kiemen. In Wirklichkeit ist damit aber ein komplizierter Umbau der inneren Organe verbunden.

Wer schon einmal Molche gezüchtet hat, weiß, daß die Jungen nach der Verwandlung das Wasser verlassen müssen, weil sie sonst leicht ertrinken. In der Verwandlung findet nämlich der Übergang von der Kiemen- zur Lungenatmung statt.

Bei der Larve (Abb. 31, 2) gehen (wie bei den Fischen, Abb. 31, 1) vom Arterienstamm vier Paar Bögen ab. Davon führen die ersten drei Paare zu den Kiemen, während das vierte Paar bereits als Lungenarterien angelegt ist. Es übt diese Funktion aber noch nicht aus, weil auch die Lungen noch nicht arbeiten.

Erst wenn die Kiemen abgeworfen sind, beginnen die Lungen ihre Tätigkeit. Nun übernehmen auch die Lungenarterien ihre Aufgabe. Gleichzeitig werden jedoch auch die vorderen drei Paar Kiemenarterien umgestaltet (Abb. 31, 3). Sie münden jetzt sogleich in die Aortenwurzeln ein. Diese Aortenwurzeln werden vorn unterbrochen, wodurch das ursprünglich erste Paar Kiemenarterien zu den Kopfarterien wird. Die nachfolgenden zwei Paar Kiemenarterien dienen jetzt als Aortenbögen.

Die Lurche besitzen sehr einfach gebaute, wenig leistungsfähige Lungen (Abb. 34, 1 u. 2). Sie dienen hauptsächlich beim Tauchen als Vorratsbehälter für Atemluft. Sonst nehmen alle Lurche den benötigten Sauerstoff größtenteils direkt durch die Haut auf (Hautatmung). Außerdem dient bei ihnen auch die reich durchblutete Haut der Mundhöhle als Atemorgan. Diese Mundhöhlenatmung können wir als rhythmische Bewegung der Kehlhaut beobachten (5 bis 10).

Voraussetzung für die Mundhöhlenatmung ist eine offene Verbindung zwischen der Nasen- und Mundhöhle (Nasenrachengang oder Choane). Solche Choane besitzen einige Fische und alle Landwirbeltiere.

Bei der Mundhöhlenatmung wird der Kehlkopf geschlossen, während ein Senken der

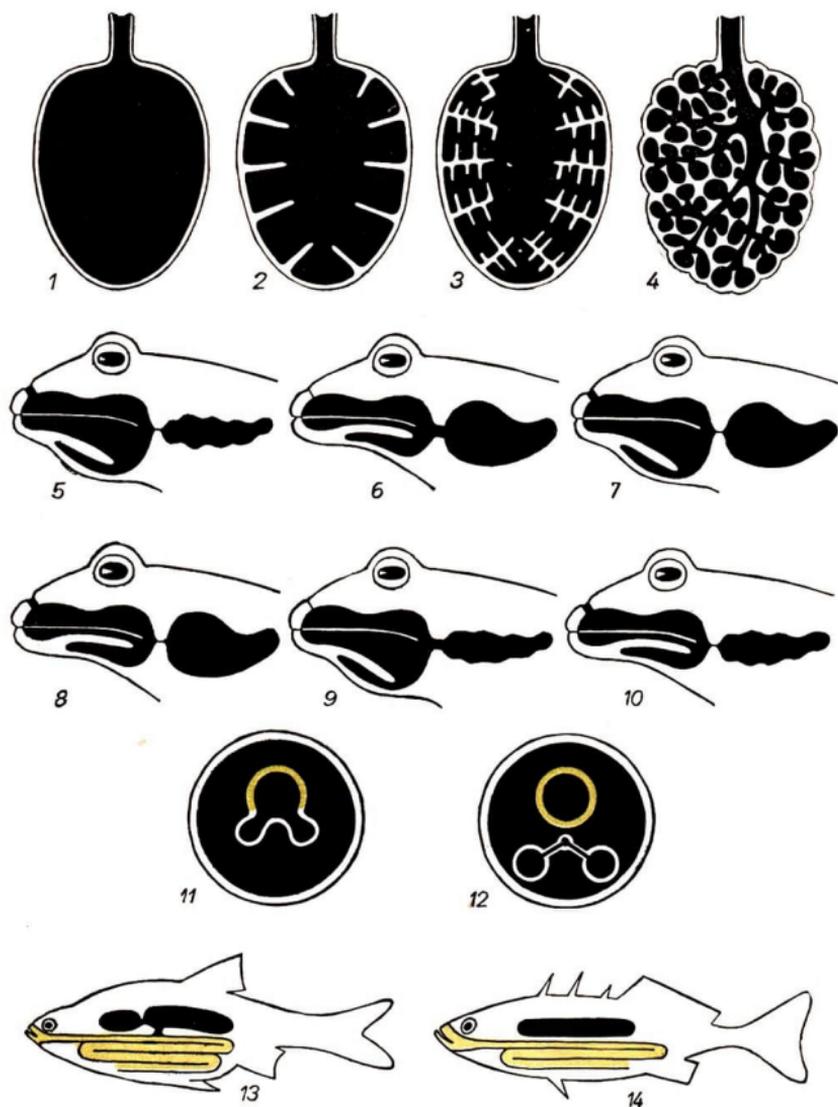


Abb. 34 Lungenatmung der Wirbeltiere

Kehlhaut die Luft durch die Nasenlöcher ansaugt (5 u. 7). Umgekehrt preßt ein Heben der Kehlhaut die verbrauchte Luft durch die Nasenlöcher nach außen (8 u. 10).

Der Lungenatmung geht ebenfalls ein Ansaugen der Luft durch Senken der Kehlhaut voraus (5). Dann wird die Luft bei geschlossenen Nasenlöchern heruntergeschluckt (6). Verbrauchte Lungenluft wird durch Muskeldruck in die Mundhöhle zurückbefördert (9) und dann durch die Nasenlöcher nach außen gepreßt (10).

Aus der Mundhöhle wird die Luft viel öfter gewechselt als aus der Lunge.

Embryonal entstehen die Lungen bei allen Wirbeltieren als paarige Ausstülpungen des Vorderdarms (11 u. 12).

Früher hat man angenommen, daß die Lungen von den Schwimmblasen der Fische abzuleiten sind. Heute wissen wir, daß die Schwimmblase als ein der Lunge homologes Organ anzusehen ist, ja möglicherweise sogar aus einer Lunge entstanden ist. Deshalb dürfen die heute lebenden Lungenfische nicht als Vorfahren der Landwirbeltiere betrachtet werden. Sie stellen einen Seitenzweig der Fischentwicklung dar. Die mit einer Lunge ausgestatteten Fische, die als Vorfahren der Vierfüßer in Frage kommen, sind seit vielen Jahrmillionen ausgestorben.

Bei den Landwirbeltieren werden die Lungen immer stärker gekammert (1 bis 4). Dadurch wird die stark durchblutete Hautfläche vergrößert, die Atemluft kann besser ausgenutzt werden.

Die Lungen der Lurche sind innen glatt (1) oder nur mit wenig vorspringenden Leisten ausgestattet (2). Bei den Kriechtieren treten im Innern der Lungen schon Kammern und Nebenkammern auf (3). Die Vögel und Säugetiere schließlich besitzen Lungen, die ganz und gar aus bläschenförmigen, feinen Kammern zusammengesetzt sind (4).

Eine Sonderbildung weisen die Vögel auf. Ihre Lungen sind relativ klein. Dafür zweigen aber an der Lungenunterseite Luftsäcke ab, die den ganzen Körper durchziehen und teilweise sogar in die (hohlen) Knochen eindringen.

Die Schwimmblase der Fische dient meist als Schwebbeeinrichtung. Sie ermöglicht es dem Tier, sich in unterschiedlichen Wassertiefen (bei verschiedenem Druck) aufzuhalten. Oft ist sie durch bewegliche Knöchelchen mit dem Gleichgewichtsorgan im Kopf verbunden. Fische, die sich dauernd am Boden oder in großen Wassertiefen aufhalten, besitzen sehr oft keine Schwimmblase.

Die Echten Fische kann man nach dem Bau ihrer Schwimmblasen in zwei große Gruppen einteilen. Bei der einen steht die Schwimmblase durch einen engen Gang mit dem Darm in Verbindung (13). Bei der zweiten Gruppe liegt die Schwimmblase als geschlossene Kammer vom Darm getrennt im Körper (14).

### Aufgaben und Fragen

1. Beobachten Sie die Mundhöhlenatmung bei Fröschen oder Molchen! Prüfen Sie die Abhängigkeit der rhythmischen Kehlhautbewegung von der Temperatur und von der Luftfeuchtigkeit!
2. Versuchen Sie, die Aufgabe der Luftsäcke an einer Vogellunge zu erläutern!
3. Weshalb können Fische, deren Schwimmblase mit dem Darm verbunden ist, Druckunterschiede viel leichter und schneller ausgleichen als solche, denen der Verbindungsgang fehlt?

## Bekannte Arten der Lurche

Die Klasse Lurche (*Amphibia*) besitzt eine nackte, drüsenreiche und deshalb meist feuchte und schleimige Haut. Die Entwicklung findet überwiegend im Wasser statt. Die Larven verwandeln sich durch eine Metamorphose in Erwachsene. Es werden drei Ordnungen unterschieden:

Die Ordnung Schwanzlurche (*Urodela*) besitzt zeitlebens einen Schwanz und vier gleich lange Beine. Die Larven gleichen den Erwachsenen. Bekannte Vertreter sind die Molche (Gattung *Triturus*), der Feuersalamander (*Salamandra salamandra*), der blinde, höhlenbewohnende Grottenolm (*Proteus anguineus*) und die in Aquarien häufigen, aus Mexiko stammenden Axolotl (*Ambystoma macicanum*), die normalerweise zeitlebens wasserbewohnende, aber fortpflanzungsfähige Larven sind und sich nur bei Fütterung mit Schilddrüsenhormon (künstlich) in landbewohnende Erwachsene verwandeln.

Die Ordnung Froschlurche (*Anura*) besitzt erwachsen keinen Schwanz, die Hintergliedmaßen sind als Sprungbeine verlängert. Die Larven sind geschwänzte Kaulquappen. Bekannte Vertreter sind die Gattungen der Unken (*Bombina*), Kröten (*Bufo*) und Frösche (*Rana*), der Laubfrosch (*Hyla arborea*) und die oft in Aquarien gehaltenen, aus Afrika stammenden Krallenfrösche (Gattung *Xenopus*).

Die Ordnung Blindwühler (*Gymnophiona*) umfaßt wurmförmige, beinlose Lurche, die in warmen Ländern wie Regenwürmer in der Erde leben und höchstens als ganz junge Larven im Ei Kiemen besitzen.

## Die Haut der Wirbeltiere

Die Wirbeltiere sind neben den Gliedertieren die einzige größere Tiergruppe, der eine erfolgreiche Landerobung gelungen ist. Das verdanken sie den gleichen Anpassungserscheinungen, die wir schon bei den Gliedertieren kennengelernt haben: Wirbeltiere können atmosphärische Luft veratmen, ihr Körper wird immer beweglicher und durch Gliedmaßen immer stärker vom Boden abgehoben; ihre Haut schützt sie gegen Austrocknung.

Das Lanzettierchen besitzt eine einschichtige Haut (Abb. 23) und gleicht darin noch den Wirbellosen. Alle übrigen Wirbeltiere haben demgegenüber eine mehrschichtige Haut ausgebildet. Dabei sind grundsätzlich zwei Hautschichten zu unterscheiden. Die Oberhaut wird vom Ektoderm gebildet, die darunterliegende Lederhaut vom Mesoderm. Beide Hautlagen sind in sich mehrschichtig.

Bei den Rundmäulern (Abb. 35, 1) wird die mehrschichtige Oberhaut von der Basis her fortlaufend erneuert. Dabei machen die einzelnen Zellen, bis sie an die Oberfläche gelangen, einen Gestaltwandel durch, der wohl damit zusammenhängt, daß sie allmählich verschleimen. Die äußeren Deckzellen sind klein und sehr dicht zusammengedrückt.

Die Lederhaut der Rundmäuler besteht aus zwei Schichten. Unter der Oberhaut liegt eine mächtige Schicht derber Fasern und darunter eine Schicht aus weniger

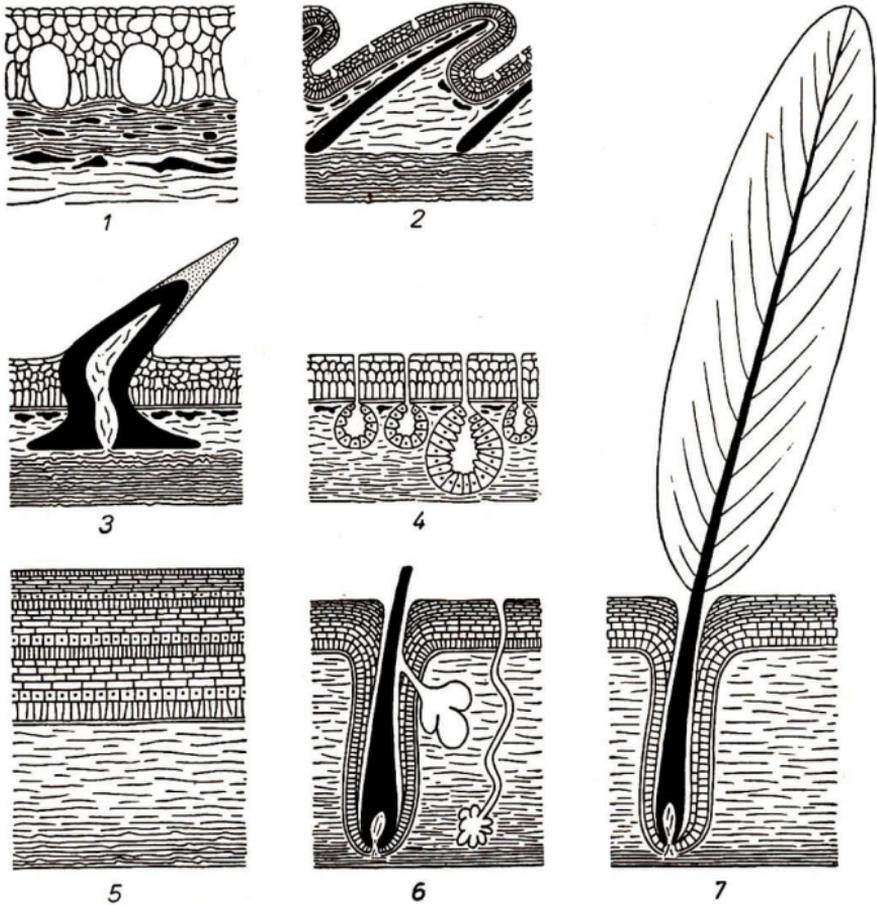


Abb. 35 Bau der Haut bei Wirbeltieren

eng gelagerten Fasern, die in Fettgewebe eingelagert ist. Zwischen beiden Lagen sind zahlreiche Pigmentzellen angeordnet.

Auch in der Fischhaut (2) erkennen wir die beiden Hautschichten Oberhaut und Lederhaut. Die mehrschichtige Oberhaut umkleidet auch die Schuppen. Ihre unterste Lage, die Bildungsschicht, ist viel höher als die darüberliegenden Zellreihen und sondert nach außen ständig neue Zellen ab. Diese werden immer kleiner und flacher und verhörnen immer stärker. Der Schleim, der den Fisch umgibt, wird von becher-

förmigen Schleimdrüsen in der Oberhaut gebildet. Die äußersten Zellen der Oberhaut werden fortlaufend abgestoßen und erneuert.

Gegen die Lederhaut ist die Oberhaut durch eine Basalmembran abgegrenzt.

Die Lederhaut ist zweischichtig. Unter der Basalmembran liegt eine Schicht lockeren Gewebes, in der die Schuppen als kleine Knochenplatten gebildet werden, und in der auch zahlreiche Pigmentzellen liegen. Unter dieser lockeren Lederhaut liegt eine straffe Lederhaut.

Bei Haien und Rochen zeigen die Schuppen einen besonderen Bau (3). Während das Skelett dieser Fische zeitlebens knorpelig bleibt, bestehen die Schuppen aus einer sehr harten Substanz (Zahnbein), die mit einem noch härteren Überzug versehen ist (Schmelz). Das Zahnbein wird von der mesodermalen Lederhaut gebildet. Den Schmelzüberzug liefert vermutlich die ektodermale Oberhaut. Außerdem besteht jede Schuppe aus einer in der Lederhaut liegenden Platte und einem die Oberhaut durchbrechenden, etwas nach hinten geneigten Zahn. Besonders groß sind diese Hautzähne an den Mundrändern. Sie stehen hier dicht gedrängt in mehreren Reihen hintereinander und dienen zum Ergreifen, Festhalten und Zerkleinern der Nahrung. Von solchen Hautzähnen leiten sich die Mundzähne der landbewohnenden Wirbeltiere ab.

Die Haut der Lurche (4) ist nackt, nicht mit Schuppen bedeckt und sehr drüsenreich. Sie enthält größere Giftdrüsen, die zum Schutz des Tieres ätzende oder beißende Sekrete absondern, und zahlreiche kleinere Schleimdrüsen, deren Schleim die Haut feucht hält.

Die Haut der Kriechtiere (5) ist drüsenarm. Wo Hautdrüsen ausgebildet sind, dienen diese überwiegend als Duftdrüsen dem Zusammenfinden von Männchen und Weibchen bei der Paarung. Der Schutz gegen Austrocknung wird durch starke Verhornung der Oberhaut erreicht.

Viele Kriechtiere sind mit Schuppen bekleidet. Diese Schuppen sind massiv verhornte Bezirke der Oberhaut. Mitunter ist sogar ein fester Panzer aus solchen Schuppen entwickelt.

Der Körper der Schildkröten ist in seinen Panzer wie in eine Dose eingeschlossen. Dieser Panzer besteht aus Hornschildern der Oberhaut und darunterliegenden Knochenplatten der Lederhaut. Wenn man einen Schildkrötenpanzer zerlegt, sieht man, daß die Grenzen der Hornplatten mit denen der darunterliegenden Knochenplatten nicht übereinstimmen.

Während die Hauterneuerung bei Fischen und Lurchen unauffällig erfolgt, werden bei den Kriechtieren große Hautpartien gleichzeitig erneuert. Viele Eidechsen stoßen ihre Haut stückweise ab, so daß oft die alte Haut in Fetzen am Körper hängt. Manche Schlangen dagegen streifen gleich die ganze Körperhaut ab („Natternhemd“). In jedem Fall aber ist die Häutungsgrenze in den tieferen Schichten der Oberhaut bereits vorgebildet (5).

Die starke Verhornung der Oberhaut führt bei den Kriechtieren erstmals zur Ausbildung von Krallen an Fingern und Zehen. Auf die gleiche Weise entstehen bei Säugetieren Hufe und Nägel.

Auch die Hörner und Geweihe mancher Säugetiere sind Hautbildungen, an denen Oberhaut und Lederhaut beteiligt sind. Bei den Hörnern bildet die Lederhaut einen Knochenzapfen, auf dem die Oberhaut als Hornmantel erhalten bleibt. Geweihe sind reine Knochenbildungen der Lederhaut. Die Oberhaut vertrocknet hier später und wird als sogenannter Bast „gefeigt“. Hörner werden nur einmal im Leben gebildet, Geweihe dagegen meist jährlich erneuert.

Die Haut der Vögel (7) und Säugetiere (6) ist mit Einrichtungen versehen, die einen starken Wärmeverlust des Körpers verhindern. Diese „gleichwarmen“ Tiere besitzen eine konstante, von der Umgebung unabhängige Körperwärme, im Gegensatz zu allen übrigen „wechselwarmen“ Wirbeltieren, deren Körpertemperatur immer von der jeweils herrschenden Umgebungstemperatur abhängig ist.

Als Wärmeschutz wird in beiden Fällen um den Körper herum ein isolierendes System kleinster Hohlräume geschaffen. Die Vögel erreichen dies mit ihren Federn, die Säugetiere mit dem Haarkleid. Haare und Federn sind Bildungen der Oberhaut, die den Schuppen der Kriechtiere entsprechen. Die Lederhaut bildet lediglich Vorwölbungen (Papillen) zur Ernährung der Haare und Federn.

Abgenutzte Haare und Federn werden ersetzt. Der Häutung bei Kriechtieren entspricht die Mauser der Vögel und der Haarwechsel bei Säugetieren. Viele Arten nehmen den Haar- und Federwechsel ganz regelmäßig vor, entweder im Zusammenhang mit den Jahreszeiten (Sommer- und Winterfell), oder in Abhängigkeit von der Fortpflanzung (Ruhekleid, Brutkleid usw.; Farbtafel 2 u. 3).

Das Haarkleid der Säugetiere und das Gefieder der Vögel setzt sich aus sehr verschiedenen Elementen zusammen. Die Haare oder Federn eines Tieres sind also nicht untereinander gleich.

Bei den Federn unterscheiden wir Dunen und Konturfedern. Die Dunen sind klein, pinselartig verzweigt, weich und wollig. Die Konturfedern haben einen Schaft und eine flächige Federfahne.

Im Haarkleid der Säuger kann man Woll-, Deck- und Grannenhaare unterscheiden, die hauptsächlich in der Größe und Starrheit voneinander abweichen.

Die Haut der Vögel ist wie die der Kriechtiere sehr drüsenarm (7). Bei den Säugetieren treten hauptsächlich zwei Sorten Hautdrüsen auf (6). Die Talgdrüsen münden in die Wurzelscheiden der Haare ein. Ihr Sekret hält das Haar elastisch. Unabhängig von den Haaren münden in großer Zahl Schweißdrüsen nach außen, die zur Regulierung der Körpertemperatur dienen.

### Aufgaben und Fragen

1. Weshalb sind Lurche Feuchtlufttiere, die keine längere, direkte Sonnenbestrahlung vertragen?
2. Erklären Sie den Unterschied zwischen den Schuppen der Fische und der Kriechtiere!
3. Was wissen Sie von der Überwinterung der heimischen Kriechtiere, Vögel und Säuger? Erläutern und begründen Sie Ihre Beispiele!

4. Welche Reste erhalten gebliebener Schuppen kennen Sie bei Vögeln und Säugetieren?
5. Von welchen Vogel- und Säugetierarten sind Ihnen Einzelheiten der Mauser bzw. des Haarwechsels bekannt? Schildern Sie die Auswirkungen bei der betreffenden Art!

### Bekannte Arten der Kriechtiere

Die heute lebenden Kriechtiere werden in vier Ordnungen eingeteilt. Mit Ausnahme der ersten Ordnung handelt es sich um so bekannte Formen, daß die Nennung des Namens allein zur Kennzeichnung ausreicht.

Die Ordnung der Brückenechsen (*Rhynchocephalia*) gilt als die urtümlichste heute noch erhaltene Kriechtierform. Diese eidechsenartigen Tiere (Gattung *Hatteria*) sind in Neuseeland heimisch.

Zur Ordnung der Schildkröten (*Testudines*) gehören die Landschildkröten, Sumpfschildkröten, Suppenschildkröten und Elefantenschildkröten.

Zur Ordnung der Krokodile (*Crocodylia*) gehören die echten Krokodile, Alligatoren und Kaimane.

Zur Ordnung Schuppenkriechtiere (*Squamata*) gehören die beiden Unterordnungen Echsen (*Lacertilia*) und Schlangen (*Serpentes*). Bekannte Echsen sind die Eidechsen, Warane, Leguane, Geckos, Chamäleons und Blindschleichen, bekannte Schlangen die Ottern oder Vipern, die Nattern, Klapperschlangen und Riesenschlangen.

Im Mittelalter der Erdgeschichte stellten die Kriechtiere die Hauptmasse der Landwirbeltiere. Die heutigen Ordnungen sind nur als kümmerlicher Rest einstiger Artenfülle und früheren Gestaltenreichtums aufzufassen. Unter den ausgestorbenen Kriechtieren befanden sich die größten Landwirbeltiere überhaupt: *Brachiosaurus* mit fast 30 m Länge, 12 m Höhe und 50 bis 60 t Lebendgewicht. Außerdem gab es darunter bereits Flieger, ehe die ersten Vögel die Erde bevölkerten (Flugsaurier; *Pterosauria*). Andere wieder sahen äußerlich Haien ähnlich (Fischsaurier – *Ichthyosauria*). Schließlich sind aus solchen fossilen Saurierformen auch die heutigen Klassen der Vögel und Säugetiere (unabhängig voneinander) hervorgegangen.

### Die Embryonalentwicklung bei den Vögeln

Das Vogelei (Abb. 36, I) ist ein zusammengesetztes Ei, dessen Teile in ganz verschiedenen Organen entstehen und nachträglich zusammengefügt werden.

Das Eigelb wird im Eierstock gebildet und ist von einer zarten Dotterhaut umgeben. Im Eileiter wird um dieses Eigelb herum das Eiweiß geschichtet, das die drüsige Eileiterwand absondert. Ebenfalls im Eileiter wird das Ei mit einer Kalkschale umgeben, die sehr fest, trotzdem aber luftdurchlässig ist. Das Eigelb ist an zwei gewundenen Hagelschnüren aufgehängt.

Die Befruchtung des Vogeleies erfolgt, bevor das Eigelb von Eiweiß und Kalkschale umgeben wird. Deshalb ist in einem abgelegten Ei die Furchung bereits

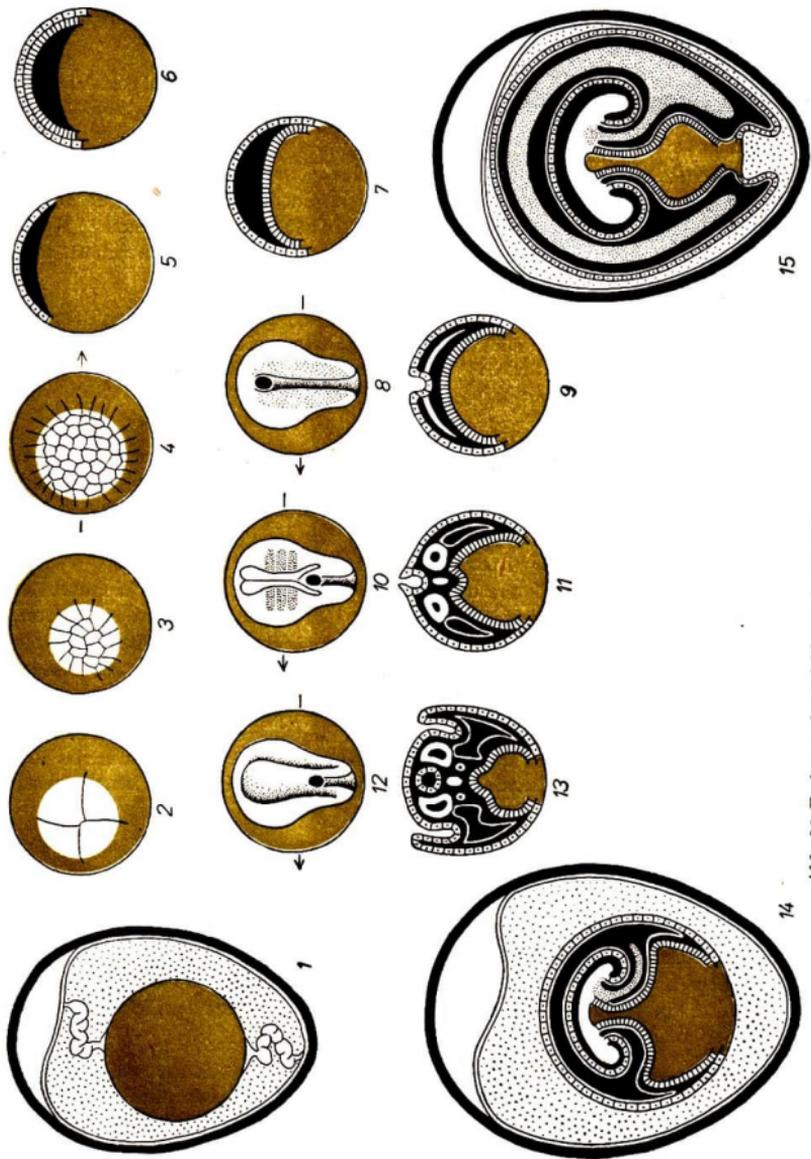


Abb. 36 Embryonalentwicklung der Vögel

beendet. Selbst mit einem noch nestwarmen Hühnerei verzehren wir schon das erste Entwicklungsstadium des Kükens – sofern das Ei befruchtet war.

Bisher haben wir Entwicklungsweisen kennengelernt, bei denen während der Furchung das ganze Ei in Zellen zerlegt wurde (totale Furchung; z. B. Abb. 1, Abb. 11 und Abb. 24).

Bei den Vögeln ist es wegen der Größe des Eies nicht möglich, das ganze Eigelb zu furchen. Die Zellbildung findet deshalb nur in einem scheibenförmigen Bezirk an der Oberfläche des Eigelbes statt (2 bis 4). Es bildet sich eine sogenannte Keimscheibe (4, 8, 10 u. 12), die gewissermaßen auf der Eioberfläche schwimmt. Man spricht hier von einer scheibenförmigen (discoidalen) Furchung.

In verschiedenen Tiergruppen kommt es zur Ausbildung dotterreicher Eier, die nicht total gefurcht werden können. Die Insekten beispielsweise legen ebenfalls große und dotterreiche Eier ab, die nur an der Oberfläche gefurcht werden. Die Furchung erfaßt hier aber die ganze Eioberfläche, deshalb spricht man von einer oberflächlichen (superfiziellen) Furchung.

Im Augenblick der Eiablage ist im Vogelei schon eine Keimscheibe ausgebildet (4). Diese Keimscheibe ist einschichtig und liegt der Eioberfläche nur mit ihrem Rande auf. Unter ihr befindet sich ein Hohlraum, der anfangs mit flüssigem Dotter ausgefüllt ist (5). Das Zellmaterial ist das Ektoderm. Die Höhlung darunter entspricht dem Innenraum der Blastula bei totaler Furchung (Abb. 24).

Etwa zu der Zeit, da die Henne mit dem Brüten beginnt, wird die Keimscheibe zweischichtig. Durch gleichzeitige Teilung aller Ektodermzellen wird eine zweite Zellage nach innen abgesondert (6). Dieses Entoderm legt sich der Dotteroberfläche an (7) und ist am Hinterende der Keimscheibe mit dem Ektoderm verwachsen.

Dies ist die dritte Art der Entodermbildung, die bei Tieren vorkommt. Normalerweise geht aus der Blastula die Gastrula durch Einstülpung hervor (z. B. Abb. 11). Beim Süßwasserpolyphen haben wir als zweite Möglichkeit das Zweischichtigwerden des Keimes durch Einwandern von Ektodermzellen in den Blastula-Hohlraum kennengelernt (Abb. 4).

Schon am ersten Bruttage kann man an dem Keimstreifen vorn und hinten, rechts und links unterscheiden. Gleichzeitig hebt sich ein anders gefärbter mittlerer Längsstrich auf dem Rücken ab.

Am zweiten Bruttage senkt sich die Rückenmitte zu einer Längs- oder Primitivrinne ein. Gleichzeitig erscheint beiderseits davon ein etwas dunklerer Bezirk (8). Hier schiebt sich vom eingesenkten Ektoderm nach beiden Seiten ein Zellwulst vor, das Mesoderm. Im Querschnitt erscheint die Keimscheibe jetzt deutlich dreischichtig (9).

Bisher haben wir lediglich Tiere kennengelernt, deren Mesoderm aus dem Entoderm hervorging. Auch wo Urmesodermzellen auftreten (Abb. 11), stehen diese von Anfang an in enger Beziehung zum entodermalen Urdarm. Hier wird das dritte Keimblatt zum ersten Male vom Ektoderm gebildet.

Für die weitere Entwicklung des Vogelembryos ist nur der mittlere Bezirk der Keimscheibe von Bedeutung.

Zunächst verschließt sich die Primitivrinne von vorn nach hinten durch seitliche Überwachsung. Dadurch entsteht das Rückenmarkrohr, das wir schon vom Lanzettierchen her kennen (Abb. 24). Am Vorderende dieses Nervenrohres kann man gleich von Anfang an die Anlage des zukünftigen Gehirns erkennen (10).

Während sich die Primitivrinne schließt, wird gleichzeitig auch von vorn nach hinten die Chorda gebildet. Außerdem differenzieren sich die bisher massiven Mesodermblätter in jederseits zwei nebeneinanderliegende Coelomhöhlen (11). Davon werden später allerdings nur die beiden neben der Chorda liegenden in den Körper des Kükens einbezogen.

Die gesamte bisher beschriebene Entwicklung des Embryos läuft während der beiden ersten Bruttage ab. Nach etwa 48 Stunden Brutdauer treten auf der Keimscheibe wulstartige Grenzlinien auf, die den ganzen mittleren Bezirk umgeben (12). Zwischen dieser Wulst sinkt der Keim in den Dotter ein. Die Seitenteile der Keimscheibe schieben sich als Falten darüber hinweg (13) und verwachsen in der Rückenmitte miteinander.

Der Embryo ist nun von mehreren Hüllen umgeben, die je eine Höhle umschließen (14). Die Höhle, die den Embryo umgibt, heißt Amnionhöhle. Sie wird vom Amnion begrenzt. Außen umgibt den ganzen Keim das Chorion (Serosa). Zwischen Amnion und Chorion liegt die Chorionhöhle. Amnion und Chorion bestehen aus je einer Lage Ektoderm und Mesoderm (weiß ausgespart), die aber in beiden Hüllen umgekehrt angeordnet sind.

Die Embryonalhüllen und die mit Flüssigkeit angefüllte Amnionhöhle bieten dem Embryo einen erhöhten Schutz beispielsweise gegen Druck, Stoß, Erschütterungen, Temperaturschwankungen.

Das Entoderm des Embryos umschließt den Dotter jetzt ganz und gar als Dottersack. In der Wand des Dottersacks verlaufen zahlreiche Blutgefäße, die das Verdauen des Dotters besorgen.

Die gesamte bisherige Entwicklung betraf nur das Eigelb. Sie greift nun auf das Eiweiß über. Während seines Wachstums braucht der Embryo dieses Eiweiß langsam auf. Dieser erhöhte Nahrungsbedarf hat aber eine vermehrte Ausscheidung zur Folge. Die Ausscheidungsstoffe werden in einer sackförmigen Ausstülpung des embryonalen Enddarmes (Harnsack oder Allantois) gespeichert. In dem gleichen Maße, wie das Eiweiß aufgebraucht wird, schwillt diese Allantois an und füllt schließlich fast die gesamte Chorionhöhle aus (14 u. 15, eng punktiert gezeichnet).

Am Ende der Embryonalentwicklung der Vögel wird der Rest des Dottersacks in die Bauchhöhle des Embryos eingezogen. Dabei wird der Harnsack abgeworfen, und das Küken schlüpf, nachdem es die Kalkschale des Eies von innen aufgepickt hat.

## Vom Brüten der Vögel

Eines der interessantesten Kapitel aus dem Leben der Vögel ist die Fortpflanzung. Sie beginnt mit der Werbung, setzt sich fort im Nestbau, Eierlegen und Brüten und findet ihren Abschluß in der Aufzucht der Jungen. Jeder Teilabschnitt bietet reichliche Gelegenheit zu eigenem biologischen Beobachten.

Viel Sorgfalt verwenden fast alle Vogelarten auf das Brutgeschäft. Die Eier (Gelege) und Jungen sind vielfältigen Gefahren ausgesetzt und werden deshalb besonders geschützt. Das erreichen die einzelnen Arten auf sehr unterschiedliche Weise.

Spechte verstecken ihre Brut in einer selbstgezimmerter Baumhöhle, die nur durch ein kleines Flugloch zugänglich ist. Auch von den meisten Singvögeln unserer Gärten und Parkanlagen wissen wir, daß sie ihre Nester sehr gut verbergen und bei drohender Gefahr oft mit großem „Geschick“ den Feind von der Brut abzulenken wissen.

Manche Arten verfahren aber ganz anders, so beispielsweise die Möwen und Seeschwalben (Farbtafel 1). Ihre Nester liegen ganz offen zu ebener Erde an weit überschaubarem Strande. Außerdem sind die brütenden Eltern leuchtend weiß gefärbt, so daß sie schon von weitem auffallen. Dafür brüten diese Vögel aber kolonieweise, zu Hunderten und Tausenden von Paaren auf engem Raum nebeneinander, und sie verteidigen ihre Brut auch gemeinsam. Ein Störenfried, der in die Kolonie eindringt, wird mit wohlgezielten „Kotschüssen“ bombardiert und macht mit ziel-sicheren Flügelschlägen und Schnabelhieben Bekanntschaft.

Wieder ganz anders verfahren die Kampfläufer (Farbtafel 2 u. 3). Auch sie brüten auf feuchten Niederungswiesen zu ebener Erde, jedoch immer einzeln. Dafür ist die allein brütende Vogelmutter nicht so weithin sichtbar wie eine Möwe oder Seeschwalbe, sondern verschwindet – dank ihrer Färbung – in der grasbewachsenen Umgebung des Nestes.

Wer sich von den Angriffen der Möwen oder Seeschwalben nicht schrecken läßt und auch den gut getarnten Kampfläufer aufgestöbert hat, hat immer noch Mühe, die Brut wirklich zu finden. Die Eier sind nämlich in Farbe und Zeichnung ganz hervorragend an die Umgebung angepaßt. Oft sind schon Seeschwalben-Gelege unbeachtet geblieben, weil sie für angespülte Steine gehalten wurden.

Auch wenn aus den Eiern schon Junge geschlüpft sind, wird die Sache nicht einfacher. Die Jungen der See- und Strandvögel sind nämlich an die Umgebung zum Teil noch besser angeglichen als die Eier. Wenn sie sich niederdrücken, sind sie meistens kaum zu erkennen.

Die Jungen unserer See- und Strandvögel sind durchweg Nestflüchter, die beim Verlassen des Eies bereits voll entwickelt und allein lebensfähig sind, ja oft nicht einmal von den Eltern gefüttert werden. Den Gegensatz dazu bilden beispielsweise die Sperlingsvögel und die Spechte. Hier sind die Jungen Nesthocker, die unentwickelt, nackt und blind aus dem Ei schlüpfen und einer intensiven Pflege durch die Eltern bedürfen, ehe sie überhaupt wie richtige Vögel aussehen.

Nestflüchter und Nesthocker gibt es auch unter den Säugetieren. Der Mensch selbst ist das beste Beispiel für einen Nesthocker. Auch das Kaninchen wirft in seinem unterirdischen, sicheren Bau haarlose und blinde Junge. Der Hase dagegen, der keinen gesicherten Bau bewohnt, bringt sehende und vollständig behaarte Junge zur Welt, die sich sogleich bei Gefahr selbst verstecken. Bei den herdenbildenden Huftieren müssen die Jungen gleich nach der Geburt mit der Herde mitziehen können. Deshalb verhindert beispielsweise eine Elefantenmutter buchstäblich, daß sich ihr Neugeborenes während des ersten Lebenstages auch nur für Augenblicke niederlegt.

Die beiden Beispiele der Farbtafeln zeigen überdies noch, wie gut oder schlecht bei den Vögeln Männchen und Weibchen zu unterscheiden sind. Bei Möwen und Seeschwalben sehen die Geschlechter gleich aus. Beim Kampfläufer dagegen sind sie während der Fortpflanzungszeit wirklich gut auseinanderzuhalten. Dann tragen die Männchen ihre schönen Halskrausen und sind auch sonst viel bunter gefärbt als die Weibchen. Dabei fällt noch die große individuelle Variabilität auf, die so weit geht, daß man an keinem Brutplatz dieser Art und in keiner Vogelsammlung der Welt zwei Kampfläufer-Männchen vom gleichen Aussehen findet.

Diese Farbenpracht zeigen die Männchen nur in der Fortpflanzungszeit, von April bis Juli. In der Jugend gleichen sie völlig den Weibchen, und auch im Ruhekleid (außerhalb der Fortpflanzung) sind sie höchstens daran zu erkennen, daß sie etwas größer als die kaum Amselgröße erreichenden Weibchen sind.

#### Aufgaben und Fragen

1. Bei welchen Vogelarten, die Sie regelmäßig beobachten können, sind Männchen und Weibchen das ganze Jahr hindurch gleich gefärbt?
2. Bei welchen Arten sehen dagegen zu gewissen Jahreszeiten Männchen und Weibchen verschieden aus? Wie äußern sich die Unterschiede?
3. Von welchen Vogelarten können Sie selbst beobachtete Einzelheiten über die Brut berichten?
4. Sezieren Sie einen Vogel! Achten Sie besonders auf die Lage und Verteilung der Luftsäcke! Benutzen Sie die Arbeitsanleitung auf S. 131 u. Abb. 37!

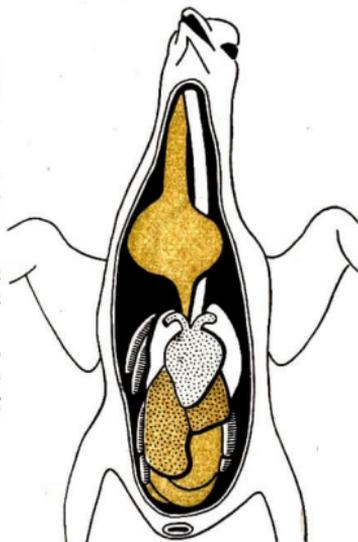
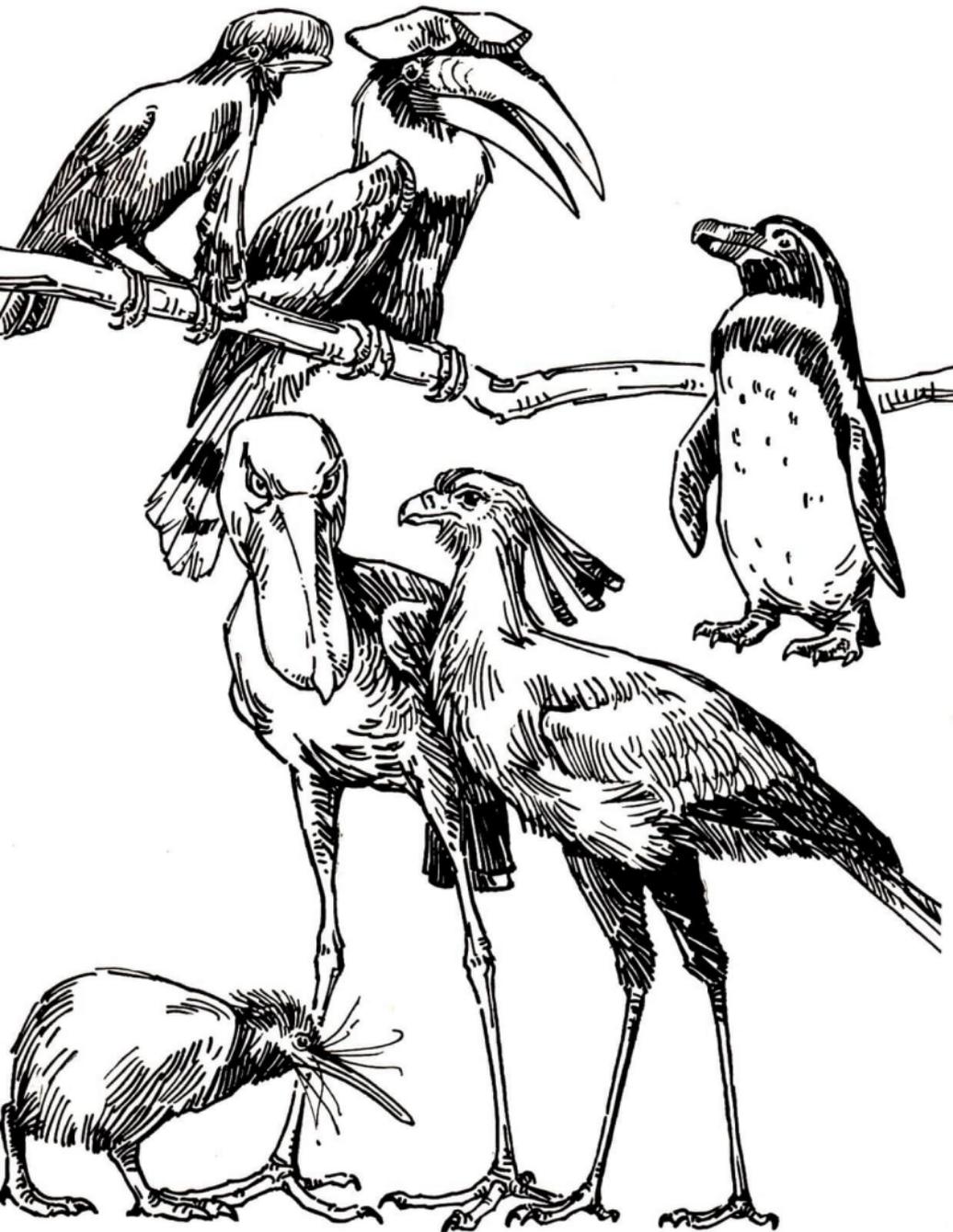


Abb. 37 Innere Organe eines Vogels (Taube)



## Bekannte Arten der Vögel

Es gibt etwa 10000 Vogelarten, die sich auf 49 Ordnungen verteilen. Die größte Ordnung bilden die Sperlingsvögel (*Passeres*), zu der allein etwa 6000 Arten gehören. Vertreter aus insgesamt 25 Ordnungen sind auch in Deutschland zu beobachten; einige davon allerdings nur gelegentlich als seltene Irrgäste.

In der heimischen Vogelwelt sind die Sperlingsvögel besonders zahlreich vertreten. Die bekanntesten hierher gehörenden Familien sind die Rabenvögel (*Corvidae*), zu denen die Krähen, Dohlen und Häher, der Kolkraße und die Elster zählen, ferner die Stare (*Sturnidae*) und Finkenvögel (*Fringillidae*), deren häufigste Arten die Sperlinge, Finken, Ammern, Kreuzschnäbel und Hänflinge sind, sowie der Grünling, Stieglitz, Zeisig, Gimpel und Kernbeißer. Weitere Familien sind die Lerchen (*Alaudidae*), Pieper und Stelzen (*Motacillidae*), Meisen (*Paridae*), Zaunkönige (*Troglodytidae*) und Schwalben (*Hirundinidae*). Allgemein bekannte Arten der Fliegen-schnäpper (*Muscicapidae*) sind die Drosseln, Laubsänger, Rotschwänze, Rohrsänger und Grasmücken, ferner der Gelbspötter, die Nachtigall, der Sprosser und das Rotkehlchen.

Von den übrigen heimischen Ordnungen sind vor allem zu erwähnen: die Spechte (*Pici*), Segler (*Macrochires*), deren bekannteste Art (der Mauersegler) immer wieder mit Schwalben verwechselt wird, die Eisvögel (*Halcyones*), Eulen (*Striges*), Kuckucke (*Cuculi*), Raubvögel (*Accipitres*), Entenvögel (*Anseres*), Tauben (*Columbae*), Mäwen und Watvögel (*Laro-Limicolae*), Kraniche (*Grues*) und Hühnervögel (*Galli*). Einige nicht heimische Ordnungen, die wir häufig in zoologischen Gärten sehen, oder von denen wir immer wieder in Reisebeschreibungen lesen, sind auf der Abbildung 38 zu sehen.

### Aufgaben

1. Stellen Sie in einer Tabelle wirtschaftlich wichtige Vogelarten zusammen! Unterteilen Sie dabei in Vögel, die als Haustiere gehalten werden, und in wildlebende Formen. Berücksichtigen Sie bei den einzelnen Arten deren Bedeutung für den Menschen!
2. Berichten Sie über Maßnahmen zum Vogelschutz und zur Vogelpflege!

## Die Embryonalentwicklung der Säugetiere

Die meisten Säugetiere besitzen winzig kleine, dotterarme Eier, die sich im Mutterkörper entwickeln. Der Embryo wird von der Mutter ernährt. Er ist von den gleichen Keimhüllen umgeben, die wir schon von den Vögeln kennen: Amnion und Chorion. Weil solche Keimhüllen für Kriechtiere, Vögel und Säugetiere kennzeichnend sind, werden diese drei Klassen gemeinsam als Amnioten bezeichnet.

---

Abb. 38 Bekannte und auffällige Vogelarten. Von unten nach oben: Kiwi (0,3 m), Schuh-schnabel (1 m), Sekretär (1,20 m), Brillenpinguin (50 cm), Nashornvogel (50 cm), Schirmvogel (35 cm); die Zahlen in den Klammern geben die Körperhöhe an

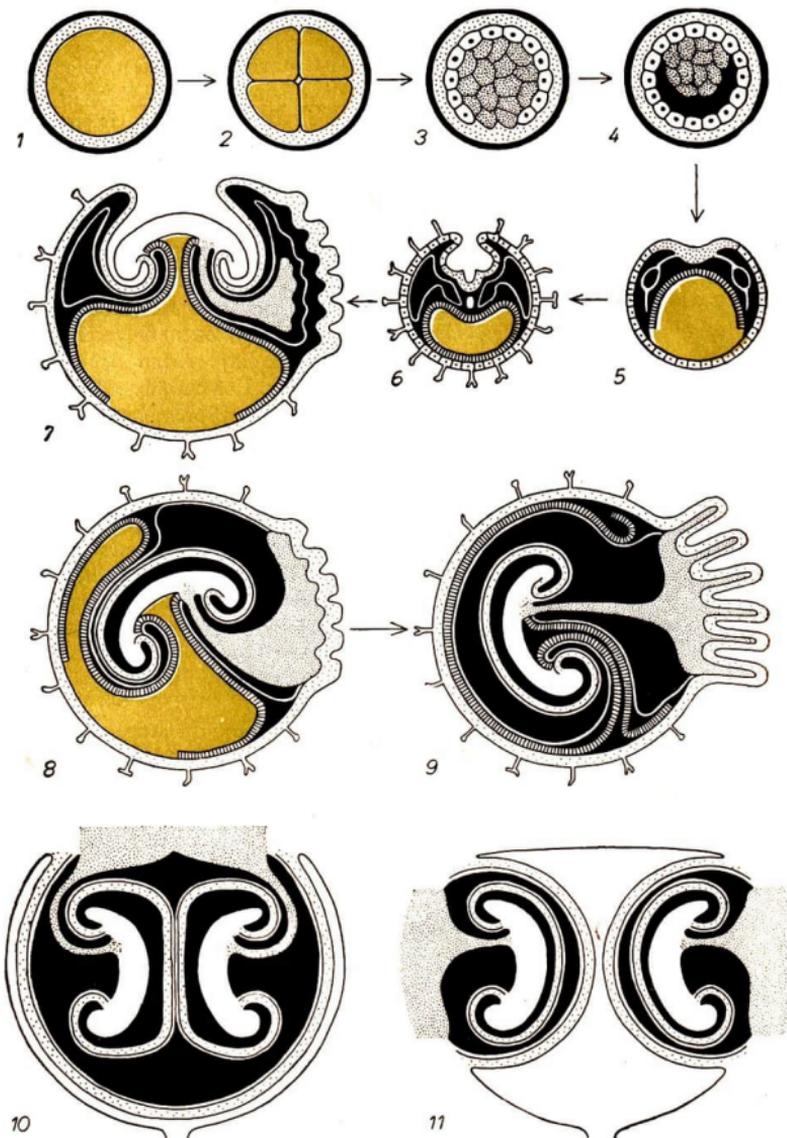


Abb. 39 Embryonalentwicklung und Zwillingsbildung der Säugetiere

Das reife Ei des Säugetieres ist von einer Eihaut (punktiert gezeichnet) und einer darüberliegenden Gallerthülle (schwarz) umgeben (Abb. 39, 1). Innerhalb dieser doppelwandigen Hülle wird das Ei total gefurcht (2).

Die Morula zeigt einen bemerkenswerten Aufbau. Sie ist von Anfang an deutlich in eine äußere, epithelartige Zellschicht (weiß mit eingezeichneten Zellkernen) und einen (eng punktiert gezeichneten) inneren, ungeordneten Zellhaufen gegliedert (3).

Wenn sich die äußere Zelllage zusammengefügt hat, ist aus der Morula die Blastula geworden, in deren Hohlraum der innere Zellhaufen zapfenförmig hineinragt (4).

Vom Aufbau her könnte man sowohl die Morula wie die Blastula schon für die Gastrula halten. Das wäre aber falsch, denn die Zweischichtigkeit dieser Keime bringt noch keine Sonderung von Keimblättern zum Ausdruck.

Aus der Wand der Morula und Blastula geht das Chorion hervor, während der Zellhaufen im Innern (Embryonalknotten) den Embryo bildet. Dieser Embryonalknotten flacht zunächst stark ab und fügt sich als Keimscheibe in die Wand der Keimblase ein (5). Nun erst erfolgt die Sonderung der Keimblätter, und zwar in ähnlicher Weise wie bei den Vögeln (5 u. Abb. 36).

Während das Nervenrohr, die Chorda und die Coelomhöhlen gebildet werden, sinkt der Embryo in die Tiefe, seitliche Falten schieben sich über ihm zusammen (6). Aus diesen Falten gehen die beiden Embryonalhüllen und -höhlen hervor (7).

Im Gegensatz zu den Vögeln (Abb. 36) nimmt der vom Entoderm umwachsene Eidotter (Dottersack) anfangs einen größeren Raum ein (8). Dieser Dotter wird sehr rasch aufgebraucht. In demselben Maße, wie der Dottersack schrumpft, dehnt sich die Chorionhöhle aus. Dabei bleibt ein Teil des Entoderms vom Dottersack erhalten, so daß das Chorion der meisten Säugetiere aus insgesamt drei Schichten besteht (9).

Mit dem Verschuß der Amnionhöhle bildet auch der Säugetierembryo eine Allantois aus (7 bis 9, eng punktiert gezeichnet).

### Die Ernährung der Säugetierembryonen

In der Ausbildung der Grundgestalt des Körpers stimmen die Embryonen der Vögel und Säugetiere weitgehend überein (Abb. 36 u. 39). Wichtige Unterschiede zwischen beiden Klassen bestehen dagegen in der Ernährung des Embryos. Im Vogelei befindet sich so viel Dotter, daß damit der Embryo während seiner gesamten Entwicklung ernährt werden kann. Bei den Säugetieren aber reicht der im Ei befindliche Dotter nicht einmal für die ersten Entwicklungsschritte aus.

Der Embryo der Säugetiere wird vom Mutterkörper ernährt. Deshalb geht das Ei gleich zu Beginn seiner Entwicklung eine innige Verbindung mit der Schleimhaut der Gebärmutter (Uterus) ein. Diese Verbindung ist bei den einzelnen Gruppen der Säugetiere verschieden weit fortgeschritten.

Im einfachsten Fall bleibt der Keim einfach im Innenraum des Uterus liegen. Sein Chorion wird dann rundherum von der Schleimhaut des Uterus umgeben. Chorion und Uterus-Schleimhaut sind nur locker miteinander verbunden.

In anderen Fällen schiebt sich der Keim zwischen die Schleimhautzellen der Uteruswand. Dadurch kommt eine festere Verbindung zwischen beiden zustande.

Schließlich können die Schleimhautzellen der Uteruswand über dem eingenisteten Keim vollständig zusammenwuchern, so daß eine noch innigere Verbindung zwischen Mutter und Embryo entsteht.

In den meisten Fällen wird das Ei unmittelbar nach der Befruchtung in der Uteruswand verankert. Mitunter können aber auch Monate zwischen Befruchtung und Einnistung liegen. Beim Reh beispielsweise erfolgt die Befruchtung im Juli oder August, die Einnistung des Eies aber erst im Dezember.

Die Befestigung des Eies im Uterus besorgt das Chorion. Dieses ist mit Zotten ausgestattet, die wie Wurzeln in die Schleimhaut des Uterus eindringen. In diese Chorionzotten hinein reichen fingerförmige Ausstülpungen der an Blutgefäßen reichen Allantois (6 bis 9). Dadurch werden die Zotten zum wichtigsten Ernährungsorgan für den Embryo.

Die Organe des Embryos bleiben aber von denen der Mutter vollständig getrennt. Im Blut der Mutter gelöste Nährstoffe beispielsweise werden vom Chorion aufgenommen, an die Blutgefäße des Embryos abgegeben und darin erst zu den Organen des Embryos selbst transportiert. Den umgekehrten Weg nehmen alle vom Embryo ausgeschiedenen Abfallstoffe.

Man nennt die Nahtstelle zwischen Mutter und Embryo (d. h. die Verbindung der Uterus-Schleimhaut mit den Zotten des Chorions und der Allantois) *Plazenta* (Mutterkuchen). Alle Säugetiere, die eine Plazenta besitzen, werden als *Placentalia* bezeichnet.

Die Kloakentiere (Schnabeltier) besitzen überhaupt keine Plazenta; die Beuteltiere (Känguruhs) haben noch keine richtig funktionierende Plazenta. Beide Gruppen gehören nicht zu den Plazentaliern.

Innerhalb der Plazentalier ist die Plazenta aber auch sehr unterschiedlich entwickelt. So können die Zotten über die ganze Oberfläche des Chorions verteilt oder nur auf einen Bezirk beschränkt sein. Außerdem können sie in großer oder geringerer Zahl entwickelt, nur kurz oder lang und verzweigt oder unverzweigt sein.

Daraus ergibt sich eine verschieden starke Verankerung des Embryos im Mutterkörper. Wo diese Verbindung nur lose ist (viele Huftiere), ziehen sich die Chorionzotten beim Geburtsakt einfach aus der Uterus-Schleimhaut mit heraus, so daß die Embryonalhüllen gleich mit ausgeschieden werden. Ist diese Verbindung dagegen sehr fest, so ist ein Auscheiden der Embryonalhüllen nur möglich, wenn gleichzeitig große Teile der Uterus-Schleimhaut mit abgestoßen werden (Nachgeburt).

## Zwillinge

Bei vielen Säugetieren, die gewöhnlich nur ein Junges haben, kommt es gelegentlich zur Geburt von Zwillingen (Abb. 39). Das kann zweierlei Ursachen haben.

Wenn sich bei der ersten Zellteilung des befruchteten Eies die Furchungszellen vollständig voneinander trennen, kann aus jeder davon noch ein vollständiges (meist nur etwas kleineres) Junges entstehen. In diesem Fall liegt jedes Junge in einer

eigenen Amnionhöhle. Beide Geschwister aber besitzen zusammen nur eine Plazenta (eng punktiert gezeichnet) und ein Chorion (10).

Solche eineiigen Zwillinge sind immer gleichen Geschlechts und äußerlich zum Verwechseln ähnlich.

Ebensogut können auch zwei Eier gleichzeitig befruchtet werden und im Uterus zur Entwicklung kommen. In diesem Fall hat jedes Geschwister seine eigene Plazenta (eng punktiert gezeichnet), sein eigenes Amnion und auch sein eigenes Chorion (11).

Solche zweieiigen Zwillinge brauchen nicht gleichen Geschlechts zu sein. Selbst wenn das der Fall ist, ähneln sie einander niemals so stark wie eineiige Zwillinge.

### Bekannte Arten der Säugetiere

Die etwa 6000 Arten der Klasse Säugetiere (*Mammalia*) werden auf drei Unterklassen mit insgesamt 18 Ordnungen verteilt.

Die Unterklasse der Eileger oder Kloakentiere (*Monotremata*) besteht nur aus einer Ordnung, die den gleichen Namen trägt. Diese Säugetiere leben heute nur noch in und bei Australien. In ihrem Körperbau besitzen sie zahlreiche sehr urtümliche Merkmale, die an Kriechtiere erinnern. Vor allem aber legen sie Eier, die in einer Bruttasche am Bauch des Weibchens oder in einem unterirdischen Nest ausgebrütet werden. Die Jungen jedoch werden von der Mutter gesäugt. Das Schnabeltier und die Ameisenigel (Farbtafel 5) sind bekannte Vertreter dieser Ordnung.

Die Unterklasse der Beuteltiere (*Marsupialia*) besteht ebenfalls nur aus einer Ordnung. Auch diese Tiere besitzen noch viele sehr urtümliche Merkmale. Sie bringen aber bereits lebende Junge zur Welt, die allerdings noch sehr wenig entwickelt sind und deshalb meistens in einem Beutel am Bauch der Mutter aufgezogen werden. In Anpassung an verschiedenartige Lebensweisen haben die Beuteltiere fast dieselben Gestaltentypen hervorgebracht, die wir auch von den Ordnungen der nachfolgend aufgeführten Unterklasse her kennen (Raubtiere, Nager, Insektenfresser usw.). Verbreitet sind die Beuteltiere heute nur noch über Amerika und das australische Gebiet. Die Beutelratten (*Opossum*) sind die bekanntesten amerikanischen Vertreter, die Känguruhs und der fast ausgerottete Beutelwolf (Farbtafel 6) ebenso bekannte australische Beuteltiere.

Die Unterklasse der Plazentaliere (*Placentalia*) umfaßt die am weitesten entwickelten Säugetiere. Sie alle bringen fertig ausgebildete Junge zur Welt, die allerdings manchmal noch blind und haarlos geboren werden (Nesthocker). Hierher gehören die meisten Arten der heute lebenden Säugetiere (16 Ordnungen).

Die Ordnung der Insektenfresser (*Insectivora*) ist innerhalb der Plazentalier die urtümlichste und älteste Gruppe überhaupt. Aus insektenfresserähnlichen Vorfahren sind die meisten nachfolgenden Ordnungen hervorgegangen. Die meisten Insektenfresser sind kleine (höchstens etwa rattengroße) Tiere, deren Gebiß aus nadelspitzen und scharfkantigen Zähnen zum Zerbeißen von Insektenpanzern besteht. Durch das Vertilgen großer Mengen von Insekten werden sie außerordentlich nütz-

lich. Die Spitzmäuse und Igel stehen deshalb bei uns unter strengem Naturschutz. Die Maulwürfe dagegen können durch ihre Grabtätigkeit in Gärten und auf Feldern schädlich werden.

Die Ordnung der Fledermäuse oder Flattertiere (*Chiroptera*) umfaßt die einzigen wirklich fliegenden Säugetiere. Aus der in vielen Einzelheiten hochinteressanten Lebensweise dieser Tiere ist insbesondere die Orientierung beim Flug zu erwähnen. Sie erfolgt nach dem Echolot-Prinzip, also mit Hilfe von Schreien, die wir nicht hören (Ultraschall), die aber zum „Anpeilen“ von Hindernissen oder fliegenden Beutetieren dienen. Manche Arten verfügen sogar über Einrichtungen, die als eine Art Richtstrahler dienen. Das gilt zum Beispiel für die oft eigenartig geformten Nasenaufsätze der Hufeisennasen. Weil die heimischen Fledermäuse sich überwiegend von Insekten ernähren, sind sie ebenso nützlich wie die Insektenfresser und stehen wie diese unter Naturschutz. Viele Arten unternehmen im Zusammenhang mit der Überwinterung ganz ähnliche (aber weniger weit führende), regelmäßige Wanderungen wie die Zugvögel. Von den nicht bei uns vorkommenden Arten sind vor allem die überwiegend fruchtfressenden Flughunde warmer Tropenländer zu nennen. Nur in Amerika leben die Vampyre, die nachts über andere Wirbeltiere herfallen, denen sie einen blitzschnellen Biß versetzen, um an der Wunde dann Blut zu lecken. Das hat als erster DARWIN beobachtet. Durch diese Ernährungsweise spielen manche Arten in Südamerika eine große Rolle als Überträger von Viehseuchen. In Mexiko und anderen Ländern übertragen sie sogar häufig die Tollwut auf den Menschen.

Die Ordnung der Pelzflatterer (*Dermoptera*) besteht nur aus zwei Arten, die in Südostasien (China und Hinterindien) und auf den großen indo-australischen Inseln heimisch sind. Die etwa katzen großen Tiere besitzen einen hunde- oder fuchsähnlichen Kopf. Vom Hals bis zur Schwanzspitze zieht sich an den Körperseiten je eine Flughaut entlang, aus der von den Beinen nur die Krallen herausragen. Mit diesen Flughäuten führen diese Tiere bis 70 m weite Gleitflüge von Bäumen herab zur Erde aus.

Die Ordnung der Herrentiere (*Primates*) wurde früher am Ende des Systems der Säugetiere aufgeführt, weil hierher die Affen, Menschenaffen und der Mensch selbst gehören. Heute wissen wir, daß diese Ordnung schon sehr frühzeitig aus Insektenfressern entstanden ist. Das kommt auch darin zum Ausdruck, daß die in Indien, China und Indonesien heimischen, in Gestalt, Größe und Lebensweise unserem Eichhörnchen ähnlichen Tupajas (*Tupaiaidae*) heute noch von manchen Forschern als Insektenfresser geführt werden, während andere sie zu den Herrentieren rechnen.

Eine andere Gruppe der Herrentiere wurde früher als „Halbaffen“ zusammengefaßt. Dazu gehören beispielsweise das Fingertier Madagaskars (Farbtafel 5), das mit seinen skelettartig dünnen Fingern Insekten unter der Baumrinde hervorkratzt, oder der großäugige Koboldmaki Indonesiens und der Philippinen. Die reizvollen Gestalten der kleinen Krallenäffchen (Löwenäffchen, Pinseläffchen usw.), die wir in zahlreichen Zoos zu sehen bekommen, leiten bereits zur Gruppe der früheren „Echten Affen“ über. Darunter faßte man die Neuweltaffen oder Breitenasen, die Altweltaffen oder Schmalnasen und die Menschenaffen zusammen. Zu den Breit-

nasen gehören viele bekannte Arten der Neuen Welt: das Totenköpfchen, die Kapuziner, die Klammeraffen und die Brüllaffen. Bekannte schmalnasige Altweltaffen sind die langschwänzigen Meerkatzen, die Mangaben, Paviane, Drill und Mandrill. Zu den Menschenaffen zählen die auffällig langarmigen Gibbons und die bekannten drei Formen der „Großen Menschenaffen“: Orang-Utan, Schimpanse und Gorilla. Schließlich ist auch der Mensch selbst zoologisch hier in die Ordnung der Herrentiere einzuordnen. |

Die Ordnung der Zahnarmen (*Edentata*) besteht aussonderbar spezialisierten Formen, die alle zahnarm oder sogar gänzlich zahnlos sind. Überwiegend handelt es sich dabei um Tiere, die sich von Ameisen oder Termiten ernähren. Auffällige Krallen an den Beinen dienen ihnen zum Öffnen der Insektenbauten und eine sehr lange, klebrige Zunge zum Auflecken der Nahrungstiere. Alle diese Tiere leben in Mittel- und Südamerika. Nur das Neunbindengürteltier (Farbtafel 5) dringt immer weiter nordwärts vor und lebt heute schon in großen Teilen der südlichen USA. Auf der gleichen Farbtafel ist auch ein Großer Ameisenbär und ein Dreizehenfaultier abgebildet. Gürteltiere, Ameisenbären und Faultiere sind die drei wichtigsten Gruppen der Zahnarmen. Die blatrfressenden Faultiere verbringen fast ihr ganzes Leben abwärtshängend und -klettern auf Bäumen. Ihr langes Fell ist am Bauch gescheitelt, darin siedeln sich zahlreiche kleine Lebewesen an.

Die Ordnung der Schuppen- oder Tannenzapfentiere (*Pholidota*) leben in den Urwäldern und Steppen Afrikas und Südasiens auf ähnliche Weise wie die insektenfressenden Zahnarmen in Amerika. Deshalb zeigen sie auch manche Übereinstimmung mit diesen im Körperbau (Farbtafel 5).

Die Ordnung der Hasenartigen (*Lagomorpha*) wurde bis vor kurzem mit der nachfolgenden Ordnung zusammengefaßt. Wir wissen heute aber, daß die scheinbar so kennzeichnenden Nagezähne auch bei ganz anderen Säugetieren vorkommen (Fingertier, manche Beuteltiere). Hierher gehören alle echten Hasen, Pfeifhasen und Kaninchen.

Die Ordnung der Nagetiere (*Rodentia*) spielt unter den Säugetieren eine ähnliche Rolle wie die Sperlingsvögel unter den gefederten Wirbeltieren; hierher gehören etwa 3000 von den insgesamt 6000 Arten der Säugetiere. Eichhörnchen, Erdhörnchen, Flughörnchen, Biber, Taschenratten und -mäuse, Hamster, Mäuse und Wühlmäuse, Ratten, Schläfer, Springmäuse, Stachelschweine, Baumstachelschweine, Meerschweinchen, Wasserschweine (Farbtafel 5), Agutis und Pacas, Stachelmäuse, Chinchillas und Bisamratten, Nutria sind bekannte Gruppen und Gestaltstypen dieser Ordnung. Fast alle sind Pflanzenfresser mit großem Nahrungsbedarf. Die meisten sind überdies durch große Fruchtbarkeit gekennzeichnet, bringen also in kurzen Abständen jeweils zahlreiche Junge zur Welt. Dadurch werden viele Arten außerordentlich schädlich; in Häusern und Vorratslagern ebenso wie auf Feldern und in Pflanzenkulturen. Manche dieser Schädlinge wurden durch den Handel vom Menschen weltweit verschleppt (Ratten, Mäuse). Einige Arten sind auch nützlich, weil sie einen verwertbaren Pelz liefern und deshalb in Pelztierfarmen gezüchtet werden (Nutria). Die Chinchillas liefern sogar einen der kostbarsten und wertvollsten Pelze überhaupt. Diese ursprünglich

nur in Südamerika heimischen Tiere dürfen aber nicht mit der Chinchilla genannten Rasse des Hauskaninchens verwechselt werden.

Die Ordnung der Raubtiere (*Carnivora*) lebt zwar größtenteils räuberisch von erbeutetem Fleisch, doch gibt es auch Formen darunter, die sich überwiegend oder sogar vollständig pflanzlich ernähren (z. B. Bambusbär). Die Ordnung zerfällt in zwei schon äußerlich leicht zu unterscheidende Unterordnungen.

Die Wasserraubtiere oder Robben (*Pinnipedia*) besitzen einen fischähnlichen, torpedoförmigen Körper und zu Flossen umgestaltete Beine. Hierher gehören die Robben, Seehunde, Seelöwen und Seeleoparden, die See-Elefanten und Walrosse (Farbtafel 6). Die über 4 m langen und mehr als 20 Zentner schweren Walrosse ernähren sich hauptsächlich von Kleintieren (Muscheln, Krebse, Seeigel usw.). Früher gab es davon nach Tausenden zählende Herden. Sie wurden größtenteils ausgerottet, weil die Hauer der Männchen ein ebenso wertvolles Elfenbein liefern wie die Stoßzähne der Elefanten.

Die Landraubtiere (*Fissipedia*) besitzen scharfkrallige Füße. Hierher gehören die bekannten Gestalten der Hunde, Katzen, Bären und Marder. Bekannte Katzenarten sind Löwe, Tiger, Leopard, Puma, Jaguar und Luchs, Ozelot, Wildkatzen und Gepard (Farbtafel 6). Zu den Hunden rechnen die Wölfe, Schakale, Füchse und Dingos. Von den Bären sind uns Braunbären, Eisbären, Kragen- und Lippenbären aus Tiergärten und Zoos bekannt. Zu den Mardern zählen Baum- und Hausmarder, Iltis, Nerz, Wiesel, Vielfraß, Dachs, Skunk und Fischotter. Neben diesen vier bekannten Familien rechnen hierher noch die Hyänen, die Kleinbären und die Schleichkatzen. Zu den Kleinbären gehören die bekannten Arten Waschbär, Wickelbär, Katzenbär und Bambusbär (Farbtafel 6). Bekannte Schleichkatzen sind die Zibet- oder Ginsterkatzen, die Mungos und die Kusimansen.

Die Ordnung der Wale (*Cetacea*) stellt die größten Tierarten überhaupt. Die Weibchen der größten Arten erreichen über 30 m Länge und ein Gewicht von weit mehr als 150 000 kg. Die größten Landwirbeltiere (Riesensaurier) wurden zwar beinahe ebenso lang, ihr Gewicht aber betrug höchstens 60 000 kg. Ihrer Lebensweise und ihrem Körperbau nach werden die Wale in zwei Unterordnungen geteilt.

Die Bartenwale fressen Kleinlebewesen, die in dem riesigen Maul durch jederseits 300 bis 400 quergestellte Hornplatten (Barten) aus dem Wasser ausgesiebt werden. Hierher gehören die größten Arten (Grönlandwal, Finnwal, Blauwal), aber auch Formen, die höchstens 6 m Körperlänge erreichen.

Die Zahnwale sind Räuber, die sich von Fischen, Wasservögeln und Robben ernähren, mitunter aber auch rudelweise selbst die Riesen unter den Bartenwalen anfallen. Hierher gehören die Pottwale, der Narwal (dessen gedrehter Stoßzahn unter anderem mit zum Entstehen der Sage vom Einhorn beitrug) und die Delphine oder Tümmler, von denen einige Arten auch in großen Flüssen leben.

Die Ordnung der Röhrenzähler (*Tubulidentata*) besteht nur aus einer Art, dem in Afrika heimischen Erdferkel (Farbtafel 5), das eine ganz ähnliche Lebensweise führt wie die neuweltlichen Zahnarmen und früher vielfach auch zu dieser Ordnung gerechnet wurde.

Die Ordnung der Unpaarhufer (*Perissodactyla*) umfaßt die pferdeähnlichen Huftiere (Pferde, Esel, Zebras), die Tapire (die heute noch in Südostasien, Indonesien und Amerika leben), und die Nashörner. Davon sind die Pferde von besonderer Bedeutung für die Kulturgeschichte des Menschen.

Die Ordnung der Paarhufer (*Artiodactyla*) stellt eine große Zahl von Haus- und Nutztieren und ist seit altersher der wichtigste Fleischlieferant für den Menschen. Hierher gehören alle größeren Jagdtiere (Hirsche, Rehe, Wildschweine, Antilopen und Gazellen), viele Haustierte (Rinder, Schafe, Ziegen, Rentiere, Kamele, Lamas und Schweine) und außerdem noch Tierarten, die uns aus jedem Zoo bekannt sind (Giraffen, Nilpferde). Die Ordnung wird allgemein in drei Unterordnungen geteilt.

Die „nicht wiederkäuenden Paarhufer“ umfassen die „echten Schweine“ (Wildschwein, Warzenschwein, Hirscheber), die Nabelschweine und die Flußpferde.

Eine eigene Unterordnung bilden die Kamele und Lamas, deren Sonderstellung durch den Bau ihrer Fußsohlen bedingt ist.

Die dritte Unterordnung schließlich besteht aus den „echten Wiederkäuern“. Das ist die größte Unterordnung. Sie wird in zahlreiche Familien untergliedert. Die bekanntesten davon sind die Hirsche (Moschustier, Damhirsch, Rothirsch, Elche, Rentiere und Rehe), die Giraffen, zu denen auch das seltene Okapi des Kongowaldes gehört (Farbtafel 6), die antilopenähnlichen Gabelböcke Nordamerikas (Farbtafel 6) und die Rinder (Büffel, Wisent, Bison, alle Antilopen, Gazellen und Gnus – Farbtafel 6 –, Gemsen, Moschusochse – Farbtafel 6 –, Ziegen, Schafe und Steinbock).

Die Ordnung der Seekühe (*Sirenia*) hat von altersher in der Sagen- und Fabelwelt des Menschen einen festen Platz. Obwohl die Tiere äußerlich eine gewisse Ähnlichkeit mit Robben und See-Elefanten haben (Farbtafel 6), gehören sie doch in den Verwandtschaftskreis der Huftiere. Dorthin hat sie schon LINNÉ gestellt. Alle Seekühe sind Pflanzenfresser, die die Unterwasservegetation abäsen. Die größte Art war die nach ihrem Entdecker benannte STELLERSche Seekuh. Sie wurde bis 10 m lang und erreichte ein Gewicht von fast 500 Zentnern. Diese Art aber wurde schon 27 Jahre nach ihrer Entdeckung ausgerottet – von Robbenfängern erschlagen! Heute leben noch zwei Arten in Flußmündungen warmer Küstenmeere. Der abgebildete Manati oder Lamantin lebt in den Küstengebieten des Karibischen Meeres und kommt südwärts bis zur Amazonasmündung vor.

Die Ordnung der Schliefer (*Hyracoidea*) wird meist nach der bekanntesten Gattung Klippschliefer genannt. Daneben gibt es aber noch zwei andere Gattungen (Stoppenschliefer und Baumschliefer). Die Namen kennzeichnen schon die Lebensräume: der Klippschliefer ist ein Felsbewohner, der Stoppenschliefer ein Bodenbewohner der Steppe und der Baumschliefer ein Waldtier. Alle drei Gattungen kommen nur in Afrika vor und sind Pflanzenfresser. Von der Gestalt und vom Körperbau her zeigen die Schliefer Gemeinsamkeiten sowohl mit den Nagetieren wie mit den Huftieren und „Dickhäutern“.

Die Ordnung der Rüsseltiere (*Proboscidea*) besteht heute nur noch aus den beiden bekannten Arten des afrikanischen und indischen Elefanten.

## Aufgaben

1. Stellen Sie in Tabellen die wirtschaftliche Bedeutung heimischer Säugetiere zusammen! Erfassen Sie dabei gesondert solche Tiere, die als Haustiere gehalten werden, und wildlebende Arten!
2. Geben Sie einen Überblick über wirtschaftlich wichtige Säugetiere anderer Klimazonen und deren Bedeutung für den Menschen!
3. Stellen Sie eine Übersicht über Stammformen und Herkunftsgebiete unserer Haustiere zusammen!
4. Sezieren Sie ein Säugetier (Nager)! Benutzen Sie dazu die Anleitung auf S. 132! Vergleichen Sie Bau und Lage der wichtigsten inneren Organe von Säugetieren und Vögeln!

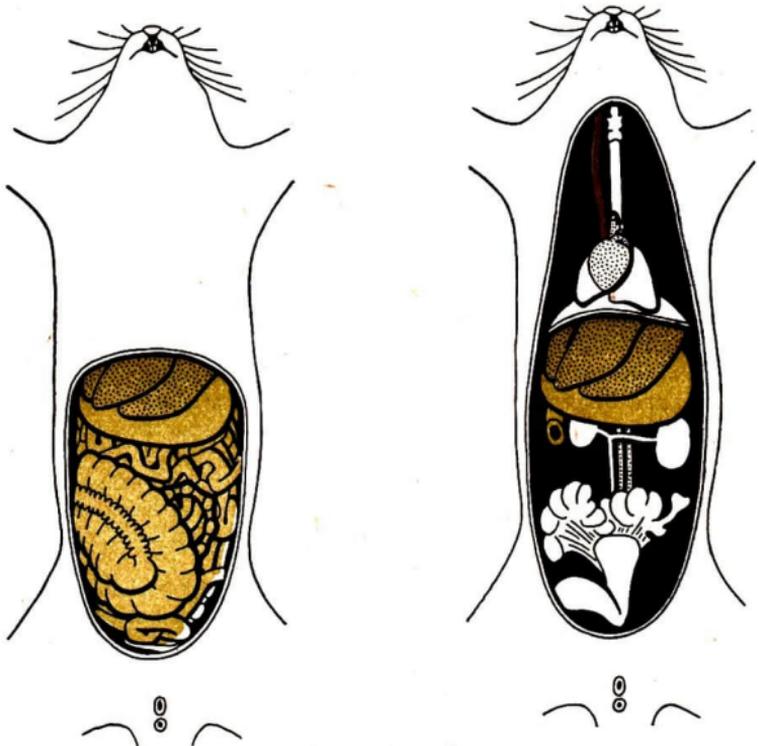


Abb. 40 Innere Organe eines Säugetieres (Nager)

## ANHANG

### Übersicht über das System der Organismen Reich Tiere (*Metazoa*)

In der Zoologie werden heute mehr als 25 Tierstämme unterschieden, die die einzelnen Forscher auf ganz verschiedene Weise anordnen. Hier sind nur die Stämme der mehrzelligen Tiere berücksichtigt, die im Unterricht behandelt wurden. Sie werden in der gleichen Weise angeordnet wie in der „Exkursionsfauna von Deutschland“.

#### **Stamm Schwämme (*Porifera*)**

Festsitzende Tierstöcke ohne Gewebe und Organe. Einzelwesen nicht erkennbar. Körperzellen weitgehend selbständig, bilden höchstens lose Epithelien (Dermal- und Gastralager). Strudler. Vermehrung ungeschlechtlich (Knospung) oder geschlechtlich über Larvenform (frei schwimmend). Kein Generationswechsel! Überwiegend Meerestiere. Nur eine Klasse, die nach der Substanz ihres Skelett- und Stützgerüsts in fünf Ordnungen untergliedert wird.

Zum Beispiel: Kalkschwämme, Kieselschwämme, Hornschwämme (Badeschwamm, Süßwasserschwämme). Etwa 5000 Arten, heimisch etwa 30.

#### **Stamm Nesseltiere (*Cnidaria*)**

Einzelwesen deutlich erkennbar, vom Bauplan einer Gastrula (zweischichtige Körperwand), mit einfachen Geweben. Einzige Mehrzeller, die im eigenen Körper Nesselkapseln bilden. Oft in zwei Erscheinungsformen: als festsitzender Polyp und als frei schwimmende Meduse oder Qualle (Generationswechsel!). Koloniebildung verbreitet, Einzeltiere dann oft ganz oder teilweise umgestaltet. Überwiegend Meerestiere.

##### **Klasse *Hydrozoa***

Polypen meist auffälliger als die kleinen und mitunter ganz rückgebildeten Medusen. Medusen entstehen nur durch Knospung.

Zum Beispiel: Süßwasserpolypen (ohne Medusen). 2700 Arten, heimisch etwa 100.

##### **Klasse *Scyphozoa***

Medusen meist auffälliger und viel größer als die fast immer einzeln lebenden Polypen. Medusen entstehen durch Strobilation.

Zum Beispiel: Ohrenqualle, Becherquallen, Feuerquallen. Etwa 200 Arten, heimisch nicht einmal 10.

##### **Klasse Korallen (*Anthozoa*)**

Einzel lebende oder koloniebildende Polypen. Keine Medusen. Körperinnenraum durch Trennwände taschenförmig unterteilt.

Zum Beispiel: Zylinderrose, Purpurrose, Steinkorallen, Edelkorallen, Riffkorallen, Seefedern. Etwa 6000 Arten, heimisch 20.

### **Stamm Rippenquallen (*Acnidaria*)**

Meist zarte, durchsichtige Hohltiere, die im Meere schweben und keine Nesselkapseln besitzen. Nur eine Klasse (*Ctenophora*).

Zum Beispiel Seestachelbeere. Knapp 100 Arten, heimisch 3.

### **Stamm Plattwürmer (*Plathelminthes*)**

Flache, wurmförmige Tiere mit deutlichen Organen und Geweben. Körperinneres mit einem von Spalten durchzogenen Bindegewebe angefüllt. Zwitter.

#### **Klasse Strudelwürmer (*Turbellaria*)**

Körper außen ganz und gar bewimpert. Ohne Saugnäpfe, Haftscheiben usw. Darm einfach oder verzweigt, mitunter fehlend. Ohne After. Meist räuberische Wassertiere, seltener auf dem Lande.

Zum Beispiel: Planarien. Etwa 1600 Arten, heimisch etwa 150.

#### **Klasse Saugwürmer (*Trematodes*)**

An der Bauchseite 1 oder 2 Saugnäpfe in verschiedener Anordnung. Darm meist gegabelt und verästelt, ohne After. Erwachsene leben ausschließlich als Außen- oder Innenparasiten, hauptsächlich an und in Wirbeltieren. Schädigung des Wirtes bei Massenbefall stark, unter Umständen sogar tödlich. Manchmal seuchenhafte Ausbreitung der Krankheit. Entwicklung direkt oder mit Generations- und Wirtswechsel. Zwischenwirt dann meist eine Schnecke (bekämpfen!).

Zum Beispiel: Großer Leberegel. 3500 Arten, heimisch 450.

#### **Klasse Bandwürmer (*Cestodes*)**

Körper besteht aus dem Kopf und den an dessen Hinterrand gebildeten Gliedern. Kopf oft mit Hafteinrichtungen. Junge Glieder fungieren als Männchen, alte als Weibchen, werden – mit befruchteten Eiern angefüllt – einzeln oder in Gruppen abgestoßen. Manche Arten über 10 m lang. Er wachsen im Darm von Wirbeltieren. Nahrungsaufnahme osmotisch durch die Haut (kein Darm!). Entwicklung mit zum Teil mehrfachem Generations- und Wirtswechsel. Schädigung des Endwirtes meist nur bei Massenbefall. Stärker gefährdet sind die Zwischenwirte (Finnen). Zum Beispiel: Schweinefinnenbandwurm, Rinderfinnenbandwurm, Fischbandwurm, Hundebandwurm (Mensch ist Zwischenwirt!). 2000 Arten, heimisch 450.

### **Stamm Rundwürmer (*Nemathelminthes*)**

Meist drehrunde, langgestreckte, wurmförmige Tiere, deren Körperinneres von einer mit Flüssigkeit gefüllten primären Leibeshöhle gebildet wird. Darm mit Mund und After. Oft ist Zellkonstanz der Organe zu beobachten.

#### **Klasse Rädertierchen (*Rotatoria*)**

Vorderende mit Räderorgan. Meist kleiner als 1 mm. Wasserbewohner, die auch in kleinsten Wasseransammlungen häufig sind (Moospolster). 1500 Arten, heimisch 550.

#### **Klasse Bauchhärlinge (*Gastrotricha*)**

Abgeflachte Bauchseite mit Wimperstreifen, Rücken mit Schuppen oder Borsten. Bodenbewohner in Süß- und Meerwasser von höchstens 1,5 mm Körperlänge. 200 Arten, heimisch etwa 10.

#### **Klasse Fadenwürmer (*Nematoda*)**

Langgestreckt, drehrund, fadenförmig, vorn und hinten verjüngt. Bis 1 m lang, aber auch nur 0,3 mm große Arten! Freilebend oder Parasiten. Viele Arten von großer wirtschaftlicher oder medizinischer Bedeutung. Getrenntgeschlechtig. Parasiten oft mit komplizierten Entwicklungsweisen.

Zum Beispiel: Kartoffelnematode, Rübenälchen, Weizenälchen, Spulwurm, Madenwurm, Magenwürmer, Lungenwürmer, Trichine. Über 5000 Arten, heimisch etwa 1500.

#### **Klasse Saitenwürmer (*Nematomorpha*)**

Oft über 1 m lang, aber nur 1 mm breit. Erwachsene Würmer vielfach in Knäueln zu Hunderten am Gewässergrund. Larven parasitisch in Krebsen und Insekten. Zum Beispiel: Wasserkalb. Über 200 Arten, heimisch etwa 50.

#### **Klasse *Kinorhyncha***

Äußerlich gegliederte Bewohner des Meeresbodens von etwa 1 mm Körperlänge. Etwa 30 Arten, heimisch 10.

#### **Klasse Kratzer (*Acanthocephala*)**

Walzenförmige Darmparasiten bei Wirbeltieren. Bis 60 cm lang. Nahrungsaufnahme osmotisch durch die Haut. Mit Widerhaken besetzter, einziehbarer Rüssel dient zur Verankerung im Wirt (Darmverletzungen). Entwicklung mit einfachem oder doppeltem Wirtswechsel.

Zum Beispiel: Riesenkratzer. Über 250 Arten, heimisch etwa 50.

#### **Stamm *Priapulida***

Walzenförmige Bodenbewohner des Meeres mit birnenförmigem, Hakenreihen tragendem Rüssel und büschelförmigem Schwanzanhang. 3 Arten, heimisch 2.

#### **Stamm Weichtiere (*Mollusca*)**

Körper besteht aus Kopf und Eingeweidesack. Wenigstens der Eingeweidesack ist meistens durch Schalen oder Gehäuse geschützt.

#### **Klasse Wurmmollusken (*Solenogastres*)**

Wurmförmig, ohne Schalen. Meerestiere. Etwa 150 Arten, nicht heimisch.

#### **Klasse Käferschnecken (*Polyplacophora*)**

Rücken mit acht dachziegelartig angeordneten Schalenplatten, Meerestiere der Brandungszone. 1000 Arten, heimisch 2.

#### **Klasse *Monoplacophora***

Mit einheitlicher, napfschneckenähnlicher Rückenschale und innerer Segmentierung. Tiefseebewohnende Meerestiere. 2 Arten, nicht heimisch.

#### **Klasse Schnecken (*Gastropoda*)**

Meist mit spiralig gewundenen, verschiedenförmigen Gehäusen. Meerestiere, Süßwasserbewohner und zahlreiche Landformen.

Zum Beispiel: Leberegelschnecken, Posthornschnecken, Schlamm- und Weinbergschnecke, Schnirkelschnecken.

Etwa 95000 Arten, heimisch etwa 350.

#### **Klasse Röhrenschaler (*Scaphopoda*)**

Mit leicht gebogener, beiderseits offener Schalenröhre. Graben im Meeresboden. Etwa 300 Arten, heimisch 1.

#### **Klasse Muscheln (*Bivalvia*)**

Mit zweiklappiger Schale. Wassertiere (Meer und Süßwasser).

Zum Beispiel: Malermuschel, Flußperlmuschel, Miesmuschel, Auster. 20000 Arten, heimisch etwa 90.

#### **Klasse Kopffüßer (*Cephalopoda*)**

Schale meist äußerlich nicht sichtbar (Rückenschulp). Bei vielen ausgestorbenen und drei heute lebenden Arten spiralig gewunden und gekammert. Kopf mit 8 oder 10 Fangarmen. Reine Meerestiere.

Zum Beispiel: Schiffsboot, Tintenfisch, Kalmar, Krake, Papierboot. Über 600 Arten, heimisch mehr als 10.

#### **Stamm Sipunkuliden (*Sipunculida*)**

Walzenförmiger Körper mit langem, einziehbarem Rüssel, der vorn einen Tentakelkranz trägt. Meerestiere, meist in warmen Meeren (Tiefsee) am Boden in Röhren. 250 Arten, heimisch 4.

#### **Stamm Igelwürmer (*Echiurida*)**

Körper sackförmig, mit nicht einziehbarem, löffelförmigem Rüssel. Größtenteils Tiefseebewohner.

Zum Beispiel: *Bonellia*. Etwa 70 Arten, heimisch 1.

#### **Stamm Ringelwürmer (*Annelida*)**

Körper außen und innen deutlich gegliedert. Segmente zeitlebens mit einem Coelom ausgekleidet.

##### **Klasse Borstenwürmer (*Polychaeta*)**

Körpersegmente mit seitlichen Parapodien. Meist ganz und gar mit Borsten besetzt. Meerestiere mit großer Gestaltenfülle.

Zum Beispiel: Sandpfer, Seemaus, Palolo. Etwa 4000 Arten, heimisch knapp 150.

##### **Klasse Gürtelwürmer (*Clitellata*)**

Während der Fortpflanzungszeit ist die Haut der Genitalsegmente gürtelartig verdickt. 2 leicht zu erkennende Ordnungen:

Die Wenigborstigen (*Oligochaeta*) besitzen meist keine Saugnäpfe. Äußere und innere Körpergliederung stimmen überein.

Zum Beispiel: Tubifex, Regenwürmer, Enchytraeen. 2400 Arten, heimisch 150.

Die Egel (*Hirudinea*) besitzen vorn und hinten je einen Saugnäpf. Äußerlich stärker geringelt, als innen Segmente ausgebildet sind.

Zum Beispiel: Blutegel, Pferdeegel, Fischegel.

300 Arten, heimisch knapp 30.

#### **Stamm Stummelfüßer (*Onychophora*)**

Ringelwurmähnliche Tiere. Segmente mit je 1 Paar Stummelfüßen, die Krallen tragen. Zeigen zahlreiche Merkmale der Ringelwürmer und Gliederfüßer, sind aber keine Vor-

fahren der Gliederfüßer. Ungefähr 70 Arten in Tropenländern der südlichen Halbkugel nicht heimisch. Gattung *Peripatus*.

#### **Stamm Bärtierchen (*Tardigrada*)**

Wasserbewohnende Zwergformen von meist unter 1 mm Körperlänge. In vergänglichen Kleinstgewässern. Mit sehr widerstandsfähigen Dauerstadien. Knapp 200 Arten, heimisch etwa 40.

#### **Stamm Zungenwürmer (*Pentastomida*)**

Langgestreckte, platte, wurmförmige Parasiten in Atemorganen fleischfressender Landwirbeltiere.

Zum Beispiel: Nasenwurm. Etwa 60 Arten, heimisch 2.

#### **Stamm Gliederfüßer (*Arthropoda*)**

Körper mit einem Chitinpanzer bedeckt, meist und ursprünglich deutlich segmentiert. Mit gegliederten Beinen. 4 Unterstämme.

Die Trilobiten (*Trilobita*) lebten nur im Erdaltertum (Kambrium bis Perm). Körper längs und quer dreigeteilt, sehr gleichmäßig segmentiert. 1 Paar Fühler und Schreitbeine. Keine Mundwerkzeuge. Etwa 4000 Arten.

Die Fühlerlosen (*Chelicerata*) besitzen keine Fühler und Kiefer. Am Vorderende 1 Paar Cheliceren.

##### **Klasse Merostomata**

Kiemenatmende Wassertiere. Die Ordnung der Seeskorpione (*Gigantostraca*) lebte mit etwa 200 Arten vom Silur bis Perm. Erreichte bis 1,8 m Körperlänge (größte Gliederfüßer!). Die Ordnung der Schwertschwänze (*Xiphosura*) lebt mit 5 Arten an den Küsten des Atlantik und Pazifik. Pfeilschwanzkrebs (*Limulus*).

##### **Klasse Spinnentiere (*Arachnida*)**

Durch Fächertracheen (und oft auch Röhrentracheen) atmende Landtiere mit meist 4 Paar Laufbeinen. Über 30000 Arten in 10 Ordnungen, von denen die Skorpione zu den ältesten Landtieren gehören. Heimisch 4 Ordnungen: Moos- und Bücherskorpione (etwa 20 Arten), Weberknechte oder Kanker (35 Arten), Webespinnen (etwa 800 Arten) und Milben (über 2000 Arten).

##### **Klasse Asselspinnen (*Pantopoda*)**

Sonderbar spezialisierte Meerestiere, die nur aus Beinen zu bestehen scheinen. Etwa 500 Arten, heimisch 15.

Die Krebse (*Diantennata*, *Crustacea*) besitzen zwei Paar Fühler. Nur eine Klasse, die heute in sehr zahlreiche Ordnungen geteilt wird.

Zum Beispiel: Wasserflöhe, Asseln, Flohkrebse, Flußkrebse, Wollhandkrabbe, Hummer, Seepocken. Etwa 26000 Arten, heimisch über 500.

Die Röhrenatmer (*Tracheata* oder *Antennata*) besitzen 1 Paar Fühler. Meist Landtiere, die durch Röhrentracheen atmen.

##### **Klasse Vielfüßer (*Myriopoda*)**

Mit mindestens 9 Beinpaaren. Jedes Segment kann 1 oder 2 Beinpaare tragen. Zum Beispiel: Steinkriecher, Erdläufer, Skolopender, Schnurfüßer. Etwa 5400 Arten, heimisch knapp 200.

#### **Klasse Insekten (*Hexapoda*)**

Mit 3 Beinpaaren, die nur an den Brustsegmenten ansetzen. Oft mit 1 oder 2 Paar Flügeln am Brustücken. Zahlreiche Ordnungen.

Zum Beispiel: Silberfischchen, Libellen, Heuschrecken, Läuse, Wanzen, Hautflügler, Käfer, Schmetterlinge, Fliegen und Flöhe.

Über 750 000 Arten, heimisch etwa 28 000. Sehr viele Krankheitsüberträger, Schädlinge usw. Viele Arten sind aber auch nützlich.

#### **Stamm Stachelhäuter (*Echinodermata*)**

Fünfstrahlig symmetrische Meerestiere. Als Skelett dienen in die Haut eingelagerte Kalkplatten, die oft Stacheln tragen.

#### **Klasse Haarsterne (*Crinoidea*)**

Körper kelchförmig, mit 5 einfachen oder gegabelten dünnen Armen. Ursprünglich auf einem Stiel festsitzend, lösen sich meist ab und schwimmen dann. Etwa 600 Arten, nicht heimisch.

#### **Klasse Seesterne (*Asteroidea*)**

Körper sternförmig. Etwa 1100 Arten, heimisch 5.

#### **Klasse Schlangensterne (*Ophiuroidea*)**

Körper scheibenförmig, mit 5 dünnen, langen Armen. Kriechen meist auf dem Boden. Etwa 1500 Arten, heimisch knapp 10.

#### **Klasse Seeigel (*Echinoidea*)**

Körper kugelig, meist auffällig bestachelt. 700 Arten, heimisch 5.

#### **Klasse Seewalzen (*Holothurioidea*)**

Körper dick wurmförmig, langgestreckt. Etwa 600 Arten, heimisch 4.

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

Rückenmarktiere mit einem zentralen Achsenskelett, das mindestens aus einer Rücken- saite (Chorda) besteht. Nach der Entwicklung des Innenskeletts und des Kieferapparates werden drei Unterstämme unterschieden:

Die Manteltiere (*Tunicata*) sind festsitzende oder frei schwimmende, einzeln lebende oder koloniebildende Meerestiere, die meistens nur als Larve eine Chorda besitzen. Etwa 100 000 Arten, heimisch etwa 10.

Die Schädellosen (*Acrania*) besitzen zeitlebens eine Chorda, die den ganzen Körper durchzieht. Wirbel, Schädel und Kiefer fehlen. Einzige Art: Lanzettierchen.

Die Wirbeltiere (*Vertebrata*) bilden im Bereich der Chorda Wirbelkörper aus.

#### **Klasse Kieferlose (*Agnatha*)**

Chorda mit einfachen, knorpeligen Spangen. Einfacher knorpeliger Spangenschädel. Keine Kiefer.

Zum Beispiel: Neunaugen. 50 Arten, heimisch 4.

#### **Klasse Knorpelfische (*Chondrichthyes*)**

Mit Wirbelsäule, Schädel und Kiefer. Gesamtes Skelett zeitlebens knorpelig.

Zum Beispiel: Haie, Rochen. 180 Arten, heimisch 5.

#### **Klasse Knochenfische (*Osteichthyes*)**

Skelett knöchern, kann aber bei manchen Arten sekundär wieder verknorpeln.

Zum Beispiel: Quastenflosser, Lungenfische, Störe, Aale, Karpfen, Hechte, Welse, Plattfische. 38000 Arten, heimisch 50.

#### **Klasse Lurche (*Amphibia*)**

Vierfüßige Landtiere mit feuchter, drüsenreicher Haut. Entwicklung meist im Wasser (Metamorphose mit Umstellung der Kiemen- auf Lungenatmung). 3 Ordnungen: Schwanzlurche, Froschlurche und Blindwühlen. Heimisch nur Schwanz- und Froschlurche.

Zum Beispiel: Salamander, Molche, Frösche, Kröten, Unken. 1700 Arten, heimisch 20.

#### **Klasse Kriechtiere (*Reptilia*)**

Vierfüßige Landtiere mit trockener, stark verhornter Haut.

Zum Beispiel: Schildkröten, Krokodile, Echsen, Schlangen. 8000 Arten, heimisch 12.

#### **Klasse Vögel (*Aves*)**

Gleich warme Landwirbeltiere, deren Wärmeschutz von Federn gebildet wird. Vorgliedmaßen dienen als Flügel zum Fliegen.

49 Ordnungen, heimisch 25.

Zum Beispiel: Singvögel, Rabenvögel, Tauben, Enten, Störche, Hühner, Eulen, Schwalben, Raubvögel, Pinguine, Strauße. Etwa 10000 Arten, heimisch 250 (Brut!).

#### **Klasse Säugetiere (*Mammalia*)**

Gleich warme Landwirbeltiere, deren Wärmeschutz von einem Haarkleid gebildet wird. Jungen entwickeln sich meistens im Mutterkörper.

18 Ordnungen; bei uns kommen davon wildlebend 6 vor.

Zum Beispiel: Beuteltiere, Insektenfresser, Fledermäuse, Herrentiere, Hasenartige, Nager, Raubtiere, Paarhufer, Rüsseltiere.

Nager sind überwiegend schädlich. Zu den Huftieren gehören fast alle Nutz-, Haus- und Nahrungstiere des Menschen. Etwa 6000 Arten, heimisch 120 (wildlebend).

### **Anleitung zum Sezieren von Tieren**

Die Anleitungen wurden in Anlehnung an den „Leitfaden für das Zoologische Praktikum“ (Kükenthal/Matthes, Fischer/Jena 1959) zusammengestellt.

Allgemein gilt: es ist stets unter Wasser zu präparieren; Wirbellose werden immer von der Rückenseite, Wirbeltiere von der Bauchseite her präpariert. Voraussetzung für ein erfolgreiches Arbeiten ist folgende Mindestausstattung:

Ein **Instrumentenkasten** mit einer gröberen und einer feineren Pinzette, einer starken und einer feinen (spitzen) Schere, zwei Präpariernadeln (dabei möglichst eine Lanzettnadel), einem Präpariermesser (Skalpell), einer Pipette, zwei Uhrglaschalen, einem Leinenlappen, Filtrierpapier;

Ein **Wachsbecken** (Sezierschale): ein rechteckiges Becken (aus Zinkblech oder eine Fotoschale; 30 × 20 × 6 cm), das mit Wachs etwa 2 cm hoch ausgegossen wird. (Das Wachs kann vorher mit Frankfurter Schwarz gefärbt werden, damit die Präparate sich besser vom Untergrund abheben.)

### Eine Stativlupe

#### Objektträger

Ein Eimer oder irdener Topf zum Sammeln der Abfälle.

Chemikalien. Formalin, 96% iger Alkohol, destilliertes Wasser.

### Regenwurm

Es werden in Chloroformwasser getötete Tiere seziiert. Der Wurm wird im Becken unter Wasser so aufgesteckt, daß die dunklere Rückenseite oben liegt. Man führt eine starke Stecknadel an der Grenze zwischen 1. und 2. Segment ein, eine zweite vor dem Hinterende und spannt nun den Wurm allmählich so weit, wie es ohne Zerreißen möglich ist. Mit der feinen Schere wird jetzt von vorn her neben der durch das Rückengefäß angegebenen Mittellinie der Hautmuskelschlauch eröffnet. Man muß ihn dazu mit der Pinzette etwas anheben, um nicht das Gefäß oder den Darm anzuschneiden (besondere Vorsicht beim 3. Segment).

In der hinteren Körperhälfte ist der Schnitt mehr seitlich zu führen. Dann wird der Hautmuskelschlauch auseinandergebogen und seitlich durch schräg eingeführte, feinere Nadeln festgesteckt. Dabei darf er nicht so weit auseinandergezogen werden, daß er platt wie ein Brett auf dem Boden des Präparierbeckens liegt, sonst erhalten manche Organe eine unnatürliche Lage oder zerreißen.

Betrachten Sie nun den inneren Bau des präparierten Tieres! Vergleichen Sie mit Abbildung 10! Benutzen Sie dazu eine Stativlupe!

### Zergliedern der Mundgliedmaßen von Insekten

Küchenschabe. Der Kopf des Tieres wird abgeschnitten. Die an der vorderen Spitze der Stirnfläche gelegene Oberlippe wird durch einen flachen Schnitt mit dem Präpariermesser abgetrennt, mit der Pinzette abgehoben und auf einen Objektträger gelegt. Dann werden mit der Pinzette die Oberkiefer herausgehoben und, möglichst in natürlicher Lagebeziehung zur Oberlippe, ebenfalls auf den Objektträger gelegt. Ebenso verfährt man mit den Unterkiefern und der Unterlippe.

Hummel (Biene). Den getöteten Tieren wird der Kopf abgeschnitten. Verwendet man in Alkohol konserviertes Material, muß man die Köpfe kurze Zeit in kochendem Wasser aufweichen. Danach legt man den Kopf auf einen Objektträger, trennt mit einem feinen Präpariermesser (von der Unterlippe ausgehend) die einzelnen Mundgliedmaßen ab und betrachtet sie bei schwacher Vergrößerung mit dem Mikroskop (Abb. 18).

### Fisch

Wir präparieren einen Knochenfisch, am besten eine Plötze (*Leuciscus rutilus L.*) oder eine verwandte Art. Die Fische werden in Chloroform getötet und möglichst frisch unter Wasser im Wachsbecken untersucht. (Nur im Notfall sollte man Fische in 3%iger Formollösung konservieren.)

Betrachten Sie zunächst das vor Ihnen liegende Tier genau. Suchen Sie die vor der Afterflosse liegenden drei Öffnungen (After, Geschlechtsöffnung und Mündung des Harnleiters). Schneiden Sie mit der Schere, vom After beginnend, den Leib in der Ventrallinie bis zu den Kiemenstrahlen auf. Führen Sie dann einen zweiten Schnitt vom After auf der linken Seite schräg nach vorn bis etwa zur Seitenlinie (dort verläuft etwa die dorsale Begrenzung der Leibeshöhle). Einen entsprechenden Schnitt führen Sie hinter dem Kiemendeckel schräg nach hinten und oben. Die so entstandene Klappe schneiden Sie entlang der Seitenlinie ab.

Tragen Sie nun die dorsale Muskulatur einer Körperhälfte ab, dadurch werden die Wirbelsäule und die Dornfortsätze freigelegt. Nun präparieren Sie den Kopf, indem Sie einen Medianschnitt auf der Ventralseite vorsichtig und möglichst flach bis zur Spitze des Unterkiefers führen, ebenso einen Schnitt auf der Dorsalseite bis zur Oberkieferspitze (der Knochen muß dabei eben durchtrennt werden). Heben Sie vorsichtig die ganze Seitenwand des Kopfes ab.

Nun können Sie den Fisch in das Wachsbecken unter Wasser legen. Betrachten Sie genau die inneren Organe des präparierten Tieres. Vergleichen Sie mit Abbildung 30!

Legen Sie nun die Eingeweide vorsichtig auseinander! Der Darm wird mit der Pinzette bei der vorderen Schlinge erfaßt und herausgelegt. Dabei wird das zarte Aufhängeband vorsichtig abpräpariert. Dann werden die Gonaden abpräpariert, schließlich wird die Schwimmblase vom hinteren, freien Ende her herausgehoben. Betrachten Sie alle Organe genau!

Sie können nun noch mit einem starken Messer den Fisch hinter der Leibeshöhle quer durchschneiden und den so erhaltenen Querschnitt betrachten.

## Vögel

Am besten lassen sich Tauben beschaffen; präparieren Sie Tiere, die in einem zugedeckten Gefäß mit Chloroform getötet wurden. Verwenden Sie keine tot aufgefundenen Tiere, sie können verseucht sein.

Ein spitz ausgezogenes Glasrohr wird in den Kehlkopf des Tieres eingeführt und Luft hineingeblasen, dadurch werden die Luftsäcke gefüllt. Dann wird die Taube gerupft, indem die Federn in Längsrichtung der Federstellung mit kurzem Ruck ausgerissen werden (Vorsicht in der Halsgegend, dort ist die Haut besonders dünn und reißt leicht ein!). Die gerupfte Taube wird nun mit der Bauchseite nach oben ins Wachsbecken gelegt und mit starken Nadeln, die durch Flügel, Beine und Schnabel gesteckt werden, befestigt.

Mit dem Präpariermesser wird die Haut in der Medianlinie dicht neben dem Kamm des Brustbeines aufgeschnitten. Der Schnitt ist nach hinten bis zur Kloake, nach vorn bis zum Schnabel weiter zu führen (in der Kropfgegend ganz flach schneiden!). Dann wird die Haut abpräpariert und seitlich mit Nadeln festgesteckt. Nun lassen sich die Brustmuskeln gut ablösen.

Jetzt wird das Brustbein abgehoben; mit der Schere wird ein Schnitt entlang dem Hinterende des Brustbeins bis zu den Rippen geführt. Die Rippen werden in den

Gelenken durchschnitten; dann schneidet man jederseits bis zum Schultergürtel und löst hier das Brustbein aus den Gelenken heraus. Es läßt sich nun unter stetem Abpräparieren abheben. Wir öffnen den Hinterleib durch einen einfachen bis zur Kloake geführten Medianschnitt.

Nunmehr können Sie die inneren Organe des Tieres in ihrer natürlichen Lage betrachten. Vergleichen Sie mit Abbildung 37! Schneiden Sie die Leber ab, nehmen Sie diese heraus. Sie können jetzt den gesamten Darm deutlich erkennen und untersuchen.

Binden Sie den Darm vor der Kloake ab, durchschneiden Sie ihn und legen Sie ihn heraus. Sie können nun die Nieren und die Geschlechtsorgane betrachten.

Wollen Sie auch das Gehirn präparieren, muß der Schädel vom Hinterhauptsloch her mit einer starken Schere geöffnet werden. Die Schädeldecke und die angrenzenden Teile der Schädelseitenwand sind Stück für Stück abzutragen, bis die Oberseite des Gehirns ganz freiliegt. Dann löst man das Gehirn an der Ventralseite ab, indem man von hinten nach vorn die abgehenden Nerven möglichst weit von ihrem Ursprung entfernt abschneidet.

### Säugetiere

Zur Präparation eignen sich Nagetiere am besten. Man kann in der Schule weiße Mäuse, Ratten, in Ausnahmefällen auch Meerschweinchen verwenden.

Zu Beginn der Sektion werden mit einem nassen Schwamm die Haare auf der zentralen Mittellinie angefeuchtet und rechts und links zur Seite gelegt („gescheitelt“). Dann wird ein medianer Hautschnitt vom Becken zum Kinn geführt (Nabel umgehen!); die Haut wird zur Seite gedrängt.

In der Mitte des Bauches wird die Bauchdecke mit der Pinzette etwas hochgehoben und mit der Schere angeschnitten. Dann führt man längs der weißen, sehnigen Mittellinie einen Schnitt, der die Bauchhöhle öffnet. Vom Brustbein aus schneidet man jederseits am Hinterrand des Brustkorbs entlang, klappt die Bauchdecken zurück und steckt sie fest. Sie können nun die in der Bauchhöhle liegenden inneren Organe genau betrachten. Um den Darm genau betrachten zu können, nimmt man ihn heraus. Verfahren Sie dabei, wie beim Vogel (s. S. 132) angegeben.

Sie können nun eine Niere herauspräparieren, durch einen Längsschnitt halbieren und das Niereninnere genau betrachten.

Schneiden Sie nun das Zwerchfell entlang des Rippenbogens auf, durchtrennen Sie mit der starken Schere die Rippen rechts und links vom Brustbein, schneiden Sie dieses vorn ab. Das Brustbein wird nun abgehoben. Sie können nunmehr die Organe in der Brusthöhle genau betrachten. Vergleichen Sie mit Abbildung 40! Spalten Sie durch einen Medianschnitt die Halsmuskeln auf, können Sie auch die Luftröhre sehen.

Sie können nun noch den Schädel präparieren. Entfernen Sie zunächst das Fell. Danach muß die Muskulatur weitgehend abgelöst werden. Entfernen Sie die Augen und das Gehirn (durch das Hinterhauptsloch mit einer starken Nadel ausbohren!). Lassen Sie dann den Schädel einige Tage in Wasser faulen. Entfernen Sie die Reste der Muskulatur mit einer harten Bürste. Trocknen Sie den Schädel sorgfältig. Sie können ihn anschließend noch mit Wasserstoffperoxydlösung bleichen.

# STÜTZ- UND BEWEGUNGSSYSTEM DES MENSCHEN

## Aufgabe

Stellen Sie eine Übersicht über die verschiedenen Stützsysteme im Tierreich zusammen!

Das Skelett gibt dem Körper Halt, Festigkeit und Form und bietet wichtigen Organen Schutz (Herz, Lunge, Hirn, Rückenmark). Viele Knochen bilden Hebel, die durch Gelenke miteinander verbunden sind. Sie ermöglichen durch die aktive Tätigkeit der Muskeln die Bewegungen des Körpers. Daraus ergibt sich, daß Stütz- und Bewegungssystem im Zusammenhang betrachtet werden müssen.

## Das Stützgewebe

Stützgewebe entwickeln sich aus dem Mesoderm. Sie sind verhältnismäßig stark regenerationsfähig. Wir unterscheiden Bindegewebe, Knorpelgewebe und Knochengewebe.

**Bindegewebe.** Das Bindegewebe entwickelt sich aus dem sehr differenzierungsfähigen embryonalen Bindegewebe (Mesenchym), das aus sternförmigen, stark verästelten, miteinander verbundenen Zellen besteht, zwischen denen sich eine, von diesen gebildete, gallertartige Zwischenzellensubstanz befindet.

Sehr früh treten Fasern in der Grundsubstanz auf, die im chemischen und physikalischen Verhalten unterschiedlich sind, die leimgebenden (kollagenen) und elastischen Fasern. Die in den kollagenen Fasern enthaltene Eiweißsubstanz (Kollagen) ergibt beim Kochen Leim.

Das lockere Bindegewebe, das überwiegend kollagene Fasern enthält, füllt die Lücken zwischen den Organen, bildet in ihnen Stützgerüste, zwischen denen spezifische Organzellen eingefügt sind. In ihm verlaufen auch die Gefäße und Nerven zur Versorgung der Organe. Im straffen Bindegewebe ordnen sich die kollagenen Fasern dicht gedrängt in bestimmter Richtung und bilden Sehnen, Kapseln, Bänder und die Muskelhüllen. Elastische Gewebe, in denen elastische Fasern parallel oder netzförmig verlaufen, finden sich nur an wenigen Stellen unseres Körpers (z. B. Wände der großen Arterien, Stimmbänder).

Eine besondere Form des Bindegewebes ist das Fettgewebe, in dessen Zellen überwiegend Fett gespeichert wird. Die meist zu Gruppen angeordneten Bindegewebszellen sind so prall mit Fett gefüllt, daß Kern und Plasma ganz an den Rand gedrückt werden. Das Fettgewebe dient vor allem als Nährstoffspeicher, Wärmeschutz und Polsterfett.

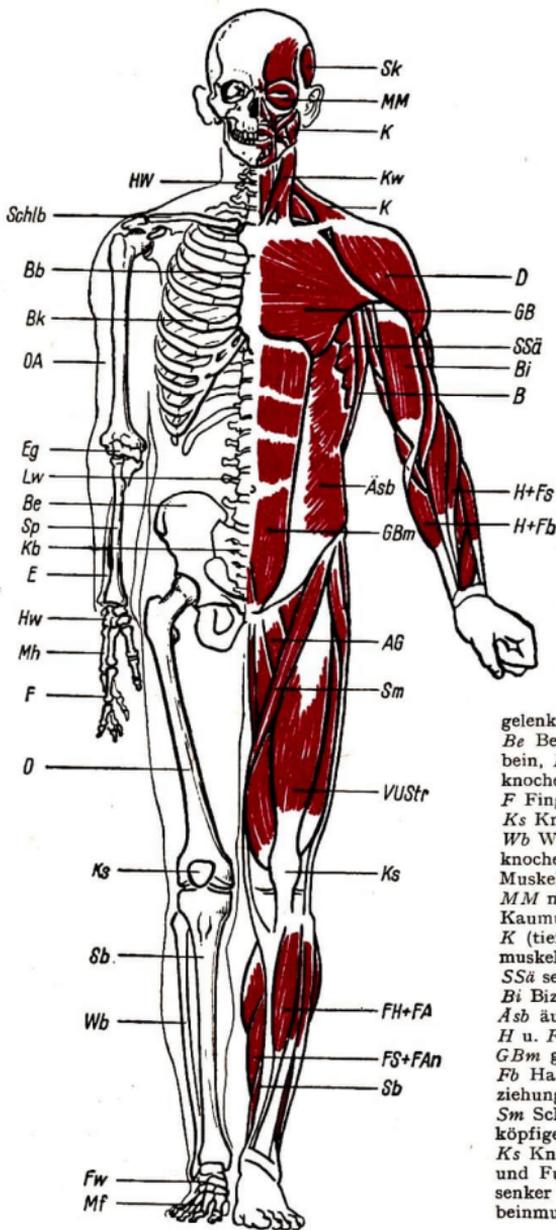


Abb. 41 Knochen und oberflächliche Muskeln von vorn: Knochen: HW Halswirbel, Schlbb Schlüsselbein, Bb Brustbein, Bk Brustkorb, OA Oberarmknochen, Eg Ellenbogengelenk, Lw Lendenwirbelsäule, Be Becken, Sp Speiche, Kb Kreuzbein, E Elle, Hw Handwurzelknochen, Mh Mittelhandknochen, F Finger, O Oberschenkelknochen, Ks Kniescheibe, Sb Schienbein, Wb Wadenbein, Fw Fußwurzelknochen, Mf Mittelfußknochen  
Muskeln: Sk Schläfenmuskel, MM mimische Muskulatur, K (oben) Kaumuskel, Kw Kopfwendemuskel, K (tiefer) Kapuzenmuskel, D Deltamuskel, GB großer Brustmuskel, SSä seitlicher Sägemuskel, Bi Bizeps, B breiter Rückenmuskel, Asb äußerer schräger Bandmuskel, H u. Fs Hand- und Fingerstrecker, GBm gerader Bauchmuskel, H u. Fb Hand- und Fingerbeuger, AG Anziehungsmuskel des Oberschenkels, Sm Schneidermuskel, VUSty vierköpfiger Unterschenkelstrecker, Ks Kniesehne, FH u. FA Fußheber und Fußabzieher, FS u. FAn Fußsenker und Fußanzieher, Sb Schienbeinmuskel

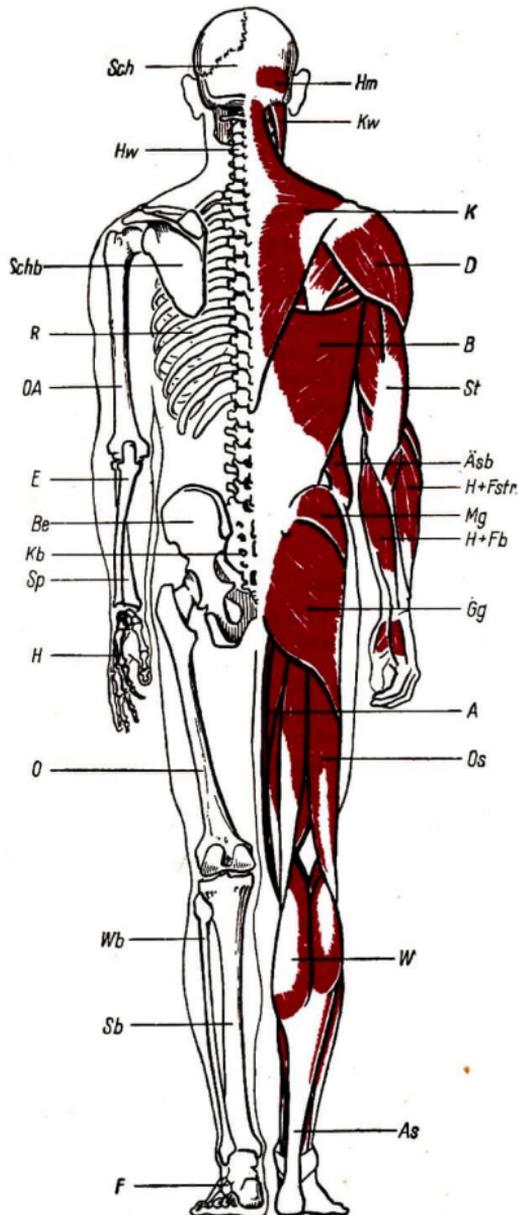


Abb. 42 Knochen und oberflächliche Muskeln von hinten:  
 Knochen: *Sch* Scheitelbein, *Hw* Halswirbelsäule, *Schb* Schulterblatt, *R* Rippen, *OA* Oberarmknochen, *E* Elle, *Be* Becken, *Kb* Kreuzbein, *Sp* Speiche, *H* Hand, *O* Oberschenkelknochen, *Sb* Sieb-  
 bein, *F* Fuß  
 Muskeln: *Hm* Hinterhauptsmuskel, *Kw* Kopfwendemuskel, *K* Kapuzen-  
 muskel, *D* Deltamuskel, *B* breiter Rückenmuskel, *St* dreiköpfiger Arm-  
 streckmuskel, *Äsb* äußerer schräger  
 Bandmuskel, *H u. Fstr* Hand- und  
 Fingerstrecker, *Mg* mittlerer Gesäß-  
 muskel, *H u. Fb* Hand- und Finger-  
 beuger, *Gg* großer Gesäßmuskel,  
*A* Anzieher des Beins, *Os* zweiköpfiger  
 Oberschenkelmuskel, *W* dreiköpfiger  
 Wadenmuskel mit Achillessehne,  
*As* Achillessehne

**Knorpelgewebe.** Das Knorpelgewebe besteht aus Knorpelzellen, kollagenen Fasern und einer bläulichweißen Grundsubstanz. Es ist fest und druckelastisch.

Knorpelgewebe kommt außer bei Wirbeltieren beispielsweise noch bei Tintenfischen vor. Rundmäuler und Knorpelfische besitzen ständig ein Knorpelskelett. Auch bei Knochenfischen und Amphibien besteht noch ein großer Teil des Skeletts aus Knorpelgewebe.

Beim Menschen wird der größte Teil des Skeletts zuerst aus Knorpel gebildet, der später durch Knochen ersetzt wird.

Das Knorpelgewebe ist von einer gefäßreichen Bindegewebshülle, der Knorpelhaut, umgeben. Es wird von der umgebenden Lymphe durch Diffusion ernährt.

Wir unterscheiden hyalinen Knorpel und Faserknorpel. Hyalinen Knorpel finden wir vor allem als Gelenk- und Rippenknorpel sowie als Stützknorpel in Nase, Ohr und Kehlkopf. Faserknorpel tritt vor allem in den Zwischenwirbelscheiben auf.

**Knochengewebe.** Das Knochengewebe besteht aus stark verästelten, miteinander durch Fortsätze verbundenen Knochenzellen (Osteozyten) und verkalkter Zwischenzellensubstanz mit kollagenen Fasern. Neben dem Zahnschmelz ist es das härteste Gewebe unseres Körpers. Es kommt nur bei Wirbeltieren vor.

Die Zwischenzellensubstanz setzt sich aus organischen und anorganischen Bestandteilen zusammen.

#### **Aufgabe und Frage**

Wie können Sie die Bestandteile des Knochens experimentell nachweisen? Führen Sie den Nachweis durch!

Die organische Substanz, die weich und biegsam ist, bedingt die Elastizität und Zugfestigkeit des Knochens. Glüht man einen Knochen aus, so wird die organische Substanz zerstört, zurück bleibt die harte, spröde, leicht zerbrechliche Knochenerde, die vorwiegend aus Kalziumphosphat und Kalziumkarbonat besteht. Sie bedingt die Festigkeit des Knochens. Beide durchdringen einander so, daß sowohl nach der Entfernung der organischen wie der anorganischen Substanz die Form des Knochens erhalten bleibt.

Der menschliche Knochen enthält 50 % Wasser, 15,75 % Fett, 12,40 % Ossein, 21,85 % mineralische Bestandteile (davon 86 %  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , 10 %  $\text{CaCO}_3$ , 0,5 %  $\text{CaF}_2$ /  $\text{CaCl}_2$ , 1,5 %  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ , 2 % Alkalisalze).

**Entwicklung des Knochens.** Das Skelett des Menschen entwickelt sich aus dem Bindegewebe. In diesem Bindegewebe entstehen Knorpelherde. Das knorpelige Skelett des Embryos wird durch Knochenzellen ersetzt. Die Knorpelsubstanz wird in der Folgezeit von besonderen Zellen aufgelöst und durch die von Knochenzellen ausgeschiedene Grundsubstanz ersetzt (Abb. 43). Die meisten Knochen werden auf diese Weise gebildet (Ersatzknochen). Die Knorpelgrundlage bleibt nur an den Gelenkenden als Knorpelüberzug erhalten.

Knochen können auch auf direktem Wege aus dem Bindegewebe gebildet werden (Schlüsselbein, Knochen des Schädeldaches und Gesichtsschädel). In das Bindegewebe werden direkt Knochenzellen eingelagert (Deckknochen).

Abb. 43 Knochenentwicklung

*E* Epiphyse,  
*ES* Epiphysenscheibe,  
*Kn* Knorpel,  
*Mh* Markhöhle,  
*K* Knochenkern

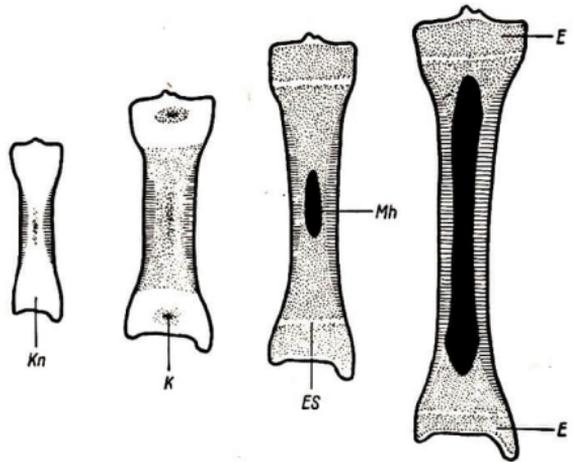
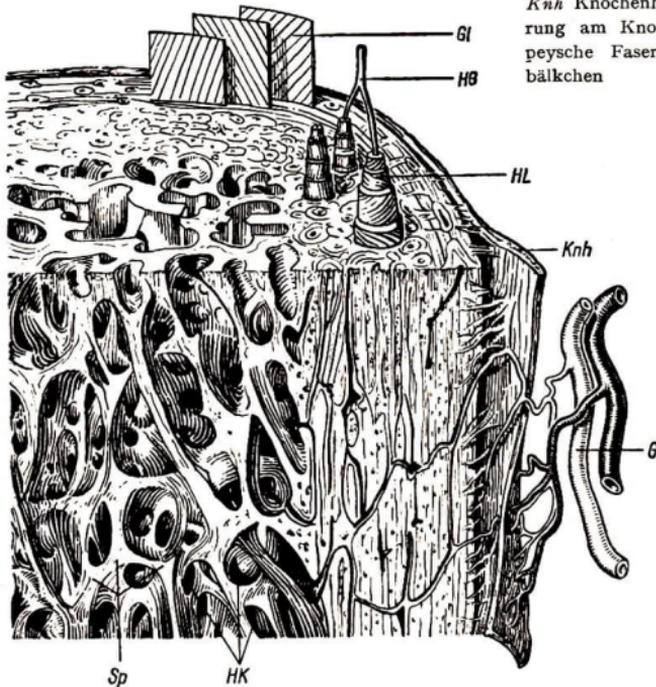


Abb. 44 Aufbau eines Röhrenknochens (Schema). *G* Gefäße, *Gl* Äußere Grundlamelle, *HG* Haverssche Gefäße, *HK* Haverssche Kanäle der Spongiosa, *HL* Haverssche Lamellen, *Knh* Knochenhaut mit Verankerung am Knochen durch Sharpeysche Fasern, *Sp* Spongiosabälkchen



Die bindegewebige Grundlage des Stützsystems bleibt als Umhüllung von Knorpel und Knochen erhalten und bildet die Knorpel- oder Knochenhaut (Abb. 44).

Das Dickenwachstum des Knochens geht von der Knochenhaut aus, während das Längenwachstum von den knorpelig bleibenden Spalten an den Knochenenden erfolgt (Epiphyse). Diese verknöchern erst nach abgeschlossenem Längenwachstum (21. bis 25. Lebensjahr).

**Bau des Knochens.** Der Knochen ist ein lebendes Organ, das auch beim Erwachsenen ständig auf- und umgebaut wird. Von vielen Blutgefäßen durchzogen, wird er in den gesamten Stoffwechsel mit einbezogen. Von großem Einfluß auf seine chemische Zusammensetzung sind vor allem Hormone und Vitamine (z. B. Vitamin D).

Der Knochen ist von einer Haut überzogen. Diese derbe Knochenhaut (Periost) führt Nerven und Gefäße (Abb. 44). Sie ist der schmerzempfindlichste Teil des Knochens. In ihrer untersten, zellreichen Schicht liegen die teilungsfähigen Knochenzellen. Nach abgeschlossenem Dickenwachstum ruhen sie und werden nur durch besondere Reize (z. B. Verletzungen bei Brüchen) wieder zur Tätigkeit angeregt. Neubildungen des Knochens gehen stets vom Periost aus.

Schon mit bloßem Auge ist erkennbar, daß ein Röhrenknochen einen festen Mantel besitzt. Dieser wird von der kompakten Substanz gebildet, die den Markraum umgibt. An den Enden ist ein lockeres Balkenwerk ausgebildet, die schwammartige oder spongiöse Substanz, die von einer harten Rinde umgeben ist (Abb. 45 u. 46). Betrachtet man die kompakte Substanz unter dem Mikroskop, erkennt man ihren lamellenartigen Bau. Um viele Kanälchen (die Haversschen Kanälchen) reihen sich ringförmig die Knochenhöhlen mit den Knochenkanälchen. Im lebenden Knochen liegen in den Haversschen Kanälchen Nerven, Blut- und Lymphgefäße, in den Knochenhöhlen die Knochenzellen.

Unter der kompakten befindet sich die spongiöse Substanz. Diese besteht aus feinen, oft sehr zarten und dünnen Bälkchen und Plättchen. Die Bälkchen sind in bestimmter Weise angeordnet. Sie verlaufen entsprechend den Hauptzug- und Drucklinien (Abb. 45 u. 46). Durch diese Anordnung wird bei geringstem Gewicht des Knochens



Abb. 45 Längsschnitt des oberen Oberschenkelbeinendes

Abb. 46 Hauptzug- und Drucklinien der Spongiosastruktur (Schema)

größte Festigkeit gesichert. Ändern sich durch neue Funktionen die Belastungen des Knochens, wird auch die Anordnung der Bälkchen verändert. Markhöhle und Binnenraum der spongiösen Substanz sind von Knochenmark erfüllt.

Bei Neugeborenen besitzen alle Knochen rotes Mark. Mit zunehmendem Alter tritt in der Markhöhle der Röhrenknochen durch Fetteinlagerung gelbes Mark auf. Das rote Mark, das die roten Blutkörperchen und einige Arten der weißen Blutkörperchen bildet, bleibt vor allem in der spongiösen Substanz der Röhrenknochen sowie in den kurzen und platten Knochen erhalten. Bei starkem Blutverlust kann gelbes Mark in rotes umgewandelt werden. Das gesamte Knochenmark des Menschen füllt etwa einen Raum von 3000 bis 4000 cm<sup>3</sup> aus.

Die Form der Knochen wird wesentlich durch die Funktion bedingt: lange Knochen, die der größten und vielseitigsten Belastung ausgesetzt sind, werden zusätzlich als Hebel für die Muskulatur verwendet. Kurze Knochen bauen federnde Säulen oder Gewölbe auf (Wirbelsäule, Fußwurzelknochen), während Plattenknochen Räume umschließen (Schädel, Becken).

Die Bedeutung von Bau und Struktur des Knochens sollen einige Zahlen verdeutlichen:

Reißfestigkeit: Oberarm bis 800 kg, Oberschenkel bis 1500 kg,

Strebfestigkeit: Oberarm bis 600 kg, Oberschenkel bis 750 kg.

**Knochenverbindungen.** Die Knochen können entweder fest oder beweglich miteinander verbunden sein. Die feste Verbindung bezeichnet man als Haft, die bewegliche Verbindung als Gelenk.

**Feste Knochenverbindungen** werden nach der Beschaffenheit des Bindematerials unterschieden:

Die Bandhaft besteht aus Bindegewebe; als schmaler Streifen verbindet sie beispielsweise die Schädelknochen in den Nähten. Beim Kleinkind ist zwischen den Schädelknochen reichlich Bindegewebe ausgebildet, dadurch wird das Flächenwachstum der einzelnen Schädelteile ermöglicht (Abb. 66).

Die Knorpelhaft kann aus hyalinem Knorpel (z. B. Rippenknorpel, Epiphyseknorpel) oder aus Faserknorpel bestehen (z. B. Bandscheiben zwischen den Wirbelkörpern).

Die Knochenhaft geht aus der Bandhaft und der Knorpelhaft hervor (z. B. Schädelnähte).

Die beweglichen Knochenverbindungen oder Gelenke bestehen aus den Gelenkkörpern, der Gelenkkapsel, der Gelenkhöhle und der Gelenkschmiere (Abb. 47). Die Gelenkkörper tragen die von Knorpel überzogenen Gelenkflächen, die entweder eben oder konvex oder konkav gewölbt sind. Den konvexen Gelenkkörper nennt man

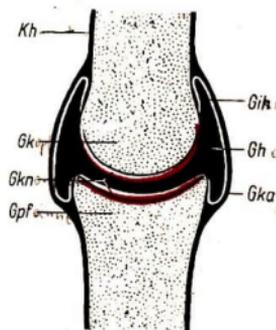


Abb. 47 Schema eines Gelenkes. Gh Gelenkhöhle mit Gelenkschmiere, Gih Gelenkinnenhaut, Gk Gelenkkopf, Gka Gelenkkapsel, Gkn Gelenkknorpel, Gpf Gelenkpfanne, Kh Knochenhaut

Gelenkkopf, den konkaven Gelenkpfanne. Die Gelenkflächen sind von einer 0,2 bis 5 mm dicken, druckelastischen, glatten Knorpelschicht bedeckt (Gelenkknorpel). Außerdem können noch Gelenkscheiben oder Halbringe (Menisci, aus Faserknorpel, vorhanden sein-(Kniegelenk).

Die Gelenkkapsel besteht aus Bindegewebe und schließt die Gelenkhöhle luftdicht ab. Sie besteht aus zwei Schichten. Die innerste gefäß- und nervenreiche Schicht sondert eine zähe, fadenziehende Flüssigkeit ab. Diese Gelenkschmierung dient dazu, die Reibung an den Gelenkflächen stark herabzusetzen.

Eine Gelenkhöhle ist beim lebenden Gelenk eigentlich nicht vorhanden. Alle Teile des Gelenks sind durch den Luftdruck so aufeinandergedrückt, daß nur kapillare Spalten erhalten bleiben. Der äußere Luftdruck, aufliegende Muskeln, Bänder und Sehnen halten das Gelenk zusammen.

Die Bänder geben dem Gelenk Beweglichkeit in bestimmter Richtung (z. B. die Seitenbänder des Kniegelenks). Gleichzeitig festigen sie das Gelenk. Einige Gelenke besitzen Sonderbildungen, wie zum Beispiel das Kniegelenk. Hier sind halbmondförmige Scheiben, die Menisken (Abb. 48), ausgebildet.

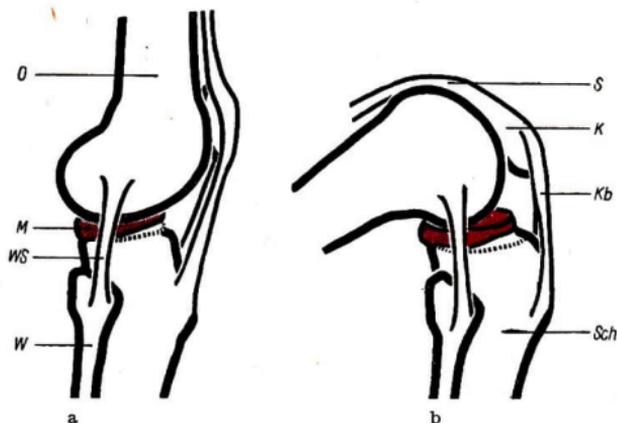
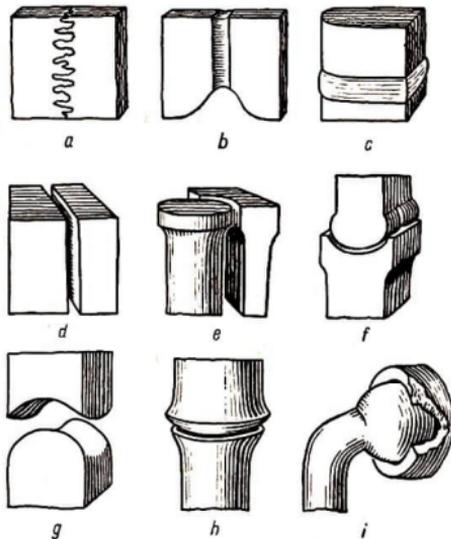


Abb. 48 Meniskusverschiebung im Kniegelenk. a rechtes Knie in Streckstellung, b rechtes Knie in Beugstellung. *K* Kniescheibe, *Kb* Kniescheibenband, *M* Meniskus, *O* Oberschenkelbein, *S* Sehne des vierköpfigen Unterschenkelstreckers, *Sch* Schienbein, *W* Wadenbein, *WS* Wadenbeinseitenband

Der Umfang der Beweglichkeit ist abhängig vom Bau der Gelenkenden, von der Anordnung der Gelenkkapseln und der Bänder und von der aufliegenden Muskulatur. Als Hauptformen unterscheiden wir: Kugelgelenk, Scharniergelenk, Radgelenk, Ellipsoidgelenk und Sattelgelenk (Abb. 49).

Abb. 49 Knochenverbindungen

*a* Knochennaht (am Schädel), *b* Knorpelhaft (Schambeinfuge), *c* Bandhaft (Zwischenwirbelscheiben), *d* Gleitgelenk (Verbindung der Querfortsätze untereinander), *e* Drehgelenk (Speiche—Elle), *f* Scharniergelenk (Fingerglieder), *g* Sattelgelenk (Daumen — Handwurzelgelenk), *h* Eigelenk (Handwurzel — Speiche), *i* Kugelgelenk (Hüftgelenk)

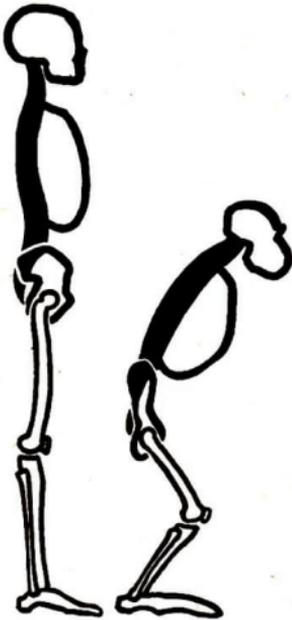


Das Skelett

Ein Vergleich der Skeletteile von Vertretern verschiedener Klassen und Ordnungen der Wirbeltiere und des Menschen zeigt, daß trotz des durch verschiedenartigste Funktionen abgewandelten Baues ein gleicher Grundaufbau der Skelette besteht. Unterschiede beruhen vor allem auf der Anpassung der Organismen an die verschiedenen Umweltbedingungen.

Besonders weitgehende Übereinstimmung zeigt das Skelett des Menschen mit dem der Säugetiere, vor allem der höheren Affen (Abb. 50). Das beruht darauf, daß beide sich erst in geologisch jüngster Zeit aus gemeinsamen Vorfahren entwickelten.

Trotz der weitgehenden Ähnlichkeit mit dem Skelett der Wirbeltiere hat das Skelett des Menschen wesentliche Umbildungen erfahren, die vor allem durch den Übergang der Vorfahren des heute lebenden Menschen zum aufrechten Gang und zur Arbeit bedingt sind. In einem langen Entwicklungsprozeß traten tiefgreifende Veränderungen auf. Die Wirbelsäule wurde zur federnden Stütze mit mehrfacher Krümmung (Abb. 50 u. 51). Das Becken entwickelte sich zu einer breit ausladenden mächtigen Knochenschale, welche die Hauptlast der Eingeweide trägt. Der Brustkorb wurde im Gegensatz zu dem der Vierfüßer quer oval. Die obere Extremität und damit die Hand wurde endgültig für die Arbeit frei, unter deren Einfluß sich ihre



weitere Ausbildung vollzog. Am Fuß bildeten sich die für den Menschen typischen Wölbungen aus (Abb. 50 u. 61).

Beim Kleinkind entwickeln sich die Krümmungen der Wirbelsäule erst mit dem Aufrichten; etwa vom 12. Lebensjahr an wird die Wirbelsäule durch Bänder und Muskeln ständig in dieser Lage gehalten. Auch die Fußwölbungen bilden sich beim Kind erst nach Beginn des aufrechten Ganges, also etwa im 2. Lebensjahr.

Das Skelett wird in das Stammskelett und das Gliedmaßenskelett eingeteilt. Zum Stammskelett rechnen die Knochen des Rumpfes, der Wirbelsäule, der Rippen, des Brustbeins und des Kopfes. Die Knochen des Schulter- und Beckengürtels und der dazugehörigen freien Extremitäten bilden das Gliedmaßenskelett. Die Anzahl der Knochen ändert sich mit zunehmendem Alter, da viele beim Kind getrennte Knochen später verwachsen.

## Das Stammskelett

### Aufgabe

Wiederholen Sie, was Ihnen vom Bau der zentralen Stützachse und ihrer Entwicklung innerhalb der Wirbeltierreihe bekannt ist!

**Wirbelsäule.** Die aus einzelnen Wirbeln aufgebaute symmetrische Wirbelsäule liegt dorsal des Darmes. Sie wird ihrer Lage nach als Rückgrat bezeichnet. Der einzelne Wirbel hat die Form eines Ringes, an dem Wirbelbogen und Wirbelkörper unterschieden werden können (Abb. 51).

Die vom Wirbel ausgehenden Fortsätze (1 Dornfortsatz, 2 Querfortsätze, je 2 Gelenkfortsätze zu den benachbarten Wirbeln) sind unterschiedlich ausgebildet. Die Wirbel und ihre Fortsätze dienen Bändern und der Rückenmuskulatur als Ansatzpunkte. Sie umschließen das Rückenmark (Wirbelkanal).

Die einzelnen Wirbel sind durch Gelenke miteinander verbunden. Zwischen zwei Wirbelkörpern liegt jeweils eine Zwischenwirbelscheibe, die Stoß und Druck elastisch abfängt und die Beweglichkeit der Wirbelsäule bedingt (Abb. 52). Kurze, straffe Bänder verbinden die einzelnen Wirbel, längere Bänder Wirbelsäulenabschnitte miteinander. Dieses Bandsystem sichert die Festigkeit der Wirbelsäule. Läßt im Alter die Elasti-

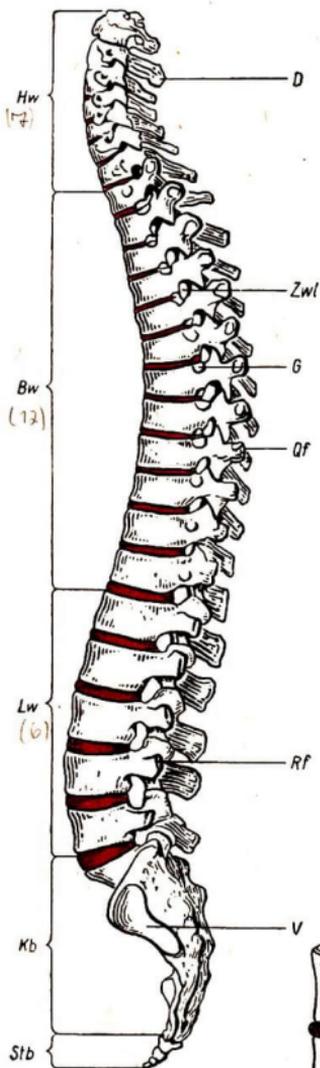


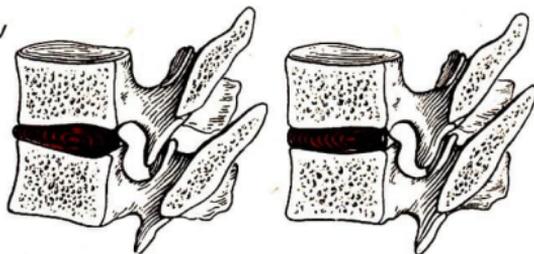
Abb. 51 Wirbelsäule. *D* Dornfortsatz, *G* Gelenkflächen der Rippen, *Qf* Querfortsatz, *Rf* Rippenfortsatz des Lendenwirbels, *Zwl* Zwischenwirbelloch, *HW* Halswirbelsäule, *Bw* Brustwirbelsäule, *Lw* Lendenwirbelsäule, *Kb* Kreuzbein, *Stb* Steißbein, *V* Verbindung zum Becken

zität der Zwischenwirbelscheiben nach, so werden sie zusammengedrückt, der Mensch wird dadurch um einige Zentimeter kleiner. Beilangandauerndem aufrechtem Gang bewirkt der Druck auf die Zwischenwirbelscheiben, daß der Mensch am Abend 2 bis 3 cm kleiner ist als am Morgen.

An der Wirbelsäule lassen sich verschiedene Abschnitte erkennen:

**Halswirbelsäule.** Der erste und der zweite Halswirbel sind besonders geformt. Der erste, schwächere, ringförmige wird als Atlas, der zweite, kräftigere als Dreher (Epistropheus) bezeichnet (Abb. 53). Beide sind ihrer Funktion (Tragen und Bewegen des Kopfes) stark angepaßt. Durch ein festes Band wird der Innenraum des Atlas in zwei Abschnitte geteilt. Der kleinere, dorsal gelegene nimmt den Knochenfortsatz des Epistropheus, den Zahn, auf. Um diesen Zahn dreht sich der Atlas und damit auch der Kopf. Die seitlichen Gelenkflächen des Atlas nehmen die Gelenkhöcker des Hinterhauptbeines auf. In diesem Gelenk wird die Nick-

Abb. 52 Verhalten der Zwischenwirbelscheibe  
Links Strecken, rechts Beugen



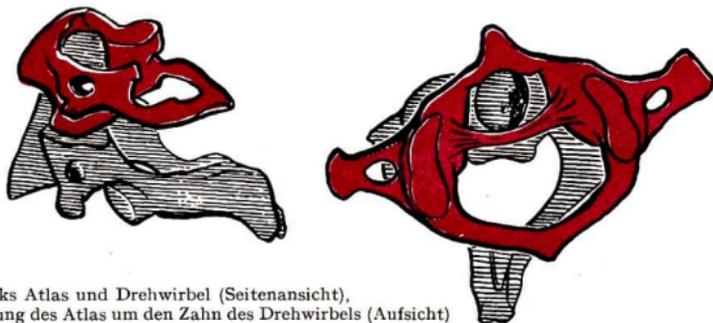
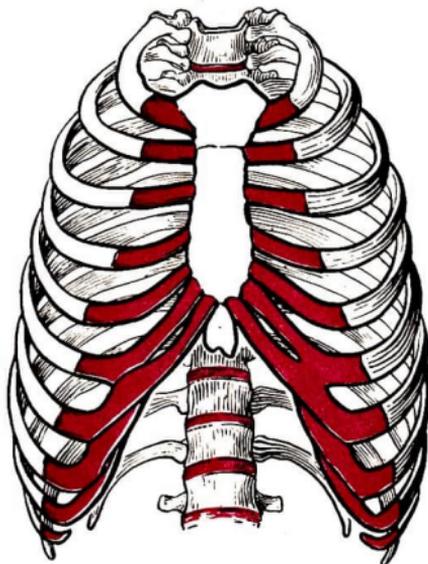


Abb. 53 Links Atlas und Drehwirbel (Seitenansicht), rechts Drehung des Atlas um den Zahn des Drehwirbels (Aufsicht)

bewegung ermöglicht. Bei allen größeren Bewegungen ist die gesamte sehr bewegliche Halswirbelsäule mit beteiligt.

Als **Brustwirbelsäule** wird der Abschnitt bezeichnet, an dem die Rippen ansitzen. Die zwölf Brustwirbel können sich gegeneinander etwas drehen, lassen sich aber kaum beugen.

Die fünf **Lendenwirbel** können stärker gebeugt werden, sich aber weniger drehen als die Brustwirbelsäule. Dadurch wird vor allem das Strecken und Beugen des Körpers ermöglicht. Die Lendenwirbel sind weitaus kräftiger ausgebildet als die Brust- und Halswirbel. Sie sind höher und breiter (Abb. 51).



Die fünf **Kreuzbeinwirbel** sind in einem kräftigen Knochen, dem Kreuzbein, verwachsen. Nahezu unbeweglich sind sie durch festes Bindegewebe auch mit dem Becken verbunden. Das Kreuzbein überträgt die Last des Rumpfes auf das Becken. Der Wirbelkanal setzt sich bis ins Kreuzbein fort. Die **Steißwirbel** sind beim Menschen rückgebildet. Sie sind oft miteinander zum Steißbein verwachsen und im einzelnen fast nicht mehr erkennbar.

**Brustkorb.** Die zwölf Brustwirbel, die zwölf Rippenpaare und das Brustbein bilden zusammen mit dem Rippenknorpel den sehr elastischen Brustkorb. Jede Rippe ist gelenkig

Abb. 54 Brustkorb von vorn

mit der Wirbelsäule verbunden. Sie verläuft bogenförmig schräg abwärts nach vorn. Diese Schrägstellung ist beim Kleinkind noch nicht ausgebildet. Die vorderen Enden der sieben oberen Rippenpaare stehen durch spangenförmige Rippenknorpel mit dem Brustbein in Verbindung. Die Knorpel des 8., 9. und mitunter 10. Rippenpaares verwachsen mit dem Knorpel des vorhergehenden Paares und bilden den Rippenbogen. Das 11. und 12., oft auch das 10. Rippenpaar, enden frei.

Durch diese Verbindung der Rippen mit dem Brustbein wird die Brustatmung ermöglicht. Die Bewegung wird vor allem durch Muskelschichten bewirkt, die als äußere und innere Zwischenrippenmuskulatur in den Zwischenrippenräumen liegen (Abb. 54).

## Das Extremitätenskelett

Zum Extremitätenskelett gehören Schultergürtel und Arme, Beckengürtel und Beine.

Der Schultergürtel besteht aus zwei Schulterblättern, die der hinteren Brustwand aufliegen, und den beiden Schlüsselbeinen. Er verbindet die oberen Extremitäten beweglich mit dem Rumpf.

Das Schultergelenk ist das beweglichste Gelenk unseres Körpers. Diese Beweglichkeit wird vor allem durch die flache, kleine Gelenkpfanne erreicht, die nur etwa  $\frac{1}{4}$  des Gelenkkopfes des Oberarms aufnimmt (Abb. 55). Festigkeit verleihen vor allem die aufliegenden Muskeln. Die große Beweglichkeit des Gelenks hat eine geringere Festigkeit zur Folge, darum sind Verrenkungen des Schultergelenks häufig.

Das schwach S-förmig gekrümmte Schlüsselbein ist mit dem Brustbein verbunden. Es spreizt die Schulter vom Körper ab. Dadurch wird es möglich, mit dem Arm seitliche Bewegungen auszuführen. Tiere, die kein Schlüsselbein besitzen (Huf-tiere, Raubtiere) können die Vorderbeine nur vor- und rückwärts führen, aber kaum seitliche Bewegungen damit ausführen.

Das Schulterblatt ist ein glatter, breiter dreieckiger Knochen. Ein kamm-artiger Vorsprung, der nach oben zur Schulterblatthöhe ausläuft, dient wie die beiden Gruben zum Ansatz zahlreicher Muskeln. Die Schulterhöhe besitzt eine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Schlüsselbein. Ein zweiter deutlicher Fortsatz ist der Rabenschnabelfortsatz (Abb. 55).

**Arm.** Der Oberarmknochen ist ein langer Röhrenknochen, dessen unteres Ende die zu einer Rolle ausgebildete Gelenkfläche für Elle und Speiche trägt (Abb. 57).

Das Unterarmskelett wird von zwei Knochen gebildet, der Elle und der Speiche, die am oberen Ende drehbar miteinander verbunden sind (Abb. 59).

### Aufgabe

Bei Unterarmbrüchen ist meist nur die Speiche gebrochen! Begründen Sie diese Tatsache!

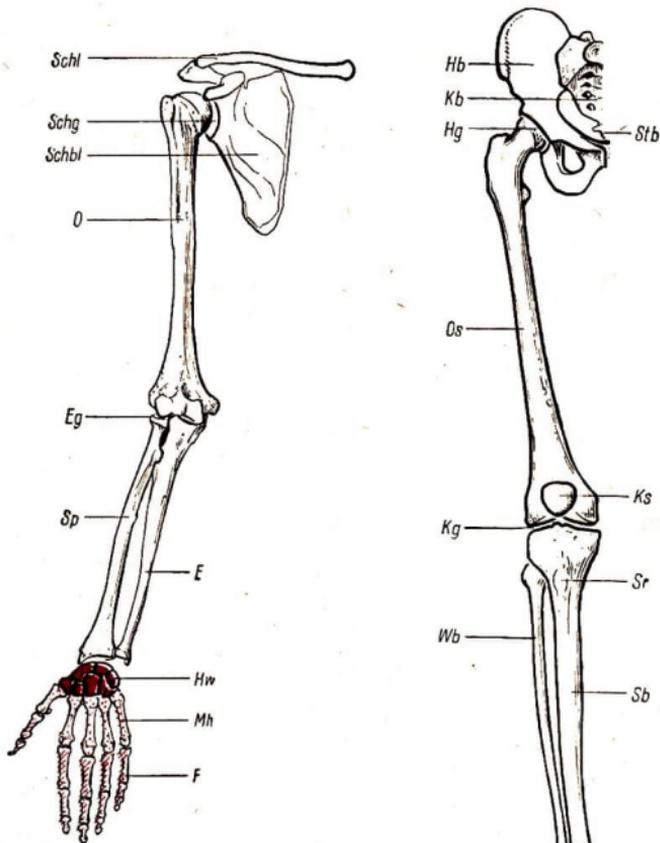


Abb. 55 Schultergürtel mit rechter oberer Extremität (von vorn). *E* Elle, *F* Finger, *Eg* Ellenbogengelenk, *Hw* Handwurzelknochen, *Mh* Mittelhandknochen, *O* Oberarmknochen, *Schg* Schultergelenk, *Schl* Schlüsselbein, *Schbl* Schulterblatt, *Sp* Speiche

Abb. 56 Becken mit rechter unterer Extremität (von vorn). *Fw* Fußwurzelknochen, *Hb* Hüftbein, *Hg* Hüftgelenk, *Kb* Kreuzbein, *Kg* Kniegelenk, *Ks* Kniescheibe, *Mf* Mittelfußknochen, *Os* Oberschenkel, *Osg* oberes Sprunggelenk, *Sb* Schienbein, *Sr* Schienbeinrauhigkeit, *Stb* Steißbein, *Wb* Wadenbein, *Z* Zehen

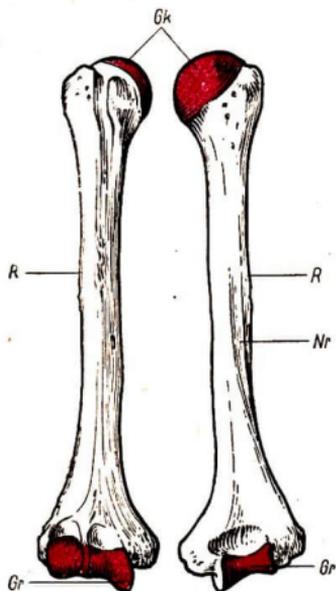


Abb. 57 Oberarmbein; links von vorn, rechts von hinten. *Gk* Gelenkkopf, *Gr* Gelenkrolle für die Elle, *Nr* Nervenrinne, *R* Rauigkeit für den Ansatz des Deltamuskels

Abb. 58 Oberschenkel von vorn und hinten. *Gfl* Gelenkflächen, *Gk* Gelenkkopf, *KIR* kleiner Rollhügel, *MA* Rauigkeit für die Muskelansätze, *Sh* Schenkelbeinhals

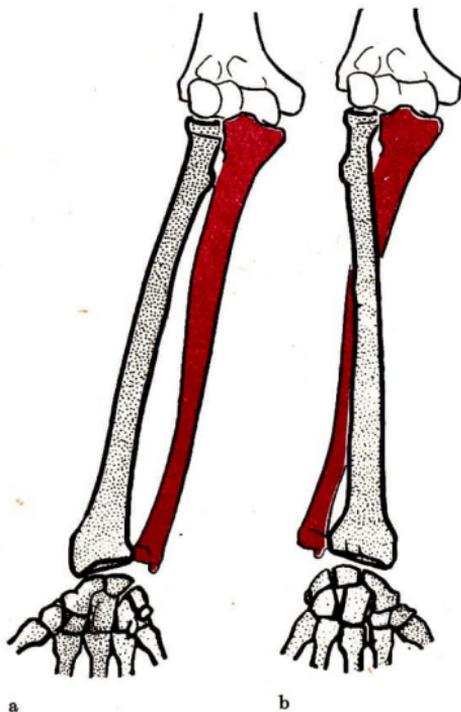
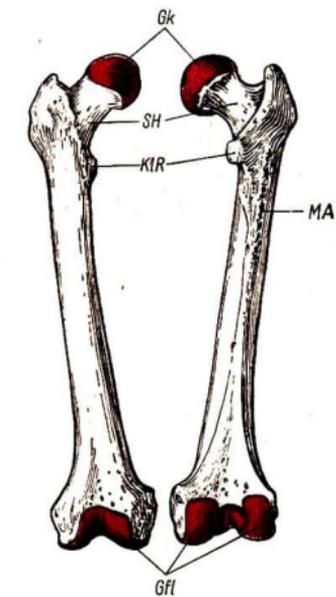


Abb. 59 Drehbewegung der Speiche gegen die feststehende Elle am rechten Unterarm. *a* Auswärtsdrehen, *b* Einwärtsdrehen

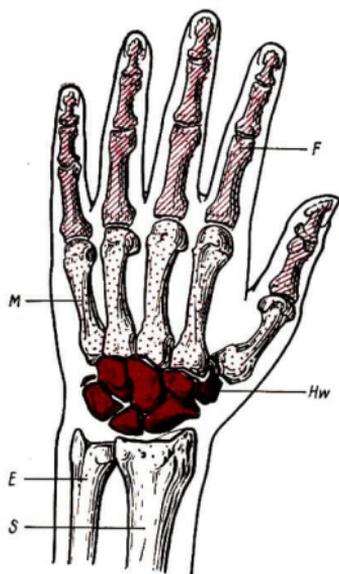
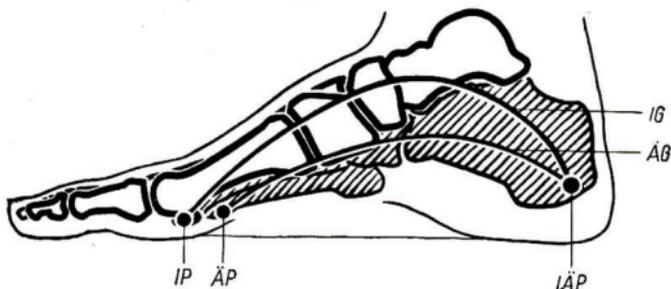
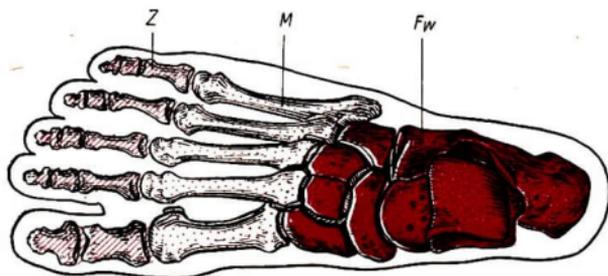


Abb. 60 Handskelett von der Handrückenseite  
*E* Elle, *F* Fingerknochen, *Hw* Handwurzelknochen,  
*M* Mittelhandknochen, *S* Speiche

Abb. 61 Fußskelett. a Aufsicht, b inneres und  
 äußeres Fußgewölbe

*ÄG* Äußeres Gewölbe, *ÄP* Hauptbelastungspunkt  
 des äußeren Gewölbes, *IP* Hauptbelastungspunkt  
 des inneren Gewölbes, *IÄP* Hauptbelastungspunkt  
 des Fersenbeins (Treffpunkt), *IG* inneres Gewölbe,  
*Fw* Fußwurzelknochen, *M* Mittelfußknochen, *Z* Zehen



**Hand.** Die Handwurzel besteht aus acht kleinen, untereinander beweglich verbundenen Knochen, die in zwei Reihen angeordnet sind (Abb. 60).

Entwicklungsgeschichtlich sind in der Handwurzel neun Knochen ausgebildet. Das Zentralbein, das bei Primaten (außer bei Gorilla und Schimpanse) noch vorhanden ist, verwächst beim Menschen schon embryonal mit einem anderen Handwurzelknochen.

An die fünf Mittelhandknochen schließen sich die Grundglieder der fünf Finger an. Vier Finger bestehen aus drei kurzen Röhrenknochen (Grund-, Mittel- und Nagelglied). Der Daumen ist zweigliedrig. Er kann den übrigen Fingern gegenübergestellt werden. Diese zangenartige Stellung von Fingern und Daumen ist von großer Bedeutung für die Verwendung der Hand als Greiforgan. Ihre Ausbildung erfolgte, nachdem die vordere Extremität durch den aufrechten Gang frei wurde, im Zusammenhang mit der Entwicklung der Arbeit.

**Beckengürtel.** Der Beckengürtel verbindet die Beine mit dem Rumpf. Er setzt sich beim Erwachsenen aus dem Kreuzbein und den beiden Hüftbeinen zusammen, die gelenkig verbunden sind. Während der Entwicklung bildet sich das Hüftbein aus drei Knochen (Darmbein, Sitzbein, Schambein; Abb. 62), die während der Jugend bis zur Reife zu einem verschmelzen. An der y-förmigen Verwachsungsstelle bilden sie eine tiefe Grube, die Gelenkpfanne für den Oberschenkelknochen. Die beiden Schambeine sind vorn durch die knorpelige Schambeinfuge verbunden.

Das Becken ist trichterförmig nach unten verengt. Die beiden Darmbeinschaufeln bilden den unvollständigen Boden des Bauchraumes, den man auch als großes Becken bezeichnet. Es grenzt sich durch den Knick zwischen Lendenwirbelsäule und Kreuzbein und zwei von dort zur Schambeinfuge verlaufende Knochenleisten gegen das kleine Becken ab. In diesem liegen die Blase, der Mastdarm, die männlichen oder weiblichen Geschlechtsorgane. Das weibliche Becken ist breiter als hoch, das männliche höher als breit.

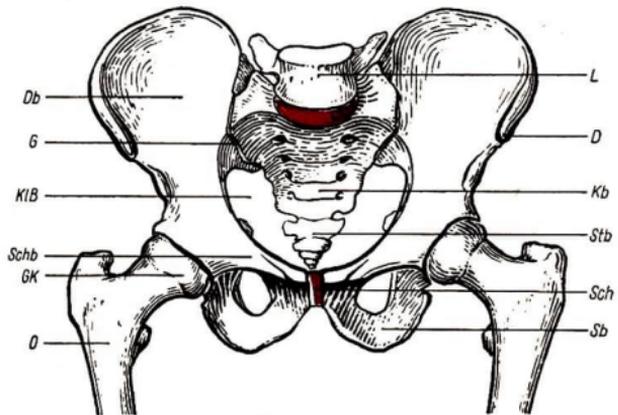


Abb. 62 Männliches Becken von vorn. *D* Darmbeinstachel, *Db* Darmbein, *G* Kreuzbein-Darmbein-gelenk, *GK* Gelenkkugel in der Gelenkpfanne, *Kb* Kreuzbein, *KIB* Kleines Becken, *L* 5. Lendenwirbel, *O* Oberschenkelknochen, *Sb* Sitzbein, *Sch* Schambeinfuge, *Schb* Schambein, *Stb* Steißbein

## Aufgabe

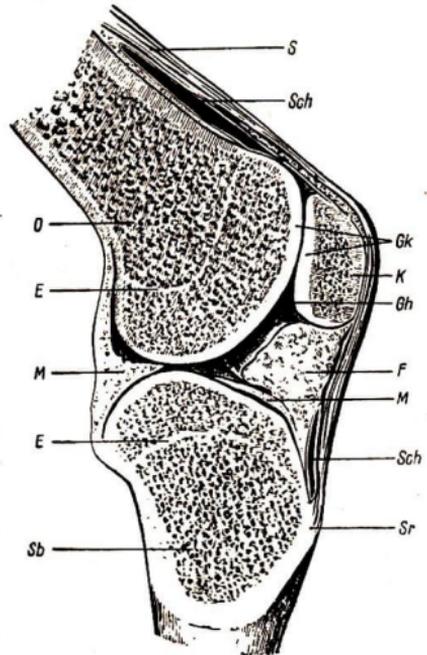
Erklären Sie die unterschiedliche Ausbildung des männlichen und weiblichen Beckens!

**Bein.** Die untere Extremität zeigt im wesentlichen den gleichen Aufbau wie der Arm. Da auf ihr die gesamte Körperlast ruht, sind die Knochen allgemein kräftiger. Die Beine sind weniger gelenkig mit dem Rumpf verbunden als die Arme. Die Fußknochen sind anders angeordnet als die Knochen der Hand (Abb. 56, 58, 61 u. 63).

Die Fußknochen sind so gefügt, daß sie einen Längsbogen bilden, dessen Stütze hinten das Fersenbein und vorn die Gelenkverbindungen zwischen Mittelfuß und Zehen sind. Die Zehen verlängern die unterstützenden Flächen und machen dadurch das Gehen und Stehen sicherer. Die Mittelfußknochen bilden außerdem noch ein Quergewölbe (Abb. 61). Der gesunde Fuß hat drei Bodenberührungspunkte: das Fersenbein und die Enden des inneren und äußeren Mittelfußes. Der Kleinzeheballen ist normalerweise viel weniger belastet als der Großzehen- und Fersenballen. Die Wölbungen verleihen dem Fuß die große Elastizität beim Gehen, Laufen und Springen und bei Belastungen.

Abb. 63 Längsschnitt durch das rechte Kniegelenk  
*E* Epiphysenfuge, *F* Fettpolster, *Gh* Gelenkhöhle,

*Gk* Gelenkknorpel, *K* Kniescheibe, *M* Meniskus, *O* Oberschenkelbein, *S* Sehne des vierköpfigen Unterschenkelstreckers, *Sb* Schienbein, *Sr* Schienbeinrauhigkeit, *Sch* Schleimbeutel



## Der Schädel

Am menschlichen Schädel sind Gesichtsschädel und Hirnschädel deutlich zu unterscheiden. Im Gegensatz zum Schädel der anderen Säuger ist der Gesichtsschädel des Menschen sehr viel kleiner als der Hirnschädel (Abb. 64).

**Hirnschädel.** Der Hirnschädel bildet eine beim Erwachsenen allseitig geschlossene Knochenkapsel, die das Gehirn fest umschließt. Er setzt sich aus meist flachen, tafelförmigen Knochen zusammen. Sie bestehen aus einer äußeren und inneren kompakten Knochenschicht, zwischen denen spongiose Substanz liegt. Diese enthält Knochenmark und Blutgefäße. Außen liegt dem Schädelknochen eine dicke Haut auf. Am Hirnschädel unterscheiden wir das Stirnbein, zwei Schläfenbeine, zwei Scheitelbeine und das Hinterhauptsbein, in dessen unterem Teil sich das Hinterhauptsloch befindet (Abb. 64 u. Abb. 67). Hinterhauptsbein und Schläfenbeine bilden zusammen mit anderen Knochen die Schädelbasis. Diese schließt die Schädel-

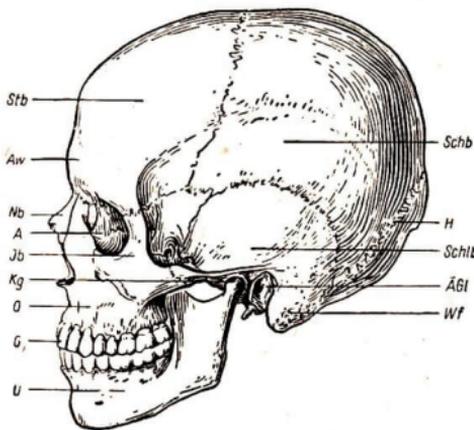


Abb. 64 Schädel von der Seite. *ÄGL* Äußeres Gehörloch, *Aw* Augenbrauenwulst, *H* Hinterhauptbein, *Kg* Kiefergelenk, *O* Oberkieferbein; übrige Bezeichnungen wie Abb. 65

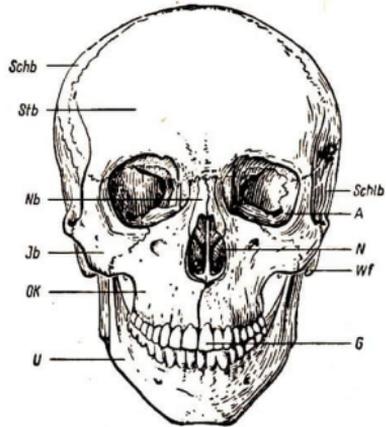


Abb. 65 Schädel von vorn. *A* Augenhöhle, *G* Gebiß, *Jb* Jochbein, *N* Nasenhöhle, *Nb* Nasenbein, *OK* Oberkieferbein, *Schb* Scheitelbein, *Schlb* Schläfenbein, *Stb* Stirnbein, *U* Unterkiefer, *Wf* Warzenfortsatz

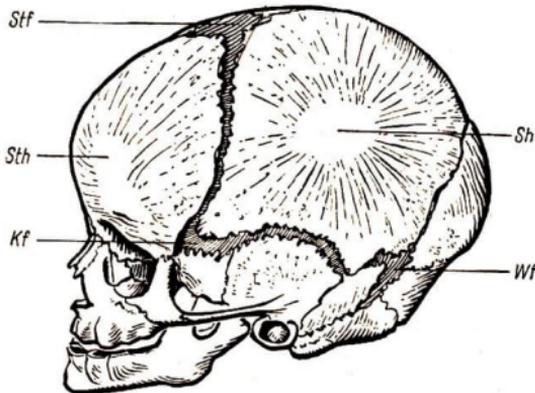
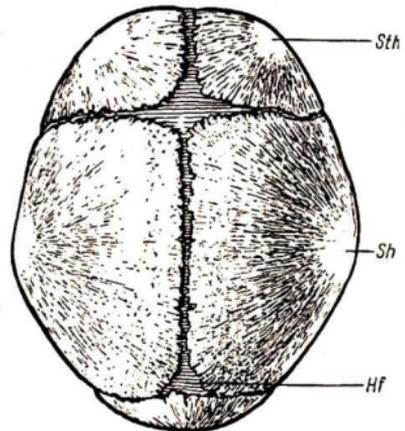


Abb. 66 Schädel eines Neugeborenen. *Hf* Hinterhauptfontanelle, *Kf* Keilbeinfontanelle, *Sh* Scheitelbeinhöcker, *Stf* Stirnfontanelle, *Sth* Stirnhöcker, *Wf* Warzenfontanelle



kapsel nach unten ab. Sie ist von vielen kleinen Öffnungen durchbrochen, durch die Nerven und Gefäße hindurchtreten (Abb. 67).

**Gesichtsschädel.** Im oberen Teil des Gesichtsschädels liegen die Augenhöhlen, an deren Bildung Tränenbein, Stirnbein und Oberkiefer beteiligt sind, an der Hinterwand außerdem Teile des Keil- und Siebbeins (Abb. 65). Das Jochbein bestimmt vor allem die Breite des Gesichts. Sein nach vorn gerichteter Fortsatz grenzt an den Oberkiefer, der nach hinten gerichtete verwächst mit einem Fortsatz des Schläfenbeins und überbrückt die Schläfenrinne. Diese wird außerdem vom vorderen Teil des Schläfenbeins und durch den großen Keilbeinflügel gebildet. Zwischen die beiden Oberkiefer ist der embryonal als selbständiger Knochen angelegte paarige Zwischenkiefer eingefügt, in dem die Schneidezähne sitzen. Er ist schon bei der Geburt fest mit dem Oberkiefer verwachsen.

In jedem Oberkieferknochen befindet sich, wie im Keil-, Stirn- und Siebbein, eine mit Schleimhaut ausgekleidete Höhle, die mit der Nasenhöhle in Verbindung steht. Der Oberkiefer ist an der Bildung der unteren Begrenzung der Augenhöhle und der seitlichen der Nasenhöhle beteiligt. Er bildet den vorderen Teil des harten Gaumens, dessen hinterer Abschnitt von den beiden Gaumenbeinen gebildet wird. Er baut damit die Scheidewand zwischen Mund- und Nasenhöhle auf.

Der Unterkiefer ist der einzige bewegliche Knochen des Schädels. Er umgibt spangenartig seitlich und vorn die Mundhöhle. Er ist im Kiefergelenk beweglich mit dem Schläfenbein verbunden. Ober- und Unterkiefer tragen die Zähne.

Der Boden der Mundhöhle wird von Muskeln gebildet. Das Zungenbein, entwicklungsgeschichtlich aus Knorpelstreifen des 2. und 3. Kiemenbogens entstanden, ist am vorderen Hals zu tasten. Es liegt, nur durch Muskeln mit den Knochen verbunden, an der Zungenwurzel.

Betrachtet man den menschlichen Schädel von der Seite, erscheint der Gesichtsschädel vorn unter dem Hirnschädel angesetzt, während er bei den Säugetieren vor dem verhältnismäßig kleinen Hirnschädel sitzt. Mit dem Erwerb des aufrechten Ganges und der mächtigen Entwicklung des Hirns rückte der Hirnschädel über den Gesichtsschädel und wurde stark vergrößert. Diese Stammesgeschichte zu verfolgende Entwicklung ist auch in der Embryonalentwicklung noch erkennbar.

Der aufrechte Gang bedingt eine weitere Entwicklung des Kleinhirns, das den Hirnschädel in die Breite drängt. Mit der Entwicklung der Sprache und des Denkens vergrößerten sich die Teile des Großhirns. Das Stirnbein wurde stärker gewölbt. Gleichzeitig verkürzte sich infolge der Änderung der Nahrung das Gebiß. Die Vergrößerung der Schläfenregion und des Kleinhirns führten ein Breiterwerden des Schädels herbei. So erklärt sich aus der Entwicklung die mehr kugelige Form des menschlichen Schädels gegenüber der länglichen Form des tierischen Schädels.

### **Aufgaben und Frage**

1. Betrachten Sie die Schädel verschiedener Wirbeltiere! Vergleichen Sie Hirn- und Gesichtsschädel! Welche Schlüsse auf die Lebensweise der Tiere können Sie ziehen?
2. Vergleichen Sie die Proportionen und Knochenverbindungen der Schädelteile eines Kindes und eines Erwachsenen (s. Abb. 64 u. 66)!

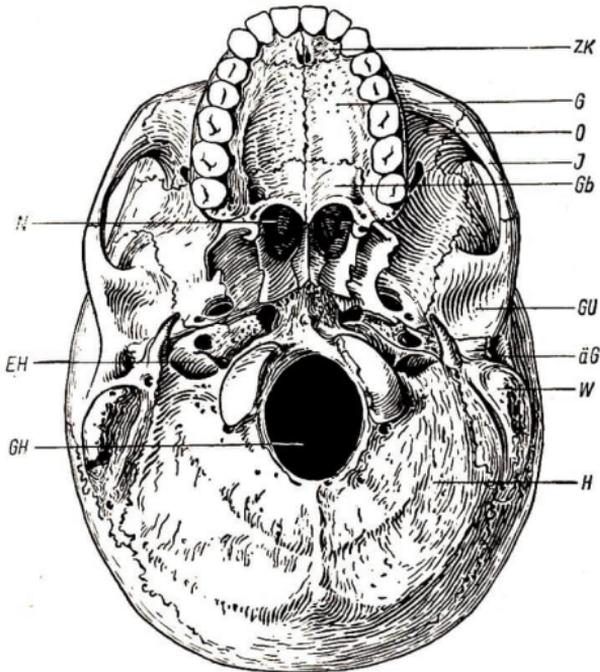


Abb. 67 Schädelbasis von unten. *ÄG* äußerer Gehörgang, *EH* Eintrittsloch für Hirnarterie, *G* Gaumenfortsätze des Oberkiefers, *Gb* Gaumenbein, *GH* Großes Hinterhauptsloch, *GU* Gelenkgrube für Unterkiefer, *J* Jochbein, *H* Hinterhauptsbein, *N* Hinterer Nasenausgang, *O* Oberkiefer, *W* Warzenfortsatz, *ZK* Zwischenkiefer

Beachten Sie die vielen Öffnungen der Schädelbasis für die Nerven und Gefäße des Hirns!

**Gebiß.** Das kindliche Gebiß (Milchgebiß) besteht aus 20 Zähnen. Etwa mit dem 6. Lebensjahr beginnt der Zahnwechsel, der sich über mehrere Jahre erstreckt.

Es ist falsch, wenn Erkrankungen oder anormale Stellungen des Milchgebisses als unbedeutend angesehen werden, weil die Milchzähne ja sowieso ausfallen. Für das Kauen und das normale Wachstum des bleibenden Gebisses ist ein gesundes Milchgebiß Voraussetzung. Deshalb muß auch das Gebiß des Vorschulkindes ständig vom Zahnarzt kontrolliert werden.

Das bleibende Gebiß besteht aus den Ersatzzähnen für das Milchgebiß, dazu treten in jeder Kieferhälfte 3 neue Backenzähne, so daß das bleibende Gebiß aus 32 Zähnen besteht (Abb. 68 u. 69). Die vorderen Backenzähne in jeder Kieferhälfte bezeichnet man als Vorbackenzähne oder Prämolaren, die hinteren 3 als Molaren.

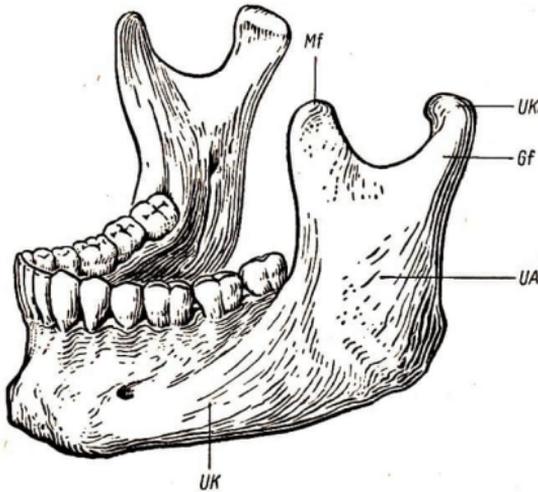


Abb. 68 Unterkiefer in der Ansicht von links  
*GF* Gelenkfortsatz, *MF* Muskelfortsatz, *UA* Unter-  
 kieferast, *UK* Unterkieferkörper, *UKö* Unter-  
 kieferköpfchen

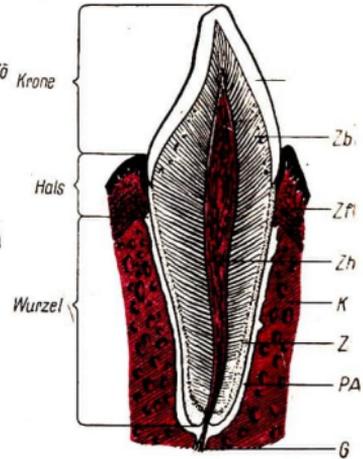


Abb. 69 Längsschnitt durch einen oberen  
 Schneidezahn. *G* Gefäße und Nerven für die  
 Pulpa, *K* Kiefer, *PA* Periost der Alveole,  
*S* Schmelz, *Z* Zement, *Zb* Zahnbein, *Zfi* Zahn-  
 fleisch, *Zh* Zahnhöhle mit Pulpa

Der hinterste Backenzahn ist der sogenannte Weisheitszahn; oft bricht er erst spät, manchmal überhaupt nicht durch. Die Zahnformel für das Gebiß des erwachsenen Menschen ist demnach:

$$\frac{3 \ 2 \ 1 \ 2 \quad 2 \ 1 \ 2 \ 3}{3 \ 2 \ 1 \ 2 \quad 2 \ 1 \ 2 \ 3}$$

**Zahnpflege.** Der harte Zahnschmelz ist spröde wie Porzellan und bekommt leicht Sprünge, namentlich durch zu heiße oder zu kalte Speisen. Wenn bei ungenügender Mundpflege Speisereste in den Sprüngen des Schmelzes verbleiben, bilden sie einen guten Nährboden für die Mundbakterien, und es entstehen Fäulnisherde. Die Mundbakterien rufen Zerstörungen in dem leicht angreifbaren Zahnbein hervor, das durch die Risse freigelegt ist. Es entsteht die weitverbreitete Zahnfäule (Karies). Sobald die Karies bis auf die Pulpa und ihre Nerven (Abb. 69) vorgedrungen ist, kommt es zu einer schmerzhaften Entzündung. Durch die Karies können Zahnverluste entstehen, die das Kauen erschweren und damit zu ungenügender Vorbereitung der Verdauung führen. Schädigungen des Magens und des Darmes können die Folge sein. Gesunde Zähne sind deshalb für eine normale Verdauung sehr wichtig. Tüchtiges Kauen reinigt die Spalten zwischen den Zähnen; Zahnfleisch und Pulpa werden stärker

durchblutet. Die Zähne bleiben gesund. Regelmäßige Zahnpflege, namentlich abends, und regelmäßige zahnärztliche Untersuchungen vermögen die Karies bereits in ihrem Beginn aufzuhalten. Entzündungen an den Zähnen können außerdem zu Sekundärerkrankungen führen (Gefäß- und Kreislaufkrankungen, Gelenkentzündung). Für ein gesundes Gebiß ist also unbedingt zu sorgen.

Ein gesundes, normal gebautes Gebiß ist nicht nur für unsere Gesundheit, sondern auch für die Lautbildung und damit für das richtige Sprechen von großer Bedeutung.

## Erkrankungen und Verletzungen der Knochen und Gelenke

✓ **Rachitis.** Eine Erkrankung des Skeletts, die in früheren Zeiten außerordentlich häufig auftrat, ist die Rachitis. Sie beruht auf einem Mangel an Vitamin D. Das Vitamin D bewirkt die Ablagerung von Kalksalzen in die neugebildete und zunächst unverkalkte Grundsubstanz der wachsenden Knochen. Bei einem Mangel an Vitamin D ist also die Verkalkung der Knochengrundsubstanz verzögert und mangelhaft; die Knochen bleiben abnorm biegsam. Dadurch treten, besonders an den stark belasteten Knochen (untere Gliedmaßen, Becken, Wirbelsäule), Verkrümmungen auf. Der ungenügend verkalkte Knochen reagiert auf die Belastungsreize mit einer verstärkten Wucherung der Knorpelzellen und der Knochenbildungszellen. Es bilden sich am Skelett Verdickungen und Auswüchse. Die Rachitis läßt sich heute durch gute Pflege des Säuglings sowie durch ausreichende Zufuhr von Vitamin D (Dekristol, Lebertran) verhüten oder heilen. Da der menschliche Körper im Unterhautfettgewebe eine chemische Substanz (Ergosterin) speichert, die durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht (Sonne, Höhensonne) in Vitamin D umgewandelt wird, läßt sich die Rachitis auch durch ausgiebige Sonnenbestrahlung wirksam bekämpfen.

**Gelenkrheumatismus.** Eine häufige Erkrankung der Gelenke ist der Gelenkrheumatismus. Er äußert sich in einer Entzündung eines oder mehrerer Gelenke, die schmerzhaft anschwellen. Ursache und Entstehung des Gelenkrheumatismus sind noch nicht eindeutig geklärt. Wahrscheinlich entsteht er durch eine Überempfindlichkeitsreaktion des Bindegewebes auf Stoffwechselprodukte von Bakterien, die von einem Bakterienherd des Körpers (häufig an den Zahnwurzeln, in den Gaumenmandeln usw.) in die Blutbahn ausgeschwemmt werden. Auch an anderen Stellen des Körpers, beispielsweise an der Herzinnenhaut, können dabei durch die Stoffwechselprodukte der Bakterien Entzündungen entstehen. Die akute, mit Fieber einhergehende Form des Gelenkrheumatismus tritt oft im jugendlichen Alter auf, die chronische, fieberlos verlaufende Form häufiger im höheren Alter. Durch Beseitigung der Bakterienherde läßt sich der Krankheitsprozeß oft aufhalten; die bereits bestehenden Veränderungen an den Gelenken können durch Wärmebehandlung und Bäder günstig beeinflusst werden.

✗ **Knochenbrüche.** Festigkeit und Elastizität der Knochen sind außerordentlich groß. Dennoch kann bei Stürzen oder Sprüngen die Festigkeitsgrenze der Knochen durch die Stoßbelastung überschritten werden. Dann bricht der Knochen. Dabei kann es

zu einer Abknickung, Verdrehung, Seitenverschiebung und (durch Muskelzug) zu einem Nebeneinanderschieben der Knochenenden kommen. Durch die Gewebezerrichtung entsteht in der Umgebung der Bruchstellen ein Bluterguß, der sich nach außen als Schwellung mit blauerter Verfärbung der Haut bemerkbar macht. Durch Reizung sensibler Nerven treten, besonders beim Versuch einer Bewegung des verletzten Gliedes, Schmerzen auf. Je nachdem, ob die Haut über der Bruchstelle verletzt ist oder nicht, spricht man von offenen oder geschlossenen Knochenbrüchen. Bei einem offenen Knochenbruch besteht die Gefahr einer Infektion. Durch die Wunde können Bakterien in die tiefer gelegenen Gewebe eindringen und hier Entzündungsprozesse und Eiterungen hervorrufen. Auch der Erreger des Wundstarrkrampfes kann auf diese Weise in den Körper gelangen und den Wundstarrkrampf verursachen. Noch vor etwa 50 Jahren verliefen nahezu zwei Drittel aller offenen Brüche durch Infektion tödlich. Durch das Abdecken der Wunden mit sterilisiertem Verbandmaterial läßt sich heute in der Mehrzahl der Fälle eine Infektion vermeiden. Die vorbeugende Injektion von Wundstarrkrampferum vermag den Ausbruch des Wundstarrkrampfes (Tetanus) zu verhindern. Auch bei Eiterungen stehen heute der Medizin in den Sulfonamiden und dem Penicillin wirksame Heilmittel zur Verfügung, so daß tödliche Ausgänge offener Knochenbrüche praktisch nicht mehr vorkommen.

Es gibt eine Anzahl typischer Bruchstellen. So bricht beispielsweise bei Stürzen auf die Hand besonders häufig die Speiche in ihrem unteren Drittel. Das liegt daran, daß nur die Speiche, nicht aber die Elle gelenkig mit der Hand verbunden ist. Bei einem Sturz überträgt sich die Belastung also hauptsächlich auf die Speiche. Am Oberschenkel bricht häufig der Schenkelhals des Oberschenkelknochens.

Zur Erkennung (Diagnose) von Knochenbrüchen wird heute das Röntgenbild herangezogen. Es läßt alle Einzelheiten eines Bruches erkennen und bildet damit eine wichtige Grundlage für die ärztliche Behandlung. – Nach einem Knochenbruch wächst der Knochen wieder zusammen. Vom Periost aus werden die Bruchenden zunächst durch wucherndes Bindegewebe miteinander verbunden, das später verknöchert. Überschüssig gebildete Knochensubstanz wird späterhin wieder aufgelöst. Die Heilung des Bruches wird durch vorsichtige Belastung der Bruchstelle beschleunigt. Man verwendet deshalb bei Brüchen des Unterschenkels häufig den Gehgipsverband.

Bei jedem Verdacht eines Knochenbruches muß der Verletzte sofort nach Leistung der ersten Hilfe zu einem Arzt oder in ein Krankenhaus transportiert werden.

Die erste Hilfe bei Knochenbrüchen besteht darin, daß man das verletzte Glied vollständig ruhigstellt. Bei offenen Brüchen legt man auf die Wunde zunächst einen keimfreien Verband. Bei geschlossenen Brüchen muß man darauf achten, daß kein Bruchende durch unvorsichtige Bewegung die Haut durchspießt und der Bruch dadurch zu einem offenen wird. Die Schiene soll über die beiden dem Bruch benachbarten Gelenke hinwegreichen. Beim Schenkelhalsbruch beispielsweise muß die Schiene vom Brustkorb bis zum Unterschenkel reichen. Notfalls kann man einen verletzten Arm auch an den Rumpf, ein verletztes Bein an das gesunde schienen. Die Schienen müssen so fest an das verletzte Glied gebunden werden, daß es voll-

ständig ruhiggestellt wird, die Blutzirkulation jedoch nicht gestört wird. Bei Kälte sind die geschienten Gliedmaßen warmzuhalten (Decken, Wärmflasche).

**Verrenkungen und Verstauchungen.** Die empfindlichsten Teile des Skeletts sind die Gelenke. An ihnen kommt es durch gewaltsame Überbeugung oder Überstreckung häufig zu Verstauchungen (Zerrungen) oder Verrenkungen. Während bei den Verstauchungen die Gelenkenden von selbst wieder in ihre normale Lage zurückkehren, werden bei Verrenkungen die Gelenkenden so weit verschoben, daß die Gelenkflächen jede Berührung miteinander verlieren. Sowohl bei Verstauchungen als auch bei Verrenkungen werden die Gelenkkapseln und Bänder übermäßig gedehnt oder zerrissen. Dabei treten häufig Blutergüsse am Gelenk oder in den benachbarten Gebieten auf. Besonders leicht entstehen Verrenkungen am Schultergelenk, da bei diesem Kugelgelenk der Gelenkkopf nur zu etwa einem Viertel in der Gelenkpfanne ruht. Bei Verrenkungen kann das verletzte Glied nicht mehr bewegt werden. In diesem Falle muß das Gelenk von einem Arzt wieder eingerenkt werden. Ohne Röntgenbild läßt sich nicht feststellen, ob außer einer Verrenkung oder Verstauchung auch noch ein Bruch entstanden ist. Schon deshalb bedarf jede dieser Verletzungen ärztlicher Hilfe. Auf keinen Fall darf man versuchen, eine Verrenkung selbst zu beheben.

### Das Bewegungssystem

Die aktiven Bewegungen unseres Körpers werden durch Muskeln bewirkt. In den Muskelzellen ist die Fähigkeit des lebenden Plasmas, sich nach einer Reizung zu kontrahieren, besonders entwickelt; sie sind für diese Funktion spezialisiert und entsprechend gebaut. Die Muskelzellen enthalten fadenförmige, parallel liegende, in Längsrichtung angeordnete Plasmagebilde, die Myofibrillen (Abb. 70), die sich nach einer Reizung zusammenziehen können.

Wir können nach dem Feinbau und der Funktion drei Arten von Muskelzellen unterscheiden:

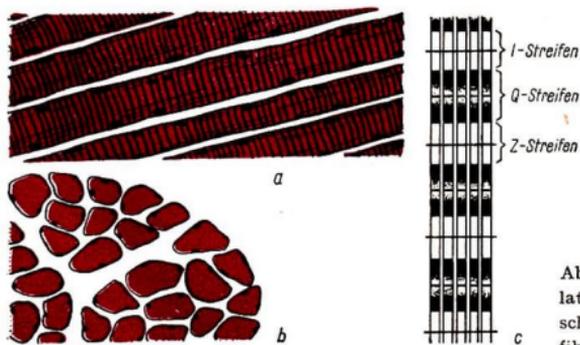


Abb. 70 Quergestreifte Muskulatur. *a* Längsschnitt, *b* Querschnitt, *c* Schema einer Myofibrille

**Glatte Muskulatur** (Abb. 71). Glatte Muskelzellen sind blasse, schmale, überwiegend spindelförmige, hüllenlose Zellen. Sie haben einen Durchmesser von 4 bis 6  $\mu\text{m}$  und sind 50 bis 225  $\mu\text{m}$  lang. Jede Zelle enthält einen zentral gelegenen Kern und feine Fibrillen. Einzeln, in Netzen oder in Bündeln angeordnet, bilden sie beispielsweise die Wände des Magen-Darm-Kanals und der Arterien.

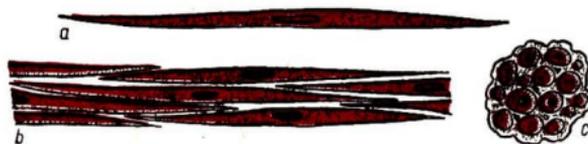


Abb. 71 Glatte Muskulatur. *a* Einzelzelle, *b* Verband im Längsschnitt, *c* Querschnitt mit Hüll- und Zwischengewebe

Die glatte Muskulatur unterliegt nicht unserem Willen. Sie wird deshalb als unwillkürliche Muskulatur bezeichnet. Sie kontrahiert sich außerordentlich langsam, aber ausdauernd. Das ermöglicht eine ununterbrochene Tätigkeit der glatten Muskeln (im Magen-Darm-Kanal, in den Arterien u. a.).

**Quergestreifte Muskulatur** (Abb. 70). Die quergestreifte Muskulatur ist am stärksten differenziert. Die zylindrisch geformten Fasern sind 40 bis 80  $\mu\text{m}$  dick. Sie können wenige mm bis 12 cm lang werden. Das Plasma ist von einer Zellhaut (dem Sarkolemm) umgeben. Es enthält mehrere randständige längliche Kerne.

Beim Embryo unterscheiden sich glatte und quergestreifte Zellen nur sehr wenig. Im Verlaufe der individuellen Entwicklung bilden sich die quergestreiften zu langen Muskelfasern aus, indem sich die Kerne häufig teilen, ohne daß eine Plasmateilung folgt.

Die einzelnen Fasern setzen sich aus regelmäßig aufeinanderfolgenden, einfach und doppelt lichtbrechenden Abschnitten zusammen, die in der Muskelfaser alle in

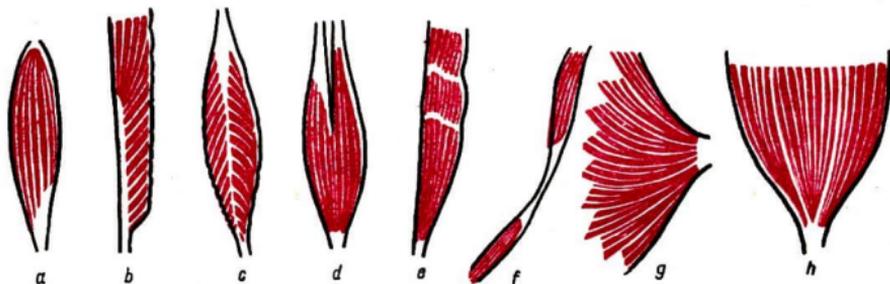


Abb. 72 Muskelformen. *a* Spindelförmiger Muskel (kurzer Speichenhandstrecker), *b* einfach gefiederter Muskel (hinterer Schienbeinstrecker), *c* doppelt gefiederter Muskel (gerader Kopf des vierköpfigen Unterschenkelstreckers), *d* zweiköpfiger Muskel (Bizeps), *e* gerader Muskel mit Zwischensehnen (gerader Bauchmuskel), *f* zweibauchiger Muskel (Schulterblatt-Zungenbeinmuskel), *g* sägeförmiger Muskel (seitlicher Sägemuskel), *h* Deltamuskel

gleicher Höhe liegen. Dadurch entsteht ein regelmäßig sich wiederholendes Streifen-system, die Faser erscheint quergestreift (Abb. 70). 5 bis 10 solcher parallel verlaufenden Fasern bilden ein Primärbündel von etwa 0,5 mm Dicke, das von einer Bindegewebshülle umschlossen ist. Mehrere Primärbündel werden zu größeren Bündeln zusammengefaßt. Schließlich werden viele solcher Bündel von einer bindegewebigen Muskelhülle (Fascie) umgeben, in welcher die Gefäße und Nerven verlaufen. Diese Bündel bilden die Skelettmuskeln.

Die meisten Skelettmuskeln gehen an einem Ende oder an beiden Enden in Sehnen über, die am Knochen haften. Die Sehnen bestehen aus Bündeln straffen unelastischen Bindegewebes. Sie werden durch lockeres Bindegewebe zusammengehalten, in dem Gefäße und Nerven verlaufen. Die Sehnenfibrillen gehen in die Hüllen der Muskelfasern über.

An besonders reibungsgefährdeten Stellen (Hand, Fuß) kann die Sehne in einer flüssigkeitsgefüllten röhrenförmigen Sehnenscheide gleiten (Sehnenscheidenentzündung!).

Die Tätigkeit der quergestreiften Muskulatur unterliegt in den meisten Fällen unserem Willen. Daher wird sie auch als willkürliche Muskulatur bezeichnet. Sie kann sich rascher kontrahieren als die glatte Muskulatur, ermüdet aber dafür schneller.

Im Tierreich tritt quergestreifte Muskulatur bei Wirbellosen im Schirmrand der Quallen, bei einigen Kopffüßern und bei Gliederfüßern auf. Bei Wirbeltieren bildet sie die Skelettmuskulatur.

**Herzmuskulatur.** Die Herzmuskelzellen sind 100 bis 300  $\mu\text{m}$  lang und 9 bis 20  $\mu\text{m}$  dick. Es sind zylindrische, von Sarkolemm umschlossene, sehr fein quergestreifte Zellen mit zentralem, stäbchenförmigem Kern. Sie sind fibrillenarm; durch seitliche Fortsätze und Verzweigungen bilden sie ein muskulöses Netz (Abb. 73).

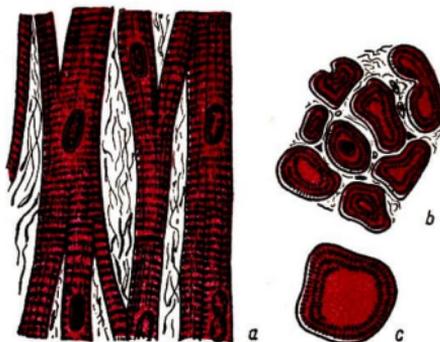


Abb. 73 Herzmuskulatur. a Längsschnitt, b Querschnitt, c Reinleitungsfasern im Querschnitt

### Die Wirkungsweise der Muskeln

Bei der Kontraktion übt der Muskel nach beiden Enden den gleichen Zug aus. Er bewegt stets den Teil, der diesem Zug den geringsten Widerstand entgegengesetzt, braucht also zu jeder Bewegung einen festen und einen beweglichen Punkt. Ein Hüftmuskel kann das Bein heben, wenn der Rumpf festliegt; bei feststehendem Bein kann er den Rumpf beugen (Aufrichten aus der Rückenlage!). Die Muskeln wirken

nicht isoliert. Bewegungen unseres Körpers beruhen auf dem Zusammenwirken mehrerer Muskeln. Beim Beugen des Armes beispielsweise sind ganze Muskelketten an der Bewegung beteiligt (Abb. 74 u. 75). Muskeln, die dabei in gleicher Richtung wirken, nennt man Synergisten. Gleichzeitig sind aber bei der Beugung andere Muskeln durch Dehnungsreize in Spannung gesetzt. Sie stufen die Bewegung ab, wirken also den Synergisten entgegen. Diese Muskeln werden als Antagonisten bezeichnet. (Beugen—Strecken, Einwärtsdrehen—Auswärtsdrehen der Extremitäten, Öffnen—Schließen u. a., Abb. 74).

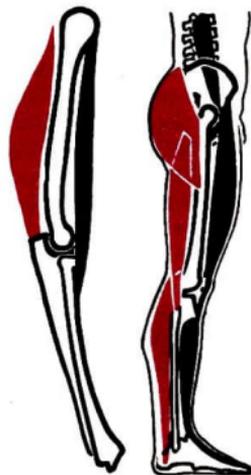


Abb. 74 Aktiver Bewegungsapparat. Links: Strecken des Armes durch den dreiköpfigen Armstrecker (rot), rechts: Antagonisten im Hüft-, Knie- und oberen Sprunggelenk

#### Aufgabe

Nennen Sie zusammenwirkende und einander entgegengewirkende Muskeln des menschlichen Körpers!

Die meisten Bewegungen unseres Körpers beruhen auf der antagonistischen Tätigkeit der Muskeln. Die gleichmäßige Belastung der Gegenspieler (z. B. Beuger und Strecker des Oberarms) ermöglicht ein längeres Arbeiten ohne schnelle Ermüdung. Einseitige Belastung, beispielsweise des Beugers, führt zu rascher Ermüdung des Muskels. Deshalb ist gleichmäßiges Gehen weniger anstrengend als langes Stehen. Die Kenntnis dieser Tatsachen ist wesentlich für die Ausgleichstätigkeiten.

Neben dieser mechanischen Tätigkeit sind die Muskeln wichtige Wärmebildner unseres Körpers (s. Lehrheft Physiologie, 11. Kl.). Außerdem fördern sie durch ihre Tätigkeit die Blutzirkulation.

### Die Muskelkontraktion

Alle Muskelfasern sind reizbar, elastisch, können sich kontrahieren und Erregungen weiterleiten. Sie reagieren unmittelbar auf mechanische, elektrische und chemische Reize mit einer Zusammenziehung. Zwischen Reiz und Reaktionsbeginn liegt eine kurze Zeitspanne, in der sich der Reiz noch nicht auswirkt (Latenzzeit). Die Latenzzeit ist bedingt durch die Zeit, die zum Ablauf bestimmter chemischer Vorgänge im Muskel notwendig ist. Ihre Dauer ist temperaturabhängig (steigende Temperatur z. B. verkürzt die Latenzzeit). Sie ist weiterhin bedingt durch die Zeit, die erforderlich ist, um den Reiz auf den Muskel zu übertragen und in ihm eine Erregung her-

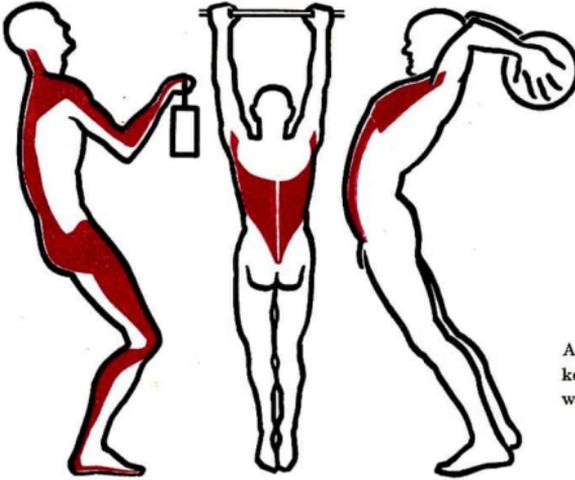


Abb. 75 Beanspruchte Muskelketten bei verschiedenen Bewegungen

vorzurufen. Trifft in dieser Zeit ein zweiter Reiz die Faser, wird er nicht wirksam. Die Faser ist während der Latenzzeit nicht erregbar.

Erfolgt ein zweiter Reiz, ehe die erste Zuckung beendet ist, so fließen die Zuckungen zusammen. Folgen die Reize genügend rasch aufeinander, dann führt das Zusammenfließen einzelner Kontraktionen zu einer starken Dauerkontraktion. Diese Dauerkontraktion wird als Tetanus bezeichnet. (Sie darf nicht mit der gleichnamigen Krankheit – dem Wundstarrkrampf – verwechselt werden!) Solche tetanischen Kontraktionen der Muskelfasern liegen den meisten Kontraktionen der Skelettmuskeln zugrunde.

Die quergestreiften Muskeln können in einer Sekunde 40- bis 60mal durch die Erregungsleitung der Nerven gereizt werden, bei erhöhten Leistungen noch häufiger. Beim Wundstarrkrampf befindet sich die Mehrzahl der Skelettmuskeln in einer Dauerkontraktion, da den Muskeln von dem krankhaft gereizten Rückenmark dauernd nervöse Erregungen zufließen.

Die durch blitzartige Einzelzuckungen der Muskelfasern entstehenden Muskelkontraktionen lassen sich am besten bei den Reflexen (z. B. beim Kniesehnenreflex und beim Lidreflex) beobachten.

Auf zu schwache Reize reagiert die Faser nicht. Nicht alle Fasern reagieren auf Reize gleicher Stärke. Je stärker der Reiz, um so größer ist die Zahl der sich kontrahierenden Fasern. Dadurch sind bei durchschnittlicher Belastung nie alle Fasern eines Muskels in Tätigkeit. Außerdem wird dadurch eine feine Abstufung der Tätigkeit erreicht.

Wird ein Muskel (z. B. durch eine Nervenverletzung) vollständig von den natür-

lichen, ihm durch Nerven zufließenden Reizen abgeschnitten, so ist er gelähmt. Einige Zeit lang läßt er sich dann noch durch direkte künstliche Reizung (z. B. durch elektrischen Strom) zur Reaktion bringen. Nach einigen Wochen verliert er jedoch auch diese Fähigkeit. Der Muskel reagiert nicht mehr auf Reizung; es tritt Muskelschwund ein.

## Die Muskulatur des Menschen

Die über 300 Skelettmuskeln unseres Körpers sind von sehr unterschiedlicher Form und Größe. Entsprechend dem zweiseitig symmetrischen Aufbau unseres Körpers sind sie paarig ausgebildet. Die meisten Muskeln verbinden Teile des Skeletts untereinander (Abb. 41 u. 42).

Die Bewegungsmöglichkeiten hängen von der Lage des Ansatzpunktes des Muskels am Knochen ab; die Verschiedenartigkeit der Bewegung wird durch das Zusammenspiel mehrerer Muskeln oder durch die wechselnde Kontraktionsstärke einzelner Muskelteile bedingt. Die mimischen Muskeln beispielsweise setzen in der Gesichtshaut an und rufen bei ihrer Kontraktion Hautverschiebungen und Faltenbildung hervor.

Von großer Bedeutung für die Gesunderhaltung und Stärkung der Muskulatur und damit auch für die Kräftigung des gesamten Körpers ist das ständige Üben der Muskulatur. Die auffälligste Erscheinung ist dabei das Dickerwerden des Muskels. Es beruht nicht auf einer Vermehrung der Muskelfasern, vielmehr vermehren sich lediglich die Muskelfibrillen; die Fasern werden dicker, nicht zahlreicher. Die Verkürzungskraft eines Muskels hängt von der Größe seines Querschnitts ab (1 cm<sup>2</sup> Querschnittsfläche entwickelt eine Kraft von etwa 10 kg). Dicke Muskeln entfalten viel Kraft; lange, schlanke Muskeln können sich über eine größere Strecke verkürzen.

Die Kapillargefäße des trainierten Muskels sind bedeutend vermehrt. Der geübte Muskel arbeitet ökonomischer, er ermüdet langsamer und ist deswegen länger leistungsfähig. Durch verstärkte Muskeltätigkeit wird der Kreislauf angeregt. Das wirkt sich wieder auf die Entwicklung aller übrigen Organsysteme günstig aus. Die regelmäßige intensive körperliche Betätigung (körperliche Arbeit, Sport, Touristik u. a.) führt deshalb nicht nur zur Erhöhung der Muskelkraft, sie regt den Kreislauf an, stärkt das Herz und fördert damit die Gesunderhaltung des gesamten Körpers.

## Krankheiten und Schäden der Muskulatur

Bei Unfällen oder sportlichen Überanstrengungen treten zuweilen Zerrungen oder Risse der Muskeln oder der Sehnen auf. Sie müssen durch einen Arzt behandelt werden und heilen selbst bei sorgfältigster Schonung nur langsam. Aus sehr verschiedenen Ursachen können manchmal unwillkürliche Muskelkontraktionen entstehen, die wir Krämpfe nennen. Sie können den ganzen Körper oder nur einzelne Muskelgruppen befallen, wie Waden- und Fingerkrampf (Schreibkrampf). Beim Krampf eines einzelnen Muskels helfen Dehnung und leichte Massage des verkrampften Muskels, den Krampf zu beheben.

- Eine Verminderung der Zahl und der Größe der Muskelfasern bezeichnet man als Muskelatrophie. Bereits durch längere Untätigkeit eines Muskels (beispielsweise durch Ruhigstellung im Gipsverband) kann sich eine Muskelatrophie entwickeln. Hochgradige Muskelatrophien entstehen, wenn Muskeln von ihrer Nervenversorgung abgeschnitten oder die Muskelzellen durch krankhafte Vorgänge geschädigt werden.

## Wichtige Muskeln unseres Körpers

### Kaumuskulatur

#### Schläfenmuskel

Ansatz: Schläfenbein – Muskelfortsatz des Unterkiefers.

Funktion: Schließen des Muskels durch Anpressen des Unterkiefers an den Oberkiefer.

#### Äußerer Kaumuskel

Ansatz: Jochbogen – Außenfläche des Unterkiefers.

Funktion: wie Schläfenmuskel (Synergist).

### Mimische Muskulatur

#### Ringförmiger Augenschließmuskel

Ansatz: Zieht nicht von Knochen zu Knochen, sondern endet in der Haut. Viele, oft untereinander verbundene Muskeln.

Funktion: Lidschluß, Bewegung der Augenbrauen.

#### Ringförmiger Muskel der Mundspalte

Funktion: Bewegung der Lippen, des Nasenflügels, der Wangen und der Kinnhaut.

### Halsmuskulatur

#### Hautmuskel des Halses

Ansatz: Haut der Umgebung des Unterkiefers – Haut der Schulter und Brust bis zum Schlüsselbein.

Funktion: Spannen der Hals- und Brusthaut.

#### Schräger Halsmuskel und Kopfwender

Ansatz: Oberes Ende des Brustbeins, inneres Ende des Schlüsselbeins – Warzenfortsatz mit Nackenlinie.

Funktion: Wirken beide zusammen: Feststellen des Kopfes, Heben des Gesichts bzw. Kopfes nach hinten; Neigen des Kopfes nach vorn und Drehen nach der entgegengesetzten Seite.

#### Brustbein- und Zungenbeinmuskel

Ansatz: 1. Rippenknorpel – Zungenbein.

Funktion: Zieht Zungenbein und Kehlkopf nach vorn, Hilfsmuskel beim Schlucken.

#### Unterkiefer-Zungenbeinmuskel

Ansatz: Innenseite des Unterkiefers – Zungenbein.

Funktion: Hilft den Mundboden bilden, stellt das Zungenbein fest, Hilfsmuskel beim Schlucken.

## **Brustmuskulatur**

### **Großer Brustmuskel**

Ansatz: Innenteil des Schlüsselbeins, obere 6 Rippen, Sehnscheide des geraden Bauchmuskels – Höckerleiste des Oberarms.

Funktion: Senken des erhobenen Armes, Schlüsselbeinteil rollt Oberarm nach innen, vorn; vielfach Antagonist des breiten Rückenmuskels.

### **Seitlicher Sägemuskel**

Ansatz: 1. bis 9. Rippe – Innerer Rand des Schulterblattes.

Funktion: Bewegt den Schultergürtel nach vorn, hebt den Arm über die Waage-rechte, befestigt das Schulterblatt am Brustkorb.

## **Bauchmuskulatur**

### **1. Äußerer schräger Bauchmuskel**

Ansatz: 5. bis 12. Rippe – Darmbeinkamm, Leistenband, weiße Linie (Linea alba).

### **2. Innerer schräger Bauchmuskel**

Ansatz: Darmbeinkamm, Leistenband, Lendenfascie – Ränder der unteren 3 Rippen, weiße Linie.

### **3. Querer Bauchmuskel**

Ansatz: Innenfläche der unteren 6 Rippen, Lendenfascie, Darmbeinkamm, Leistenband – weiße Linie.

Funktion: Die ersten neigen den Rumpf nach vorn, bei einseitiger Kontraktion nach der Seite. Sie wirken mit bei der Bauchpresse, Einziehen und Spannen der Bauchwand. Der letzte beugt den Körper; hebt das Becken, hilft bei der Bauchpresse.

### **4. Gerader Bauchmuskel**

Ansatz: Knorpel der 5. bis 7. Rippe, Schwertfortsatz des Brustbeins – oberer Rand des Schambeins und der Schambeinfuge.

## **Rückenmuskulatur**

### **Oberflächliche Rückenmuskulatur**

#### **Kapuzenmuskel**

Ansatz: Hinterhauptshöcker, Nackenband, Dornfortsätze der Brustwirbel – äußeres Drittel des Schlüsselbeins, Schulterhöhe und -gräte.

Funktion: Obere Teile heben die Schulter, mittlere ziehen das Schulterblatt zur Wirbelsäule, die unteren senken die Schulter.

#### **Breiter Rückenmuskel**

Ansatz: 9. bis 12. Rippe, Dornfortsätze der unteren 6 Brustwirbel, Kreuzbein und hinteres Drittel des Darmbeinkammes – Oberarm.

Funktion: Rollt den hängenden Arm einwärts, zieht den erhobenen abwärts, den hängenden aufwärts (Klimmzug).

### **Die langen Rückenmuskeln**

Sie reichen vom Becken bis zum Kopf, beginnen an den Rippen, den Dornfortsätzen der oberen Lenden- und unteren Brustwirbel sowie an deren Querfortsätzen. Sie setzen an Querfortsätzen der oberen Halswirbel an. So bilden sie einen äußeren und inneren Muskelzug. Sie strecken die Wirbelsäule, bei einseitiger Wirkung drehen sie die Wirbel gegeneinander.

## **Muskeln der unteren Extremität**

### **Innere Hüftmuskeln**

#### **Lenden-Darmbeinmuskel**

Ansatz: Innere Darmbeinfläche, Seitenrand des Kreuz- und Steißbeins – Oberschenkel unterhalb des Rollhügels.

Funktion: Die obere Hälfte hebt das Bein vom Körper, die untere zum Körper. Beuger des Hüftgelenks.

Der innere Hüftmuskel zieht das Bein beim Laufen nach vorn und oben, der große Gesäßmuskel nach hinten und streckt es.

#### **Zwerchfell**

Ansatz: 2. bis 4. Lendenwirbel, 12. bis 7. Rippe, Hinterfläche der Scheide, des geraden Bauchmuskels und des Schwertfortsatzes – besitzt eine Mittelsehne, Durchtrittsöffnungen für Speiseröhre, Gefäße und Nerven.

Funktion: Atemmuskel.

## **Muskeln der oberen Extremitäten**

#### **Deltamuskel**

Ansatz: 1. Teil: Äußeres Ende des Schlüsselbeins. 2. Teil: Schulterhöhe. 3. Teil: Schulterblattgrube – Oberarm.

Funktion: Hebt den Arm zur Waagerechten, nach vorn, außen und hinten.

#### **Muskeln des Oberarms**

##### **Zweiköpfiger Unterarmbeuger (Bizeps)**

Ansatz: 1. Langer Kopf: Oberhalb der Schultergelenkpfanne – Speichenköpfchen, Speiche.

Funktion: Der lange Kopf beteiligt sich beim Heben des Armes, Ansatz: 2. Kurzer Kopf: Rabenschnabelfortsatz – Speiche.

Funktion: Beide Köpfe beugen den Unterarm und drehen ihn nach auswärts.

##### **Dreiköpfiger Unterarmstrecker (Trizeps)**

Ansatz: 1. Langer Kopf, Schulterblatt unterhalb der Gelenkpfanne. 2. äußerer Kopf. 3. innerer Kopf, beide an der Hinterfläche des Oberarms – Ellenbogenfortsatz der Elle.

Funktion: Streckt den Unterarm, führt ihn zum Körper. Einziger Streckmuskel des Unterarms.

## **Oberschenkelmuskulatur**

#### **Schneidermuskel**

Ansatz: Darmbeinstachel – Schienbein.

Funktion: Beugt den Oberschenkel, rollt den gebeugten Oberschenkel nach innen.

#### **Langer, kurzer und großer Anzieher**

Ansatz: Schambeinvorderfläche und Sitzbein – Oberschenkel.

Funktion: Ziehen den Oberschenkel nach innen.

#### **Vierköpfiger Unterschenkelstrecker**

Ansatz: Darmbeinhöcker und Oberschenkel – Obere und seitliche Ränder der Kniescheibe von dort mit gemeinsamer Sehne zum Schienbein.

Funktion: Streckt den Unterschenkel.

## Zweiköpfiger Unterschenkelbeuger

Ansatz: Sitzbeinhöcker, Oberschenkel – Wadenbein-Köpfchen.

Funktion: Beugen des Unterschenkels.

## Unterschenkelmuskulatur

Wir unterscheiden die vordere Streckergruppe, die hintere Beugergruppe und die seitliche Wadenbeingruppe. Besonders äußerlich auffällig ist der

### Dreiköpfige Wadenmuskel

Ansatz: Äußere und innere Oberschenkelknorren, Wadenbeinköpfchen und Schienbein – durch Achillessehne am Fersenbein.

Funktion: Abwärtsbewegung des Fußes, Beugen des Unterschenkels gegen den Oberschenkel.

## Aufgaben und Fragen

1. Zersägen Sie verschiedenartige Knochen von Schlachttieren längs und quer! Untersuchen Sie ihren Bau!
2. Prüfen Sie Knochen und Knorpel (Kalbsknorpel) auf Druck-, Zug- und Biegefestigkeit! Vergleichen Sie mit pflanzlichen Stoffen!
3. Glühen Sie einen Knochen aus! Legen Sie einen anderen frischen Knochen 1 Tag in verdünnte Salzsäure (HCl)! Einen Teil dieses entkalkten Knochens legen Sie in Wasser, lassen kochen und erkalten. Den zweiten Teil kochen Sie in starker Kaliumhydroxidlösung (KOH, Kalilauge; Vorsicht!)
4. Legen Sie Sehnenstücke (Nackenband des Rindes vom Schlachthof besorgen) in kochendes Wasser! Kochen Sie ein anderes Sehnenstück mit Kalilauge (Vorsicht!)
5. Kochen Sie frischen Kalbsknorpel mit wenig Wasser! Lassen Sie erkalten!
6. Vergleichen Sie das Skelett des Menschen mit dem verschiedener Säuger!
7. Vergleichen Sie die Schädelknochen des Menschen mit denen verschiedener Säuger!
8. Untersuchen Sie Gelenke von geschlachteten Tieren!
9. Vergleichen Sie die Wirbelsäule eines Säugetieres mit der des Menschen!
10. Prüfen Sie bei gestrecktem und bei gebeugtem Knie die Verschiebbarkeit der Kniescheibe! Vergleichen Sie mit Abbildung 48!
11. Untersuchen Sie den Gewölbebau Ihrer Füße! Laufen Sie mit nassen Füßen über Holz! Betrachten Sie den Abdruck! Vergleichen Sie mit der Form Ihrer Schuhe!
12. Tasten Sie den Ansatz der Sehne des Bizeps im Ellbogengelenk! Vergleichen Sie mit Abbildung 41 und 42!
13. Umschließen Sie den linken Unterarm an verschiedenen Stellen mit der rechten Hand! Drehen Sie dabei die linke Hand! Vergleichen Sie mit Abbildung 59!
14. Umschließen Sie den linken Unterarm mit der rechten Hand! Beugen und strecken Sie die Finger! Versuchen Sie die Lage der Sehnen und Muskeln für das Beugen und Strecken der Finger festzustellen! Vergleichen Sie mit Abbildung 41 u. 42!
15. Beugen und Strecken Sie den Arm! Tasten Sie die Veränderung des Beugemuskels, des Streckmuskels und ihrer Sehnen!

16. Vergleichen Sie auf Abbildung 55 u. 56 die verschiedenen Knochen des Arms mit den entsprechenden Knochen des Beins!
17. Bestimmen Sie die Lage der Kniescheibe bei Hausrind und Pferd!
18. Suchen Sie die Lage der wichtigsten Muskeln an ihrem Körper! Vergleichen Sie mit den entsprechenden Zeichnungen des Lehrbuches!
19. Betrachten Sie je ein Stück rohes und gekochtes Fleisch! Zerzupfen Sie beide mit zwei Nadeln!
20. Welcher Unterschenkelknochen bildet den äußeren, welcher den inneren Knöchel? Wie ist das Fersenbein mit dem Unterschenkel verbunden?
21. Welche Bedeutung hat die sehnige Zwischenmembran, die zwischen Elle und Speiche gespannt ist, für die Druckübertragung beim Sturz oder Fall auf die Hand?

## SACHWORTVERZEICHNIS

Das Zeichen \* weist auf Abbildungen im Text hin

- Abdomen 44**  
*Acanthocephala* 33, 125  
*Acari* 64  
 Achsenskelett 76, 88, 92  
*Acipenseroides* 98  
*Acnidaria* 12, 21, 124  
*Acrania* 92  
*Agnatha* 92  
 Allantois 109  
 Amnion 113, 117  
 Amnionhöhle 109  
 Amnioten 118  
*Amphibia* 93, 102, 129  
 analoge Organe 43  
 Annelida 33, 37, 126  
 Antagonisten 160  
*Antennata* 65  
 Antennendrüse 48  
*Anthozoa* 21, 123  
*Anura* 102  
*Arachnida* 62, 127  
*Araneae* 64  
 Archaeozysten 6  
*Archiannelida* 38  
 Arm 145, 146\*, 147\*  
 Arterien 93  
 arterielles Blut 93  
*Arthropoda* 33, 127  
*Articulata* 33  
*Artiodactyla* 121  
*Aschelminthes* 24  
 Asselspinnen 64, 127  
 Assoziationszentren 84  
*Asterioidea* 75  
 Atemorgane, Gliedertiere 42\*  
 Außenverdauung 61  
 Autotomie 54  
*Aves* 93, 129
- Bandwürmer 25, 28, 124**  
 Bartenwale 120  
 Bärtierchen 66, 82, 127  
 Bauchflossen 90  
 Bauchgefäß 35  
 Bauchhärlinge 28, 124  
 Bauchmark 35  
 Bauchmarktiere 86  
 Bau des Knochens 138
- Bauplan, Bauchmarktiere 80, 81\*  
 Bauplan, Rückenmarktiere 80, 81\*  
 Becken 149\*  
 Beckengürtel 90, 91\*, 149  
 Bein 146\*, 148\*, 150\*  
 Bekannte Fische 96\*, 97  
 Bekannte Vogelarten 112\*, 113  
 Beuteltiere 117  
 Bindegewebe 133  
*Bivalvia* 74, 126  
 Blasenkeim 7, 8\*, 15  
 Blastula 7, 8\*, 14\*, 15, 35, 78, 79\*  
 Blindwühle 102  
 Blutgefäße 48  
 Blutgefäßsystem 76  
*Bonellia* 39, 40\*, 126  
 Borstenwürmer 37, 126  
 Brückenechsen 106  
 Brustbein 90  
 Brustflossen 90  
 Brustkorb 144\*, 145  
 Bücherskorpion 64  
 Buchlungen 43  
 Butterkrebs 53
- Calcarea* 9  
*Carnivora* 120  
*Cephalopoda* 75, 126  
 Cephalothorax 44  
*Cestodes* 28, 29, 124  
*Celacea* 120  
*Chelicerata* 62  
 Cheliceren 49  
*Chiroptera* 118  
 Chitin 34  
 Chitinpanzer 40  
 Choane 98, 99  
*Chondrichthyes* 93, 97  
*Chondrostei* 98  
 Chorda 80  
 Chordascheide 88, 89  
*Chordata* 76  
 Chordattiere 76, 92, 123  
 Chorion 109, 113  
 Chorionhöhle 109  
*Cistellata* 38, 126  
*Cnidaria* 12, 20, 123  
*Coelenterata* 12
- Coelom* 34, 39, 48, 78, 80  
 Coelomhöhle 37  
*Cornacuspungia* 11  
 Coxaldrüsen 48  
*Crinoidea* 75  
*Crocodylia* 106  
*Crossopterygii* 98  
*Crustacea* 65  
*Ctenophora* 12, 21  
*Cyclostomata* 85, 92
- Dendroceratida* 11  
 Dermallager 5, 15  
*Dermoptera* 118  
*Diantennata* 65  
*Digena* 28  
*Diplopoda* 63\*, 64  
*Dipnoi* 98  
 discoidale Furchung 108  
 Dornfortsatz 89  
 Dottersack 109  
 Drohnen 58
- Echinodermata* 75  
*Echinoidea* 75  
*Echinurida* 39, 126  
 Echsen 106  
*Edentata* 119  
 Egel 33, 38  
 Ektoderm 12, 15, 19, 35, 37  
 Embryonalentwicklung, Säugetiere 113, 114\*  
 Embryonalentwicklung, Vögel 107\*  
 Embryonalhüllen 109  
 Embryonalknoten 115  
 Endwirt 22  
 Entoderm 12, 15, 19, 35, 37  
 Entwicklung des Knochens 136  
 Entwicklung, Lanzettierchen 79\*  
 Entwicklung, Ringelwürmer 36\*  
 Epithelien 5, 12  
*Errantia* 37  
*Eurypterida* 62  
 Extremitätenskelett 145, 146\*, 147\*, 148\*, 149f.
- Fächertracheen 43  
 Fadenwürmer 25, 28, 125  
 Fanggewebe 61

- Fettgewebe 138  
*Fissipedia* 120  
 Flattertiere 118  
 Fledermäuse 118  
 Freßpolyphen 19  
 Froschlurche 102  
 Fühlerlose 62, 127  
 Furchenbienen 57  
 Furchungsteilung 95  
**Gasaustausch** 87  
 Gastralager 5, 7, 15  
 Gastralraum 12  
*Gastropoda* 72, 125  
*Gastrotricha* 28, 124  
 Gastrula 12, 14\*, 15, 18, 35, 78, 79\*  
 Gebärmutter 115  
 Gebiß 153\*, 154\*, 155  
 Gehirnentwicklung, Cordatiere 83\*  
 Geißelkammer 7  
 Gelenk 139\*, 140f.  
 Gelenkrheumatismus 155  
 Gemmulae 6, 9  
 Generationswechsel 14\*, 18, 20, 23\*, 28  
 geschlechtliche Vermehrung 7, 8\*  
 Geschlechtsbestimmung 39, 58  
 Geschlechtschromosomen 39  
 Geschlechtsorgane 25, 47  
 Gesichtsschädel 88  
 Giftdrüsen 52, 60  
 Gifttiere 64  
*Gigantostaca* 62  
 Gliederfüßer 33, 40, 43, 62, 127  
 Gliedertiere 33, 45\*, 50\*  
 Gonaden 47  
 Großer Leberegel 23\*  
 Großhirn 84  
 Gürtelwürmer 38, 126  
*Gymnophiona* 102  
**Haarsterne** 75, 128  
 Haie 85, 97  
 Halbschädlar 88  
 Hämalbogen 89  
 Hand 146\*, 148\*, 149  
 Hasenartige 119  
 Hautatmung 99  
 Hautflügler 57  
 Häutungshormone 54  
 Hautzähne 104  
 Hemisphären 84  
 Herrentiere 118  
 Herz 76  
 Herzkammer 93  
*Hexapoda* 65, 128  
 Hirschschädel 88  
*Hirudinea* 38  
 Hohltiere 12, 20  
*Holothurioida* 75  
 homologe Organe 43, 49  
 Hornschwämme 11  
 Hundertfüßer 46\*, 60, 63\*  
 Hydromedusen 14\*, 18  
*Hydrozoa* 16\*, 20, 123  
 Hypophyse 84  
*Hypotremata* 97  
**Igelwürmer** 39, 126  
 Innere Organe, Fisch 92\*  
 Innere Organe, Säugetier 122\*  
 Innere Organe, Vogel 111\*  
*Insectivora* 117  
 Insekten 33, 49, 46\*, 55\*, 56, 65, 128  
 Insektenfresser 117  
**Käfer** 70  
 Käferschnecken 72, 125  
 Kalksalze 53  
 Kalkschwämme 9  
 Kaulquappen 102  
 Keimbüllen 113  
 Keimscheibe 108, 109  
 Kernlose 5  
 Kieferapparat 85  
 Kieferfühler 49  
 Kieferlose 88, 92, 128  
 Kiefermäuler 88  
 Kiemenarterien 93, 94  
 Kiemenarm 78  
 Kiemenhöhle 40  
 Kiemenraum 78  
 Kiemenpalten 78  
 Kiemenvene 94  
 Kieselschwämme 9  
*Kinorhyncha* 33, 125  
 Kleinhirn 84  
 Kloakentiere 116, 117  
 Knochen 137, 138\*  
 Knochenentwicklung 137\*  
 Knochenfische 90, 93, 98, 128  
 Knochengewebe 136  
 Knochenverbindungen 139f., 141\*  
 Knorpel 88  
 Knorpelfische 93, 97, 128  
 Knorpelganoiden 98  
 Knorpelgewebe 136  
 Knospung 15, 16\*  
 Kolonie 18  
 Koloniebildung 19  
 Konvergenzen 43  
 Kopfarterien 94  
 Kopffüßer 75, 126  
 Kopfklappen 49  
 Korallen 21, 123  
 Körperbau, Lanzettierchen 77\*  
 Körperbau, Ringelwurm 34\*  
 Körperform, Gliederfüßer 62, 63\*  
 Körperform, Gliedertiere 45\*  
 Körperkreislauf 95  
 Kragengeißelzellen 7, 9  
**Kratzer** 125  
 Krebse 47\*, 127  
 Krebstiere 65  
 Kreislauf, Fische 94\*  
 Kreislauf, Säuger 95\*  
 Kriechtiere 93, 106, 129  
 Krokodile 106  
 Kutikula 25, 34  
**Labium** 51  
 Labrum 51  
*Lacertilia* 106  
*Lagomorpha* 119  
 Landraubtiere 120  
 Lanzettierchen 76  
 Lederhaut 102  
 Leibeshöhle 34, 35, 48  
 Luftsäcke 101  
 Lungenatmung 99, 101  
 Lungenatmung, Wirbeltiere 100\*  
 Lungenfische 98, 101  
 Lungenkreislauf 95  
 Lungenvenen 93  
 Lurche 93, 102, 129  
 Lurche 93  
**Makromeren** 35  
 Malpighische Gefäße 48  
*Mammalia* 93, 129  
 Mandibeln 51  
 Manteltiere 92, 128  
*Marsupialia* 117  
 Maulbeerkeim 7, 8\*  
 Maxillardrüsen 48  
 Maxillen 51  
 Medusen 12, 13\*, 17\*, 18, 20  
 meeresbewohnende Nesseltiere 12, 13\*  
 Meniskusverschiebung 140\*  
*Merostomata* 62, 127  
 Mesenchym 133  
 Mesoderm 35, 37  
 Mesogloea 21  
 Metamorphose 54, 80, 99  
 Metazoa 5  
 Mikromeren 85  
 Milben 64  
 Mittelhirn 84  
 Mixocoel 48  
*Mollusca* 70, 125  
*Monogenea* 28  
*Monoplacophora* 72, 125  
*Monotremata* 117  
 Morula 7, 8\*, 35, 115  
 Mundgliedmaße, Honigbiene 51\*  
 Mundgliedmaße, Küchenschabe 51\*  
 Mundgliedmaße, Schmetterling 51\*  
 Mundgliedmaße, Stechmücke 51\*  
 Mundhöhlenatmung 99  
 Mundzähne 104  
 Muscheln 74, 126

- Muskeln, oberflächlich 134\*, 135\*  
 Muskelzellen 15, 157\*, 158\*, 159\*, 160\*  
 161\*, 168ff.  
*Myriopoda* 65, 127  
  
 Nachhirn 64  
 Nagetiere 119  
 Nährzellen 15  
*Nemathelminthes* 24, 124  
*Nematoda* 95, 28, 31, 32, 125  
*Nematomorpha* 28, 125  
*Neopilina* 71  
 Nervensystem 12, 15, 35  
 Nesselkapseln 12, 14\*, 15  
 Nesseltiere 12, 20, 123  
 Nestflüchter 110  
 Nesthocker 110  
 Neumünder 82  
 Neunauge 85  
 Neuralbogen 89  
 Neuralrohr 76  
 Neurosekretorische Zellen 54  
  
 oberflächliche Furchung 108  
 Oberhaut 102  
 Oberkiefer 51  
 Oberlippe 51  
 Oberschlundganglion 44  
 Ohrenquallen 18  
*Oligochaeta* 38  
*Omyxophora* 66, 126  
*Ophiuroidea* 75  
*Opliones* 64  
 osmotisch 25  
*Osteichthyes* 93, 98  
 Ostien 49  
  
 Paarhufer 121  
*Panopoda* 64, 127  
 Parallelbildungen 43  
 Parapodium 38, 40, 49  
 Parastomium 21, 25, 26  
 Pelzbienen 57  
 Pelzflatterer 118  
*Pentastomida* 66, 127  
*Perissodactyla* 121  
 Pflanzenfresser 60  
*Pholidota* 119  
*Pinnipedia* 120  
*Placentalia* 116, 117  
 Planarien 26  
*Planula* 15, 18  
*Plathelminthes* 24, 123  
 Plattwürmer 24, 25, 26\*, 27\*, 124  
 Plazenta 116  
 Plazentatiere 117  
*Pleurotremata* 97  
*Polychaeta* 37, 126  
 Polypen 12, 13\*  
 Polypenkolonie 15, 20  
  
*Polyplacophora* 72, 125  
*Porifera* 123  
*Priapulida* 39, 125  
*Primates* 118  
 Primitivrinne 108, 109  
*Proboscidea* 121  
 Proglottiden 28  
 Protisten 5  
*Pseudoscorpiones* 64  
  
 Quallen 12, 13\*  
 Quastenflosser 90, 98  
 Querfortsätze 90  
  
*Rachitis* 155  
 Rädertiere 28, 124  
 Raubtiere 120  
 Regeneration 19, 26, 54  
 Regenwürmer 33  
 Reifenträger-Larve 35  
*Reptilia* 93, 129  
*Rhynchocephalia* 106  
 Riesenkrebs 62  
 Ringelwürmer 33, 34, 37, 40, 43, 46\*, 126  
 Ringgefäße 35  
 Rippenquallen 12, 21, 124  
 Robben 120  
 Rochen 85, 97  
*Rodentia* 119  
 Röhrenatmer 65, 127  
 Röhrenknochen 137\*  
 Röhrenschäler 74, 126  
 Röhrentracheen 43  
 Röhrenwürmer 38  
 Röhrenzähler 120  
*Rotatoria* 28, 124  
 Rückbildungen 22  
 Rückenfortsatz 89  
 Rückengefäß 35  
 Rückenmarkrohr 82  
 Rückenmarktiere 80  
 Rumpsegmente 49  
 Rundmäuler 85, 88, 89, 92  
 Rundwürmer 24, 25, 26\*, 27\*, 28, 124  
 Rüsseltiere 121  
  
 Saitenwürmer 28, 125  
 Sandbienen 57  
 Säugetiere 93, 129  
 Saugnapfe 28  
 Saugwürmer 25, 28, 124  
*Scaphopoda* 74, 126  
 Schädel 150, 151\*, 152, 153\*  
 Schädelbildung 85  
 Schädelbildung, Chordatiere 86\*  
 Schädellose 92, 128  
 Schädeltiere 88  
 scheibenförmige Furchung 108  
 Schildkröten 106  
 Schlangen 106  
  
 Schlangensterne 75, 128  
 Schlauchwürmer 24  
 Schliefer 121  
 Schmetterlinge 68  
 Schnecken 72, 125  
 Schreitbeine 46  
 Schultergürtel 90, 91\*, 145, 146\*  
 Schuppenkriechtiere 106  
 Schuppenzapfentiere 119  
 Schwämme 5, 8\*, 123  
 Schwanzlurche 102  
 Schwertschwänze 62  
 Schwimblase 98  
*Scyphozoa* 17\*, 18, 21, 123  
*Sedentaria* 38  
 Seeigel 75, 128  
 Seekühe 121  
 Seelilien 75  
 Seekorpion 62  
 Seesterne 75, 128  
 Seewalzen 75, 128  
 Segmentalorgane 35, 48  
 Serosa 109  
*Serpentes* 106  
*Sipuncuvida* 39, 126  
*Sirenia* 121  
 Skelett 134\*, 135\*  
 Skorpione 62, 63\*  
*Solenogastres* 72, 125  
 Speicherzellen 48  
 Sperlingsvogel 113  
 Spinnen 47\*, 61, 64  
 Spinnentiere 49, 62, 127  
 Spongien 5  
*Squamata* 106  
 Staatsquallen 13\*, 20  
 Stachelhäuter 75, 82, 128  
 Stigmen 42  
 Störe 98  
 Strickleiternnervensystem 44  
 Strobilation 19  
 Strudelwürmer 25, 27, 123, 124  
 Stummelfüßer 66, 126  
 Stützlamelle 12, 15  
 superfißler Furchung 108  
 Süßwasserpolyp 14\*, 15, 108  
 Synergisten 160  
  
 Talgdrüsen 105  
 Tannenzapfentiere 119  
*Tardigrada* 66, 127  
 Tausendfüßer 60, 63\*  
*Teleostei* 98  
 Termiten 57  
*Testudines* 106  
 Tetanus 156  
*Tetrazonida* 9  
 Thorax 44  
 Tintenfische 75

- |   |                                       |                                  |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|
| totale Furchung 108                     | Urmünder 82                           | Wirbelsäule 142*, 143*, 144      |
| <i>Tracheata</i> 65                     | <i>Urodela</i> 102                    | Wirbeltiere 92, 103*, 128        |
| Tracheen 42, 43                         | Ur-Ringelwürmer 38                    | Wirtswechsel 22, 23*, 28, 33     |
| <i>Trematodes</i> 28, 30, 124           | Uterus 115                            | Wuchsformen der Schwämme 10*, 11 |
| <i>Triaxsonida</i> 9                    | Venen 93                              | Wundstarrkrampf 156              |
| Trilobiten 62, 63*, 127                 | venöses Blut 93                       | wurmförmige Tiere 40, 41*        |
| <i>Trochophora</i> 35, 37, 70, 75       | <i>Vertebrata</i> 92                  | Wurm-mollusken 72, 125           |
| Trochophora-Larven 38                   | Vielfüßer 49, 65, 127                 |                                  |
| <i>Tubulidentata</i> 120                | Vögel 93, 129                         | <i>Xiphosura</i> 62              |
| <i>Tunicata</i> 92                      | vollständige Verwandlung 54, 55*, 56* | Zahn 104                         |
| <i>Turbellaria</i> 27, 124              | Vorderhirn 84                         | Zahnarme 119                     |
| ungeschlechtliche Fortpflanzung 7       | Vorkammer 93                          | Zahnwale 120                     |
| Unpaarhufer 121                         | Wale 120                              | Zellkonstanz 27                  |
| Unterkiefer 51                          | Wasserraubtiere 120                   | Zellverbandstiere 5              |
| Unterlippe 51                           | Weberknechte 64                       | Zentralnervensystem 44, 78       |
| Unterschlundganglion 45                 | Webspinnen 61                         | Zirbeldrüse 84                   |
| unvollständige Verwandlung 54, 44*, 56* | Wehrpolypen 19                        | Zungenwürmer 66, 127             |
| Urocoelomaten 82                        | Wehrsekret 61                         | Zweiflügler 66, 68               |
| Urdaem 35, 80                           | Weichtiere 70, 72, 73*, 125           | Zwillinge 116                    |
| Urgeschlechtszellen 37                  | Wenigborstige 38                      | Zwischenhirn 84                  |
| Urmesodermmzelle 35, 82, 108            | Wirbelbildung 88                      | Zwischenwirbelscheibe 143*       |
| Urmollusken 72                          |                                       |                                  |

## Abbildungsnachweis

### Farbtafeln

Roland Jäger/Rainer Ziegler, Berlin  
(Farbtafel 4 nach einem Entwurf von Dr. Wolfgang Crome)

### Zeichnungen

Dr. Wolfgang Crome, Berlin (Abb. 1, 4 bis 11, 13 bis 20, 23 bis 29, 31, 32, 34 bis 37, 39, 40); Roland Jäger/Rainer Ziegler, Berlin (Abb. 2, 3, 12, 21, 22, 33, 38); Horst Link, Berlin (Abb. 41 bis 75); Willy Schulz-Kabbe, Berlin (Abb. 30).

**Farbtafel 1:** Brutkolonie einer Seeschwalbe. Viele Paare brüten auf engem Raum beisammen und verteidigen die Brut gemeinsam. Die Nester sind nur flache Sandmulden. Eier und Junge heben sich kaum von ihrer Umgebung (Sand und Geröll) ab.

**Farbtafel 2 und 3:** Beim Kampfläufer tragen die Männchen eine bunte und vielgestaltige Färbung. Niemals sind zwei Männchen so ähnlich gefärbt und gezeichnet, daß man sie verwechseln könnte. Dieses Hochzeitskleid tragen die Männchen aber nur in der Paarungs- und Brutzeit (Farbtafel 2). In den übrigen Monaten sind beide Geschlechter gleich gefärbt (Farbtafel 3, oben). Die unscheinbare Färbung der einzeln brütenden Weibchen und der Jungen tarnt diese ganz vorzüglich (Farbtafel 3, unten).

**Farbtafel 4:** Verwandtschaftliche Beziehungen der wichtigsten Tierstämme untereinander. Die einfachsten Tierformen sind die Einzeller (gelb). Bei allen höheren Tieren läuft die Embryonalentwicklung über eine Gastrula beziehungsweise ein gastrulaähnliches Stadium. Dabei kann der Urmund der Gastrula zum bleibenden Mund werden (Urmünder, linke Seite), oder der bleibende Mund wird nach Verschuß des Urmundes neu gebildet (Neumünder, rechte Seite).

**Farbtafel 5 und 6:** Auffällige Säugetiere aus aller Welt

**Farbtafel 7:** Insekten ahmen einander nach. Die gelb-schwarze Zeichnung der empfindlich stechenden Feldwespen und Hornissen (oben) stellt eine Warn- und Schutzfärbung dar. Sie wird von anderen Insekten nachgeahmt. Einerseits von anderen Hautflüglern, die jedoch gänzlich harmlos sind und nicht stechen können, wie zum Beispiel die Holz- und Blattwespen (in der Mitte untereinander). Andererseits aber auch von Vertretern ganz anderer Insektenordnungen, wie beispielsweise von Schwebfliegen oder Schmetterlingen, ja sogar von Bockkäfern, die nicht einmal mehr im Körperbau Ähnlichkeit mit Hautflüglern haben (unten von links nach rechts).



1962





Gliederfüßer

Ringelwürmer

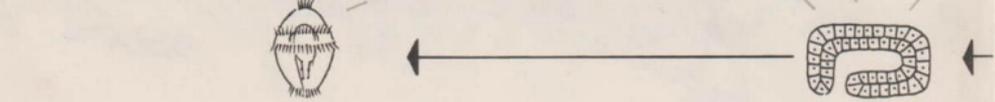
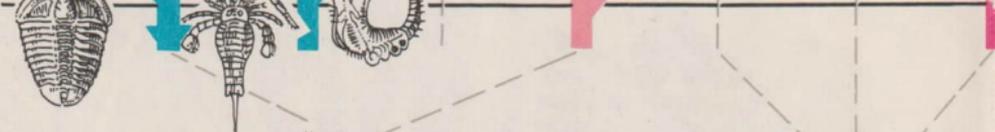
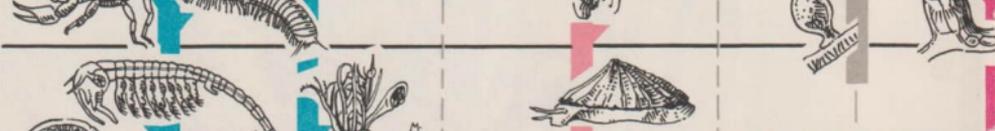
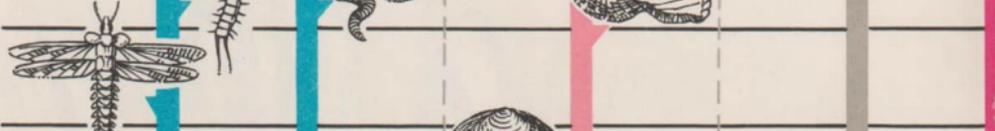
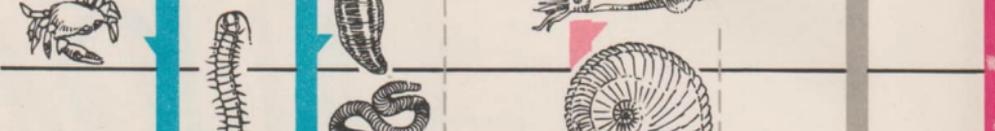
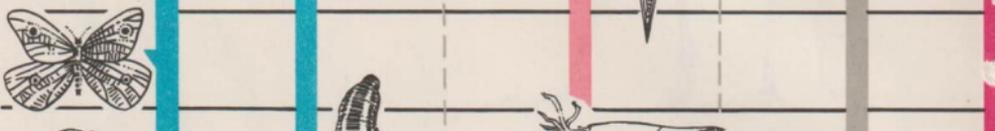
Rundwürmer

Weichtiere

Plattwürmer

Hohltiere

Kranztierchen



ler

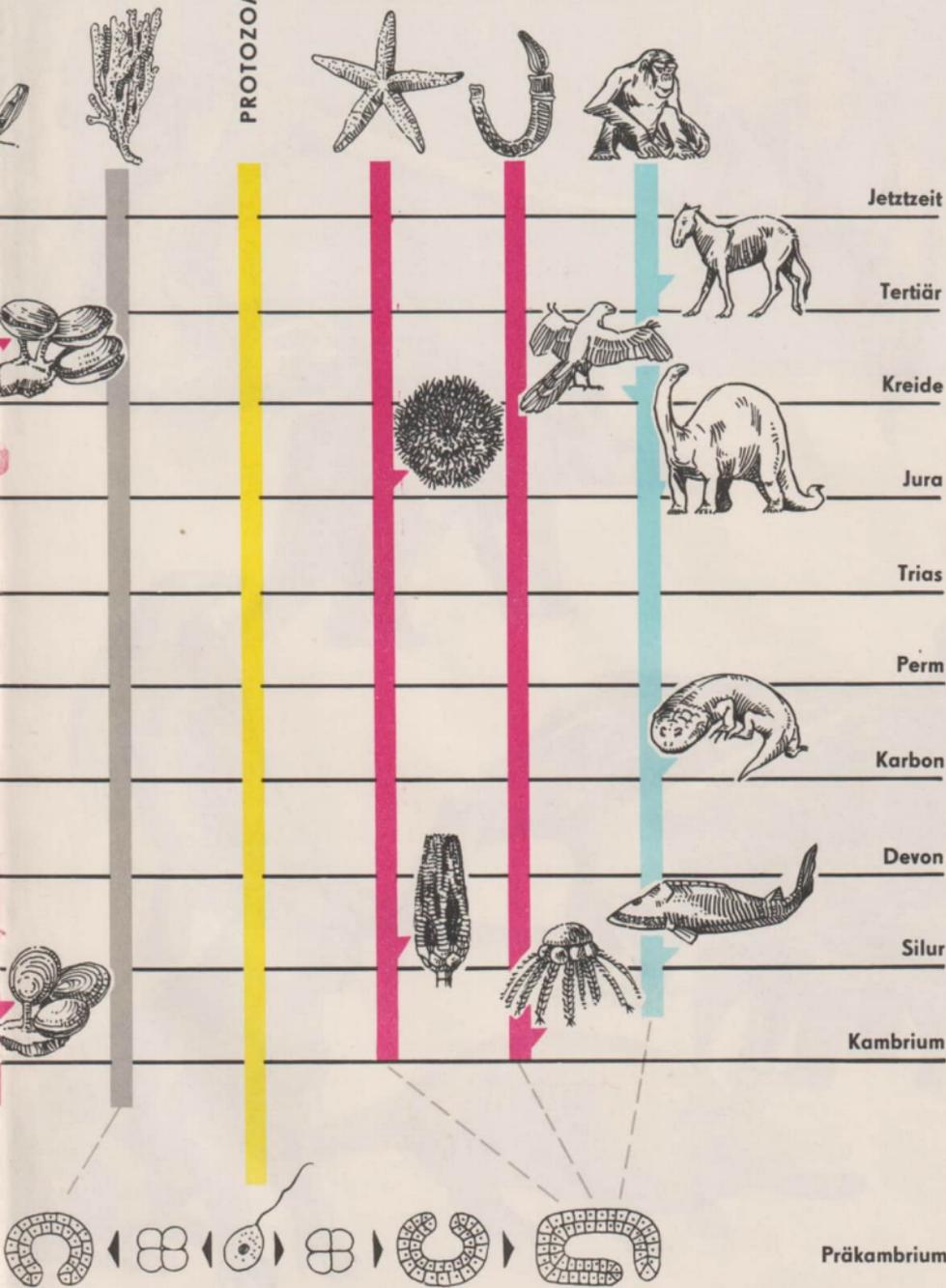
Schwämme

PROTOZOA

Stachelhäuter

Eichelwürmer

Chordata



Jetztzeit

Tertiär

Kreide

Jura

Trias

Perm

Karbon

Devon

Silur

Kambrium

Präkambrium



