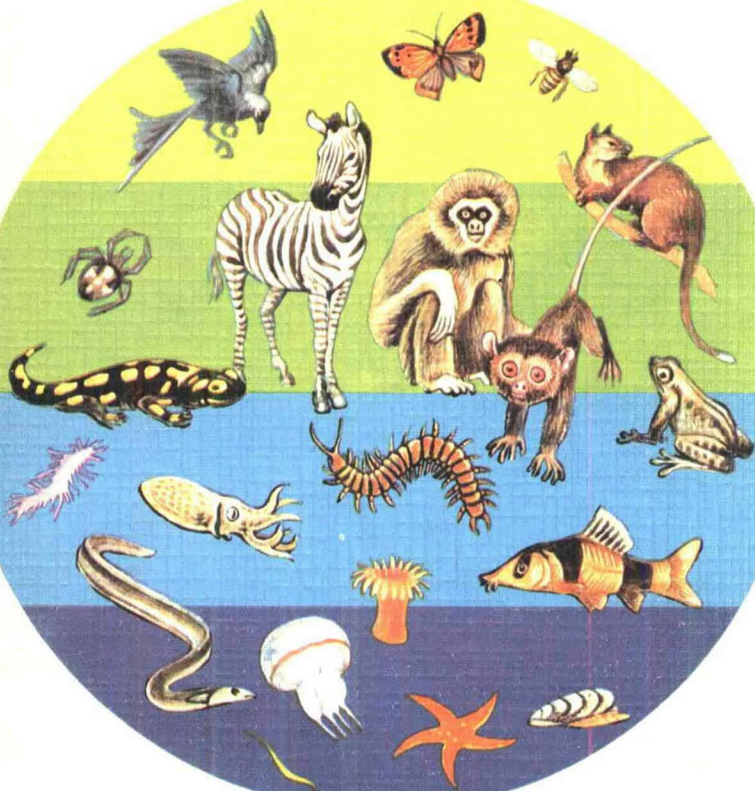


akzent

Editha Thomas / Hermann Thomas

Milliarden Jahre Leben





Editha Thomas Hermann Thomas

Milliarden Jahre Leben

Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin

Autoren:

**Editha Thomas, Ingenieur für technische Biologie, und
Dr. Hermann Thomas, Dresden**

Illustrationen: Herbert Spantekow, Lohme

1. Auflage 1975

1.-20. Tausend. Alle Rechte vorbehalten

© *Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin*

Verlag für populärwissenschaftliche Literatur, Leipzig, 1975

VLN 212-475/32/75 LSV 1309

Lektor: Ewald Oetzel

Einbandreihenentwurf: Helmut Selle

Typografie: Hans-Jörg Sittauer

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: GG Interdruck Leipzig

Best.-Nr.: 653 384 9

EVP 4,50 Mark

Fotos: E. u. H. Thomas (46), Repro Thomas (2)

Inhalt

Wege des Lebens	7
Entwicklung, Abstammung, Darwinismus und Evolution	11
Die vier Seiten der Evolution	12
DNS – das Schlüsselwort für Leben	17
Drei Millionen Tonnen DDT	19
Eine notwendige Übersicht	20
Vom Kohlenwasserstoff zum Leben	22
Preisfrage: Was ist Leben?	29
Geborgtes Leben	30
Bakterien, Einzeller und der Ursprung des Pflanzenreiches	32
Die ersten »Höhepunkte« der Evolution	38
Quallen, Polypen und Strudelwürmer	40
Ordnung muß sein!	46
Parasiten und Schmarotzer	47
Trichinen und andere Rundwürmer	52
Von einem geordneten Innenleben	55
Die segmentale Bauweise	57
Die Ringelwürmer	60
Gepanzerte Ritter	63
Tausendfüßer und Krebsse	64
Vom Wasser auf das Land	71
Spinnen, Skorpione, Weberknechte	73
Weltmacht Insekt?	77
Wo bleiben die Weichtiere?	84
Vom Ursprung der Wirbeltiere	86
Stachelhäuter, Manteltiere und anderes merkwürdiges Getier	89
Der Weg zum Wirbeltier	91

Knochenplatten + Fische = Panzerfische	94
»Seeaal«, Hai und Rochen	95
Mit Quastenflossen auf das Land	98
Jahr für Jahr	99
Ein Kapitel Evolution	100
Noch einmal von vorn: Fische, Lurche, Kriechtiere	104
Das Reptilienei	106
Giganten des Mesozoikums	106
Aufwand kontra Nutzen	110
Flughaut oder Flügel	112
Der optimale Typ	115
Kloakentiere und Beuteltiere	117
Die Menschwerdung	124

Wege des Lebens

Vier Milliarden Jahre sind eine unvorstellbar lange Zeit. Dennoch wissen wir mit Sicherheit, daß das Leben seit diesen fernen Tagen eine Heimstatt auf unserer aller Mutter Erde besitzt. Nachdem sie sich soweit abgekühlt hatte, daß in ihrer Hülle aus Gas und Wasserdampf das Wasser kondensierte und als Urozean ihre Oberfläche bedeckte, waren vor etwa vier Milliarden Jahren die Voraussetzungen zur Entstehung von lebendiger Materie gegeben. Aus den ersten primitiven Lebensformen des Urozeans sind seitdem immer kompliziertere und leistungsfähigere Lebewesen entstanden. In unübersehbarer Fülle und Vielfalt haben sie zuerst die Meere und Flüsse, danach das Festland besiedelt und später sogar den Ozean der Luft erobert.

In unserem eigenen Falle heißt Leben auch Menschsein. Seit aber Menschen unsere Erde bewohnen, sind sie es, die als einzige unter den Lebewesen in die Geheimnisse der Natur, die Gesetze des Lebens und die Fragen der eigenen Existenz einzudringen vermögen. Wie kam das Leben auf die Erde? Woher stammt der Mensch? Wie entwickelt sich das Leben? Das sind uralte Fragen der Menschheit.

Es ist verständlich, daß – entsprechend dem Wissensstand der vergangenen Menschheitsepochen – diese Fragen nur mehr oder weniger wahrheitsgetreu beantwortet werden konnten. Erst vor reichlich einhundert Jahren war soviel an Argumenten und Beweismaterial zusammengetragen worden, daß Darwin als erster eine in sich widerspruchsfreie Darstellung der Entwicklung des Lebens auf der Erde zu geben vermochte. Bis dahin glaubten die meisten Menschen daran, daß Götter oder ähnliche

übernatürliche Mächte und Kräfte im Rahmen eines Arbeitseinsatzes vor vielleicht 5000 Jahren die tatsächlich übernatürliche Aufgabe bewältigt hatten, nicht nur alle Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen, Krankheitserreger, Parasiten und das erste Menschenpaar, sondern zuvor auch noch die Erde und das ganze Universum zu erschaffen. Wie sich dann herausstellte, hatten die Götter auch die Übel dieser Welt nicht vergessen, so daß sie tatsächlich für alle Seiten des irdischen Lebens verantwortlich gemacht werden konnten.

Vorübergehend gelang es kritischen Denkern, vor allem im alten Griechenland, urwüchsige materialistische Erklärungen des Naturgeschehens zu entwickeln. So lehrten Thales in Milet und sein Schüler Anaximander um 600 v. u. Z., daß die Lebewesen ohne Zutun von Göttern aus dem Wasser, dem Feuchten, entstanden seien. Anaximander führte die Erkenntnisse seines Lehrers mit der Behauptung weiter, daß der (für die Entstehung des Lebens maßgebliche) »Urstoff« nicht mehr angetroffen werden könne. Der Mensch schließlich habe »andersartige«, fischähnliche Vorfahren besessen.

Empedokles aus Akragas (etwa 490 bis 430 v. u. Z.) nahm an, daß die Erde zunächst Teile der Lebewesen hervorgebracht habe. Durch das Wirken von Liebe und Streit seien sie verbunden und getrennt worden. Dabei seien viele, nicht lebensfähige Mißgeburten entstanden. Nur die zufällig aus zueinander passenden Teilen entstandenen Lebewesen seien erhalten geblieben. Diese erste Fassung des für die Entwicklung der Lebewesen maßgeblichen Ausleseprinzips – wenn auch in phantastischer Form – erhielt sich bis zu dem römischen Philosophen Lucretius im ersten Jahrhundert v. u. Z.

Aristoteles (384–322 v. u. Z.) gilt als der bedeutendste Kenner der lebenden Natur des Altertums. Aus seiner Feder stammen die zum Teil erstmaligen Beschreibungen von etwa 500 Tierarten und das erste System der Tiere. Nach ihm schreitet die Natur in kleinen Schritten von unbelebten zu belebten Dingen fort. Einige Meerestiere sah er als Zwischenformen des Tier- und Pflanzenreiches an. Die Schwämme sollten noch fast den Pflanzen gleichen, während Austern und andere Muscheln den Tieren schon

ähnlicher seien. Auf sie folgten die blutlosen (niederen) Tiere, dann die (rotes) Blut führenden (Wirbel-)Tiere. Unter diesen unterschied er Fische, Vögel, eierlegende Vierfüßer und lebendgebärende Vierfüßer, die wir heute als Säugetiere bezeichnen. Zuoberst stellte Aristoteles den Menschen, gleich darunter ordnete er die Affen an. Bereits Aristoteles verwendete die Bezeichnungen Gattung und Art, allerdings weiter gefaßt, als wir es in der Gegenwart tun.

Es ist heute schwer, die biologischen Einsichten der alten griechischen Philosophen gerecht zu würdigen. Überraschend richtigen Annahmen und geradezu modern anmutenden Schlußfolgerungen stehen bei allen auch Äußerungen gegenüber, die sich nicht bestätigt haben. Ihre Lehren waren vorwiegend spekulativ, das Ergebnis gedanklicher Kombinationen. So lehrte Empedokles z. B. auch die Seelenwanderung, und Aristoteles machte für die die Materie bewegenden und gestaltenden Kräfte innere Zweckursachen (Entelechien) verantwortlich. Allen fehlte das nur unter den späteren Voraussetzungen zu erlangende Beweismaterial zur richtigen Erklärung der verwickelten Zusammenhänge der Existenz und Entwicklung des Lebens.

Standen schon die frühen griechischen Materialisten unter dem Makel der Gottlosigkeit – sie waren wie z. B. Aristoteles Angriffen und Verfolgungen ausgesetzt –, so kamen nach der Erhebung des Christentums zur Staatsreligion in der römischen Sklavenhaltergesellschaft materialistische, gegen den Schöpfungsmythos gerichtete Anschauungen nicht mehr zur Geltung. Und wenige Jahrhunderte später versanken dann auch im Feuer der Inquisition und »Seelenläuterung« die hoffnungsvollen Denkansätze der Vorläufer einer wissenschaftlichen Weltanschauung. Mehr als ein Jahrtausend der Herrschaft von Buchstabengelehrsamkeit und Dogmatismus machten schon den Versuch eigenständiger wissenschaftlicher Tätigkeit zu einem lebensgefährlichen Unternehmen. Wir erinnern hier nur an das Schicksal von Giordano Bruno und Galileo Galilei. Erst das aufstrebende Bürgertum war am Fortschritt der Naturerkenntnis interessiert, weil erkannte Naturgesetze nun auch technisch nutzbar waren. Aus die-

ser Zeit der Ablösung des Feudalismus sind uns vor allem die Leistungen der Astronomen bekannt. Nikolaus Kopernikus stürzte als erster das dem Schöpfungsmythos entsprechende geozentrische Weltsystem. Kepler und Galilei begründeten die Mechanik des Himmels, und der jugendliche Kant setzte 1755 mit seiner »Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels« endgültig Entwicklung im Kosmos an die Stelle des 14. Jahrhunderts währenden Dogmas altüberlieferter Schöpfungsberichte.

So wurde der »ketzerische« Entwicklungsgedanke erst im 18. Jahrhundert wieder aufgegriffen. Zuvor hatten der Engländer John Ray erste Ansätze einer den verwandtschaftlichen Beziehungen nahekommenden Gruppierung der Pflanzen angestrebt und der Schwede Carl von Linné die schon von seinem Vorläufer Ray angewandte Bezeichnung der Tiere und Pflanzen mit Art- und Gattungsnamen konsequent ausgebaut. Erst auf dieser Basis der »Inventur« des Tier- und Pflanzenreiches konnte der Gedanke der Entwicklung der Lebewesen wachsen und sich verbreiten. Neben Buffon, dem Freund und Lehrer Lamarcks, ist es Jean Baptiste de Lamarck selbst gewesen, der den ersten aussichtsreichen Schritt zur Begründung der Abstammungslehre getan hat. Er veröffentlichte 1809, im Geburtsjahr Charles Darwins, seine »Philosophie zoologique« und entwarf hierin erstmals Grundzüge der Abstammungslehre, indem er versuchte, die unzähligen Formen des Tier- und Pflanzenreiches durch allmähliche Umbildung aus gemeinsamer Wurzel infolge Anpassung an die Lebensbedingungen zu erklären. Konsequenterweise setzte er die Menschenaffen unter den Menschen und brachte damit die Abstammung des Menschen von äffischen Vorfahren zum Ausdruck. Gerade das erwies sich aber als verfrühter Einsatz für den Abstammungsgedanken. Nicht einmal Darwin wagte es später, sogleich auch an dem festesten aller Vorurteile zu rütteln. In der Erwartung, daß sich die zwar falsche, aber einhellige Zeitmeinung gegen die Abstammungslehre richten würde, wenn Mensch und Affe in einem Atemzuge genannt wären, formulierte er nur vorsichtig, daß die Begründung der Abstammungslehre auch Licht auf die Herkunft des Menschen werfen würde. Aus dieser Zeit ist die Meinung eines Mitgliedes der besse-

ren Gesellschaft überliefert, dem die äffische Vergangenheit ganz und gar nicht schmeckte: »Von Affen abstammen! Mein Lieber, wir wollen hoffen, daß das nicht wahr ist. Wenn es aber stimmt, dann wollen wir beten, daß es nicht in der Öffentlichkeit bekannt wird.«

Lamarck selbst war kein bleibender Erfolg beschieden. Wegen zu geringen Beweismaterials und einiger offensichtlicher Fehlaussagen seines Werkes konnte die Reaktion ein letztes Mal über den Entwicklungsgedanken triumphieren. Schließlich aber gelang es Charles Darwin nach einer langen Periode des Sammels von Fakten, Tatsachen und Argumenten im Jahre 1859 nicht nur die Abstammung aller heutigen Lebewesen von einfacheren, früheren Formen unwiderlegbar zu begründen, sondern auch durch die Erkenntnis des in der Natur wirksamen Ausleseprinzips die Lücke auszufüllen, die Lamarck hinterlassen hatte. So ist Darwin zum »Kopernikus der organischen Welt« geworden, wie Ernst Haeckel schon 10 Jahre nach dem Erscheinen des Darwinschen Werkes »Über den Ursprung der Arten durch natürliche Zuchtwahl« begeistert äußerte.

Entwicklung, Abstammung, Darwinismus und Evolution

Entgegen den alten Schöpfungssagen entstanden im Verlaufe ungeheuer langer Zeiten allmählich durch Anpassung an Lebensverhältnisse, Umwelt, Klima usw. von Generation zu Generation immer vollkommenere, leistungsfähigere, kompliziertere Lebewesen. Demzufolge sind Entwicklung und Veränderung – nicht aber Erschaffung und Unveränderlichkeit – für das Leben maßgebend. Hat sich das Reich der Lebewesen von ersten, primitiven Formen ausgehend – allmählich entwickelt, dann müssen alle heutigen Lebewesen von früheren, einfacheren Tieren oder Pflanzen abstammen. Die Begriffe Abstammungslehre und Entwicklungslehre können wir also gleichsetzen.

Darwin hat die Ursache der biologischen Entwicklung im Ausleseprozeß gesehen, dem alle Lebewesen zwischen Geburt und Tod unterliegen. Dieses besondere Prinzip der

Existenz und Entwicklung lebender Materie wird auch als »Selektionsprinzip« bezeichnet. Das Wort selbst und den dazugehörigen Vorgang erklären wir auf den nächsten Seiten. Darwin zu Ehren wurde die gesamte Theorie der Entwicklung des Lebens schon zu seinen Lebzeiten Darwinismus genannt. Was bedeutet aber der Begriff Evolution?

Wohin wir auch blicken, überall befindet sich die Materie in Veränderung. Das Universum mit seinen Galaxien, Sonnensystemen und Planeten entwickelt sich, das Leben unterliegt der Entwicklung, und die Gesellschaft des Menschen schreitet, ausgehend von der Urgemeinschaft unserer Vorfahren, zum Kommunismus fort. Die Entwicklungsvorgänge in diesen drei Bereichen der Materie – Universum, Leben und Gesellschaft – unterliegen jeweils anderen Faktoren, anderen Ursachen und anderen Bedingungen. Für die biologische Entwicklung sind die Abhängigkeit der Lebewesen von der Umwelt, das Selektionsprinzip und der genetische Unterbau des Lebens (auf den wir auch noch einmal zurückkommen werden) charakteristisch. Um die Besonderheiten dieses Bereiches der Materie von der Entwicklung des Universums und der wieder ganz anders gearteten Entwicklung der Gesellschaft abzugrenzen, hat Darwin für die biologische Entwicklung den Begriff Evolution verwendet (lat. *evolutio*: Entwicklung, Auswicklung, Entfaltung von etwas bereits Existierendem).

Die vier Seiten der Evolution

Fragt man junge Leute, wieviel Kinder sie später einmal haben möchten, dann muß man schon eine Weile herumhören, bis man ein Paar findet, das mindestens drei haben möchte. Drei Kinder je Familie (mit der Genauigkeit der Statistik gerechnet sind es wohl nur 2,7) werden aber gebraucht, wenn unsere heutige Gesellschaft ihren Bestand erhalten will. Es sind deshalb mehr als zwei, weil nicht alle Menschen heiraten, nicht alle Paare Freud und Leid der Kindererziehung auf sich nehmen wollen und weil nicht alle Kinder das Alter der Fortpflanzungsreife erreichen. Vom Biologischen her gesehen haben die Menschen damit die geringstmögliche Nachkommenzahl, die zur Erhaltung

ihrer Art erforderlich ist. Das gilt aber nur in der Gegenwart und nur für Länder und Staaten, in denen Familie, Schule, Medizin und Staat sich so vorbildlich um die heranwachsende Generation sorgen, wie es in der DDR nun einmal der Fall ist. Frühere Generationen mußten wesentlich mehr Kinder hervorbringen, weil Krankheiten und Seuchen von der Medizin noch nicht beherrscht wurden, weil die Lebensverhältnisse vieler Menschen sehr schlecht waren und weil der Staat der Ausbeuterklassen sich vor allem auch in der Weise um die Nachkommenschaft »sorgte«, daß er sie auf Schlachtfeldern aus Macht und Profit gier opferte.

Die erste Seite im Evolutionsprozeß, die Fortpflanzung zur Erhaltung der Art, wollen wir uns aber nun am besten an einigen Beispielen aus dem Tierreich verdeutlichen. Wir springen deshalb in Gedanken jetzt vom »Ende« des Tierreiches zum »Anfang«, wo wir den Bakterien begegnen. Bakterien können sich alle 20 Minuten teilen. Das sind in drei Stunden schon 512 Abkömmlinge. Bei den Einzelern liegen die Verhältnisse ähnlich. Auch Quallen, Würmer, Seesterne, praktisch alle niederen Tiere erzeugen teilweise unzählige Nachkommen. Ein Borkenkäferpaar bringt es im Frühjahr zwar bei der ersten Brut nur auf 50 Jungkäfer, aber unter günstigen Bedingungen gehen aus diesen Nachkommen zusammen mit dem Elternpaar, das im gleichen Jahr ein zweites Mal zur Brut schreitet, jeweils wieder 50 Nachkommen hervor. Nehmen Sie doch einmal selbst Papier und Bleistift und rechnen Sie nach!

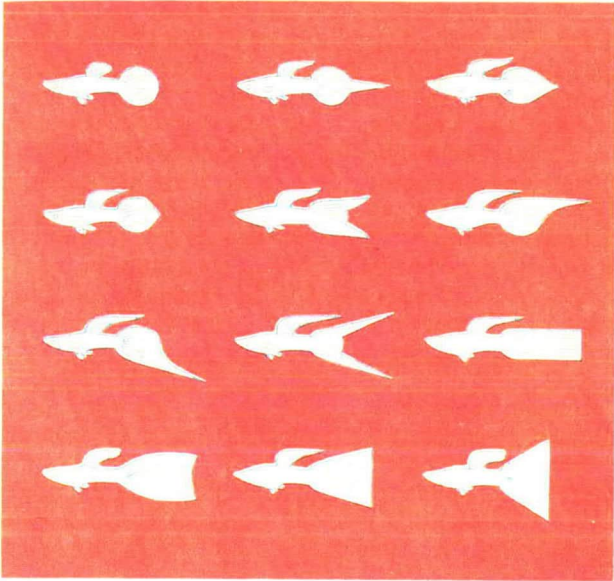
Ein Glasflüglerweibchen legte 721 Eier ab. Wem dieser Rekord zu niedrig liegt, der möge im Frühjahr nur einmal eine Blattlaus in Pflege nehmen! Er wird während des Sommers dann ein »Vermehrungswunder« erleben. Aber es gibt auch weniger vermehrungsfreudige Tiere. Wir wollen nicht verschweigen, daß die durch ihre Schale geschützten Weinbergschnecken nur etwa 50 Eier je Jahr legen. Auch Krebse tragen nur zwischen 100 bis 200 Eier je Weibchen, betreiben allerdings Brutpflege. Wenn wir jetzt eine Menge Tiere einfach auslassen und erst wieder bei den Fischen Halt machen, geht es dort gleich mindestens um Hunderttausende Eier, wenn nicht wie bei Dorsch, Kabeljau und Butt sogar um Millionen. Unter den

stammesgeschichtlichen Nachfahren der Fische, den Lur-chen, beobachten wir bei den Kröten nur an die 1000 Eier in den Laichschnüren. Aber erst bei den Reptilien und Vögeln brauchen wir zum Zählen der Eier und Nachkommen so gut wie nur das Kleine Einmaleins.

Zum Abschluß nun noch einige größere Tiere. Wildschweine frischen um 8 Frischlinge jährlich. Sie haben mehr Feinde als Rinder oder Pferde, die sich mit einem, höchstens zwei Nachkommen je Jahr begnügen, aber in der Zeit ihres Lebens ebenfalls mehr Junge zur Welt bringen, als rein rechnerisch zur Aufrechterhaltung der Art erforderlich wären. Bei den Pflanzen liegen die Verhältnisse ähnlich. Wir wollen aber nicht weiter in die Einzelheiten gehen. Merken wollen wir uns jedoch, daß alle Lebewesen mehr Nachkommen erzeugen, als man auf den ersten Blick für notwendig halten könnte.

Eine weitere Eigenheit des Lebens ist die Verschiedenheit der Nachkommenschaft. Ein Aquarium mit Guppys reicht zur Erklärung dieses Sachverhalts zunächst aus. Wenn wir bei dieser Guppyzucht nur diejenigen Jungfische wieder miteinander paaren, die die merkwürdigsten Flossen mit zur Welt gebracht haben, können wir bald zahlreiche Variationen der normalen Ausgangsform der Flossen feststellen. So wie ein Musiker Variationen zu einem vorgegebenen Thema bewußt gestaltet, variiert »die Natur« in unserem Falle das Thema Guppyflosse, wobei wir uns das im Moment noch nicht erklären können.

Gehen Sie einmal mit offenen Augen durch die Parks und Grünanlagen unserer Städte! Häufig können wir dort Spatzen, Amseln und andere Vögel mit einzelnen weißen Federn oder sogar ganzen Federpartien beobachten. Bei den Guppys sagten wir, die Nachkommen variieren in der Form der Flossen. Hier müssen wir sagen: Die Nachkommen der Amseln, Spatzen und anderer Vögel variieren in der Färbung des Gefieders. Sehen Sie sich einmal in einer Exotenausstellung die Wellensittiche an, und bewundern Sie die Launen der Natur! Die unterschiedlichen Formen stammen von der gleichen unscheinbaren Ausgangsform ab. Sie sind von den Züchtern durch geschicktes Paaren, den menschlichen »Zielvorstellungen« entsprechend, »vervollkommnet« worden.



Schwanzformen bei der Züchtung von Guppys

Gehen wir von den Vögeln zu den Säugetieren. Ein Wildrind gibt um 600 Liter Milch. Mehr braucht ein Kälbchen nicht zu seiner Ernährung. Unsere Vorfahren haben aber immer wieder diejenigen Rinder zur Zucht verwendet, die mehr Milch als andere gaben. So liegen wir im Spitzenwert heute bei über 10 000 Liter Milch je Kuh. Das ist das 15fache der biologisch erforderlichen Menge, die ein Kalb zu seiner Ernährung in den ersten Lebenswochen braucht.

Aus einer Fülle von ähnlichen Beispielen hat Darwin seinerzeit die Tatsache abgeleitet, daß die Nachkommen eines beliebigen Elternpaares ihren Eltern zwar auf den ersten Blick gleichen, bei genauerem Hinsehen aber in diesem oder jenem Merkmal oder sich sogar in mehreren Merkmalen von ihnen unterscheiden. Sie variieren in den Eigenschaften, und wir sprechen deshalb generell von der Variabilität der Nachkommenschaft bzw. der Variabilität der Lebewesen.

Untersuchen wir nun den Evolutionsfaktor Selektion (lat. *selectare*: aussortieren, auslesen). Wir können diesen Faktor nur verstehen, wenn wir seinen logischen Zusammenhang mit der Überproduktion an Nachkommenschaft und mit ihrer Variation in den vererbten Eigenschaften suchen. Daß nicht alle Nachkommen jeder Tier- und Pflanzenart (den Menschen klammern wir jetzt aus) die Geschlechtsreife erlangen können, sehen wir ein. Andernfalls bestünde die ganze Lebewelt der Erde bald nur noch aus einigen wenigen Tierarten, die die meisten Nachkommen hervorbrächten. Tatsächlich leben aber auf der Erde rund 2 Millionen verschiedener Tierarten, und obwohl unter ihnen viele Arten sind, bei denen jedes einzelne Paar mehrere Millionen Nachkommen produziert, kommen doch immer nur soviel zur Geschlechtsreife, daß der Bestand einer jeden Art, über sehr lange Zeitspannen gesehen, konstant bleibt.

Was geschieht dann aber mit den vielen, zu viel in die Welt gesetzten Nachkommen? Sie gehen zugrunde. Die einen, weil sie den Unbilden des Klimas nicht gewachsen sind, andere werden gefressen oder fallen Krankheiten zum Opfer. Wieder andere finden keinen geeigneten Lebensraum, Brutplatz oder werden von den kräftigeren Geschwistern an den Nahrungsquellen, die nicht für alle ausreichen, beiseite gedrängt. Am Ende bleiben nur diejenigen übrig, die sich im Lebensraum zu behaupten vermögen, solange sie den Feinden Trotz bieten, Krankheiten überstehen, die Konkurrenz aus den eigenen Reihen sowie die der anderen Tierarten überwinden. Sie sind die Tüchtigsten im »struggle for live« wie es Darwin formulierte, im »Kampf ums Dasein«, wie wir im Deutschen leider etwas extremer sagen.

Kommen wir jetzt noch einmal zu unserem zweiten Schwerpunkt zurück: Die Nachkommen variieren in ihren Merkmalen. Diejenigen, die entsprechend unserer soeben getroffenen Schlußfolgerung überleben, werden die Besitzer der vorteilhaftesten Merkmale und Eigenschaften sein. Jeweils die besten aus der Nachkommenschaft begründen also die nächste Generation und unter deren Nachkommen wieder diejenigen, die die besten Eigenschaften vererbt bekamen. Von Generation zu Generation, von Jahr zu Jahr

und von Jahrmillionen zu Jahrmillionen wird dadurch die Leistungsfähigkeit des Lebens »gehoben«, dokumentieren die Veränderungen in Form, Gestalt und Stoffwechsel die Evolution vom Niederen zum Höheren. Die lebende Materie auf unserer Erde reicht aber nicht nur in einer einzigen Linie aus der Vergangenheit in die Zukunft, sondern ist in eine unübersehbare Vielzahl von Arten aufgespalten.

Wie kam es dazu? Wenn Angehörige irgendeiner Art ihre angestammte Heimat verlassen und in andere Lebensräume gelangen, wird dort auch die Auslese in anderer Richtung als »daheim« ansetzen. Durch die räumliche Entfernung und die dazwischen gelegenen Hindernisse, Meeresarme, Gebirgszüge, Wüsten usw., sind »Auswanderer« und »Daheimgebliebene« voneinander isoliert. Nach vielen Jahren (wir rechnen je nach der Größe der Tiere mit 10 000 bis 50 000 Jahren) hat die Auslese an den verschiedenen Aufenthaltsorten, an denen sich die Abkömmlinge einer Ausgangsform aufhalten, mittlerweile in derart verschiedener Richtung gewirkt und die Eigenschaften so unterschiedlich geformt, daß auch dann, wenn männliche und weibliche Partner aus den verschiedenen Aufenthaltsorten zusammengebracht werden, keine Nachkommenschaft mehr erzeugt werden kann. Isolation durch unterschiedliche Lebensorte und die darin begründete unterschiedliche Selektion wirken seit allen Zeiten und gelten für alle Arten. Sobald eine Art in verschiedene Tochterarten aufgespalten ist, beginnt dieser Vorgang bereits von neuem. Nur so ist das verwirrende Bild des Lebens mit seinen unterschiedlichen irdischen Erscheinungsformen zu erklären.

DNS – das Schlüsselwort für Leben

Es gibt Dinge zwischen Himmel und Erde, die lassen sich auf wenigen Seiten nicht im Plauderton darstellen. Dazu gehört auch der genetische »Unterbau« der Evolution. Horst Reinbothe hat ein ganzes Taschenbuch (Molekül – Mikrobe – Mensch) allein der Darstellung dieses chemischen Teiles der Existenz von Leben gewidmet. Bedenken

Sie aber bitte eines: Darwin hatte keinerlei Kenntnis von den bei der Vererbung waltenden Gesetzen, er hatte keinerlei Kenntnis vom Chemismus der Vererbung, vom Aufbau der Gene und den tieferen Ursachen der Variabilität der Lebewesen, und er hat trotzdem den Mechanismus der Entwicklung des Lebens begründen können. Alles, was spätere Generationen an Einzelheiten und tieferen Einsichten entdeckt haben, hat den Evolutionsmechanismus nur noch fester begründet und unwiderlegbar untermauert. Einzig und allein das Problem der Entstehung des Lebens ist nur dann »in den Griff zu bekommen«, wenn Mindestvorstellungen der genetischen Basis des Lebens vorhanden sind. Wir wollen deshalb versuchen, in wenigen Sätzen das Nötigste zu sagen:

Die Zellen der Lebewesen bestehen aus zwei wesentlichen Komponenten: Eiweiß und Kernsäuren. Die Kernsäuren (Fachbezeichnung: *Desoxyribonukleinsäure*, abgekürzt: DNS) enthalten in ihrer besonderen chemischen Zusammensetzung alle Informationen für alle Eigenschaften verschlüsselt, die das Lebewesen zwischen Zeugung und Tod zu Wachstum, Existenz und Leistung benötigt. Riesenmoleküle dieser DNS sind bei allen höheren Lebewesen in den Zellkernen als Chromosomen enthalten. Die einzelnen Abschnitte der Chromosomen, die jeweils für ein Merkmal oder für einige Merkmale des Lebewesens »verantwortlich« sind, nennen wir Gene. Das Eiweiß der Zellen schirmt diesen Informationsträger DNS von nachteiligen Umwelteinflüssen ab und ist selbst der einzige Aufenthaltsort, in dem die DNS arbeitsfähig erhalten werden kann. Bei den Zellteilungen, die der Entstehung der Geschlechtszellen vorausgehen, muß die DNS verdoppelt werden. Dabei können Pannen eintreten, das heißt, die Reihenfolge der chemischen Bestandteile der DNS kann verändert werden. Einzelne Abschnitte der DNS enthalten dann eine andere Information, und – um Ihnen noch einmal ein Fremdwort aufzubürden – wir sagen dann, daß dieses oder jenes Gen mutiert sei (lat. *mutare*: verändern).

Wir haben diese wichtigen Erkenntnisse mit wenigen Worten wiederzugeben versucht. Darwin fehlte 1859 dieses Wissen zur Erklärung der Variabilität oder Vielgestaltigkeit der Lebewesen. Einhundert Jahre haben Chemiker

und Biologen gebraucht, der Natur dieses Geheimnis abzurufen. Wie der Mutationsmechanismus wirkt, wollen wir im nächsten Abschnitt an einem Beispiel demonstrieren.

Drei Millionen Tonnen DDT

DDT ist die Abkürzung für *Dichlordiphenyltrichloräthan*, eine komplizierte Kohlenwasserstoffverbindung mit fünf Chloratomen im Molekülverband. Im Jahre 1938 entdeckte man die Giftigkeit dieser Verbindung gegenüber Insekten. Seitdem wurden auf der Erde nahezu 3 Millionen t dieses DDT ausgebracht. Das humane Anliegen dieser Bemühungen bestand darin, Läuse, Flöhe, Wanzen, Fliegen, Mücken und anderes Ungeziefer zu vernichten und damit auch die von diesen Tieren übertragenen Krankheiten wie z. B. Malaria und Fleckfieber niederzuhalten. Am Ende des zweiten Weltkrieges rechnete man nicht mit dem Mutationsmechanismus. Mit Hilfe des DDT hoffte man, in wenigen Jahren die Menschheit von den Geißeln der Parasiten, Schädlinge und vieler Krankheiten endgültig befreit zu haben. Tatsächlich waren aber bereits im Jahre 1946 Stubenfliegen in Italien und Ägypten resistent (lat. *resistere*: widerstehen) gegen DDT, und heutzutage ist diese Widerstandsfähigkeit (der Fachausdruck lautet *Resistenz*) gegenüber DDT und anderen Insektengiften von mindestens 250 Insektenarten bekannt, darunter allen wichtigen Gesundheitsschädlingen und Pflanzenparasiten. Der von einem Tag zum anderen durch den Giftbelag veränderten Umwelt fielen zwar 99,999 % der Schädlinge zum Opfer, aber von jeder Art blieben diejenigen am Leben, die von vornherein – ohne, daß sie bis dahin benötigt worden wäre – die Eigenschaft besaßen, DDT im eigenen Stoffwechsel mit abzubauen oder die Giftigkeit dieser Substanz in ihrer Umwelt anderweitig zu umgehen. Einen besseren und aussagekräftigeren Beweis für das blinde Walten des Mutationsmechanismus als Ursache der Variabilität der Lebewesen konnte es nicht geben. Deshalb müssen wir ständig neue Insektengifte entwickeln, damit dann, wenn die Mutanten auch das gegenwärtige Mittel vertragen, bereits neue und danach wieder neue Verbindungen

eingesetzt werden können. Mittlerweile entsprechen unsere neuen Mittel immer mehr auch den Forderungen des Umweltschutzes. Sie werden im Stoffwechsel der Tiere und Pflanzen abgebaut und treffen nur den tatsächlich zu bekämpfenden Schädling.

Eine notwendige Übersicht

Mit dem Begriff Evolution bezeichnen die Biologen seit Darwin die besondere Entwicklung der Lebewesen. Sie beginnt, wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden, mit der Abgrenzung der »lebensträchtigen« Substanz von der Umwelt. Die verschiedenen Faktoren, die diese Entwicklung der Lebewesen beeinflussen, wirken dabei in einem Zusammenhang, wie ihn unser Schema veranschaulicht.

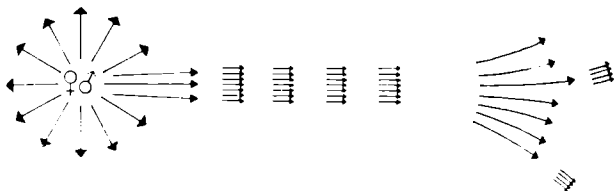
Alle Lebewesen erzeugen mehr Nachkommen, als zur zahlenmäßigen Erhaltung der Art erforderlich sind. Bereits bei der Entstehung der Geschlechtszellen für die kommende Generation werden einzelne Gene nicht exakt verdoppelt, so daß die Erbinformation verändert an die Nachkommen weitergegeben wird. Dem Zufall bleibt es dabei überlassen, ob die jeweilige Änderung einer Erbinformation für das Lebewesen von Nutzen oder von Nachteil ist. Dieser sogenannte Mutationsmechanismus ist für die Vielgestaltigkeit (Variabilität) der Lebewesen und ihrer Nachkommen verantwortlich. Die Auseinandersetzung der Lebewesen mit Feinden, Konkurrenten, Krankheiten, Parasiten, Beuteobjekten bzw. mit der Beschaffenheit und Ausnutzbarkeit der pflanzlichen Nahrung sowie mit Faktoren des Lebensraumes wie Temperatur, Feuchte oder Trockenheit, Strahlung, Untergrund, Klima usw. bestehen nur die widerstandsfähigsten, kräftigsten, leistungsfähigsten Nachkommen mit den besten Eigenschaften und vorteilhaftesten Mutationen des Erbgutes. Der Vorgang der Auslese erlaubt damit nur denjenigen Nachkommen die Existenz, die in ihrer Genkombination den herrschenden Umweltbedingungen am besten entsprechen. Wie es in unserem Schema dargestellt ist, könnte die Umwelt, in der sich die Selektion abspielt, mit einer Einbahnstraße verglichen werden, die nur einen Teil der Nachkommen auf-

Beziehungen zwischen lebender Materie und Umwelt im Prozeß der Evolution

Variabilität und Vielgestaltigkeit der Nachkommenschaft

Auslese der an die jeweiligen Umweltverhältnisse am besten angepassten Lebewesen

Unterbrechung der Fortpflanzung nach Auswanderung in weit entfernte Lebensräume, durch andere Nahrungswahl u. a.



Variabilität und Vielgestaltigkeit bieten die Voraussetzung der Evolution

Auslese setzt die Richtung d. Evolution, verändert das Organisationsniv. u. erhöht den Anpassungsgrad

Isolation führt zur Aufspaltung der lebenden Materie in unterschiedliche Fortpflanzungsgemeinschaften (Arten)

nehmen kann, wobei sie die unendliche Vielfalt der Nachkommenschaft sortiert und dem bis dahin blinden Zufallsmechanismus der Vererbung mit ihren Mutationen die Richtung der weiteren Entwicklung setzt.

Schließlich besitzen alle Lebewesen einen nur ihnen zukommenden Lebensraum. Bei dem Übermaß an Nachkommenschaft wird ein großer Teil der heranwachsenden Generation allein durch Konkurrenz aus dem angestammten Lebensraum der Eltern hinausgedrängt. Gelingt es ihnen, anderswo »Fuß zu fassen«, dann wird im neuen Lebensraum die Auslese in anderer Richtung ansetzen, und nach einigen zehntausend Jahren sind die Gene der Auswanderer von denen der »Daheimgebliebenen« so verschiedenen geworden, daß keine Kreuzungen mehr möglich sind. Statt dessen sind eine, wenn nicht sogar mehrere neue Arten entstanden.

Solange Leben existiert, wirkt die Evolution also in drei

Richtungen: Sie führt zu ständig fortschreitender Anpassung der Organismen an die Umweltbedingungen, zum Auftreten höher organisierter und leistungsfähigerer Tiere, die die niederen Vertreter des Tierreiches ablösen, und zur Aufspaltung des Reiches der Lebewesen in eine nahezu unübersehbare Vielzahl unterschiedlicher Arten.

Allerdings nützt das beste Schema nichts, wenn die tiefen Ursachen der Evolution nicht deutlich genug herausgearbeitet sind. Wir hatten uns bisher mit dem sogenannten Kampf ums Dasein und der darin begründeten Auslese der geeignetsten Nachkommen zufrieden gegeben. Wenn wir all unsere einzelnen Argumente zum Problem der Selektion zusammenfassen und verallgemeinern, dann können wir auch sagen, daß sich diejenigen Lebewesen gegenüber den Umwelteinflüssen behaupten, die bei vergleichsweise geringstem Materialaufwand und geringstem Energieverbrauch die größte Leistungsfähigkeit besitzen. Logischerweise wird auf dem Wege von geringerer zu größerer Leistung auch die innere Organisation der Lebewesen komplizierter, die Vorwärtsbewegung rentabler und der Stoffwechsel wirkungsvoller. Auf diese Weise ist die Evolution ein stets vorwärtsschreitender Prozeß, solange Tiere und Pflanzen einen Planeten bewohnen.

Vom Kohlenwasserstoff zum Leben

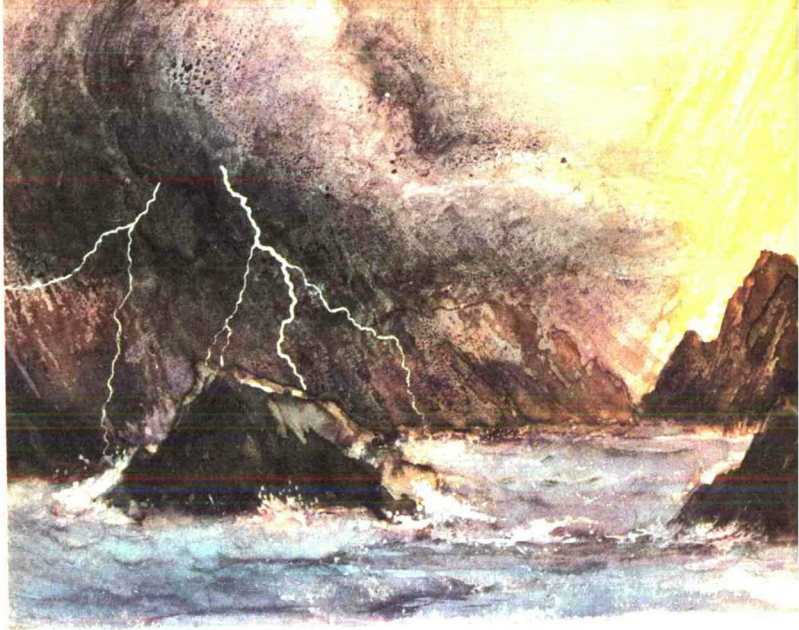
Unter unseren irdischen Verhältnissen hat sich das Zusammenwirken von Eiweiß und Kernsäure (DNS) als die beste Grundlage leistungsfähigen Lebens erwiesen. Die wesentlichen Eigenschaften dieses Lebens sind Stoffwechsel, Vermehrung und Wachstum, Reizaufnahme und Reizverarbeitung. Je weiter wir in die Vergangenheit zurückgreifen (indem wir immer ältere Versteinerungen untersuchen), begegnen uns einfachere Lebewesen mit weniger komplizierter Struktur. Vor vier Milliarden Jahren, zu Beginn der Evolution, müssen die ersten Lebewesen aus allereinfachsten Gebilden hervorgegangen sein. Bei ihrer Entstehung haben noch vor dem Beginn der Evolution die Gesetze der Chemie und Physik ihre Herrschaft ausgeübt. Weil dieser Anfang die unvorstellbar

lange Zeitspanne von etwa vier Milliarden Jahren zurückliegt und naturgemäß kein Wissenschaftler mit Notizblock und Bleistift ein Protokoll der Entstehung von Lebewesen aufnehmen konnte, bereitete es noch bis vor wenigen Jahren einige Schwierigkeiten, diesen Beginn zu rekonstruieren. Heute haben Biochemiker und Biologen die Bedingungen des Urozeans der Erde im Experiment nachgeahmt, so daß die Voraussetzungen der Entstehung von Leben mit den Methoden der Wissenschaft untersucht werden können. Vor der Darstellung dieser Experimente müssen wir jedoch die theoretischen Erwägungen und Denkansätze der Wissenschaftler besprechen, die schließlich zu den berühmt gewordenen »Millerschen Versuchen« führten.

Die Wissenschaftler gingen von der plausiblen Annahme aus, daß der heutige Zustand des verwickelten Zusammenwirkens von Eiweißen und Kernsäuren erst allmählich im Verlaufe der Evolution erreicht wurde. Einfachste Kernsäuren und ebenso einfache Eiweißverbindungen müssen am Anfang der Entwicklung zum Leben gestanden haben. Die Biologen gingen weiterhin von der inzwischen auch experimentell bestätigten Annahme aus, daß in der Uratmosphäre und im Urozean chemische Verbindungen, die als Bausteine von Lebewesen in Frage kommen, schon aus dem Wirken der Gesetze von Chemie und Physik entstehen konnten. Trotz der fernen Zeit von vor vier Milliarden Jahren ließen sich die chemischen und physikalischen Verhältnisse in der Uratmosphäre und im Urozean durch vergleichende Beobachtungen an anderen Gestirnen und aus der chemischen Zusammensetzung sehr alter Gesteine und Minerale der Erdkruste recht genau rekonstruieren. Danach haben zur Zeit der Entstehung des Lebens folgende Bedingungen auf der Erde geherrscht:

Die Uratmosphäre enthielt keinen freien Sauerstoff. Die vorhandenen Gase waren Methan, Ammoniak, Wasserstoff, Wasserdampf und unter Umständen noch Kohlenmonoxid.

Ständige Energiezufuhr erfolgte durch Sonnenstrahlung, Ultraviolettstrahlung, elektrische Entladungen, kosmische Strahlung, Radioaktivität, Vulkanismus und Meteoriteneinschlag.



Uratmosphäre

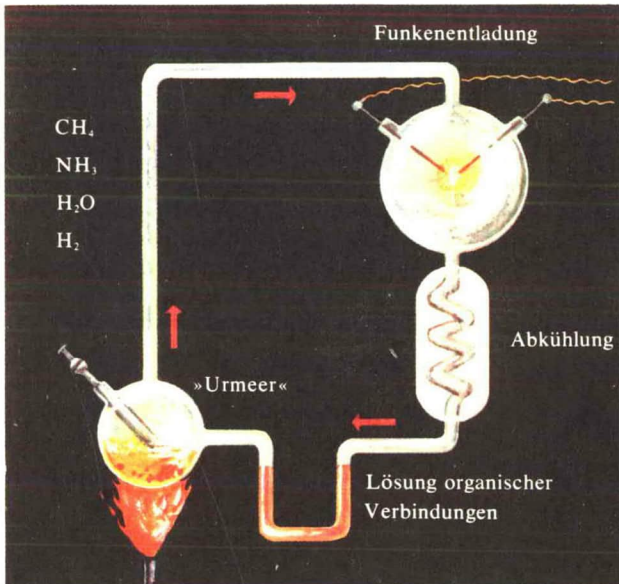
Durch ständigen Wechsel von Verdampfung und Kondensation wurden alle im Wasser des Urozeans gelösten chemischen Partner vermischt und laufend umkombiniert.

Die Idee, daß bei Vorhandensein von Methan, Ammoniak, Wasser und Wasserstoff in der Uratmosphäre und im Urozean alle chemischen Bausteine der Lebewesen entstehen könnten, war von dem sowjetischen Wissenschaftler Alexander I. Oparin schon seit Anfang der zwanziger Jahre vertreten worden. Die experimentelle Bestätigung dieser Hypothese wurde jedoch erst im Jahre 1951 von dem amerikanischen Biochemiker M. Calvin erbracht. Er setzte Kohlenmonoxid und Wasser im Zyklotron von Berkeley »kosmischer« Strahlung aus und erhielt die Verbindungen Formaldehyd (HCHO) und Ameisensäure (HCOOH), die beide für die Bildung von Aminosäuren, der Grundbausteine des Eiweißes, notwendig sind. Im Jahre 1952 baute Stanley L. Miller eine Appa-

ratur zusammen, in der Methan (CH_4), Ammoniak (NH_3), Wasser (H_2O) und Wasserstoff (H_2) zur Reaktion gebracht wurden. Über einem Brenner wurden die flüssigen Reaktionspartner verdampft, und eine Funkenstrecke imitierte die ständigen elektrischen Entladungen in der Uratmosphäre. In einer Kühlschlange kondensierten alle Reaktionspartner, und sie begannen den Kreislauf über dem Brenner der Wärmequelle gleich wieder von neuem. Das Ergebnis dieses Versuches war sensationell. Im U-förmigen Auffangrohr, das den »Urozean« der Versuchsanlage enthielt, waren bereits wenige Tage nach dem Anlaufen dieses Experimentes Aminosäuren entstanden, die Bausteine allen tierischen und pflanzlichen Eiweißes.

Vor diesem ersten Versuch mit seinem überraschenden Ergebnis hatten die Biologen befürchtet, daß man die Jahrmilliarden zurückliegende Entstehung und erste Entwicklung von Lebewesen wohl in der Theorie überdenken,

Millerscher Versuch



kaum aber experimentell bearbeiten könne. Jetzt brachte jeder Versuch neue und überraschende Ergebnisse: Bei der Reaktion von Ammoniak, Methan und Blausäure entstanden einfachste Eiweißverbindungen. Blausäure ergab sich bereits bei der Reaktion von Ammoniak mit Methan. Bei der Zusammenlagerung von Blausäure und Ammoniak entstanden die Bausteine der DNS. Chemiker und Biologen sind in ähnlichen Experimenten bis zur Entstehung von Eiweiß und einfachen Kernsäuren (DNS) gelangt.

Natürlich sind Bausteine von Lebewesen noch keine Lebewesen selbst. Heute kann noch niemand sagen, ob es jemals möglich sein wird, richtige Lebewesen im Experiment hervorzubringen. Es brauchten auch gar keine Einzeller zu sein, Bakterien, einfache, primitive Bakterien würden vollkommen ausreichen. Die Natur, oder sagen wir besser die Evolution hat dazu aber schätzungsweise mehr als 500 Millionen Jahre gebraucht. Sicher könnte man bei geschicktem Experimentieren viele Millionen Jahre »einsparen«, indem man die Umwelt- und Auslesebedingungen schneller ändert, als es dem natürlichen Verlauf entsprach. Ob aber die Dauer eines solchen Experiments so stark verkürzt werden kann, daß sie der Lebenszeit einer Biologengeneration entspricht, entzieht sich unserer Kenntnis.

In solchen Fällen, vor denen die Wissenschaftler übrigens oft genug stehen, hilft man sich zunächst mit Denkansätzen oder Hypothesen. Zwei solcher Hypothesen stehen in unserem Falle zur Diskussion: die Molekularhypothese und die Koazervathypothese. Beide überbrücken die Spanne zwischen den Bausteinen der Lebewesen und dem Leben selbst. Beide Hypothesen versuchen, die letzte Lücke im Stammbaum der Lebewesen auszufüllen. Sie stehen beide auf dem Boden der materialistischen Weltanschauung und gehen dennoch von unterschiedlichen fachlichen Positionen an die Lösung dieses speziellen Problems heran. Mit den Elementen Schwefel, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor, aus denen Eiweiße und Kernsäuren bestehen, hat das Leben eine feste Verankerung in der organischen Chemie. Entwicklung und Anpassung fallen jedoch unter die Herrschaft der Evolution. Hypothesen über den Beginn des

Lebens müssen diese beiden Seiten der Existenz lebender Materie gleichberechtigt berücksichtigt werden.

Die Molekularhypothese setzt das DNS-Molekül in den Mittelpunkt. Zwei Hilfsannahmen sind erforderlich, dieser DNS zum Leben zu verhelfen: Erstens wird der Urozean mit einer Ursuppe verglichen, in der alle möglichen Bausteine von Lebewesen angereichert waren, und zweitens wird das Ausleseprinzip der Evolution bereits für Moleküle in Anspruch genommen. Gegen beide Annahmen sind von unterschiedlicher Seite überzeugende Argumente vorgebracht worden, so daß die Zahl der Anhänger dieser Hypothese heute wieder zurückgeht.

Zur Sache selbst: Die Anhänger der Molekularhypothese nehmen an, daß sich die im Urozean vorhandenen Bausteine der DNS unter der Einwirkung von Katalysatoren zu größeren Molekülen vereinigten. Diese konnten sich unter günstigen Bedingungen durch Verdopplung vermehren und daneben den Aufbau von Eiweiß steuern, das seinerseits die weitere Verdopplung der DNS-Moleküle begünstigte oder beschleunigte. So sollen beim Ursprung des Lebens die für die Vererbung verantwortlichen Kernsäuren (DNS) mit dem für den Stoffwechsel verantwortlichen Eiweiß bereits auf molekularer Ebene zusammengewirkt haben. Die weitere Entwicklung dieser Lebensmoleküle konnte in ständiger Wechselwirkung mit der Umwelt vonstatten gegangen sein. Die Bausteine für ihren Aufbau bezogen sie anfangs noch aus der Lösung des Urozeans. Früher oder später trat aber der Zustand ein, daß die Rohstoffe aufgebraucht waren. Dann waren Gebilde im Vorteil, die diese Verbindungen selbst synthetisieren konnten. Auch die zur Synthese erforderliche Energie wurde zunächst noch aus der Umwelt bezogen. Erst in der weiteren Evolution konnte Energie aus gärungsähnlichen Prozessen selbst gewonnen werden. Unter der Wirkung der Auslese sollen sich die Urlebewesen schließlich mit einer halbdurchlässigen Membran umgeben haben, wodurch ihr Zusammenhalt verbessert wurde und keine Bausteine des Systems mehr verlorengehen konnten.

Dieses letzte Problem der Molekularhypothese, die Abgrenzung der Lebewesen von der Umwelt, macht die Koazervathypothese zu ihrem ersten. Wie wir alle wissen,

existieren Lebewesen nur in individualisierter, von der Umwelt abgegrenzter Form. Diese Trennung von Lebewesen und Umwelt ist die erste Voraussetzung des Auslesevorganges und damit die Grundbedingung der Evolution. Von dieser Voraussetzung ausgehend stellte Oparin die von ihm entscheidend geprägte Koazervathypothese wie folgt vor: Moleküle besitzen für sich allein keine Funktion. Sie mögen an chemischen Reaktionen teilnehmen, zerstört und wieder gebildet werden, eigene Funktion und Leistung besitzen sie damit jedoch nicht. Unter den extremen chemischen und physikalischen Bedingungen des Urozeans würden DNS-ähnliche Moleküle zudem viel eher wieder zerstört oder anderweitig chemisch umgesetzt werden, als daß sich ihre Möglichkeit, die Bildung von Eiweiß zu steuern, im Sinne einer Entstehung von Leben auswirken könnte. Dagegen neigen Eiweiß und eiweißähnliche Verbindungen von Natur aus dazu, sich mit Membranen nach außen hin abzugrenzen. Oparin verwendete seit langem für diese Gebilde den Namen »Koazervate«, während der Amerikaner Fox die in seinen Versuchen entstandenen Eiweißkügelchen als »Mikrosphären« bezeichnet. Unter den im Urozean herrschenden Bedingungen ständiger Reaktion und Umkombination aller chemischen Partner konnten Eiweiße und eiweißähnliche Verbindungen nur dann beständig bleiben, wenn sie sich im Moment ihrer Entstehung zusammenlagerten und mit einer gemeinsamen Membran umgaben. Durch diese Abgrenzung von der Umwelt stellen Mikrosphären bzw. Koazervate geradezu ideale Aufenthaltsorte für die Bausteine der DNS dar. Sie sind hier dem zerstörenden Einfluß der Umweltfaktoren entzogen, befinden sich inmitten der Bausteine des Lebens, die im gemeinsamen Miteinander zu Stoffwechsel und Vererbung fähig sind und unterliegen gemeinsam der Auslese. Koazervate bzw. Mikrosphären erfüllen deshalb alle Vorbedingungen, die an den Beginn der Entwicklung zum Leben zu stellen sind. Bis zur Entstehung der Bausteine von Lebewesen herrschen die Gesetze von Chemie und Physik. Im Moment der Abgrenzung setzt der Evolutionsmechanismus ein, der die ihm unterliegende Materie nun schneller zu höherer Organisation führt. So sind wir davon überzeugt, daß nur in Koazervaten, Mikro-

sphären oder ähnlichen Gebilden die Wechselbeziehungen zwischen Kernsäuren (DNS) und Eiweißen entstanden, die für das Leben charakteristisch sind.

Preisfrage: Was ist Leben?

Jeder Mensch wird meinen, daß es eine ganz einfache Sache sei, Lebewesen zu charakterisieren. Sie bestehen vorwiegend aus Eiweiß, ernähren sich, besitzen einen Stoffwechsel, wachsen, erzeugen Nachkommen, nehmen Reize der Umwelt wahr und verarbeiten diese Reize.

Um jedermann klarzumachen, was an dieser Charakterisierung nicht in Ordnung ist, müssen wir ein besonders schlechtes Beispiel konstruieren. Das geht am besten mit einer Vase. Man könnte kurz und bündig feststellen: Behältnis zum Einstellen von Blumen. Man könnte es aber genauso umständlich machen, wie wir es mit dem Leben getan haben, nämlich weit ausholen und dennoch nichts Genaueres sagen: Eine Vase besteht vorwiegend aus Glas; sie ist unten rund und oben offen, mit Wasser gefüllt und zerspringt, wenn sie auf die Erde fällt, in Scherben.

Ganz so ungeschickt haben wir es mit dem Leben sicherlich nicht gemacht, aber an der besonderen Qualität der Materie, die sie nur im lebendigen Zustand besitzt, haben wir doch vorbeigeredet. So wie eine Vase nicht nur aus Glas, sondern auch aus Metall, Keramik oder Plast bestehen kann, haben wir uns wahrscheinlich schon mit dem Eiweiß unzulässig eingeengt. Bis heute wissen wir ja gar nichts über die eventuell ganz andere stoffliche Basis von Leben auf anderen Planeten. Außerdem rückt ein völlig anderes Fundament von Leben immer mehr in unsere Vorstellungswelt: das Leben von Robotern, die, zu eigener Erkenntnis und Bewußtsein fähig, eine eigene, vom Menschen unabhängige Serienfertigung (also Herstellung im Sinne von Vermehrung!) aufnehmen und sich damit von der zunächst stofflich festgelegten Eiweiß- und DNS-Basis befreien. Auch solche Gebilde würden leben, und auch auf sie müßte die Definition des Lebens zutreffend sein, auch wenn diese Behauptung im Moment noch als sehr ungewöhnlich empfunden werden sollte. Aus diesen Gründen

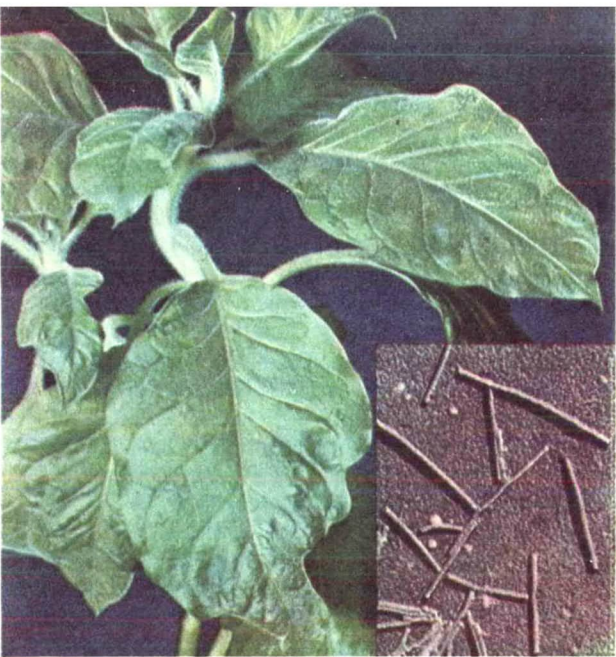
finden wir heute schon hier und da in den Fachzeitschriften modernere Charakteristiken für Leben. Individualität durch Abgrenzung von der Umwelt und die Erhaltung einer Jahrmillionen währenden Folge von Generationen trotz des immerwährenden Einwirkens nachteiliger Umwelteinflüsse, das sind die charakteristischen Merkmale für Leben. Alle anderen Eigenschaften wie Reizbarkeit, Stoffwechsel usw. sind nichts anderes als notwendige Begleiterscheinungen hochorganisierter Materie, die zum Leben fähig ist. Unser Vorschlag lautet deshalb: Lebewesen sind individuelle Aggregationen (Ansammlungen) von Materie, die aus Eigengesetzlichkeit den zerstörenden Einfluß der Umwelt überwinden und die Kontinuität ihrer Generationenfolge erhalten.

Der sowjetische Biologe A. Ljapunow brach schon vor längerer Zeit mit der traditionellen Anschauung über das Leben: »Leben ist ein solcher hochstabiler Zustand des Stoffes, der für die Ausarbeitung von Erhaltungsreaktionen Information verwendet, die in den Zuständen einzelner Moleküle kodiert ist.« Auch hier sind alle selbstverständlichen Attribute irdischen Lebens zwischen den Zeilen zu finden, und auch diese Definition würde dem Leben von Computern oder Robotern gerecht werden können, wenn deren Zeit mit des Menschen Hilfe herangereift sein sollte.

Obwohl beide Definitionen den gleichen wissenschaftlichen Inhalt haben müssen, sind die Wortwahl und die Wahl der als charakteristisch angesehenen Schwerpunkte dennoch verschieden. Das liegt einfach daran, daß die Wissenschaftler gerade erst begonnen haben, den Inhalt des Begriffes Leben mit modernen Argumenten anzufüllen. Uns erwächst daraus jedoch kein Nachteil, weil mit Ausnahme der Viren alle anderen Lebewesen von den Bakterien bis zu den Säugetieren schon so gut wie auf den ersten Blick als lebend anzusprechen sind.

Geborgtes Leben

Die primitivsten, heute noch lebenden Organismen sind Viren. Sie sind so unvergleichlich einfacher als Bakterien, daß selbst die Begriffe lebend und Organismus mit dicken



Viruskristall (Tabakmosaikvirus)

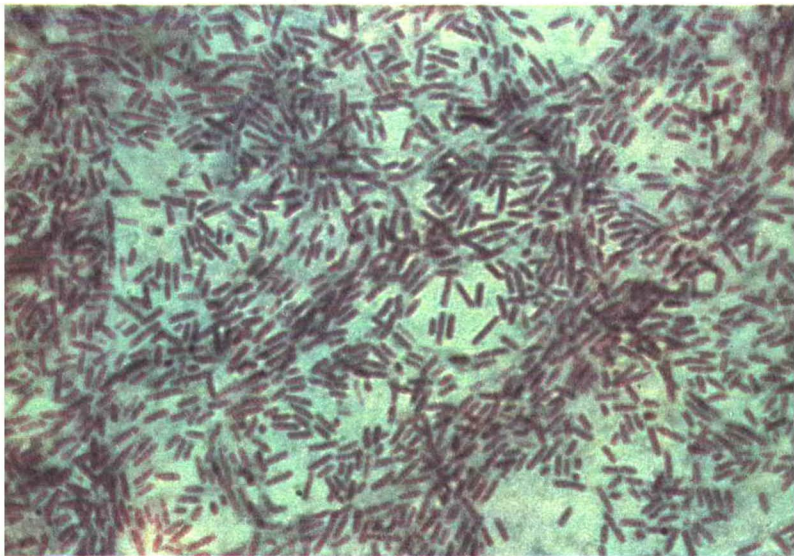
Fragezeichen zu versehen sind. Außerdem existieren sie nur als Parasiten. Außerhalb ihrer Wirte sind Viren zu keinerlei Lebenstätigkeit fähig, sie liegen hier in kristalliner Form vor. Die Analyse solcher Kristalle ergab, daß die einfachsten Viren lediglich aus Kernsäuren und dem Eiweiß der Hülle dieser Kristalle bestehen. Sie sind nichts weiter als Molekülaggregate mit der bemerkenswerten Eigenschaft, daß sie die Information für ihre Bildung in sich tragen, ohne einen eigenen Stoffwechsel zu besitzen. Erst in der lebenden Wirtszelle gewinnen sie einige Attribute des Lebens. Sie funktionieren den Stoffwechsel der Wirtszelle um, so daß dieser an Stelle eigenen Eiweißes und eigener Leistung nichts anderes als neue Viren erzeugt. Aus diesen Gründen wurde den Viren nur zugebilligt, höchstens geborgtes Leben zu besitzen oder sogar von ihren Wirtszellen nur »gelebt zu werden«. Primitives

Leben auf der Erde kann also nicht Virusleben gewesen sein. Viren sind offenbar durch parasitische Lebensweise, von einfachen, frühen Lebensformen ausgehend, auf diesen Stand der »Primitivität« herabgesunken.

Bakterien, Einzeller und der Ursprung des Pflanzenreiches

Es gibt so gut wie keinen Fleck der Erde, an dem man nicht auch Bakterien finden könnte. Aus allen nur möglichen Substraten gewinnen sie Energie. Unter Fäulnis, Zersetzung oder Gärung gewinnen die meisten ihre Nahrung. Obwohl sie selbst zwischen unseren Zähnen, auf Schleimhäuten, im Darm und überall dort vorkommen, wo man sie nicht vermutet, können wir Bakterien doch nicht sehen. Sie sind einfach zu klein. Selbst in den normalen Lichtmikroskopen erkennt man bei 1000facher Vergrößerung

Tetanusbazillen



nur verwaschene Konturen. Viele von ihnen verwerten organische Substanz, die von anderen Lebewesen stammt. Die einfachsten, heute noch vorkommenden Bakterien verwenden dazu keinen Sauerstoff. Weil im Urozean kein Sauerstoff zur Verfügung stand, könnten uns solche Bakterien als Beispiel dafür dienen, über welche Zwischenstufen der Weg vom Koazervat zum Einzeller vonstatten gegangen ist. John Burdon Haldane und Alexander I. Oparin haben immer wieder hervorgehoben, daß die in Abwesenheit von Sauerstoff erfolgte Verarbeitung von organischen Substanzen (die die Urlebewesen noch dem Urozean entnehmen konnten) die primitivste Form des Stoffwechsels gewesen ist. Einzelne Etappen des Weges vom Koazervat zum Einzeller lassen sich aus solchen vergleichenden Betrachtungen rekonstruieren.

Bis zu den Einzellern sind die Lebewesen winzige Baueinheiten, bei denen im Ausleseprozeß zunächst die Leistung der einzelnen Zelle vervollkommen wird. Solange diese Hürde der Einzelligkeit noch nicht überwunden war und alle Lebensformen in ihrem Stoffwechsel nur organisches Material verarbeiten konnten, hat das damalige Leben viel einheitlicher ausgesehen, als es heute der Fall ist. Erst mit der Trennung des Reiches der Lebewesen in Pflanzen, Tiere und die auf dem damaligen Organisationsstand verharrenden Bakterien, Viren und anderen Kleinstlebewesen, die wir Mikroorganismen nennen, nahm die heutige Vielfalt des Lebens ihren Ausgang.

Wir wollen nun den weiteren Weg des tierischen Lebens verfolgen, zuvor aber wenigstens noch die Trennung von Tier- und Pflanzenreich erklären.

Die steigende Zahl der Urlebewesen mußte von einem bestimmten Entwicklungsstadium an die im Urozean entstehenden organischen Verbindungen schneller verbrauchen, als nachgeliefert wurden. Der mögliche Ausweg bestand darin, das bei der Gärung bis dahin angefallene Kohlendioxid mit Hilfe der Energie des Sonnenlichtes als Nahrungsgrundlage auszunutzen. Die tatsächlich im Verlaufe der Evolution entstandene Fähigkeit, Sonnenenergie mit Hilfe des Chlorophylls aufzunehmen, H_2O in seine Bestandteile zu zerlegen, den Wasserstoff des Wassers und das CO_2 der Atmosphäre zu körpereigener

Substanz zu verarbeiten und den überschüssigen Sauerstoff an Wasser und Atmosphäre abzugeben, hatte weitreichende Folgen für alle Lebewesen.

1. Die Ernährungsbasis der Urlebewesen wurde im Verlaufe der Anreicherung der Atmosphäre mit Sauerstoff deshalb zerstört, weil die Entstehung von organischen Verbindungen im Urozean und in der Uratmosphäre nur bei Abwesenheit von Sauerstoff möglich war.

2. Pflanzliches, mit dem Photosynthesemechanismus ausgerüstetes Leben konnte in gewaltigen Massen grüner Kleinstlebewesen zunächst die Ozeane und Gewässer besiedeln und später die Erde mit dem ertragreichen Teppich der höheren Pflanzen überziehen.

3. Die Ernährungsbasis für Lebewesen, die sich von Pflanzen ernähren konnten, war entstanden.

Die Ernährungsweise trennt also Tiere und Pflanzen. Die letzteren sind von jeder organischen Nahrungsgrundlage unabhängige, Sonnenenergie ausnutzende Chlorophyllträger (Besitzer von Blattgrün), während die Existenz der Tiere auf der Ausnutzung dieser organischen Primärproduktion beruht. An der Nahtstelle zwischen Tier- und Pflanzenreich sind die Grenzen dabei recht fließend, denn viele Einzeller vermögen je nach den Umweltbedingungen als Pflanze oder Tier zu leben. In der weiteren Evolution wurden dann jedoch so verschiedene Bahnen eingeschlagen, daß heute die höheren Pflanzen von den entwickelten Tieren deutlich getrennt sind. Die Energiequelle Sonnenlicht und die anorganischen Rohstoffe Kohlendioxid sowie Wasser und Salze sind für Pflanzen praktisch überall verfügbar. Es bestand deshalb keine Notwendigkeit, Organe der Ortsveränderung im Pflanzenreich zu entwickeln. Anstelle der aus dem Tierreich bekannten kompakten Bauweise war es im pflanzlichen Leben statt dessen notwendig, eine große Oberfläche zur Assimilation zu besitzen und weit in den CO_2 -erfüllten Raum und dem Sonnenlicht entgegen zu wachsen.

Im Tierreich verlangte die Abhängigkeit von lebenden Nahrungsquellen, die aufgesucht bzw. verfolgt werden mußten, die Herausbildung von Mechanismen bzw. Organen der Bewegung und Ortsveränderung. Die dazu erforderlichen Muskeln und Bewegungsorgane müssen jedoch

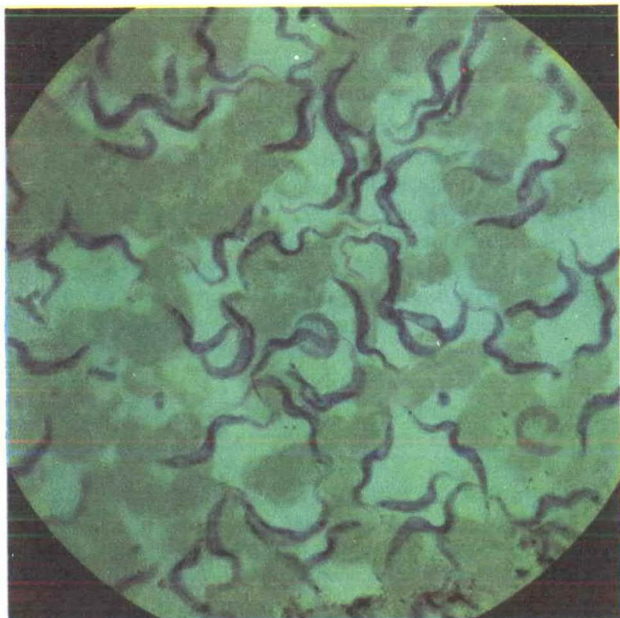
koordiniert werden. Diese Aufgabe erfüllten bereits die aus heutiger Sicht primitiven ersten Nervensysteme des Tierreiches. Erst später, während der weiteren Evolution der Tiere, übernahm das Nervensystem die Steuerung des gesamten Körpers mit seinen vielfältigen Leistungen bis hin zur Möglichkeit des Auftretens von Intelligenz und Bewußtsein bei den höchstentwickelten Lebewesen. Darin besteht also der qualitative Unterschied zwischen Pflanze und Tier.

Bei den Einzellern sind aber auch die assimilierenden und demnach pflanzlichen Vertreter noch gut beweglich. Sie zählen zu den *Geißeltierchen*, die der Ernährungsweise entsprechend in Phytoflagellaten und Zooflagellaten unterschieden werden.

Die Grenze zwischen Tier- und Pflanzenreich verläuft teilweise sogar mitten durch Gattungen. Die beiden Arten *Euglena gracilis* und *Euglena mesnili*, die normalerweise assimilieren, können im Dunkeln dazu gebracht werden, ihre Chlorophyllträger zu verlieren, so daß sie später, wieder am Tageslicht, gezwungen sind, als Tiere weiter zu leben. Die weitere Entwicklung der Phytoflagellaten führte jedoch über Algen, Tange und Farne zu den heute herrschenden Blütenpflanzen, die allesamt an den Standort gebunden sind, den der Samen bzw. die Sporen bei der Keimung zufällig erreicht hatten.

Zurück zu unseren Geißeltierchen oder Flagellaten. Zu ihnen zählen weiter die Erreger des Meeresleuchtens, unter den Blutparasiten die Erreger der Schlafkrankheit und anderer schwerer Tier- und Menschenseuchen; wieder andere existieren im Vormagensystem der Wiederkäuer und besorgen dort zusammen mit Bakterien die Aufspaltung der Zellulose.

Die *Wurzelfüßer* bewegen sich mit Hilfe von Plasmafortsätzen, die in der eingeschlagenen Richtung aus dem Körper hervorquellen, während hinten das Material der Zelle einfach »eingeschmolzen« wird. Die Erreger der tropischen Ruhr, die im Meer freischwimmenden Sonnen- und Strahlentierchen und die kalkschaligen Kammerlinge, deren Schalenreste auf dem Meeresgrund Hunderte Meter starke Ablagerungen bilden können (Rügener Kreide), gehören hierher.





Wimpertierchen (Opalina ranarum)

Die *Sporentierchen*, deren charakteristische Vermehrung über Zerfallsteilung und Sporenbildung für den Namen verantwortlich ist, sind allesamt Parasiten des Menschen und der Tiere. Bekannteste und gefürchtetste Vertreter sind die Erreger der Malaria, der häufigsten menschlichen Infektionskrankheit in den Tropen und Subtropen.

Letzter Stamm des Einzellerreiches in unserer Darstellung sind die *Wimpertierchen*. Ihre Oberfläche ist mit einem Teppich von Wimpern bedeckt, der diese Tiere in langen Schraubenbahnen durch das Wasser treibt. Hier sind die Pantoffeltierchen die Vertreter unserer bekanntesten Art. Die Abbildung zeigt dagegen Parasiten in Fröschen.

Links oben: Blutflagellat, Trypanosoma brucei, Erreger der Naganakrankheit; darunter: Nummulitenstein

Die ersten »Höhepunkte« der Evolution

Die Einzeller verkörpern zweifellos den ersten Höhepunkt der Evolution. Die bereits vom Koazervat vorgegebene Organisation einer einzelnen Zelle haben sie optimal ausgeschöpft. Trotz ihrer Kleinheit besitzen die meisten von ihnen die Attribute aktiven Lebens mit Ortsveränderlichkeit, zielgerichteter Bewegung, freier Wahl des Aufenthaltsortes usw. Diese vielfältigen Leistungen der einzelnen Zelle sind nur deshalb möglich, weil das Plasma der Einzeller in eine Vielzahl unterschiedlicher Leistungsbe-
reiche differenziert ist, von denen diejenigen Aufgaben bewältigt werden, die bei höheren Organismen den Organen der Tiere zufallen. Man nennt diese Plasmastrukturen deshalb Organelle. Wenn die Einzeller mit ihren Organellen den Rahmen ihrer Organisation zwar voll ausgeschöpft haben, waren ihre Möglichkeiten im Evolutionsprozeß jedoch recht bald erschöpft. Größere Leistung war schließlich nur von größeren Tieren zu erbringen. Größere Tiere können aber nur vielzellige Tiere mit leistungsfähigen Organen sein. Das Problem bestand darin, daß die Einzelligen mit ihren leistungsfähigen Organellen nicht von einer Generation zur anderen durch Vielzeller mit ebenso leistungsfähigen Organen überholt werden konnten. Die Schwierigkeiten dieses Weges zur vielzelligen Organisation waren mit Sicherheit größer, als wir es heute zu rekonstruieren vermögen, und die Einzeller sind deshalb nicht nur der erste, sondern über sehr lange Zeiträume hinweg auch ein einsamer Höhepunkt der Evolution gewesen.

Die beginnende Arbeitsteilung im Zellverband und die gewachsene Größe der ersten vielzelligen »Pioniere« haben im Rahmen der Evolution offensichtlich ausgereicht, den Vorteil der Mehrzelligen gegenüber den Einzellern zu begründen. Auf die Größe haben wir vor allem deshalb hingewiesen, weil massereichere, größere Lebewesen gegenüber den einzelligen Räubern weniger anfällig sind. Gerade dieser Vorteil kann alle anderen Nachteile der ersten unvollkommenen Vielzeller aufgewogen haben. Bleibender Erfolg im Sinne ständigen weiteren Fortschrittes war unter den ersten Vielzellern allerdings nur denen

beschrieben, die mit der Massenzunahme auch eine Anordnung der Bauelemente aufwiesen, die der weiteren Entwicklung keine unüberwindbaren Schranken setzte. Wir wissen heute mit Sicherheit, daß ungeordnete Zellanhäufungen, also bloße quantitative Veränderungen, nicht ausgereicht haben, den stammesgeschichtlichen Fortschritt zu ermöglichen. Zwei Versuche, die auf dem Wege zu leistungsfähigen, größeren Tieren steckengeblieben sind, können wir heute noch betrachten: Unter den Einzellern selbst sind es die Kammerlinge, die mit Hilfe von Skeletten und Gehäusen den Organisationsbereich der einzigen Zelle bis auf 6 cm im Durchmesser ausdehnten, aber dennoch keine Vielzelligkeit erreichten. Unter den Vielzellern sind es dagegen die Schwämme, die als mehr oder weniger ungeordnete Zellanhäufungen zwar genug Material anzubieten haben, denen aber geordnete Organisation zum stammesgeschichtlichen Fortschritt fehlt. Der Weg der Stammesgeschichte führte statt dessen über die geordnete Zellkolonie zum radiärsymmetrischen Organisationstyp.

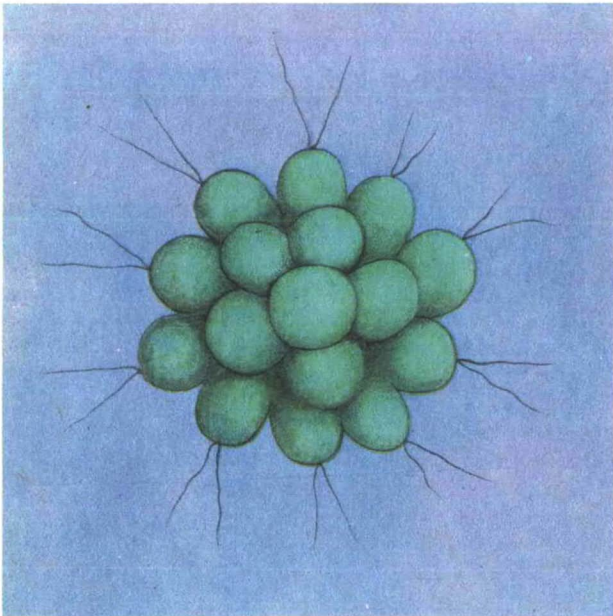
Brotkrustenschwamm, Halichondria panicea



Quallen, Polypen und Strudelwürmer

Noch heute gibt es unter den Geißeltierchen koloniebildende Vertreter. Sie besitzen zwar alle Organellen der Assimilation und sind deshalb eigentlich Pflanzen; wir sind aber dennoch froh, wenigstens Modellbeispiele für den mutmaßlichen Weg zum Vielzeller studieren zu können. In den Gattungen *Synura* und *Pandorina* treffen wir auf erste Anfänge der Koloniebildung. 16 bis 32 Einzelflagellaten sind hier in kugeliger Gallerthülle vereinigt. Vertreter der Gattung *Volvox* bringen es dann schon auf Kugeln bis zu 20 000 Einzelindividuen, die durch Plasmabrücken miteinander verbunden und durch Arbeitsteilung bereits verschiedenwertig geworden sind. Weil viele Lebewesen während ihrer Embryonalentwicklung die gleichen Entwicklungsstadien von der befruchteten Eizelle aus über

Flagellatenkolonie, Synura uvella

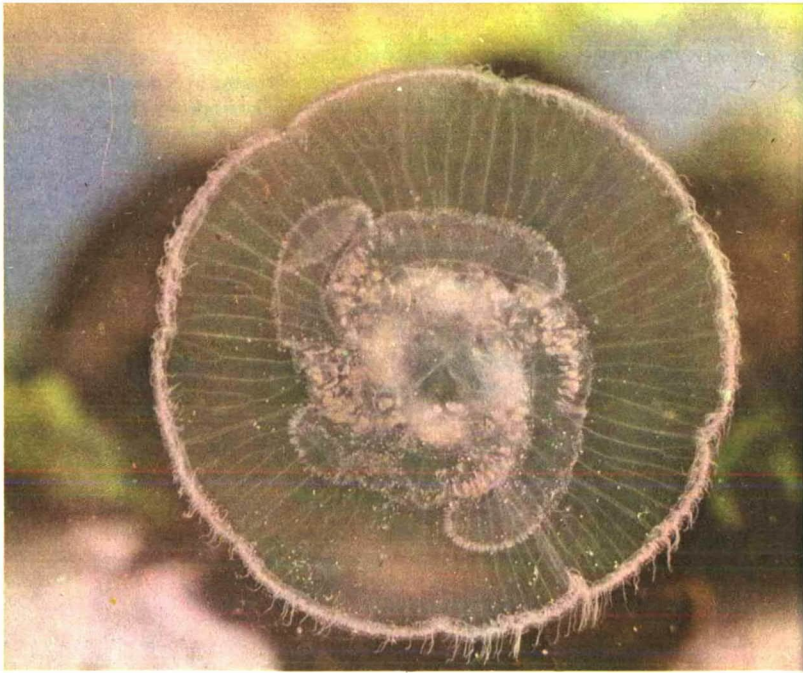


Morula, Blastula und Gastrula (vgl. S. 47) durchlaufen, dürfen wir mit Haeckel annehmen, daß hier eine Wiederholung des stammesgeschichtlichen Weges vorliegt. Die Volvox-Kugel würde dann der Blastula entsprechen, der nächste im Tierreich auftretende Organisationstyp des radiärsymmetrischen Lebewesens einer Gastrula.

Die Namen von mindestens zwei derartigen »Radiata« haben Sie alle schon gehört: Süßwasserpolyp und Ohrenqualle. Seerosen, Korallen und andere Bewohner wärmerer Meere gehören ebenfalls hierher. Wer an seinen letzten Seeaufenthalt denkt, erinnert sich bestimmt an Quallen. Für unsere Betrachtung sind gerade diese Quallen von Bedeutung. Bei ihnen befindet sich die Mundöffnung genau in der Mitte der Unterseite. Verdauungskanäle ziehen vom zentral gelegenen Magen wie die Speichen eines Rades (daher die Bezeichnungen radiärsymmetrisch und Radiata) bis in die äußeren Teile des Schirmes. Auf diesem Wege wird die verdaute Nahrung allen Körperzellen zugeleitet. Zwischen der inneren Zelllage (dem Magen) und der Körperbedeckung befindet sich nur eine starke Gallertschicht, die zu etwa 98 % Wasser enthält. Sinneszellen, Muskel- und Nervenzellen sowie mehrere Typen von spezialisierten Zellen zur Lähmung und Überwältigung der Beutetiere, mit denen die Fangarme bestückt sind, vervollständigen die Ausrüstung der Medusen bzw. Quallen.

Den Strömungen ausgeliefert, treiben sie passiv im Meer. Trotz fortgeschrittener Arbeitsteilung und mancher Spezialstruktur können leistungsfähigere Organe nicht am Anfang der Evolution des Vielzellers erwartet werden. Der scheiben- bis glockenförmige Körper der Quallen schirmt sie von den vorwiegend mechanisch einwirkenden Umweltfaktoren ab. Die zentrale Mundöffnung liegt an der richtigen Stelle, um die von den am Schirmrand herabhängenden Tentakeln zufällig gegriffene Nahrung aufnehmen zu können. So verbindet sich der Zwang zur passiven Lebensweise mit einer wenigstens für diese Art der Existenz optimalen Körpergestalt. In beiden vermitteln sie zwischen den Einzellern und den vielfältigen Formen aktiveren Lebens ihrer eigenen Nachfahren.

Anfangs waren die radiärsymmetrischen Lebewesen ein ideales Rohmaterial der Evolution, das in vielen Richtun-

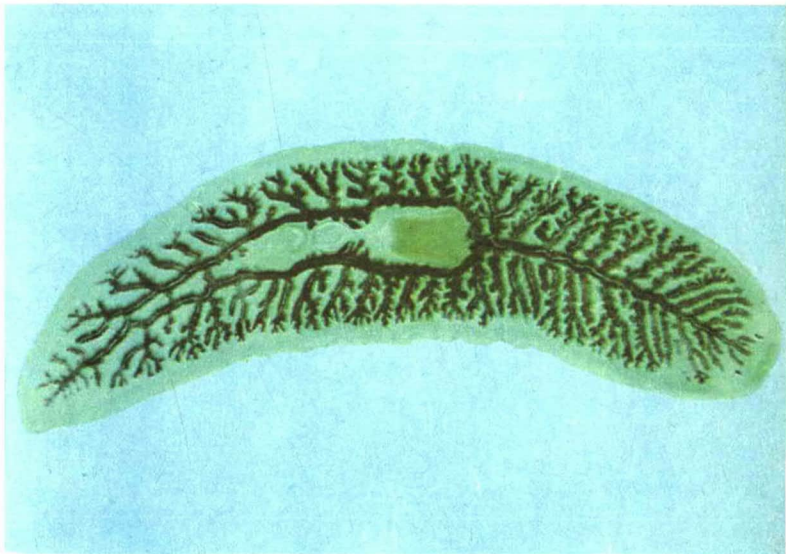


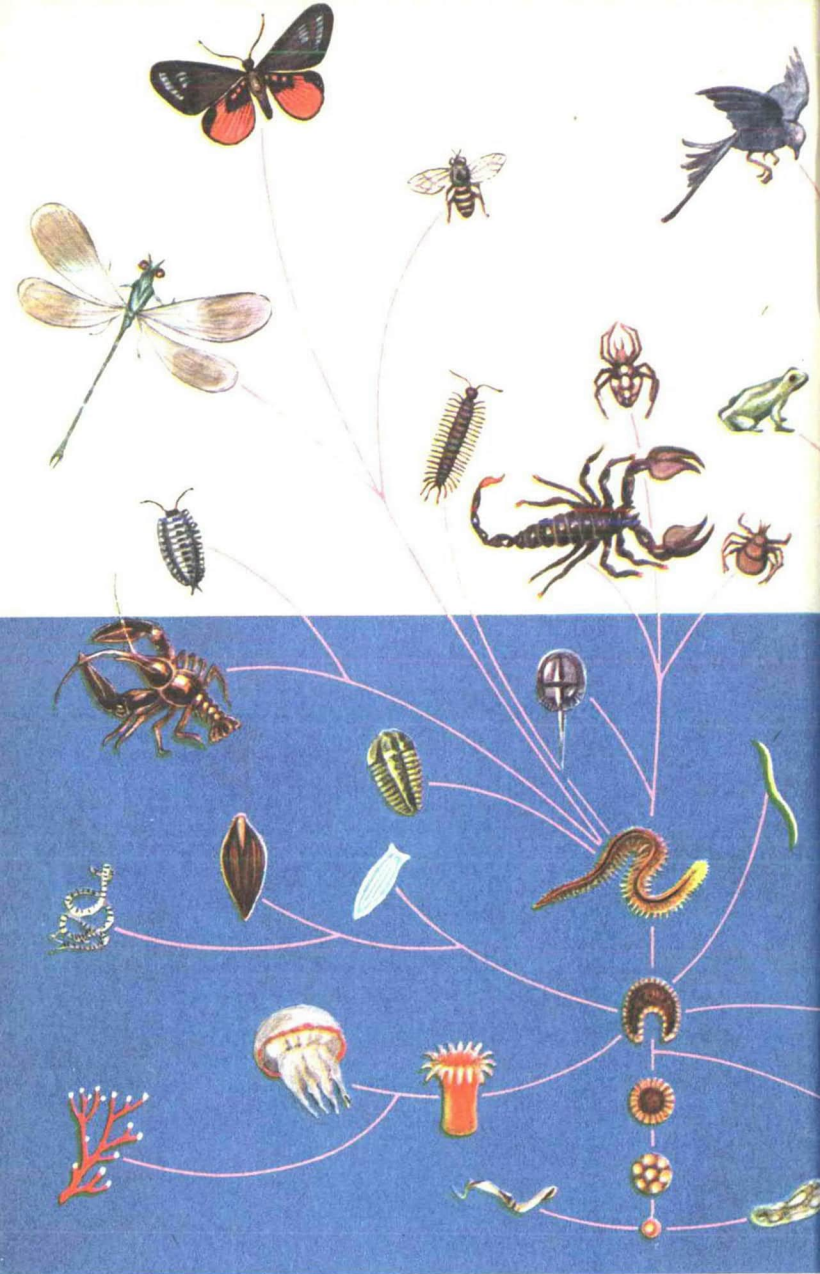
Ohrenqualle, *Aurelia aurita*

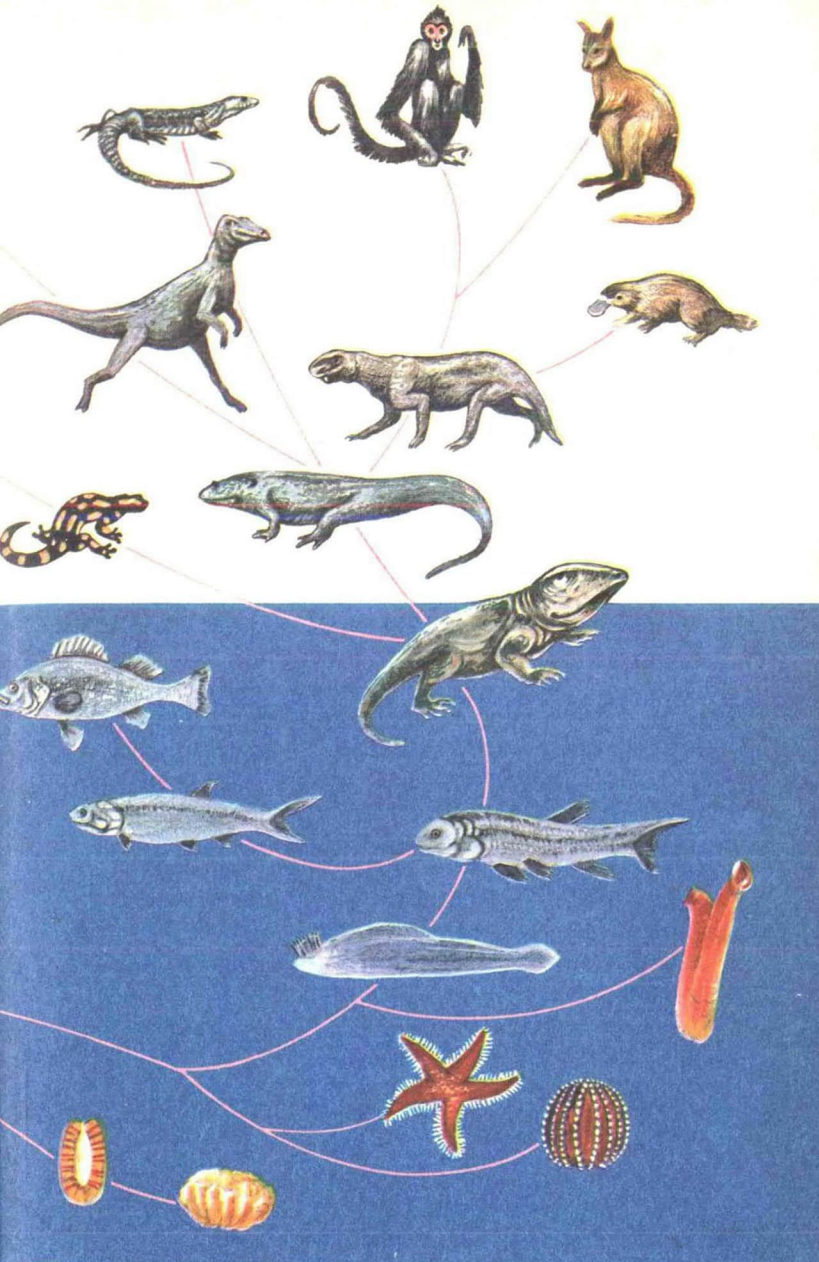
gen der Auslese und damit der Vervollkommnung unterworfen war. Vom Blickwinkel der Evolution mußten nämlich Formen mit aktiverer Lebensweise einen enormen Auslesevorteil gegenüber den passiveren Quallen und Polypen besitzen. Solche Lebewesen, die ihren Aufenthaltsort selbst auswählen und die ihre Beute verfolgen und erjagen, müssen aus rein praktischen Gründen ein Vorderende besitzen – ein Vorderende, das alle Sinnesorgane dem Körper voranträgt und das zugleich die Masse des Nervensystems enthält, damit alle aus der Umwelt aufgenommenen Reize sogleich verarbeitet und danach die entsprechenden »Befehle« an die Muskulatur und die Organe des Körpers erteilt werden können. Mit dem Vorn erhält der neue Typ automatisch ein Hinten, und nach dem Übergang von der schwimmenden zur kriechenden

Lebensweise werden vorn und hinten ergänzt durch Rücken und Bauch. Dieser einfachste Stand eines nunmehr zweiseitigen Tieres (weil sich in der Mitte des Tieres von vorn nach hinten nur noch eine Symmetrieebene legen läßt) tritt uns heute noch in Gestalt der ursprünglichen Strudelwürmer entgegen. Bei ihnen sind einfache Augen und die Masse des Nervenmaterials am Vorderende konzentriert. Einige unter ihnen besitzen an diesem Vorderende zusätzlich tentakelförmige Ausbuchtungen, die wahrscheinlich weitere Sinneszellen tragen, die für Geschmack und andere chemische Reize aus der Umwelt verantwortlich sein dürften. Die Mundöffnung befindet sich dagegen wie bei den radiärsymmetrischen Vorfahren noch immer in der Mitte des Körpers, und die Äste des dreischenkligen Darmes mit ihren Verzweigungen erinnern ebenso deutlich an die Verhältnisse bei den stammesgeschichtlichen Ahnen. Bei einem Vergleich der beiden Aufnahmen Ohrenqualle und Strudelwurm (Bachplanarie) drängt sich das Argu-

Bachplanarie, Dendrocoelium lacteum







ment geradezu auf, daß die Strudelwürmer aus einer in die Länge »gezogenen« Qualle hervorgegangen sind, bei der nur die Masse des Nervensystems und die Mehrzahl der Sinnesorgane an denjenigen Pol des ursprünglich runden Körpers »gerutscht« sind, der dann automatisch das Vorderende ergab.

Unser Fotoobjekt ist eine milchweiße Bachplanarie. Diese Tiere leben in Gewässern und überfallen als nächtliche Räuber die Kleinlebewesen ihres Lebensraumes. Zur Überwältigung der Beute dient ein Schlund, der wiederum von der Mitte der Unterseite ausgestülpt wird. An Land gezogen ähneln die Bachplanarien einem milchweißen Schleimhäufchen, bei dem höchstens der gefüllte Darm bräunlich hindurchschimmert. Unser Objekt wurde jedoch als durchsichtiges mikroskopisches Präparat aufgenommen, weil wir die Verzweigungen des Darmes und die in der Mitte des Körpers gelegene Mundöffnung mit dem Schlund besonders deutlich zeigen wollten.

Ordnung muß sein!

In unserer Betrachtung des Tierreiches waren wir dem natürlichen Ablauf der Evolution gefolgt. Trägt man diesen Weg mit all seinen Verzweigungen auf ein Blatt Papier auf, erhält man ein Schema, das früher oft mit einem Baum und seinen Ästen verglichen worden ist. Unser Schema enthält nur die Namen von Klassen bzw. Tierstämmen. Das Liniennetz gibt den wahrscheinlichen Weg der Verzweigung und damit die Verwandtschaftsverhältnisse dieser Tierstämme untereinander wieder. Wenn wir von Stämmen (bzw. den Klassen der Wirbeltiere) sprechen, dann verstehen wir darunter fest umreißbare »Typen« im Tierreich, deren Vertreter einen gemeinsamen Bauplan

Stammbaum des Tierreiches (Tafel auf S. 44/45). Durch ein Versehen sind die Weichtiere aus unserer Übersicht verschwunden, und in der Linie zu den Landwirbeltieren wurden die Stammformen der Amphibien mit denen der Reptilien vertauscht. Die Autoren bitten um Nachsicht.

und ein vergleichbares Leistungsniveau besitzen. Auch auf einem Spaziergang oder auf der Pirsch bereitet es uns nicht die geringste Mühe, die beobachteten Tiere nicht nur als Stichling, Wasserfrosch, Zauneidechse, Amsel und Eichhörnchen anzusprechen, sondern zugleich auch als Vertreter der Klassen der Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel und Säugetiere. Wir wollen damit darauf hinweisen, daß die Evolution offensichtlich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, Intensität und Richtung abgelaufen ist. In unserer rückblickenden Generalisierung dieser Entwicklung nehmen wir der Übersichtlichkeit halber diese Stämme als Fixpunkte. Wir müssen die Bindeglieder suchen und die dazu passenden Argumente, um die einzelnen Tierstämme miteinander verknüpfen zu können. In den Grundzügen ist unser »Stammbaum« des Tierreiches schon seit langem fest begründet. In vielen Einzelheiten bringt die Forschung jedoch immer neue Tatsachen ans Licht, so daß gelegentlich diese oder jene Abzweigung verändert werden muß. Unser Ehrgeiz besteht schließlich darin, ein genaues Abbild des tatsächlichen Verlaufes der Evolution zu gewinnen. So sind die Zoologen beispielsweise gerade jetzt dabei, den alten Tierstamm der Säugetiere aufzuteilen. Die Kloakentiere paßten seit jeher nur mit viel Mühe hier hinein. Nachdem jetzt aber feststeht, daß zumindest die Kloakentiere neben den anderen »Säugetieren« bis auf die Kriechtiere zurückgehen und selbst dort die entsprechende Aufteilung noch festzustellen ist, mußten wir die bisherige Linienführung berichtigen.

Parasiten und Schmarotzer

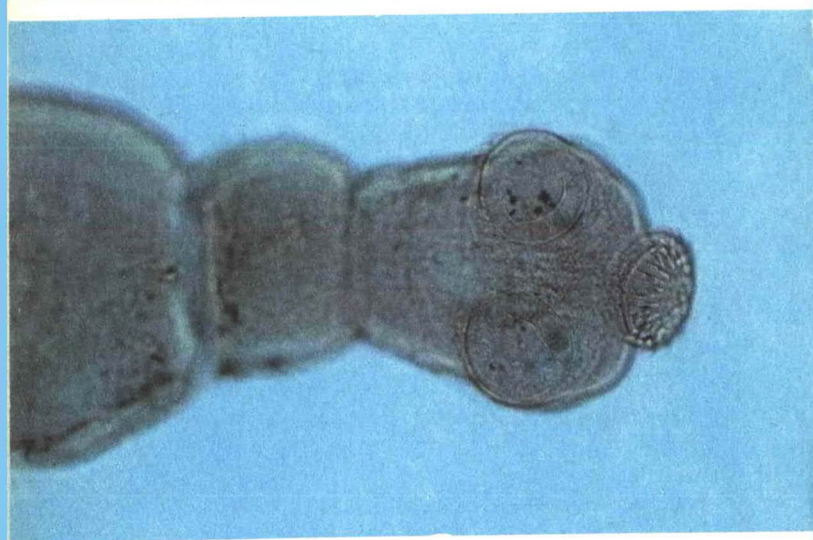
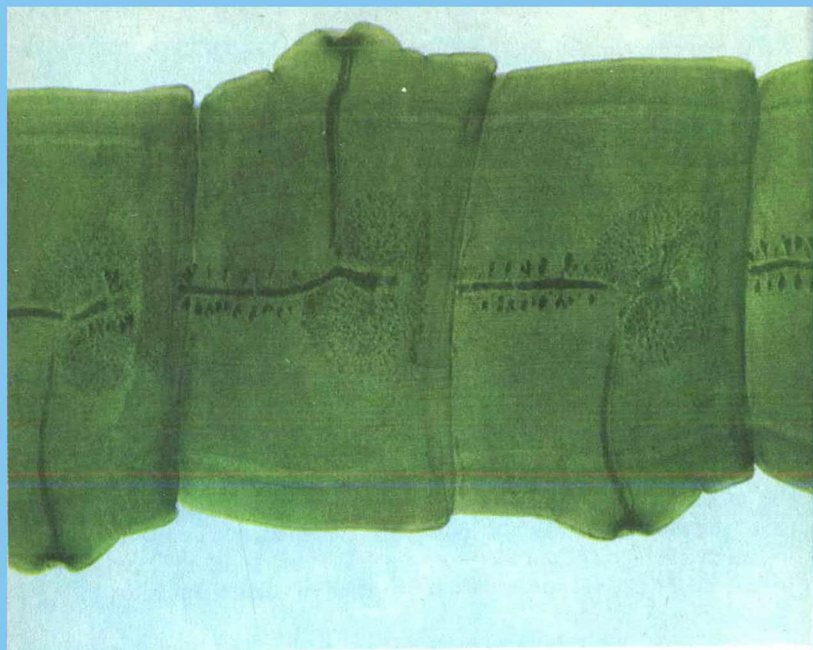
Hatten wir es bei den Strudelwürmern gerade noch mit Räubern zu tun, so gelten die vorstehenden Bezeichnungen für die direkten Nachfahren der Strudelwürmer. Es sind die Saugwürmer und Bandwürmer. Unter den Saugwürmern sind die Leberegel am bekanntesten. Wie es schon der Name zum Ausdruck bringt, leben sie in den Leber- bzw. den Gallengängen von Säugetieren. Unter den Haustieren des Menschen waren früher die Rinder stark vom Großen Leberegel befallen, in gefährdeten Gegenden sind



es die Schafe teilweise heute noch. Nur kommt bei ihnen der sogenannte Kleine Leberegel häufiger als der Große vor. Wie fast alle Plattwürmer sind es flache, blattähnliche Tiere von 1 bis 3 cm Länge, die als Parasiten sehr komplizierte Entwicklungsweisen besitzen und im Verlaufe ihres Entwicklungszyklus darüber hinaus in verschiedenen Tieren schmarotzen. Die beiden angeführten Leberegel müssen die ersten Schritte ihrer Entwicklung z. B. in Schnecken durchmachen. Der Große Leberegel benötigt hier Schlamm- und Weiden- Schnecken, wie sie auf feuchten Weiden, Viehtränken und in schlecht gereinigten Gräben vorkommen. Mit der Melioration unserer Weiden graben wir ihm natürlich das Wasser ab, weswegen heutzutage nicht mehr wie z. B. früher im Mecklenburgischen bei einem Drittel aller geschlachteten Tiere die Lebern verworfen werden müssen. Der Kleine Leberegel benötigt Landschnecken zur Entwicklung seiner Larven, denen schlechter beizukommen ist. Er spielt aber glücklicherweise nur in den südwestlichen Bezirken der DDR eine Rolle. Hirsche, Rehe und Mufflons sind nach wie vor von diesen Parasiten stärker befallen.

Trotz aller auffälligen Sonderbildungen sind auch die Bandwürmer typische Plattwürmer; nur ist ihr Körper in einzelne Glieder aufgeteilt, die jeweils einen kompletten Satz von Geschlechtsorganen besitzen. Bei einem Bandwurm von 10 m Länge und 1000 solcher Glieder ergibt sich ein ungeheures Vermehrungspotential. Weil sie alle im Darm ihrer Wirte leben und verdaute Nahrung nur durch die eigene Haut aufzunehmen brauchen, benötigen sie selbst keinen Darm. Das Nervensystem und die Kanäle des Ausscheidungssystems ziehen sich jedoch durch das ganze Tier hindurch. Am Vorderende ist ein Kopf mit Saugnäpfen, Sauggruben bzw. Hakenkränzen ausgebildet. Alle diese Einrichtungen dienen der Verankerung in der Darmwand. Verliert ein Bandwurm diesen Halt, z. B. durch Einwirkung entsprechender Medikamente, dann wird er von der Peristaltik der Darmmuskulatur erfaßt und aus

Kleiner Leberegel, Dicrocoelium lanceatum
Großer Leberegel, Fasciola hepatica



seinem Wirt nach draußen befördert. Auch die Bandwürmer müssen ihre ersten Schritte der Entwicklung in einem anderen Wirtstier machen; bei den beiden hierzulande noch vorkommenden Bandwurmart des Menschen sind es Schweine bzw. Rinder.

Wahrscheinlich schüttelt sich jeder vor den Bandwürmern und findet ihre parasitische Lebensweise zumindestens unsympathisch. Trotz dieses abweisenden Urteils leben etwa ein Viertel aller Tierarten, wenn schon nicht ständig, dann aber in einem ihrer Entwicklungsstadien als Parasiten. Von den in Mitteleuropa bekannten 40 000 Tierarten existieren mindestens 10 000 wenigstens zeitweise parasitär. Die Natur bzw. die Evolution, die von moralischen Wertmaßstäben frei sind, haben diese Form der Existenz begünstigt: Generell sind Tiere darauf angewiesen, die Energie- und Stoffvorräte des Tier- und Pflanzenreiches zu nutzen. Es ist dabei prinzipiell gleichgültig, ob die infrage kommende organische Substanz noch lebt oder schon tot ist. Sicherlich bereitet es größere Schwierigkeiten, die Abwehrkräfte lebender Organismen zu überwinden, aber der Weg zum parasitären Leben wird in Etappen schrittweise bewältigt.

Freilebende Ausgangsformen haben sich zunächst einseitig auf die Verwertung faulender Substanzen spezialisiert, in deren Anhäufungen bereits dem Inneren von Lebewesen vergleichbare Bedingungen, hohe Temperatur und Mangel an Sauerstoff, herrschen. Von diesem »Sprungbrett« aus ist es dann leichter möglich, zunächst kranke, am Ende der Evolution zum Parasiten auch gesunde Lebewesen zu befallen. Weiterhin bietet der Aufenthalt in einem anderen Lebewesen einen dem Schlaraffenland vergleichbaren Luxus. Nahrung ist in Hülle und Fülle vorhanden, während alle Einflüsse der unbelebten Natur, gegen die freilebende Formen sich ständig behaupten müssen, von ihnen abgeschirmt sind. Zum Nachteil der Parasiten gereicht nur die geringe Wahrscheinlichkeit, mit der die Parasitenlarven, allen Zufällig-

Bandwurmglieder von Taenia saginata
Bandwurmkopf von Taenia echinococcus

keiten dieses Lebens zum Trotz, wieder in einen geeigneten Wirt gelangen. So produziert jeder Parasit Millionen und Milliarden von Eiern, damit wenigstens eines dem Zufall gerecht wird und wieder den richtigen Wirt erreicht.

Parasitismus ist also fast so alt wie das Leben selbst. Parasitär lebende Schnecken und Bohrschwämme wurden beispielsweise schon im Untersilur und Oberdevon nachgewiesen. Verkalkte Eier von *Bilharzia haematobia* (einem im Blut lebenden Saugwurm) wurden in den Nieren zweier Mumien aus den Jahren 1200 und 1100 v. d. Z. gefunden. In Moorleichen, von denen die älteste 2500 Jahre alt war, fanden sich die Eier von Peitschenwürmern, Spulwürmern und Bandwürmern. Die Dasseliegen waren den Ägyptern auch schon 3000 Jahre vor der Zeitrechnung bekannt und wurden bereits damals als Schädlinge bekämpft. Im ständigen Ringen der Menschheit gegen Hunger und Not, Gebrechen und Krankheit haben auch Parasiten seit frühester Zeit zu den Gegnern des Menschen gehört.

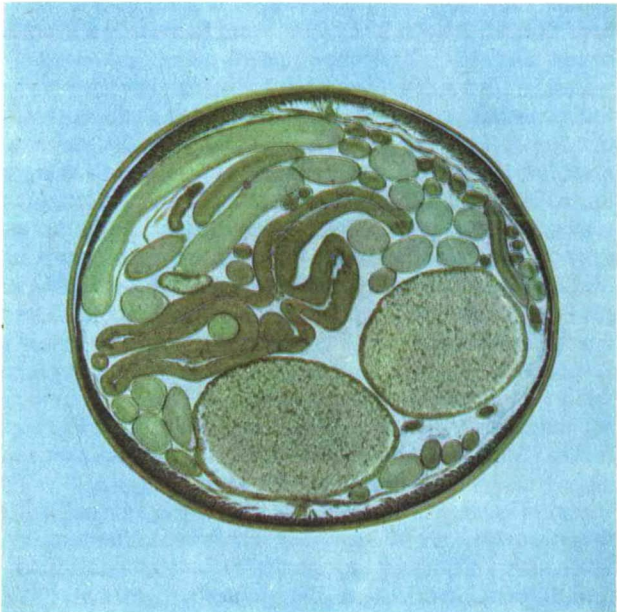
Trichinen und andere Rundwürmer

Auch im nächsten Tierstamm, den Rundwürmern, bleiben wir bei den Parasiten. Zuvor müssen wir aber wieder einmal einen Blick auf unseren Stammbaum werfen. Schon früher hatten wir erörtert, daß der Übergang von passiver zu aktiver Lebensweise als evolutionäres Erfordernis mit der Notwendigkeit des zweiseitig symmetrischen Bauplanes verbunden war. Sicherlich existieren nicht nur eine, sondern mehrere Möglichkeiten zur Verwirklichung dieser stammesgeschichtlichen Forderung. Neben den Plattwürmern sind es für uns die Rundwürmer, die diesen vorteilhaften Weg zum aktiven Leben bis heute dokumentieren. Ihre Ableitung von den Rariciaten ist allerdings weit weniger deutlich zu erkennen, eigentlich nur aus Indizien zu erschließen. Wir wollen dabei nicht verhehlen, daß gerade an diesen ersten Verzweigungen des Stammbaumes die gleichen Indizien von verschiedenen Experten unterschiedlich beurteilt werden. Wir betrachten die Rundwürmer hier aber als unabhängige Evolutionslinie, die um drei Schritte weiter als die Strudelwürmer entwicklungsfähig

war. Die Mundöffnung ist mit an das Vorderende gerückt, eine Afteröffnung ist dazugekommen, und die feste Ausbildung der Körperdecke übernimmt gleichzeitig die Funktion eines ersten primitiven Skeletts.

Ihr Körperquerschnitt ist also rund. Unter der dicken, elastischen, von der Haut abgeschiedenen Kutikula folgt nur eine Lage von Längsmuskulatur. Erschlafft beim Schlängeln die Muskulatur der gekrümmten Seite, dann schnell durch die elastische Kutikula der Körper von allein in die Ausgangslage zurück. Das Vorhandensein von nur einer Muskellage erleichtert das Hineinsehen in den Querschnitt dieser Tiere. Als nächstes suchen wir den zentral gelegenen Darm. Er ist nur einmal angeschnitten, weil der Darm als gestreckter Schlauch ohne Windung oder Falte bei diesen Tieren vom Mund bis zur Afteröffnung verläuft. Die Geschlechtsorgane nehmen den Raum zwi-

Querschnitt durch Spulwurm, Ascaris megaloccephala



schen Muskulatur und Darm ein. In unserem Bildbeispiel, einem Weibchen, sind die Ovarien mehrfach geschlungen und deshalb vielmals angeschnitten. Die Spalten und Lücken zwischen den Bauelementen sind von Leibhöhlenflüssigkeit ausgefüllt. Ihr Innendruck gewährleistet in Verbindung mit der elastisch-stabilen Haut (Kutikula) die Elastizität und Beweglichkeit dieses Typs. An der obersten und untersten Stelle des Querschnittes entdecken wir unmittelbar unter der Kutikula je einen Längsstamm des Nervensystems, rechts und links im Querschnitt die Anschnitte der röhrenförmigen Zellen des Ausscheidungssystems. Mehr an Innenausstattung ist nicht vorhanden. Die Vorzüge dieses Bauplanes bestehen in der von der äußersten Zelllage abgetrennten festen Kutikula, die nicht nur eine den späteren Skelettsystemen vergleichbare Funktion besitzt, sondern den Körper auch nach außen hin von allen widrigen Umweltreizen abschirmt. Die Rundwürmer sind deshalb von vornherein verschiedensten Lebensweisen und Aufenthaltsorten ohne Änderung ihrer Organisationsdetails angepaßt. Ob räuberisch, in toten Substanzen lebend oder als Parasit im Inneren von Pflanzen oder Tieren, immer sind sie als typische Rundwürmer zu erkennen.

Ihre freilebenden Vertreter besiedeln in ungeheuren Stückzahlen die obersten Bodenschichten und sind wichtige Glieder in der immerwährenden Kette des Stoffabbaus und der Humusproduktion. Sehr viele Rundwurmarten leben als Pflanzen- oder Tierparasiten. Unter den letzteren sind gewiß die Trichinen die bekanntesten. Sie leben als erwachsene Tiere im Darm ihrer Wirte und produzieren Nachkommen. Diese bohren sich durch die Darmwand und gelangen über die Blutgefäße in ständig arbeitende, reich durchblutete und gut mit Sauerstoff versorgte Muskeln wie Zwerchfell, Zunge u. a. Innerhalb der Muskeln zersetzen und verzehren sie die Muskelfasern. Dabei wachsen sie so schnell heran, daß sie sich einrollen müssen, um Platz zu finden. Der Wirt umgibt seinerseits die Schmarotzer mit einer Bindegewebskapsel, die später sogar verkalkt.

Spulwürmer, Magen- und Lungenwürmer sind bekannte Parasiten unseres Wildes. Die ähnlichen Pflanzenparasiten – als »Älchen« bezeichnet – besiedeln auch Kartoffeln, Rüben, Getreide und Zierpflanzen.

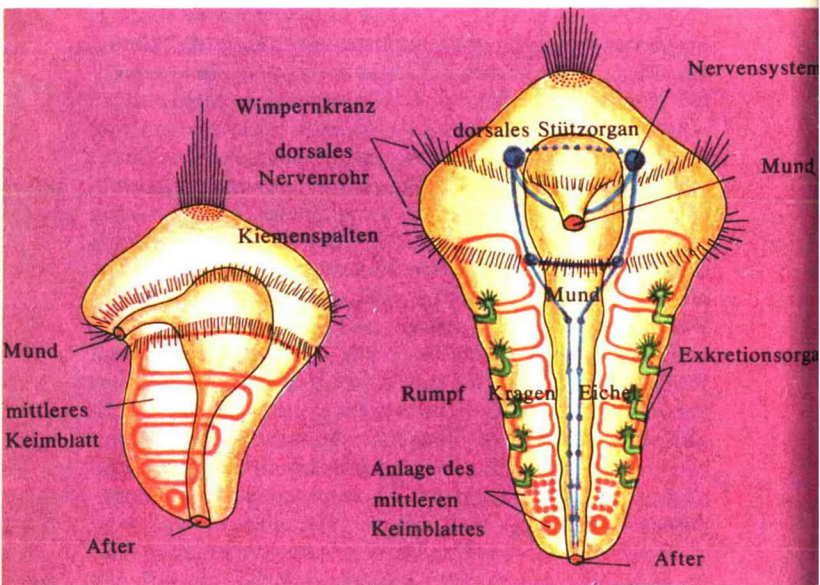
Von einem geordneten Innenleben

Alle von uns bisher vorgestellten zweiseitig symmetrischen Tiere besitzen Wurmgestalt und kommen wenigstens bei den freilebenden Vertretern nur in wenigen Ausnahmen über die Größe von 10 cm hinaus. Die Organisation eines Platt- oder Rundwurmes erlaubt keinen weiteren Fortschritt, ja, wir können sogar sagen, daß die Möglichkeiten dieser Organisation bereits vor etwa einer Milliarde Jahren erschöpft waren. Unter der immerwährenden Auslese, die Tiere mit ökonomischem Materialeinsatz, entsprechender Aktivität und Lebensfähigkeit (Vitalität) begünstigt, entstanden im weiteren Verlauf der Stammesgeschichte größere Tiere mit einem optimaleren Bauplan und einem Stützsystem. Die Notwendigkeit der Selektion von Tieren mit Stützeinrichtungen und Skelettsystemen wollen wir deshalb betonen, weil bloße Massezunahme und Materialanhäufung für sich allein nicht mehr ausreichte, größere Leistungen zu erreichen.

Der Fortschritt der Evolution und damit der Fortschritt der Stammesgeschichte des Tierreiches wurde in diesem Sinne vor mehr als 600 Millionen Jahren über die Ahnen der Ringelwürmer möglich. Das Besondere ihres neuen Bauplanes bestand im Auftreten eines sogenannten mittleren Keimblattes. Um diese Architektur zu erklären, müssen wir erneut bis zu den Radiaten zurückkehren. Diese Ahnen bestanden im wesentlichen nur aus Darm, Haut und einer dazwischengelegenen Stützlamelle bzw. Gallertschicht. Sieht man von dieser stützenden Zwischenlage ab, läßt sich die Organisation der Radiata auf das Entwicklungsstadium der Gastrula zurückführen. Auf diesen Vergleich hatten wir bereits bei der Schilderung des Überganges vom Einzeller zum radiärsymmetrischen Vielzeller hingewiesen. Jetzt müssen wir die Entwicklung von der Eizelle bis zur Gastrula etwas eingehender verfolgen. Der Werdegang eines Lebewesens verläuft dabei häufig folgendermaßen: Nach der Befruchtung der Eizelle beginnen die Zellteilungen. Es entsteht zunächst ein kompaktes Gebilde, das gern mit einer Maulbeere verglichen wird und deshalb den Fachausdruck Morula erhalten hat. In dieser Morula tritt bald ein zentraler Hohlraum auf, und

das gesamte Material des Embryos bildet eine nur aus einer einzigen Zellschicht bestehende bläschenförmige Hülle, die Blastula. Diese einschichtige Blastula wird im Verlaufe der weiteren Entwicklung zur zweischichtigen Gastrula umgebildet. In der Regel (es gibt aber auch andere Wege) stülpt sich der eine Körperpol der Blastula nach innen und legt sich an die gegenüberliegende Zelllage. Wenn sich die entstandene große Öffnung bis auf einen Rest schließt, sind wir schon bei der Organisation angelangt, die ein Polyp oder eine Qualle zeit lebens beibehält. Die innere Zelllage wird zum verdauenden Gewebe des Magen-Darm-Kanals. Der erwähnte verengte Spalt wird zum Eingangstor in den Magenraum und damit zum Urmund. Die äußere Zelllage schirmt das ganze Gebilde gegenüber der Umwelt ab und wird zur Haut des Tieres. Innere und äußere Zelllage dieser Gastrula werden nun deshalb als Keimblätter bezeichnet,

Segmentprossung bei Ringelwürmern



weil neben Haut oder Darmwand später noch weitere Bauelemente aus ihnen hervorgehen. Das äußere Keimblatt liefert neben der Haut des Tieres auch das Nervensystem, die Sinnesorgane und Teile der Muskulatur. Das innere Keimblatt ergibt die Darmwand, Verdauungsdrüsen, Bindegewebe, Muskulatur u. a., so daß der Raum zwischen Darm und Haut allmählich von beider Abkömmlingen erfüllt wird. Die Zwischenräume zwischen den Organen werden dabei entweder von einem lockeren Füllgewebe (Plattwürmer) oder Flüssigkeit (Rundwürmer) ausgefüllt.

Bereits unter den Radiata existierten Formen, bei denen vom Magen abgespaltene, prall mit Flüssigkeit gefüllte Taschen eine Stützfunktion übernommen hatten. Hier ist der Ursprung eines zwischen Darmanlage (dem inneren Keimblatt) und Körperbedeckung (dem äußeren Keimblatt) neu auftretenden mittleren Keimblattes zu suchen. Aus der Anlage von ursprünglich vier solcher Gastralaschen wird später eine ganze Doppelreihe voneinander abgegrenzter Hohlräume, die in den Raum zwischen den Anlagen von Darm und Haut eindringen. Der Körper der Tiere wird auf diesem Wege in eine große Anzahl von Kammern gegliedert, die wir als Segmente bezeichnen.

Die segmentale Bauweise

Der Vorgang der Segmentation beginnt bei den Ringelwürmern z. B. schon während der Embryonalentwicklung mit der Tätigkeit einer unmittelbar vor der Afteröffnung gelegenen Segmentsprossungszone. Am besten, wir sehen uns die Zeichnung auf S. 56 erst einmal an. Jedes Segment erhält die gleiche Innenausstattung. Sie besteht aus je einer Darmaussackung, einem Nervenknotten, einem Antriebs-element und Gefäßen des Blutgefäßsystems, einem Paar Exkretionselementen (Exkretion: Absonderung, Ausscheidung), Geschlechtsorganen, Kiemen, Extremitäten usw. In dieser Aneinanderreihung gleich ausgerüsteter Baueinheiten entsteht der Körper eines Ringelwurmes in einem Wachstumsprozeß, der durchaus industriellem Bauen vergleichbar ist. Das zur Verfügung stehende



Schlammwurm, Tubifex sp.

Material wird durch diese segmentale Bauweise in einen Zustand ökonomischerer Verteilung und damit möglicher größerer Leistung überführt.

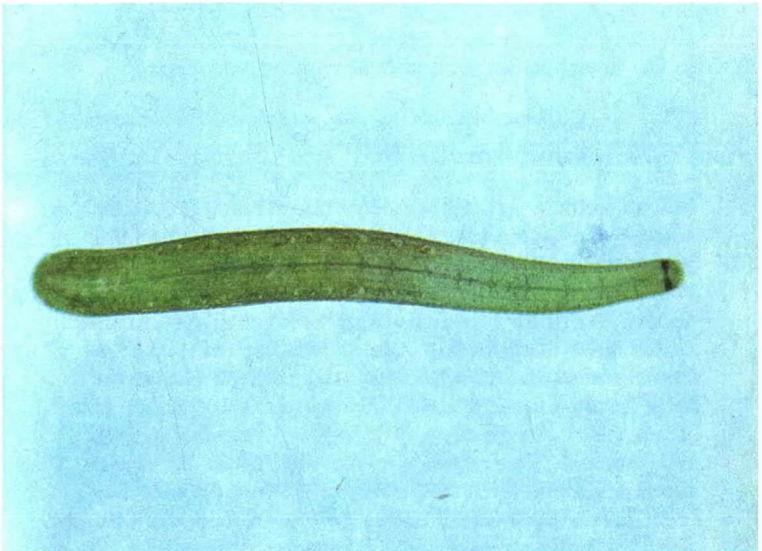
Neu ist das Auftreten eines geschlossenen Blutgefäßsystems. Seine Aufgabe besteht im Transport der Nahrungsbestandteile, der Abbauprodukte sowie den bei Atmung und Veratmung anfallenden Gasen O_2 und CO_2 . Bei den größeren Vertretern der bisher besprochenen Typen waren alle Organe miteinander verwoben, damit die aufgenommene Nahrung vom ebenfalls verästelten Darm aus auf kürzestem Wege zu den Verbrauchsorganen diffundieren konnte (man vergleiche die Abbildung Kleiner und Großer Leberegel S.48). Jetzt wird eine kompakte Bauweise möglich, die bei den freilebenden Formen zugleich eine enorme Größenzunahme gestattet. Wasserlebende Ringelwürmer erreichen eine Länge bis zu 3 m, tropische Regen-

würmer bis zu 1 m. Nach neueren Berichten soll selbst dieses Maß noch zu niedrig gegriffen sein.

Zunehmende Größe verlangt nach einem Stützorgan. Trotz des Fehlens eigentlicher Skelettelemente wird auch diese Bedingung von der segmentalen Bauweise erfüllt, denn die Kammern des mittleren Keimblattes sind mit Leibeshöhlenflüssigkeit gefüllt. Ihr Binnendruck gewährleistet in Verbindung mit der Gliederung des Körpers in Segmente neben Festigkeit und Stabilität auch die Beweglichkeit dieser Konstruktion. Im Sprachgebrauch unseres Faches spricht man von der Wirkung eines Hydroskeletts. (Wer einmal eine Traglufthalle sehen sollte, kann vergleichen, auf welchen gemeinsamen technischen Prinzipien Lösungen der Natur und des Menschen beruhen!)

Auf einem unserer Präparate ist das Nervensystem gut zu erkennen. Bei den Radiaten war die geringe Nervensubstanz rings um den Schirm angeordnet. Die ersten zweiseitig-symmetrischen Formen besaßen eine Anhäufung von

Hundeegel, Herpobdella octoculata



Nervenzellen im Vorderteil des Körpers. Von dort zogen viele Längsstränge in den Körper hinein. Während der weiteren Vervollkommnung der Tiere im Rahmen der Evolution bleibt diese Tendenz zur Verstärkung der Nervenmasse im Kopf erhalten. Bei den Ringelwürmern ist es ein umfangreicher Nervenknotten über dem Schlund, ein weiterer Nerven-Ganglienknoten unter dem Schlund und dicken, rechts und links des Schlundes liegenden Verbindungssträngen, die dieses Ober- und Unterschlundganglion miteinander verbinden. So wie diese Verbindungsstränge vom Ober- zum Unterschlundganglion zieht im idealen Fall der gleiche Doppelstrang von Segment zu Segment und verbindet die in jedem Segment angelegten Ganglienknoten miteinander. Diese Anordnung: Doppelstrang – segmentaler Nervenknotten – Doppelstrang usw. erinnert an eine Strickleiter. Sie leitet die Impulse des Gehirns zu den Ganglien der Segmente, von denen die Information bzw. der Aktionsbefehl in das jeweilige Segment weitergeleitet wird. Wir sind froh, Ihnen in einem Präparat überhaupt diese segmentale Gliederung auch des Nervensystems zeigen zu können. Zwar sind bei unserem Blutegel die beiden Längsstränge genähert, die segmentalen Ganglienknoten und deren sternförmige Ausstrahlung in das jeweilige Segment sind aber gut zu erkennen.

Die Ringelwürmer

Mit Ausnahme des Kopfes sind die Segmente bei den meisten Anneliden gleichmäßig gestaltet. Sie stellen eine konstruktive Basis dar, die im weiteren Verlauf der Evolution in vielfältiger Weise ausgebaut wird und in mindestens vier große Entwicklungslinien einmündet. Unter ihnen erobern die Insekten später nicht nur den Lebensraum des festen Landes, sondern sogar den Fortbewegungsraum der Luft. Die Ringelwürmer selbst haben die Gegenwart als sogenannte Vielborster, Wenigborster und Egel erreicht. Unter ihnen sind die Vielborster für uns die stammesgeschichtlich interessanteste Gruppe. Jedes Segment dieser Vielborster besitzt je eine rechte und linke fleischliche Ausstülpung, die in ihrer Ausbildung an die



Seeringelwurm, Nereis diversicolor

späteren Extremitäten der höherentwickelten Tiere erinnert. Es treten jedoch keine Gelenke in diesen sogenannten Stummelfüßen (Parapodien) auf. Sie sind mit einer Vielzahl von Borsten besetzt, werden in Art und Weise von Rudern bewegt und besitzen bereits große Bedeutung bei der Fortbewegung dieser Tiere.

Fast alle vielborstigen Ringelwürmer kennen wir aus dem Meer. Die tropischen Palolowürmer leben z. B. in größerer Tiefe auf dem Grunde und kommen nur einmal jährlich während der Fortpflanzungszeit in mächtigen Schwärmen an die Oberfläche der Südsee, um die Geschlechtsprodukte auszutauschen. Von den Bewohnern der Inselwelt werden diese Würmer seit jeher als besonderer Leckerbissen geschätzt und zur Schwärmzeit mit Körben aus dem Wasser geschöpft. An unseren Küsten verraten sich die Köder- bzw. Schlickwürmer auf sink-

stoffreichem Untergrund der boddennahen Küste durch die Kothäufchen, die sie über ihrer Wohnröhre ablagern. Gräbt man bei flachem Wasser nach ihnen, dann geraten mit Sicherheit auch die Nereisarten in unsere Hand. Diese entsprechen einem typischen Vielborster, und Sie sollten ein solches Tier und seine schlängelnden Bewegungen nach Möglichkeit in irgend einem Gefäß einmal genau betrachten.

Die Wenigborster besiedeln im Gegensatz zu den Vielborstern das Süßwasser und die feuchteren Bodenschichten des Festlandes. In erster Linie sind es Regenwürmer, die uns als die typischen Vertreter dieser Gruppe begegnen. Sie besitzen keine Stummelfüße, ihr Körper entspricht deshalb eher der typischen Wurmgestalt und erinnert nicht sogleich an Hundert- oder Tausendfüßer. Sicherlich ist ihr typisches Kriechen, bei dem keine Stummelfüße gebraucht werden, dem Aufenthalt in engen und festwandigen Erdröhren angepaßt, das Schlängeln des

Schlammwurm, Tubifex sp.



mit Stummelfüßen besetzten Körpers bei der Schwestergruppe dagegen im Meer von Nutzen.

Außer den Regenwürmern sind die Enchytraeen und Tubifex im allgemeinen bekannt. Wer bisher nicht auf sie geachtet hat, kann zumindest Tubifex auf der Schlamm- schicht verschmutzter Gewässer als rosaroten Rasen entdecken, der bei Störungen deshalb urplötzlich verschwindet, weil alle Tiere der Kolonie sich vollständig in ihre aus Schlamm und Schmutzpartikelchen gefertigten Röhren zurückziehen. Ein solcher Tubifex mit seinen wenigen Zentimetern Länge und seinem durchsichtigen Körper hatte uns schon einige Seiten zuvor als Fotomodell zur Darstellung der segmentalen Bauweise gedient.

Zu den Ringelwürmern zählen noch die Egel. Im Gegensatz zu den – stammesgeschichtlich gesehen – weniger entwickelten Leberegel nennen wir sie ihrer Ernährungsweise wegen auch Blutegel. Die meisten sind Außenparasiten, die wenigstens zeitweise andere Tiere angreifen, um Körpersubstanz oder Blut zu saugen. Einige der größeren Arten müssen, um die Geschlechtsreife zu erlangen, Blut von Säugetieren aufnehmen. Sie können an einer Blut- mahlzeit dann aber monate- bis jahrelang verdauen. Seitdem man die Ursache vieler Krankheiten nicht mehr in zuviel schlechtem, dickflüssigem oder anderweitig miserablen Blut sieht, das man früher durch medizinische Blutegel abschröpfte, ist ihre Bedeutung fast erloschen. Geblieben ist nur die verständliche Furcht, ihnen beim Baden zu begegnen. Nur sind es in der Regel harmlose, Schnecken, Insektenlarven, andere Kleinformen oder Frösche angreifende Blutegel, vor denen wir dann die Flucht ergreifen.

Gepanzerte Ritter

Für alle Ringelwürmer ist mit Ausnahme des Vorderendes die mehr oder weniger gleichmäßige Ausbildung der Körpersegmente charakteristisch. Trotz des enormen Fortschritts, den diese segmentale Bauweise mit sich brachte, ist der Typ des Ringelwurmes auf vielen Positionen seines Bauplanes weiter ausbaufähig. Weniger mit den Augen

eines Zoologen, sondern eher mit dem technischen Verständnis unserer Zeit gesehen, könnte man einen solchen Ringelwurm z. B. mit einem festen Skelett ausrüsten. Für die Stummelfüße der Vielborster ließen sich Gelenke konstruieren und der für jedes Segment gleiche Funktionsplan könnte in der Art optimiert werden, daß durch Arbeitsteilung Gruppen von Segmenten zusammengefaßt werden, die dann Spezialaufgaben besser lösen könnten, als es bei der traditionell gleichmäßigen Aufgabenverteilung möglich erscheint.

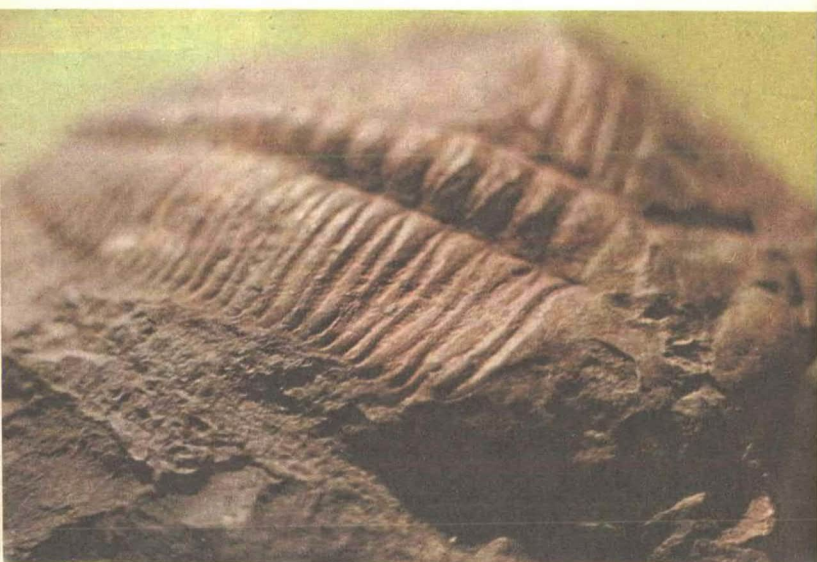
Ein Blick auf unseren Stammbaum zeigt, daß die Ringelwürmer eine vergleichsweise ebenso zentrale Stellung wie die Radiaten einnehmen, weil viele Abstammungslinien von ihnen ausgehen. Jede dieser eigenständigen Generationenfolgen des Lebens wurde im Prozeß der Evolution in unterschiedlicher Art und Weise optimiert. Wir werden gleich sehen, daß dabei den von uns schon angedeuteten Konstruktionsdetails Skelett, Extremität und – jetzt zum ersten Male erwähnt – der Optimierung der Segmentzahl eine entscheidende Bedeutung zukommt.

Tausendfüßer und Krebse

Den geringsten Fortschritt haben die Tausendfüßer erreicht. Sie lassen sich mit Ringelwürmern vergleichen, die als Skelettelement eine äußere Chitinhülle erworben haben. Die stammesgeschichtlichen Zwischenstufen sind jedoch nicht mehr auffindbar, so daß wir in der Gegenwart die Tausendfüßer nur als Landbewohner kennen. Wenn wir den Erfolg einer Tiergruppe mit den Maßstäben der Evolution messen und fragen, in welcher Individuen- und Artenzahl diese Tausendfüßer wie viele unterschiedliche Lebensräume besiedeln, dann schneiden sie im Vergleich zu den viel erfolgreicherer Gruppen der Spinnen, Insekten und Krebse schlecht ab. Unsere bekannteste Art ist der etwa 4 cm Länge erreichende Steinläufer. Weil es aber

Flußkrebs, Astacus astacus (Rechte Seite, oben)
Skolopender, Scolopendra sp. (Rechte Seite, unten)





weder große noch giftige oder anderweitig gefährliche Hundert- und Tausendfüßer bei uns gibt und selbst die bulgarischen Skolopender das Tageslicht scheuen und nur des Nachts aus Gesteinsspalten hervorgekrochen kommen, wollen wir uns gleich dem nächsten Organisationstyp, den Krebsen, zuwenden.

Wie alle Abkömmlinge von Ringelwürmern sind auch die Krebse mit einem Außenskelett ausgerüstet. Es besteht dabei ein interessanter Zusammenhang zwischen Körpergröße, Skelett, Bewegungsweise und Segmentzahl, den wir jetzt bei den Krebsen am besten erläutern können. Der Besitz eines Skeletts ermöglicht generell eine Größenzunahme des betreffenden Typs. Wir meinen dabei nicht nur das Längenwachstum, sondern vor allem eine Zunahme des Durchmessers der Tiere. Eine kompakte, massige Bauweise bei den segmentierten Tieren geht fast in jedem Falle mit der Ausbildung eines Skelettsystems einher. Von der Wurmgestalt der Ahnen her betrachtet, ließ es sich um so besser schlängelnd schwimmen oder schlängelnd kriechen, je länger der Körper war. Ist aber ein Tier kürzer und massiger gestaltet, verliert diese Bewegungsweise an Effektivität. Mit der Ausbildung eines Skeletts und der damit einhergehenden Massezunahme werden die Nachfahren der Anneliden gezwungen, entweder zum Laufen oder zum Schwimmen auf anderer Basis als der des Schlängelns überzugehen. Weil Vielborster, die stammesgeschichtlichen Ahnen, bereits Stummelfüße besaßen, die im Rahmen der Evolution leicht zu echten, gelenkigen Extremitäten umgestaltet werden konnten, bereitete diese Umstellung in der Fortbewegungsweise allerdings keine Schwierigkeiten.

Verständlicherweise glauben Sie uns diese Behauptung nicht auf Anhieb. Sehen wir uns deshalb einmal unter den häufigsten bzw. leistungsfähigsten und damit den optimalen Typen unter den Skelettieren um. Mit vier Beinpaaren haben die Spinnen dabei noch die meisten Extremitäten. Drei Paar solcher Extremitäten besitzen die Insekten, nur

Goldlaufkäfer, Carabus auratus
Dreilappkrebs – Trilobit

noch zwei Paar die landlebenden Wirbeltiere. Wir selbst haben dagegen den Beweis erbracht, daß man selbst mit nur einem Paar von Beinen Enormes leisten kann. Während Tausendfüßer – bei weitem nicht 1000 – höchstens 200 Beine besitzen, ist die enorme Extremitätenzahl der Ahnen und Verwandten aus dem Tierreich bei den Krebsen weitgehend reduziert und mit fünf an der Fortbewegung beteiligten Lauf-Beinpaaren dem »technischen« Optimum weitgehend genähert.

Die stammesgeschichtlich ältesten Außenskeletttiere waren die Dreilappkrebse oder Trilobiten. Sie besaßen noch eine recht gleichförmige Segmentierung des Körpers und beweisen damit ihre Abstammung von Ringelwürmern. Die Massigkeit des Körpers und die Reduktion der Segmentzahl weisen aber auf die Entwicklungsrichtung hin, die von Ringelwürmern später bis zu Krebsen führte. Der Name Dreilappkrebse wird der Tatsache gerecht, daß die Trilobiten sowohl in der Längs- als auch in der Querachse eine charakteristische Gliederung erkennen lassen. In der Längsrichtung werden trotz gleicher Extremitätenausbildung »Kopf«, »Rumpf« und »Hinterleib« erkennbar, während in der Querachse eine erhabene, massigere Mittelzone seitlich jeweils von einem Seitenlappen flankiert wird. Die später bei den uns bekannteren Krebsen ausgeprägte Arbeitsteilung der drei Funktionseinheiten Kopf, Rumpf und Hinterleib hat also bei den Trilobiten bereits eine den Funktionen entsprechende Ausbildung gefunden.

Bei den Krebsen ist vorn der Kopf aus der Verschmelzung mehrerer Segmente hervorgegangen. Er ist Träger der Sinnesorgane, der Mundöffnung und des Gehirns. Die jedem der im Kopf aufgegangenen Einzelsegmente ehemals zugehörenden Extremitäten finden wir in Form von Antennen (Fühlern), Augerstielen und Mundwerkzeugen wieder. Der Funktions- und Leistungseinheit Kopf fällt dabei die Aufnahme und Verarbeitung der Umweltreize zu, die Nahrungsaufnahme und über das Gehirn auch die

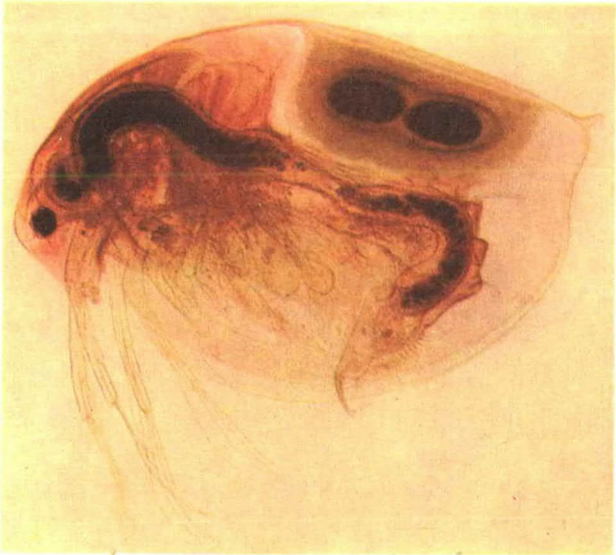
Strandkrabbe, Carcinus maenas (Rechte Seite, oben)
Garneele, Crangon crangon (Rechte Seite, unten)



Steuerung der Gesamtfunktion des Körpers. Es leuchtet sicher ohne weitere Erklärung ein, daß Sinnesorgane, Mundöffnung und Gehirn in einem Kopf, der dem Körper häufig noch emporgehoben vorangetragen wird, ideal zusammengefaßt sind. Der mittlere Körperabschnitt, Brust bzw. Thorax, trägt bei den höheren Krebsen fünf Beinpaare. Er dient in erster Linie der Fortbewegung, enthält aber auch den Magen, das Herz, die Kiemen und einige andere Organe. Das vordere Beinpaar ist bei vielen dieser Tiere mit Scheren ausgerüstet, die bei der Überwältigung der Beute behilflich sind. Der Hinterleib als dritter und letzter Körperabschnitt bestreitet alle restlichen, vorwiegend nach innen gerichteten Funktionen des tierischen Körpers.

Als Lebensformen des Wassers mit den günstigen Auftriebsverhältnissen dieses Mediums erreichen einige der Krebstiere beträchtliche Masse und Größe. Unter den höheren Krebsen können die Hummern bis 50 cm Länge,

Wasserfloh, Daphnia sp.

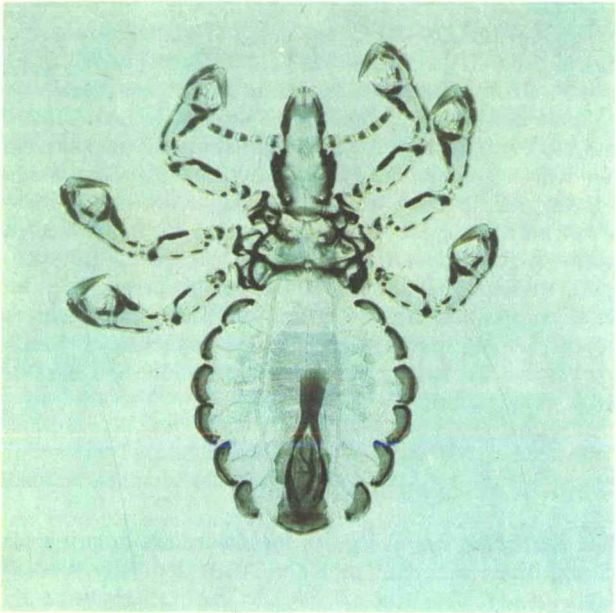


Vertreter der Langustengattung *Jasus* bis 60 cm Länge erreichen. Bei den Krabben, deren Hinterleib unter den Brustabschnitt geschlagen ist, wird die Breite des Körpers gemessen. 40 cm können exotische Arten erreichen.

In unserer Heimat sind unter diesen höheren Krebsen nur die Flußkrebse und die Wollhandkrabben bekannt. An der Küste kommen die Strandkrabben dazu, während die bei uns kleinen, schwimmenden Garneelen ihre frühere wirtschaftliche Bedeutung (sie wurden zwar als Garneelen gefangen, nach dem Brühen aber als »Krabben« gegessen) ganz verloren haben. Neben diesen größeren, höheren Krebsen mit konstanter Segmentzahl und vergleichbarem Körperbau existieren eine Vielzahl sogenannter Kleinkrebse, unter denen meist nur die Wasserflöhe und Hüpferlinge bekannt sind.

Vom Wasser auf das Land

Bei den früher besprochenen Rundwürmern konnten wir darauf hinweisen, daß durch den Besitz der festen Außenhülle dieser Typ von vornherein zur Lebensweise im Freien als Fäulnisbewohner oder sogar als Parasit befähigt war. Die von einem Außenskelett gestützten und mit dieser chitinigen Hülle nach außen bewehrten Gliedertiere erscheinen in vergleichbarer Art auch für ein Leben auf dem trockenen Land geeignet. Als wesentliche Anpassungen an das Landleben erkennen wir nur Veränderungen bei den Atmungsorganen und die durch das Landleben bedingte Optimierung des Bewegungssystems. Die Atmungsorgane der wasserlebenden Ringelwürmer und Krebse sind Kiemen, also fächerförmig in das Wasser ausgestülpte Organe. Sie würden an Land vertrocknen. Bei den Spinnen sind sogenannte Fächerlungen in den Körper hineingestülpt. Sie verhalten sich zur Kieme genau wie ein Positiv zum Negativ, nur daß unser Spinnen-Negativ den Sauerstoff aus der Luft und nicht mehr dem Wasser entnimmt. Die Insekten haben die Kiemenatmung durch Tracheenatmung ersetzt. Tracheen sind die Röhren eines luftgefüllten, feinstverzweigten Kanalsystems, das ursprünglich in jedem Segment durch Öffnungen mit der



Tracheensystem der Insekten am Beispiel der Schweinelaus, Haematopinus suis

Außenluft in Verbindung steht. Der Sauerstoff der Luft wird mit diesem Röhrensystem direkt bis an die Verbrauchsorgane herangeführt.

Bei der Optimierung im Bewegungssystem müssen wir von folgender Überlegung ausgehen: Um einen Körper im stabilen Gleichgewicht zu halten, ist es erforderlich, an drei Punkten Kontakt mit der Unterlage zu besitzen. Bei unseren Tieren müssen deshalb zwei Beine der einen Körperseite und eines der anderen auf dem Boden stehen. Die anderen können sich in Bewegung befinden. Wenn drei Beine vorausgreifen und drei den Kontakt mit der Unterlage behalten, ist die Bedingung für stabile Gleichgewichtslage trotz fördernder Bewegung erfüllt. Im Rahmen der Organisation der Außenskeletttiere ist wahrscheinlich im Besitz von drei Paar Extremitäten das Optimum dieses

Typs erreicht. Eine weitere Verringerung der Beinzahl würde höheren steuerungstechnischen Aufwand erfordern und außerdem die Belastung der beim Außenskelett sowieso schon stark beanspruchten Gelenkhäute erhöhen. Eine größere Zahl von Extremitäten würde andererseits einem überflüssigen Materialeinsatz gleichkommen. Wir wissen ja bereits, daß im Rahmen der Evolution diejenigen Lebensformen von der Selektion begünstigt werden, die mit geringstem Materialaufwand die größte Leistung hervorbringen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß, ausgehend vom »Rohmaterial« nahezu unbegrenzter Segment- und Extremitätenzahl der Anneliden, der Typ des nunmehr laufenden Tieres optimiert wird: Krebse fünf Paar Extremitäten, Spinnen vier Paar, Insekten drei Extremitätenpaare. Eine noch weitere Verringerung der Zahl der Beinpaare wird dann erst später bei den Wirbeltieren, allerdings auf anderer konstruktiver Basis möglich.

Spinnen und Insekten sind – abgesehen von den Tausendfüßern, die ihre feuchten Biotope kaum verlassen können – die ersten Tiere, die das ursprünglich lebensfeindliche, trockene Land erobern. Die ältesten Landtiere überhaupt sind Skorpione, die aus Gesteinsschichten des australischen Kontinents bereits aus dem Silur bekannt sind.

Spinnen, Skorpione, Weberknechte

Trotz mancher Gemeinsamkeiten gehen Spinnen und Insekten, wie schon Krebse und Tausendfüßer, in eigenständigen Abstammungslinien bis auf Ringelwürmer zurück. Die stammesgeschichtliche Situation ist dabei bei den Spinnen übersichtlicher als bei den Insekten. Viele Grundzüge der Spinnenorganisation finden wir nämlich bei den noch heute in wenigen Arten lebenden Pfeilschwanzkrebsen wieder: z. B. die Zweiteilung des Körpers in einen vorderen Abschnitt, der aus einer Verschmelzung von Kopf und Rumpf entstanden ist, und dem Hinterleib, sowie die Art und Anzahl der Mundwerkzeuge, das Vorhandensein eines Schwanzstachels, der später bei den Skorpionen die Giftblase trägt, und manch andere Eigenheit, die wir



Skorpion, *Euscorpium carpathicus*

hier nicht näher erläutern können. Während der stammesgeschichtlichen Entwicklung sind die den Pfeilschwanzkrebse nahestehenden Formen in großer Artenzahl und Formenvielfalt aufgetreten und haben im Devon mit einer Körperlänge bis zu 1,80 m die größten Gliederfüßer hervorgebracht, von denen wir durch Fossilien Kunde besitzen. Alle anderen uns interessierenden Spinnentiere leben auf dem Lande. Als die ersten Eroberer dieses Landes hatten wir die Skorpione bereits genannt. Durch den am beweglichen Körperende vorhandenen und mit einer Giftblase verbundenen Giftstachel benötigen sie uns in der Regel mehr Respekt ab, als nördlich des Mittelmeeres erforderlich erscheint. Skorpione sind keineswegs angriffslustig und nähern sich dem Menschen nicht von selbst. Man wird nur dann gestochen, wenn man auf einen Skorpion tritt oder ein Kleidungsstück, z. B. einen Schuh anzieht, den

sich ein Skorpion zuvor zur eigenen Behausung ausgesucht hatte. Innerhalb unserer sozialistischen Heimat begegnen wir zwischen Schwarzem Meer und Kaukasus zudem kaum anderen Arten als der Gattung *Euscorpius*, deren Stich – dem einer Wespe vergleichbar – relativ harmlos ist. In unserer engeren Heimat zwischen Kahleberg und Rerik treffen wir unter Rinde, Moos und Flechten, in verstaubten Bibliotheken oder in Bienenhäusern gelegentlich wenige Millimeter große Miniaturausgaben von Skorpionen an. Ihnen fehlen jedoch Schwanzanhang samt Giftblase. Im Deutschen nennen wir sie Bücherskorpione, weil sie in Bibliotheken den Staubläusen nachstellen.

Spinnen und Milben sind die zahlenmäßig umfangreichsten Ordnungen der Spinnentiere. Die eigentlichen Spinnen besiedeln von den Tropen bis zur Arktis die verschiedensten Lebensräume der Erde, und unsere Wasserspinne *Argyroneta aquatica* ist als einzige Spinnenart wieder völlig zum Leben unter Wasser zurückgegangen. Dabei hat

Zebraspinne, Argyrope bruennichi





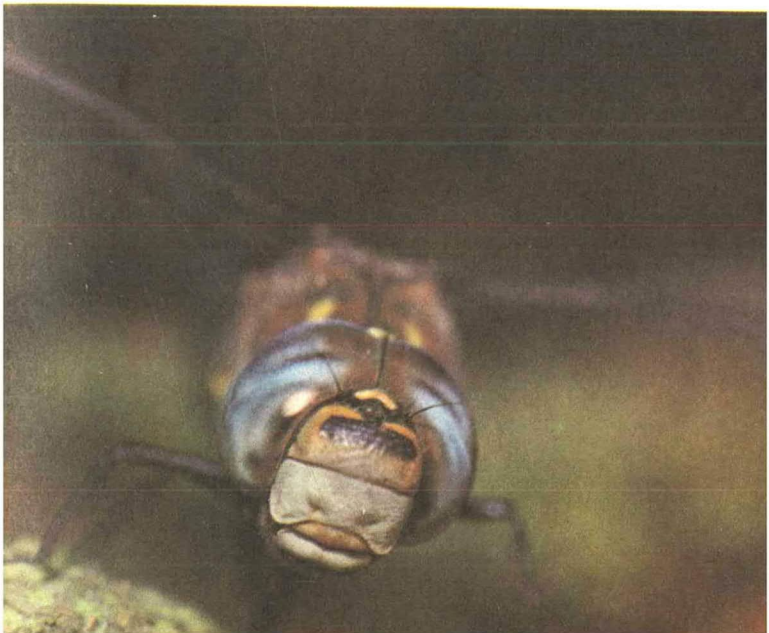
Wolfsspinne, *Alopecosa inquilina*

sie die Luftatmung beibehalten und ihre Organisation praktisch nicht verändert. Die meisten Spinnen spinnen aus Fäden zumindest ihre Wohnung, meist auch Netze oder andere Einrichtungen zum Fangen der Beute. Kreuzspinnen sind unsere bekanntesten Vertreter, Wolfsspinnen zählen mit etwa 2 cm Länge zu den größten heimischen Arten. Zu den Milben gehören ausgesprochene Kleinformen zwischen 0,1 bis 2 mm Größe. Allein die Zecken (Holzböcke) als Parasiten von Vögeln und Säugern überschreiten im erwachsenen, vollgesogenen Zustand die 10-mm-Grenze. Im Gegensatz zu allen Ordnungen der Spinnentiere und ihren räuberischen Arten haben lediglich die Milben auch Parasiten (z. B. Krätze- und Räude milben, Spinnmilben u. a.) sowie Verwerter tierischen und pflanzlichen Abfalls hervorgebracht. So bleiben unter den heimischen Spinnentieren nur noch die Weberknechte zu erwähnen, die mit ihren meist ungemein langen Beinen einen recht grotesken Eindruck hervorrufen, aber harmlose Mitbewohner unserer Erde sind.

Weltmacht Insekt?

Drei Viertel aller Lebewesen besitzen ein Außenskelett. Zwei Drittel aller Tierarten gehören zu den Insekten. Rund eine Million verschiedener Insektenarten sind den Zoologen bereits bekannt. Sie haben in ungeheurer großer Zahl und Vielfalt das Festland überschwemmt und als einzige unter den bisher besprochenen Lebensformen selbst das Medium Luft zur aktiven Fortbewegung ausgenutzt. Fast jede zweite Insektenart tritt uns in der Gestalt eines Käfers entgegen. Sie sind in dieser zum Außenskelett führenden Evolutionslinie des Tierreiches der vorteilhafteste Typ überhaupt. Gehört ihnen die Zukunft auf unserem Planeten? Sind sie die künftige »Weltmacht«? Ihr Körper ist wie bei allen Kerbtieren aus 19 Segmenten zusammengesetzt. Fünf sind im Kopf zusammengefaßt, drei im Brustabschnitt, maximal elf Segmente entfallen auf den Hinterleib. Über die strenge Arbeitsteilung dieser drei Leistungsbereiche gilt das bereits bei den Krebsen Gesagte, nur daß der

Edellibelle, Aeschna mixta





Stabheuschrecke, Carausius morosus

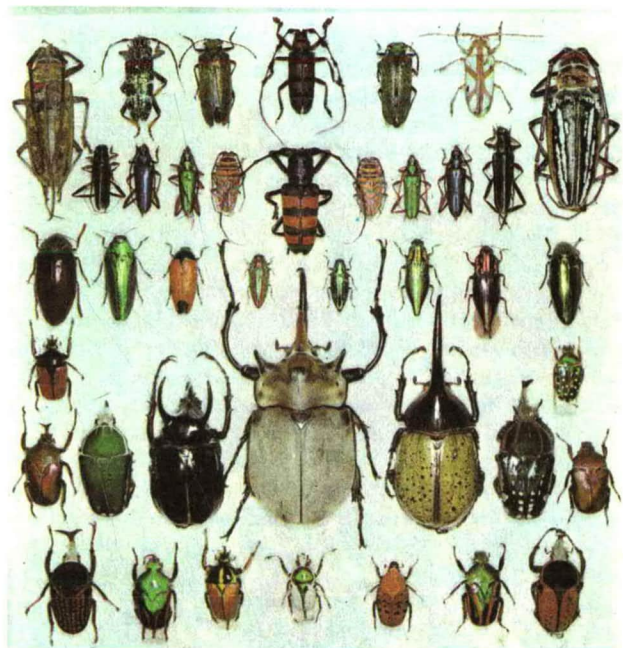
für die Ortsveränderung zuständige Brustabschnitt außer den drei Beinpaaren zusätzlich zwei Paar Flügel tragen kann.

Die Optimierung des Außenskelettyps hat in Gestalt der Insekten zweifellos ihren Höhepunkt gefunden, der in dieser Weise seit dem Karbon unverändert vor uns steht. Schon aus dieser fernen Vergangenheit sind uns Riesenskorpione, Großschaben und andere »Ungeheuer« bekannt. Könnte bei diesen Potenzen nicht in einer fernen Zukunft ein Bibliothekar mit trillernden Antennen vorstellbar sein? Ein sechsbeiniger Bibliothekar, der mit einem melodischen Unterton im Summen seiner Schrillorgane darauf hinweist, daß vor Millionen von Jahren eine schwergewichtige Tierart mit Händen und Füßen und einer mächtigen Schädelkapsel auf der Erde existierte, die mit sagenhafter Schnelligkeit zunächst ihre eigene Entwicklung zum denkenden Wesen durchlief, danach mit gleicher Geschwindigkeit begann, den Weltraum zu erobern, plötz-

lich aber aus offensichtlich eigenem Verschulden nicht nur sich selbst auslöschte, sondern alle Vertreter des damaligen höherentwickelten Lebens mit sich ins Verderben riß?

So oder ähnlich lasen wir es in einer utopischen Darstellung in unserer Jugendzeit. An unser eigenes Verderben konnten wir angesichts der schon damals beachtlichen Anstrengungen aller friedlichen und friedliebenden Menschen um eine glückliche, menschliche Zukunft nicht glauben. Schreckgespenster in Form von überdimensionierten Hornissen, Termiten, Ameisen und anderem sechs- bis achtbeinigem Viehzeug haben unsere Phantasie allerdings sehr beansprucht. Gab es doch in der Frühzeit irdischen Lebens bereits Libellen mit einer Spannweite von 75 cm. Warum sollte es in Zukunft also nicht noch schlimmer kommen?

Tropische Käfer



Wo liegen überhaupt die Grenzen dieses Typs? Um es völlig unprosaisch auszudrücken – sie liegen in den Gelenkhäuten der Insekten. Damit sind wir nach den vielen Vorzügen der Außenskelettkonstruktion bei ihren Schwächen angelangt. Die Tragfähigkeit eines jeden Skelettsystems wird in erster Linie von der Belastbarkeit seiner Gelenke bestimmt. Unser eigenes Skelett, genauer gesagt, das der Wirbeltiere, ist ein Innenskelett mit zentral gelegenen Stützelementen. Die Gelenke eines solchen Skeletts werden nur auf Zug oder Druck beansprucht. Dieses Problem ist physikalisch leicht zu lösen und die Tragfähigkeit eines solchen Skelettsystems entsprechend groß. Die Gelenke eines Außenskeletts, bei dem äußere Chitinröhren gelenkig miteinander zu verbinden sind, werden auf Biegefestigkeit beansprucht. Hier treten von einer gewissen Körpergröße an unlösbare Probleme auf. Solange die Außenskelettkonstruktionen nur wenige Zentimeter groß sind, funktionieren die Gelenke gut. Bei größeren und schwereren Tieren muß die Last des Körpers aber auch von den Gelenken abgefangen werden. Die zarten und biegsamen Gelenkhäute müßten also verstärkt, damit aber unelastischer werden. Unbeweglichere Insekten sind der Konkurrenz der Gegenspieler nicht mehr gewachsen und damit schon vor dem Erreichen der maximalen Auslastung dieses Typs der Selektion verfallen. Wenn in der Frühzeit der Stammesgeschichte geradezu riesige Insekten über der Erde flatterten, dann waren es Maximalformen an der Grenze des »technisch« Möglichen. Später, unter der Konkurrenz aus den eigenen Reihen und der der Amphibien, Reptilien, Vögel und Fledermäuse, blieben nur die wesentlich kleineren Optimalformen am Leben. So ist es bis heute geblieben. Damit ist aber auch der Traum von einem sechsbeinigen Bibliothekar mit summenden Antennen ausgeräumt. Das dafür erforderliche größere Gehirn könnte nur von einem größeren Körper hervorgebracht werden, wie später erst von den Säugetieren. So bleiben die Insekten ihrem Instinktleben ausgeliefert;

Libelle, Aeschna mixta
Schwalbenschwanz, Papilio machaon





sie werden niemals die Freiheit von Bewußtsein und Verstand erringen können.

Das, was in nüchterner Sachlichkeit bleibt, ist folgendes: Unter den bisher besprochenen Organisationstypen ist der Außenskelettyp die mit großem Abstand vorteilhafteste Konstruktion. Die schnelle Generationenfolge und die hohe Nachkommenzahl bedingen die hohe Evolutionsgeschwindigkeit bis zum Insekt, deren Typ – bereits seit dem Karbon ausgereift – zu keiner wirklichen Verbesserung mehr fähig war. Die Potenz, neuen Umweltbedingungen zu folgen, ist dabei voll erhalten geblieben. Wir erinnern nur an Insektizidresistenz und die Einwanderung von Gesundheits-, Material- und Vorratsschädlingen in den engeren menschlichen Lebensraum. Insekten werden immer die häufigsten Tiere der Erde bleiben. Selbst im größten Umweltschmutz, in dem alles andere Leben er stirbt, werden Fliegen und Schaben überleben.

Unter den Bedingungen der Konkurrenz gegenwärtigen Lebens bringt es als längste Insektenart die Stabheuschrecke *Pharnacia serratipes* immerhin auf 33 cm. Voluminöseste Arten sind dagegen die Käfer *Titanus giganteus*, *Megasoma elephas* und *Goliathus druryi*, die bis zu 15 cm Länge und 30 g Masse erreichen können. Erstaunlicherweise geht bei den kleinsten Insekten trotz des komplizierten Körperbaus und des Vorhandenseins funktions-tüchtiger Flügel die Größe (man müßte eigentlich sagen die »Kleinheit«) bis auf 0,2 mm zurück. Sie kann darin selbst mit den Einzellern konkurrieren. Unsere bekanntesten Insekten sind außer den schon erwähnten Käfern die Libellen, Schmetterlinge, Fliegen und Hautflügler. Angesichts der ungeheuer großen Artenzahl von Insekten selbst in unserer engeren Heimat könnte man diesen Band allein mit der Beschreibung von Kerbtieren füllen.

Schwebfliege
Hornisse, Vespa crabro

Wo bleiben die Weichtiere?

Wer das Tierreich kennt oder unser Stammbaumschema verfolgt hat, wird die Besprechung der Weichtiere bisher vermissen. Ein Stück des Weges der Stammesgeschichte haben sie zusammen mit den Ahnen der Ringelwürmer beschritten. Reste der segmentalen Bauweise sind bei ihnen jedoch nur noch andeutungsweise vorhanden. Trotz Herz, Ganglienknotten und teilweise hochentwickelten Sinnesorganen verharren sie in der Organisation etwa auf halbem Wege zwischen Plattwürmern und segmentierten Ringelwürmern. Die ungegliederten Schalen oder Gehäuse ermöglichen ihnen eine teilweise recht ansehnliche Körpergröße. Die Tintenschnecken bis zu 6,6 m Rumpflänge und einschließlich der Arme bis zu 18 m Gesamtlänge übergehen wir allerdings auch deshalb, weil wir in unseren eigenen Lebensräumen keinen Kontakt mit ihnen haben. Wie viele andere interessante Details und Probleme der Stammesgeschichte und des Tierreiches heben wir uns ihre Besprechung für eine spätere, umfangreichere Darstellung auf.

Schnecken und Muscheln sind die heimischen Vertreter der Weichtiere. Während die Muscheln auf dem Grunde der Gewässer ein recht »eintöniges« Leben zu führen scheinen, bewohnen die Schnecken nicht nur die verschiedensten Lebensstätten des Wassers von der Uferzone bis in große Tiefen hinab, sondern sind in großer Zahl auch zum Landleben und zur Luftatmung übergegangen. Freilich verbergen sie sich hier bei Tage unter der Vegetation. Sie kommen nur bei Regen oder des Nachts hervor. Viele sind durch ihre Schale vor dem Austrocknen geschützt, während die großen Nacktschnecken starke Wasserverluste aushalten können. Größere wirtschaftliche Bedeutung besitzen hierzulande nur die Leberegelschnecken, die als Zwischenwirte für den Kleinen und den Großen Leberegel in Frage kommen. Vor allem gegen sie richten sich die Bemühungen der Landwirte und Jäger, wenn sie mit der

Muscheln des Ostseegrundes
*Gartenschnirkelschnecke, *Cepea hortensis**

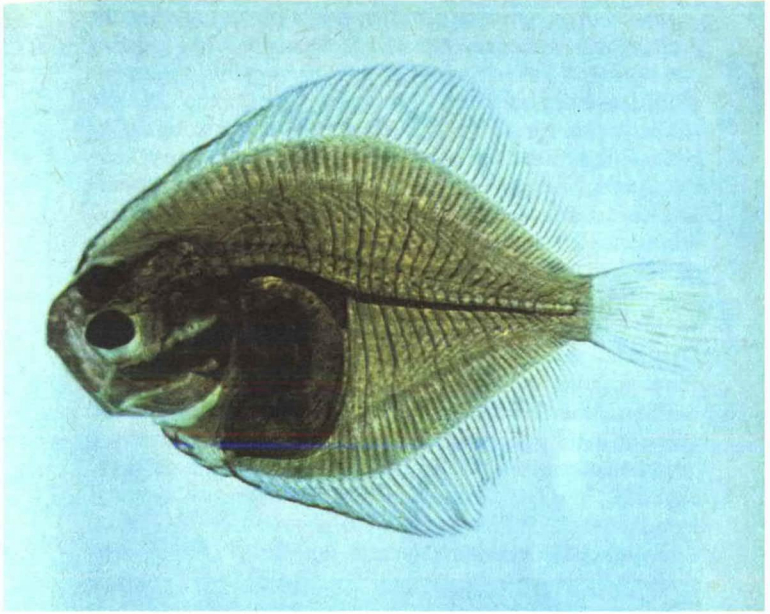


Ausmerzung der Zwischenwirte im Interesse der Erhaltung gesunder Wild- und Haustierbestände die Entwicklungszyklen der genannten Parasiten unterbrechen wollen.

Vom Ursprung der Wirbeltiere

Mancher Leser wird nun schon ungeduldig darauf warten, daß wir endlich zur Besprechung der bekannteren, größeren und vielleicht auch interessanteren Tiere kommen, zu Haifischen, Zitterrochen und elektrischen Aalen, zu Molchen, Schlangen und Krokodilen, zu Eisvögeln und Adlern und schließlich auch zu Wölfen und Bären. Wir können Ihnen diesen Wunsch aus eigenem Erleben nachfühlen. Als Studenten in der Zoologievorlesung, die über ein Jahr lang mit vier Wochenstunden viel Platz für die Besprechung des Tierreiches bot, hofften auch wir von Tag zu Tag, daß nun endlich Schlangen und Krokodile an der Reihe sein würden. Aber die Monate vergingen, und in der Mitte des Vorlesungsjahres steckten wir noch immer unter den Ringelwürmern. Zwei, drei Monate später waren wir gerade erst mit den Insekten fertig geworden. Vier Wochen vor Abschluß des Studienjahres kamen die Fische an die Reihe. Bären und Wölfe wurden nur noch am Rande erwähnt. Von der fast unvorstellbaren Vielfalt des Tierreiches hatten wir im Verlaufe dieses Jahres eine erste Vorstellung erhalten und daneben viele interessante Probleme außer denen kennengelernt, die beispielsweise in der Gefräßigkeit der Haie und Krokodile begründet sind. Eines dieser Probleme ist die Herkunft der Wirbeltiere.

Wir haben schon einige Male von der einen und der anderen Seite des Stammbaumes gesprochen, als ob es zwei grundsätzlich verschiedene Entwicklungslinien im Tierreich gäbe. Zwar sind die Wirbeltiere auf den ersten Blick ebenso segmentiert wie die Ringelwürmer und Krebse – sie besitzen ebenfalls ein Blutgefäßsystem, segmentale Nervenknotten und andere Einrichtungen, die die segmentale Bauweise mit sich bringt –, aber bei näherer Betrachtung erkennen wir doch einige wesentliche Unterschiede: Die Segmentierung erfaßt bei den Wirbeltieren nur den Rücken; sie geht nur von der Rückenseite aus.



Plattfisch

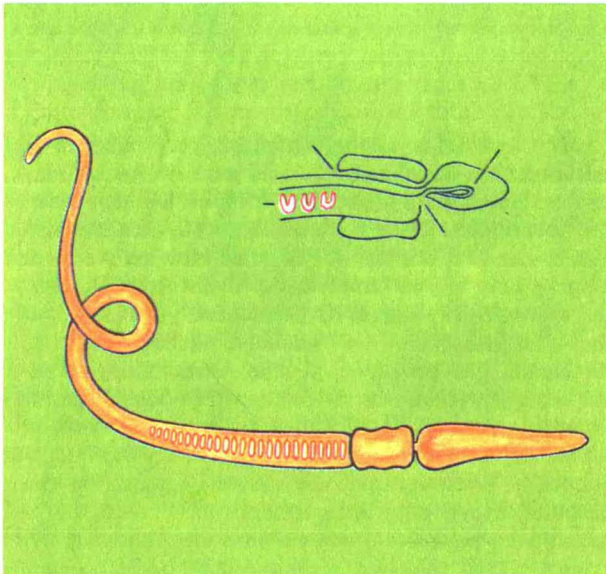
Das Nervensystem, das bei den bisher besprochenen Tieren immer ein Bauchmark war, ist jetzt ein Rückenmark, und an die Stelle äußerer Chitinröhren tritt ein inneres Knochenskelett. Diese Unterschiede verbieten, so wie es früher einmal diskutiert wurde, eine Ableitung von den Ringelwürmern. Den Ursprung der segmentalen Bauweise der bisher besprochenen Organisationstypen hatten wir von Magentaschen der quallenähnlichen Vorfahren hergeleitet. Die prinzipiell gleiche Abstammung müssen wir auch den Ahnen der Wirbeltiere zubilligen. Spezielle Unterschiede in der Entwicklung zum zweiseitig-symmetrischen Tier bringen dann in der über die Ringelwürmer führenden Evolutionslinie die innere Organisation eines Krebses, Insekts oder Spinnentieres hervor, während auf der anderen Seite des Stammbaumes die Ahnen der Wirbeltiere durch folgende Merkmalskombination gekenn-

zeichnet sind: durch den Besitz eines Rückenmarkes, die Anlage eines Innenskeletts und die besondere Ausbildung des vorderen Darmabschnittes mit der Doppelfunktion von Nahrungsaufnahme und Atmung.

Den ersten Ahnen der Wirbeltiere bleibt als zwangsläufig zweiseitig symmetrischen Tieren gar nichts anderes übrig, als auch wurmförmig auszusehen, aber ihre innere Organisation schließt jede Verwandtschaft mit den Ringelwürmern sicher aus. Wir nennen die heutigen Nachfahren dieser vermutlichen Ahnen wegen der besonderen und typischen Form ihres Kopfabschnittes »Eichelwürmer«, wegen ihrer zu den Innenskelettieren hinweisenden Organisation aber *Hemichordata*, was soviel wie »halbe Innenskelettieren« heißen könnte.

Für uns ist die schon erwähnte Doppelfunktion des Darmes von beträchtlichem Interesse. Er ist in seinem vorderen Abschnitt von einer großen Zahl von Kiemenspalten durch-

Eichelwurm, Typ der Hemichordata



brochen, an deren Rändern die feinverzweigten Adern des Blutgefäßsystems den Sauerstoff aus dem Atemwasser entnehmen. Die mit dem Wasser eingesogene Nahrung wird dabei zurückgehalten und gelangt in den eigentlichen verdauenden Teil des Darmes. Diese Doppelfunktion des vorderen Darmabschnitts ist wenigstens bis zu den Fischen leicht nachweisbar, und nur wer es gar nicht glauben sollte, dem müßten wir empfehlen, seinen Silvesterkarpfen daraufhin einmal recht genau unter das Messer zu nehmen.

Stachelhäuter, Manteltiere und anderes merkwürdiges Getier

Interessant ist, daß die Larven der Eichelwürmer denen der Stachelhäuter sehr ähnlich sind. Wenn diese Stachelhäuter auch in der Form von Seesternen und Seeigeln diesen Kiemendarm nicht mehr besitzen, müssen wir sie wegen ihrer Larven dennoch an dieser Stelle im Stammbaum anschließen. In unserer Heimat haben wir allerdings nur Gelegenheit, Seesterne lebendig aufzufinden. Im westlichen Teil der Ostsee zwischen Boltenhagen und Poel sind sie in einer Tiefe zwischen 3 und 6 m für den geübteren Flossen- und Schnorcheltaucher gerade noch auffindbar. All den anderen, weniger schwimmbegabten Zoologen empfehlen wir dagegen, an den Steilküsten zwischen Kap Arkona und der Wohlenberger Wieck nach den Versteinerungen von Seeigeln zu suchen. Sie stammen aus der Kreidezeit. In der damals wärmeren und vor allem auch salzhaltigeren »Ostsee« sind diese Tiere in großer Zahl zu Hause gewesen. Neben den Stachelhäutern, deren Anschluß am Innenskelettast des Stammbaumes nur über die Larven gelingt, gehören noch all diejenigen Lebensformen hierher, die ebenso wie die Eichelwürmer im Besitz eines typischen Kiemendarmes sind. Ehe wir zu den Fischen kommen, sind das noch einmal zwei recht unbekannte Lebensformen des Tierreiches: erstens die Manteltiere und zweitens die sogenannten Lanzettfischchen.

Die Manteltiere bestehen, genau genommen, so gut wie nur aus einem Kiemendarm. Alle anderen notwendigen Zutaten, die zum Leben nun einmal erforderlich sind,



hängen diesem überdimensionalen Vorderdarm ringsherum an, so daß das ganze Gebilde kaum mit etwas bekanntem Lebendigen auch nur eine entfernte Ähnlichkeit besitzt. Das ganze Objekt wird von einem Mantel aus Tunicin, einer zelluloseähnlichen Hülle umgeben, was an sich schon deshalb bemerkenswert ist, weil Zellulose sonst nur im Pflanzenreich als Bausubstanz verwendet wird. Diese Manteltiere existieren nur im Brack- oder Seewasser, über alle Meere verbreitet. Sie leben koloniebildend oder einzeln, freischwimmend oder am Boden festgeheftet. Auch in der Ostsee kommen einige Arten vor. Beim Tauchen findet man aber in den gleichen Tauchgründen, an denen auch die Seesterne vorkommen, fast nur die bis 6 cm groß werdende, leuchtend rote, durchsichtige *Ciona intestinalis*, die sich zusammen mit Miesmuscheln, Seesternen und den kleinen Ostseegarneelen selbst in einem kleinen Fotobecken längere Zeit als Fotomodell am Leben erhalten läßt. Meistens ist sie auf Seegrass festgewachsen und deshalb von oben leicht zu sehen. Schwieriger ist es dagegen, sie aus größerer Tiefe bis in ein solches Fotobecken hinauf zu befördern.

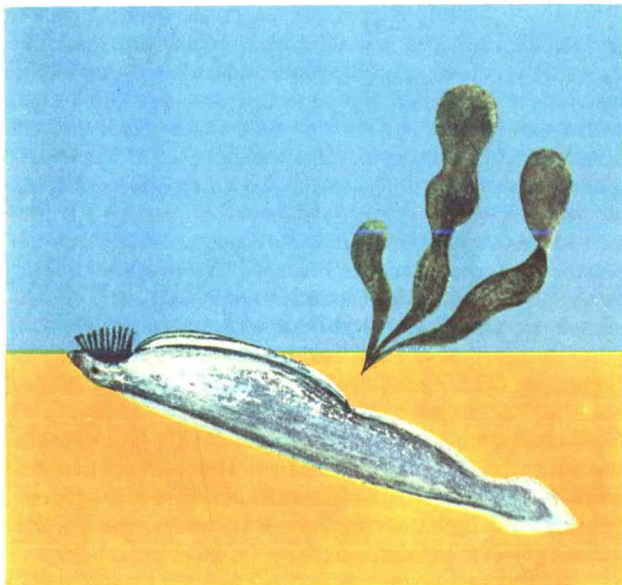
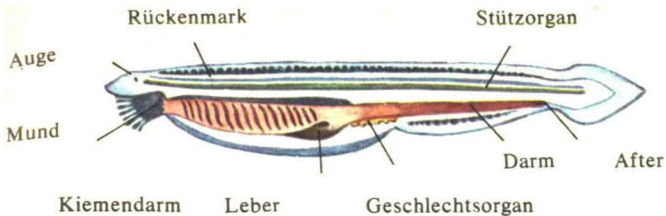
Der Weg zum Wirbeltier

Mit den Lanzettierchen erreichen wir wenigstens von der äußeren Fischgestalt her die uns bekannteren Lebensformen. Ihre Organisation ist jedoch noch so einfach, ja geradezu so urtümlich, daß nicht einmal die Bezeichnung Fisch gerechtfertigt ist. Wenn wir sie den Fischen gegenüberstellen wollten, bliebe die Beschreibung in all den Details stecken, die diese Lanzettierchen noch nicht besitzen. Sie sind schädellos, weil sie noch kein verknöchertes Skelett besitzen. Selbst das Gehirn existiert nur in Form einer bläschenförmigen Anschwellung. Weil im vorderen, die Mundöffnung stützenden Kiemenbogen noch nicht einmal ein Gelenk aufgetreten ist, muß man sie als kieferlos be-

Seescheide, Ciona intestinalis
Seestern, Asterias rubens

zeichnen. Und weil schließlich noch nicht einmal paarige Flossen an ihrem Körper vorhanden sind, wird jedermann einsehen, daß die Bezeichnung Fisch tatsächlich verfrüht wäre. Andererseits besitzen sie schon typische Fischgestalt. Mit ihren 180 Kiemenspalten vermitteln sie zwischen den Eichelwürmern und den späteren, fortgeschrittenen Typen. Zum erstenmal während der Entwicklung des Tierreiches ist bei ihnen zwischen Darm und Rückenmark ein knorpeliger Stützstab, die sogenannte Chorda, ausgebildet. Sie war zwar bei den Eichelwürmern schon andeutungsweise zu sehen und auch bei den Manteltieren wenigstens in der Jugendzeit nachweisbar, aber von Kopf bis Schwanz zieht sie sich erst bei den Lanzettierchen. Später wird dieser Knorpelstrang durch segmental angelegte Verknöcherungen ersetzt und geht im Innenskelett der Wirbeltiere auf. So stehen diese »Lanzettfische« in der Kombination alter und neuer Merkmale Modell für die Entwicklung zum Wirbeltier. Wohlgemerkt nur Modell, denn die tatsächlichen Ahnen können sie deshalb nicht sein, weil sie ja sonst in dieser Form nicht mehr existierten. Sie wären dann verschwunden, und weil von so zarten Objekten fossil so gut wie nichts erhalten bleibt, wüßten wir heute womöglich nicht mehr, wie wir den Stammbaum der Wirbeltiere tatsächlich zu begründen hätten. Es ist anzunehmen, daß die tatsächlichen Ahnen der Wirbeltiere den Lanzettfischen sehr ähnlich, vielleicht sogar ihre Vetter gewesen sind. Wie dem auch sei, selbst als Modell tun sie uns gute Dienste!

Auch die weitere Entwicklungstendenz der Evolution läßt sich nun absehen: Die Zahl der Kiemenspalten wird drastisch reduziert, in einem der vorderen Kiemenbögen tritt ein Gelenk auf, das schnappende Bewegungen ermöglicht und den »moderneren« Vertretern ganz neue Nahrungsgründe eröffnet. Paarige Flossen werden ausgebildet, und das Vorhandensein einer Schwimmblase wird auch bald nachweisbar sein. Zuerst wird die Zahl der Kiemenspalten auf ein Maß gebracht, das Aufwand und Nutzen in vernünftigen Relationen hält. Rundmäuler sind das Ergebnis dieser ersten Evolutionsetappe, die Neunaugen unserer Bäche der einheimische Rest dieser frühen Entwicklung.



Lanzettierchen, *Branchiostoma (Amphioxus) lanceolatum*

Haie und Rochen sind gegenwärtig die ältesten Formen mit einem Kiefergelenk. Berücksichtigen wir dagegen die in fossiler – also versteinertes – Form vorliegenden Zwischenstufen, dann verlängert sich der Weg vom schädellosen Lanzettierchen bis zu den ersten Fischen noch um weitere Etappen.

Knochenplatten + Fische = Panzerfische

Die ältesten und primitivsten, fossil erhaltenen Wirbeltiere sind die sogenannten *Ostracodermi* oder Panzerfische. Sie zählen noch zu den Kieferlosen, besaßen jedoch bereits anstelle der knorpeligen Stützstrukturen ihrer Vorgänger segmental angelegte Verknöcherungen, also Wirbel, Rippen, Flossenstrahlen und eine knöcherne Hülle um das Gehirn. Als kieferlose »Fische« waren sie noch mit einem großen Filterapparat von elf Kiemenbögen und zehn dazwischenliegenden Kiemenspalten ausgerüstet. Ihr Körper war außen mit Knochenplatten bedeckt, und die Frage, wofür eine solche Panzerung von Nutzen gewesen sein könnte, wollen wir wenigstens versuchsweise beantworten: Der große Kiemenfilterapparat dieser Tiere läßt den Schluß zu, daß sie bei gemächlichem Schwimmen Kleinstlebewesen des Wassers oder Meeresbodens aufgenommen haben. Die torpedoförmige Fischgestalt der späteren Räuber war im Verlaufe der Evolution noch nicht zur Notwendigkeit (im Sinne von Nützlichkeit) geworden und die zum Steuern erforderlichen Brustflossen wurden (wenn wir es einmal so formulieren wollen) »gerade erst erfunden«. Schnelle Räuber gab es damals unter den Fischen also noch nicht, statt dessen waren die Weiten der Ozeane von den stammesgeschichtlich viel älteren Tintenschnecken beherrscht. Gegen diese gewandten Räuber und vorzüglichen Schwimmer mögen die Platten des Knochenpanzers ein Schutz gewesen sein, möglicherweise auch gegenüber den Scheren der fast ebenso alten Krebse.

Erst die nachfolgenden Panzerfische (*Placodermi*) aus dem Silur besitzen ein Gelenk in einem der vorderen Kiemen(Kiefer-)bögen und damit Ober- und Unterkiefer. Die nun möglichen schnappenden Bewegungen gestatten eine enorme Erweiterung der Nahrungsmöglichkeiten und das Auftreten räuberischer Formen. Ihre ältesten Vertreter besitzen zwar noch die Panzerplattendecke der Vorgänger, doch setzt, von hier ausgehend, die Eroberung aller Lebensräume des blauen Kontinentes, seiner fast unendlichen Weite und Tiefe, der Küsten und Schelfe, ein. Mit der Eroberung dieser Weiten durch schnelle und immer schnellere Schwimmer verlieren sich die schwerfälligen knöchern-

nen Panzerplatten der Vorgänger, und die Gestalt der meisten Fische nähert sich mehr und mehr der strömungstechnisch günstigen Torpedoform.

»Seeaal«, Hai und Rochen

Wenn wir jetzt erst die Haie und Rochen erwähnen, nachdem in der Evolution der Wirbeltiere das knöcherne Skelett schon entwickelt war, dann deshalb, weil das gegenwärtige Knorpelskelett dieser beiden Lebensformen mit Sicherheit erst sekundär wieder vereinfacht, ohne Verknöcherungen angelegt wurde. Vielleicht haben Sie sich schon einmal darüber gewundert, daß ein sogenannter Seeaal gar keine richtigen »Gräten« besaß. Oder sollte etwa bekannt sein, daß es sich bei Delikatessen dieser Art um die geräucherten Schwanzstücken bzw. Bauchlappen kleinerer Haifischarten unserer Küsten handelt?

Haie und Rochen existieren also heute noch. Das stammesgeschichtlich hohe Alter dieser Knorpelfische ist dem Kenner jedoch daraus ersichtlich, daß die fünf Kiemenspalten noch frei nach außen münden, während erst der andere – neben Haien und Rochen von den Panzerfischen abstammende – Ast der eigentlichen Knochenfische nur noch vier Kiemenspalten besitzt, deren äußere Öffnungen zudem von Kiemendeckeln geschützt werden.

Bereits die ersten primitiven Knochenfische, die im Devon die herrschenden Formen im Süßwasser waren, stellen uns deshalb vor einen interessanten Tatbestand, weil sie offensichtlich nicht nur bereits paarige Schwimmblasen, sondern mit großer Wahrscheinlichkeit schon Lungen besessen haben.

Nachdem wir bisher immer die Lungen von den älteren (so nahmen wir es jedenfalls an) Schwimmblasen abgeleitet haben, hat es jetzt den Anschein, als ob die Evolution verkehrt herum abgelaufen wäre. Weil wir aber genau wissen, daß dieses »Verkehrtherum« schon deshalb nicht möglich ist, weil nur solche Strukturen der Selektion und damit der Optimierung unterliegen, deren Nutzen offensichtlich ist, werden wir nach den Gründen dieser eventuellen Herausbildung von Lungen suchen müssen.

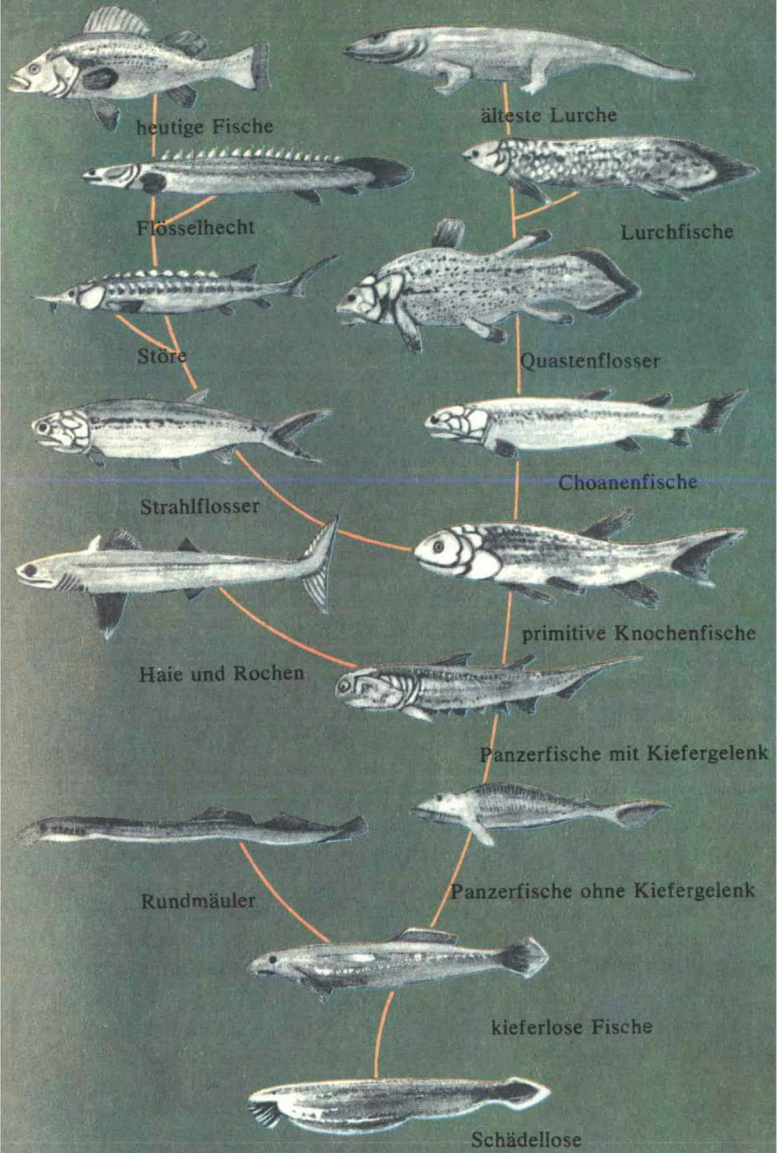
Unabhängig davon, ob die frühen Knochenfische nun Lungen besaßen oder nicht, lassen sie sich je nach dem Besitz von inneren Nasengängen sowie kompakten und fleischigen oder dünnen, häutigen Strahlflossen zwei Entwicklungsrichtungen zurechnen: den Strahlflossern oder den Choanenfischen.

Fast alle heute noch auf der Erde existierenden Fische sind Strahlflosser ohne innere Nasengänge (Choanen). Wie der Name sagt, sind ihre Flossen dünne, von hornigen Strahlen gestützte, häutige Gebilde, die nur zum Schwimmen und Steuern, nicht aber zum Laufen geeignet sind. Nach ihrer Entstehung im Süßwasser haben sie die Meere erobert. Sie allein verkörpern heute für uns den Typ des Fisches.

Während der Entstehungszeit und der ersten »Blütezeit« der Fische im Devon und im Karbon existierten neben diesen Strahlflossern in gleicher Häufigkeit auch die Choanenfische. Sie besaßen Nasengänge und damit eine Verbindung zwischen Nasenraum und Mundhöhle als eine der Voraussetzungen der späteren Lungenatmung. Sie verfügten darüber hinaus über massige, von Knochenstrahlen gestützte muskelreiche Flossen, deren Eignung zunächst zu stehender, viel später dann zu laufender Bewegung schon auf den ersten Blick recht offensichtlich ist.

Wenn wir jetzt das Vorhandensein von Lungen noch einmal erwähnen, ist es wohl kaum noch nötig, die Entwicklungstendenz zum landlebenden Wirbeltier besonders zu betonen. Diese Lungen waren sicherlich eine wesentliche Einrichtung, mit deren Hilfe die Tiere die jahreszeitlichen Trockenperioden überlebten, so wie heute noch die Lungen- und Lurchfische Australiens, Afrikas und Südamerikas dank solcher lungenähnlichen Aussackungen des Darmes zum Atmen fähig sind und ungünstige Lebensbedingungen überdauern können.

Die inneren Nasengänge der Choanenfische ermöglichten später die Trennung von Atmung und Nahrungsaufnahme und die Weiterentwicklung dieses Typs zum Land-



wirbeltier, während alle im Meer verbleibenden Formen ihre Lungen, falls sie in der Evolution zuerst aufgetreten sein sollten, zu einem hydrostatischen Organ, der Schwimmblase, umfunktionierten.

Mit Quastenflossen auf das Land

Für die Abstammung der Landwirbeltiere sind unter den Choanenfischen und Quastenflossern die *Crossopterygii* von großer Bedeutung. Sie waren im mittleren und späten Devon die verbreitetsten Knochenfische, aggressive, räuberische, fleischfressende Formen und im Besitz all der weiteren Merkmale, die in ihrer Gesamtheit den Weg zum Land bereiteten. Die eigentlichen Quastenflosser und Ahnen der Amphibien sind allerdings ausgestorben. Überlebende aus diesen fernen Zeiten sind nur in zwei Seitenlinien erhalten geblieben, zum einen aus der Tiefe des Meeres die bereits aus den Felsen der Kreide fossil bekannte Gattung *Latimeria*, die seit 1939 zur allergrößten Überraschung als »lebendes Fossil« in einigen wenigen Exemplaren gefangen wurde, zum anderen in Gestalt der Lurchfische, die heute noch in wenigen Gattungen jeweils in den tropischen Gebieten Australiens, Afrikas und Südamerikas existieren. Obwohl sie in vielen Baueigentümlichkeiten den Lurchen gleichen, müssen wir die Lurchfische zusammen mit dem lebenden Fossil *Latimeria chalumnae* als überlebende Vettern der Lurchvorfahren betrachten. Auf Grund der vielen Ähnlichkeiten benutzen wir die Lungen- und Lurchfische allerdings ebenso als Modell der stammesgeschichtlichen Ausgangsform, wie wir es bereits mit den Lanzettierchen getan haben. Diese lurchähnlichen Fische haben dort überlebt, wo nach wie vor periodische Trockenzeiten auftreten. Ihr australischer Vertreter kann in sumpfigem Wasser mit Hilfe der Luftatmung existieren; die in Südamerika und Afrika lebenden Formen vertragen sogar das völlige Austrocknen ihrer Gewässer, indem sie sich so lange in eine Schlammhöhle zurückziehen, bis die Regenzeit beginnt. Der afrikanische Lurchfisch *Protopterus* ist so abhängig von der Luft, daß er ertrinkt, wenn er nicht von Zeit zu Zeit an die Wasseroberfläche gelangt.

Unsere Amphibien sind schon gegen Ende des Devons bzw. mit dem beginnenden Karbon aus den Quastenflossern zu einer Zeit hervorgegangen, in der anscheinend auf dem größten Teil der Erde periodische Trockenzeiten auftraten. Dabei stellte die Lungenatmung eine wesentliche Voraussetzung des Überlebens in regelmäßig austrocknenden Gewässern dar. Die Weiterentwicklung der bereits bei den Ahnen vorhandenen (Quasten-)Flossen bot darüber hinaus die Möglichkeit, von einem austrocknenden Wasserloch aus kriechenderweise, wenn auch unter größten Mühen, sicherlich mehr stehend als kriechend, eine noch nicht ausgetrocknete Wasserstelle zu finden, um dort das normale Fischdasein fortführen zu können. Die Beine, das kennzeichnende Merkmal der Landwirbeltiere mögen zuerst nur eine Verbesserung der Lebensweise dieser Fische gebracht haben. Aber gerade »weil sie im Wasser bleiben wollten« und zum Erreichen dieses »Zieles« immer größere Wanderungen über Land durchführen mußten, wurden sie zu den ersten »Pionieren« dieses Landes.

Jahr für Jahr

Zu den bereits seit einigen Millionen Jahren auf dem Lande hausenden fortgeschrittensten Gliedertieren gesellen sich jetzt die Lurche. Sie finden vor allem in den Insekten unerschöpfliche Nahrungsreserven vor. Optimale Anpassung an das Leben auf dem Lande erreichen aber erst ihre Nachfahren, die Kriechtiere, Vögel und Säugetiere. Die Lurche selbst bleiben zeitlebens und bis in unsere Tage Tiere des Überganges vom Wasser zum Land, der sich Jahr für Jahr in der Entwicklung von der kiementragenden Kaulquappe zum lungenatmenden Salamander, Molch und Frosch so deutlich wiederholt. Als Amphibien (griech. ampho: beide (Wasser und Land), bios: Leben) verkörpern sie deshalb die unterste Stufe des Landlebens.

In der Gegenwart existieren noch Vertreter der drei Ordnungen Frösche und Kröten, Salamander und Molche sowie schließlich der fußlosen Blindwühlen.

Am weitesten verbreitet sind Frösche und Kröten. Mit ihrer besonderen Bewegungsweise des Springens haben sie

sich auch in vielen anatomischen Details am weitesten vom ursprünglichen Typ der Ahnen entfernt. Die Blindwühlen umfassen nur einige Vertreter kleiner, blinder, grabender Formen, die einem Regenwurm äußerlich ähnlich sind, bei uns aber nicht vorkommen. Die Schwanzlurche, also Salamander und Molche, sind schließlich verborgen lebende, aber noch häufige Bewohner feuchter und sumpfiger Landstriche unserer gemäßigten Zonen. In ihrem Äußeren ähneln sie den stammesgeschichtlichen Ahnen. Sie besitzen noch den gut entwickelten Schwanz, der beim Schwimmen als wichtigstes Antriebselement fungiert. Anstelle der paarigen Fischflossen der Ahnen haben sich jedoch die Gliedmaßen als typisches Kennzeichen aller Landwirbeltiere herausgebildet.

Die heimischen Lurche beobachtet man am besten zwischen März und Juni im nächstgelegenen Teich. Molche vollführen im häuslichen Aquarium ihr Liebesspiel und Fortpflanzungsgeschäft ebenso wie draußen im Wasser-

Teichmolch, Triturus vulgaris





Wechselkröte, *Bufo viridis*

loch. Die Aufzucht ihrer Larven ist nicht nur eine reizvolle Beschäftigung, sondern bringt uns neben ihrem Leben auch ein Stück Vorgeschichte mit ins Haus. Mit ihren Flossenkämmen und den zur Fortpflanzungszeit bunt schillernden Farben nehmen es die Männchen der Teichmolche fast mit jedem tropischen Zierfisch auf und brauchen doch nichts weiter als ein (genügend großes) Becken mit kaltem Wasser, Kies und Wasserpflanzen, dazu Wasserflöhe, Tubifexen oder Enchytraeiden als Futter. Weil die »Vater«- oder »Mutterliebe« sie jedoch nicht daran hindert, auch den eigenen Nachwuchs zu fressen, bringt man die Alten dann an den Fundort zurück, wenn die Jungen mit ihren Kiemenbüscheln aus den Eiern schlüpfen.

Ein Kapitel Evolution

Wer in der Theorie der Evolution nicht ganz sattelfest ist, könnte die Entwicklung der frühen Landwirbeltiere fast als Ergebnis irgendeines Dranges der Fischvorfahren betrachten, nun endlich auf das Land zu gehen. Ein solcher Gedanke ist natürlich unlogisch. Bereits mit der Einwanderung der Quastenflosser in die periodisch austrocknenden Gewässer förderten die an solchen extremen Lebensorten herrschenden extremen Umweltbedingungen Leistungen und Eigenschaften der hier existierenden lebenden Materie, die zu Voraussetzungen des späteren Landlebens wurden: massive, zunächst zu stützender Bewegung fähige Extremitäten und eine Auskleidung der Schwimmblase, die zum Gasaustausch befähigt war. Wesentliche Vorbedingungen des späteren Landlebens entstanden also bereits im Lebensraum der Vorfahren. Ein »innerer« Drang oder womöglich der Einfluß ganz anderer Kräfte sind dabei nicht zu sehen. Wenn man es genau betrachtet, ist der Übergang zu einer neuen Lebensweise, in diesem Falle auch der Übergang in einen neuen Lebensraum, sogar mit Vorteilen verbunden.

Wir wissen, daß jedes Lebewesen (von uns heutigen Menschen einmal abgesehen) wesentlich mehr Nachkommen produziert, als zur Erhaltung der Art erforderlich sind. In der Regel erreichen jedoch nur soviel das Fortpflanzungsalter, wie zur Erhaltung der Art gebraucht werden, also zwei bis drei je Elternpaar. Die Differenz zwischen produzierter Nachkommenzahl – bei Fischen, die mehr als eine Million Eier legen, kann man tatsächlich von »produzieren« sprechen – und den Überlebenden fällt Krankheiten, widrigen Umweltbedingungen, Parasiten, Feinden und Konkurrenten zum Opfer. Wenn wir Konkurrenz sagen, dann meinen wir, daß alle Bewohner eines Lebensraumes ebenfalls mehr Nachkommen erzeugen, als zur rechnerischen Aufrechterhaltung der betreffenden Generationenkette nötig sind. Diese Verhältnisse der Konkurrenz sind es, die einen mehr oder weniger großen Anteil des Nachwuchses aus dem Lebensraum der Eltern hinaustreiben und in der Mehrzahl der Fälle zu einer noch leichteren Beute seiner Feinde machen. Aber immer dann, wenn

lebende Materie auf der Basis des aus Zufall und Notwendigkeit geborenen Wirkens der Evolution in Grenzbereiche zwischen Lebensräumen eindringt, sind die Auswanderer im Vorteil. Bei unseren lurchfischähnlichen Ahnen waren diejenigen, die sich auf ihren Wanderungen von Wasserloch zu Wasserloch am längsten auf dem Lande aufhalten konnten, während dieser Zeit der Konkurrenz ihrer Mitstreiter und der Feinde im alten Lebensraum entzogen. Natürlich steht dieser Weg in einen neuen Lebensraum nur den Trägern der günstigsten Genkombinationen offen. Aber diese wenigen entgehen im neuen Territorium zunächst aller Konkurrenz und Feindschaft. Sie mögen dort mehr schlecht als recht existieren, aber sie leben! Die neuen Umweltbedingungen, wenn sie nur erst ertragen werden, sind mit extremen Selektionsverhältnissen gleichzusetzen. Die rapid ansetzende Auslese führt hier zu schnellen Veränderungen des geringen Ausgangsmaterials in Richtung steigender Anpassung. So wird in kürzester Frist der neue Organisationstyp in nur einer Entwicklungslinie zunächst bis zu einem Grad der Mindestanpassung an die neuen Umweltverhältnisse gebracht. Erst mit dem Ansteigen der Individuenzahl im neuen Lebensraum setzen die alten Konkurrenzverhältnisse wieder ein, so daß der Ausformung eines neuen Organisationstyps seine Ausbreitung in alle Ecken und Winkel des neuen Lebensraumes folgt.

Wir erkennen also, daß die Evolution über die mit unterschiedlicher Intensität und unterschiedlicher Richtung ansetzende Auslese ein zweifaches Ergebnis aufweist: zunächst während rapider Selektion die Ausformung eines neuen Organisationstyps, der vorerst noch keine Gelegenheit hat, in neue Arten aufzuspalten. Nach dem Erreichen des Mindestanpassungsgrades an die Bedingungen des neuen Lebensraumes folgt der Weg in die Breite, sichtbar in der Besiedlung des Gesamtlebensraumes durch eine Vielzahl eigenständiger Fortpflanzungsgemeinschaften dieses neuen Typs. Bei der Evolution der Wirbeltiere sind diese beiden Phasen der Evolution von den Fischen bis zu den Vögeln und Säugetieren hin sichtbar. Der Weg zu jedem neuen Typ ist durch diese beiden Evolutionsphasen bestimmt. Sie bedingen einen diskontinuierlichen Verlauf

der Evolution, die einmal schneller, einmal langsamer, erst an der Formung eines Typs, dann an seiner Verbreitung wirkt.

Es ist nun sicherlich auch einleuchtend, weshalb wir die uns umgebende lebende tierische Natur so leicht, ihrem Organisationsniveau entsprechend, unter die Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel oder Säuger einreihen können. Ebenso einleuchtend kann erklärt werden, weshalb die fossilen Übergangsformen zwischen den Vertretern unterschiedlicher Organisation so selten zu finden sind. Sie müssen in den Phasen der rapiden Selektion gesucht werden, die nur, an zahlenmäßig geringem Rohmaterial ansetzend, in kurzer Frist einen qualitativ neuen Typ der Organisation hervorbringt. Die generell geringe Erhaltungswahrscheinlichkeit von Fossilien in Verbindung mit dem wenigen Ausgangsmaterial kann gar nichts anderes bedingen als Lücken im Fossilbestand. Es gehört nichts als Wissen dazu, diesen Tatbestand zu erkennen und einzusehen. Man braucht dagegen sehr viel Phantasie, den »unerforschlichen Ratschluß übernatürlicher Kräfte« in Anspruch zu nehmen und dafür verantwortlich zu machen, daß nach dem angeblichen Abbrechen der Generationenfolgen die Begründer der neuen Typen immer wieder neu geschaffen worden wären.

Noch einmal von vorn: Fische, Lurche, Kriechtiere

Kehren wir noch einmal zu den Fischen zurück. Hier sind es die Strahlflosser, die nach ihrer Einwanderung in die Ozeane eine der ersten Radiationen (Radiation: Ausstrahlung) der Wirbeltiere durchmachen. Wer sich den Körper eines Fisches vorstellt, hat sicherlich zuerst die Schwimmer des weiten Meeres mit ihren strömungstechnisch günstigen Gestalten vor Augen: Makrelen, Thune, die Heringsartigen, um nur einige Beispiele zu nennen. Aber auch die Überwinder starker Strömungen in Form von Forellen und Lachsen gehören in diese Kategorie der optimalen Schwimmer. Als nahezu entgegengesetztes Extrem könnten wir ihnen die Plattfische Flunder und

Scholle, Seezunge und Heilbutt entgegenstellen. Trotz ihrer Anpassung an eine Existenz auf dem flachen Meeresgrund sind sie noch relativ gute, wenn auch nächtliche Schwimmer und Räuber geblieben. Eine dritte Möglichkeit der Fischgestalt bietet uns die Form des Aales mit wiederum anderer Lebensweise und anderem Nahrungserwerb. Den Stoßräuber Hecht, die gemächlich schwimmenden Karpfenartigen, die Welse, Stichlinge und Barsche wollen wir auch nicht vergessen. Die vielfältigsten Gestalten begegnen uns jedoch, wenn wir zu den weniger schwimmfreudigen Bewohnern fest umrissener Aufenthaltsorte wie Seegraswiesen, Tangfelder, Korallenfelsen usw. kommen. Seenadeln, Seepferdchen, Kofferfische, Igelfische, Mondfische u. a. mit den unterschiedlichsten Anpassungen an die betreffende Lebensweise und den jeweiligen Nahrungserwerb lassen uns schon bei den Fischen erkennen, was wir unter der Radiation eines Organisationstyps zu verstehen haben.

Die Lurche zeigen allerdings keine ausgeprägte Radiation. Sie bewohnen die Grenze zwischen den beiden Lebensräumen Wasser und Land, in denen jeweils andere Typen an der Herrschaft blieben (Fische) bzw. zur Herrschaft gelangten (Reptilien und ihre Nachfolger). Die Evolution zum echten Landwirbeltier ist wohl ohne Verzug weitergeschritten, und als an der Wende von Karbon und Perm aus den *Labyrinthodontia* (der stammesgeschichtlich zentralen Lurchgruppe) die Reptilien hervorgingen, verloren die Amphibien mit der Entstehung dieses viel fortschrittlicheren Typs schnell an Bedeutung. Die Labyrinthodontier verschwanden am Ende der Trias, und die überlebenden Amphibien spielen seitdem unter den Wirbeltieren nur noch eine bescheidene Rolle. Wir können uns sogar vorstellen, daß die extremen Umweltbedingungen des trockenen Landes die Ahnen der Reptilien verstärkt in Richtung optimaler Anpassung ausgelesen haben. Die Verhornung der Haut, die Erhöhung des Wirkungsgrades der Lungenatmung, das Problem der vom Wasser unabhängigen Fortpflanzung und eine günstigere Stellung der Gliedmaßen, die den Reptilien anstelle des Kriechens wenigstens zeitweise ein schnelles Laufen ermöglichte, unterlagen jetzt der Selektion. Vor all diesen Veränderungen

mußte das Problem der Jugendentwicklung auf dem Lande gelöst werden, denn erst danach konnte lebende Materie des Wirbeltierstammes zu echtem Landleben übergehen. So ist die »Erfindung« des auf dem Lande abzulegenden Eies das auffälligste und kennzeichnendste Merkmal, das die Reptilien von den Lurchen unterscheidet.

Das Reptilienei

Da Reptilieneier an Land abgelegt werden, sind jegliche Anpassungen an das Wasserleben unnötig. Die Schale gewährt dem Inhalt Schutz. Der große Dottervorrat liefert reichliches Nährmaterial. Für das junge Reptil entfällt deshalb im Gegensatz zur Kaulquappe der Zwang zur frühzeitigen Nahrungssuche. So gleichen die junge Eidechse oder das soeben aus dem Ei geschlüpfte Krokodil – von der Größe abgesehen – dem erwachsenen Vorbild.

Innerhalb des Eies sind drei Hüllen von großem Interesse. Eine umschließt den Keimling und den Dottervorrat. Eine zweite Hülle fungiert als ein der Lunge entsprechender Atemapparat, der den durch die gasdurchlässige Schale eindringenden Sauerstoff aufnimmt. Die dritte Eihaut (das Amnion) schließt den Keimling in einen flüssigkeitsgefüllten Raum ein, sozusagen in eine Miniaturausgabe des Teiches, in dem sich die Ahnen entwickelten und in dem sich auch ihre Nachkommen, vor Druck, Stoß und nahezu jeder anderen mechanischen Beeinflussung geschützt, behaupten können. Die Herausbildung dieses neuen Eityps ist für die weitere Evolution der Wirbeltiere so bedeutungsvoll, daß wir die Reptilien und die von ihnen abstammenden Vögel, Kloakentiere, Beuteltiere und Haartiere (als die eigentlichen Säuger) gern als Amnioten zusammenfassen. In diesem Detail hatte der Evolutionsprozeß also bereits bei den Reptilien sein Optimum erreicht.

Giganten des Mesozoikums

Mit der »Erfindung« des Eies stand der Eroberung selbst der heißesten und trockensten Gebiete der Erde durch

unterschiedlichste Reptilienarten kein Hindernis mehr entgegen. Die gegenwärtig noch lebenden Kriechtiere, wir denken dabei zuerst an Krokodile, Eidechsen, Schlangen und Schildkröten, sind allerdings nur spärliche Überreste einer ehemals in aller Vielfalt blühenden Reptilienwelt. Günstige Lebensbedingungen, vor allem warmes und gleichförmiges Klima führten im Erdmittelalter zu einer »Blütezeit« der Reptilien, von der uns selbst mächtige Knochenablagerungen und die Funde riesiger Skelette nur ein entferntes Bild vermitteln können. Vom Lande ausgehend, wurde der Luftraum vom nunmehr leistungsfähigeren Lebensstyp erobert und selbst das Wasser wieder besiedelt. Hier im Wasser verfolgten sie ihre eigenen Ahnen, auf dem Lande waren sie gegenseitig Feinde, oder sie schöpften Nahrung und Energie aus einer produktiven Pflanzenwelt, gegenüber der die gegenwärtig heranwachsende Pflanzenmasse nur einen kümmerlichen Prozentsatz ausmacht. Obwohl unter diese Saurier auch eine Vielzahl kleiner Formen zu rechnen ist, interessieren wir uns natürlich zuerst für die mächtigsten und schrecken-erregendsten Giganten, die jemals die Erde bevölkerten. *Thyrannosaurus* war das größte aller Landraubtiere, 15 m lang, 6 m hoch, mit einem mächtigen Schädel und einem Gebiß voller spitzer Zähne. *Brachiosaurus* hieß der größte Pflanzenfresser der Erde. Im Naturkundemuseum zu Berlin können wir sein Skelett bewundern. Es ist ein jüngerer Tier und mißt deshalb nur 23 m in der Länge bei 12 m Höhe. Auch *Brontosaurus* und *Diplodocus* zählen hierher. Diese gewaltigen Reptilien dürften ihr Leben in Sümpfen oder flachen Lagunen zugebracht haben, denn ihr Gewicht war so groß, daß es als sehr unwahrscheinlich gilt, daß ihre Gliedmaßen 50 Tonnen Masse an Land überhaupt tragen konnten.

Diesen Riesen stand eine »mittlere Ausführung« zur Seite, die, mit den vielfältigsten Hörnern, Knochen-, Panzerplatten und Nackenschildern bedeckt, den gewaltigen Räubern Trotz zu bieten suchte: mit sechs Hörnern auf einem Knochenkragen und einem auf der Schnauze der *Styracosaurus*, mit den wie Schuppen nach oben stehenden massigen knöchernen Rückenplatten und den vier mächtigen Schwanzstacheln der *Stegosaurus* sowie der *Ankylo-*



Zauneidechse, *Lacerta agilis*

saurus, ein niedriges, abgeflachtes, auf Rücken und Schwanz schwer gepanzertes Tier. Zu diesen Riesen des Landes gesellten sich die nicht weniger furchterregenden Echsen der Luft. Bei ihnen war, vom Arm und dem enorm verlängerten vierten Finger der Hand ausgehend, eine Flughaut zum Rumpf gespannt.

Wir können uns heute schwer vorstellen, wie sich ein solcher Pterosaurier mit 9 m Spannweite überhaupt in die Luft erheben konnte und wie er mit seinen kurzen Beinen Anlauf genommen hat, um Luft unter die Flughäute zu bekommen.

Trotz der ursprünglichen Eignung der Reptilienkonstruktion für das Landleben haben die Mosasaurier, Plesiosaurier und die Ichthyosaurier den Lebensraum des Wassers erneut erobert. Dabei können wir uns die Ichthyosaurier oder Fischechsen mit ihrer an Delphine erin-



Brandmaus, Apodemus agrarius

nernden Form noch am besten vorstellen. Mosasaurier waren den Waranen verwandte riesige Meeresechsen der späten Kreidezeit, und die Plesiosaurier mit dem massigen Rumpf, den unförmigen paddelförmigen Extremitäten und dem ganz im Gegensatz zu dieser Massigkeit langen, schlanken Hals und Schwanz, werden treffend mit einer durch den Körper einer Schildkröte gezogenen Schlange verglichen.

Dieser gewaltige Spuk verschwand nach seiner Blütezeit in Jura und Kreide, wahrscheinlich durch geologische und klimatische Ereignisse ausgelöst, wieder völlig von der Bildfläche. Die Kreidezeit mit der beginnenden Gebirgsbildung und den radikalen Änderungen im Klima setzte sowohl der ehemals produktiven Pflanzenwelt als auch den Aufenthaltsorten der großen Pflanzenfresser ein Ende. Mit diesen mußten aber auch die Fleischfresser zugrunde

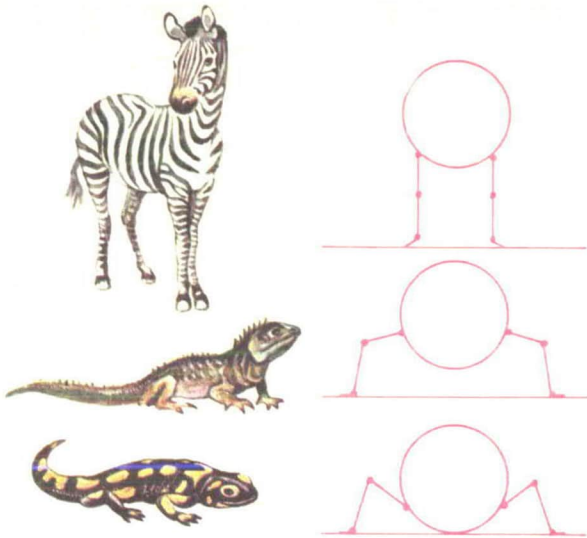
gehen. Später wurden die Reptilien von den Säugern in die für sie gegenwärtigen, optimalen Lebensräume zurückgedrängt. So sind nur Krokodile, Eidechsen, Schlangen und Schildkröten als Vertreter eines einstigen gewaltigen Heeres von Kriechtieren übriggeblieben.

In vielfältiger Weise schritt die Entwicklung, von den Reptilien ausgehend, weiter fort. Drei Evolutionslinien haben in einer mehr oder weniger großen Artenzahl das Niveau der Reptilienorganisation in vielen Merkmalen überholt. Man braucht in Gedanken nur eine Maus gegen eine Eidechse zu stellen, um die Unterschiede der Organisation und den Fortschritt der Evolution zu sehen. Im Einzelnen aber, wobei wir uns hier nur auf wesentliche Merkmale beschränken wollen, waren die in den folgenden Abschnitten dargestellten Verbesserungen der Reptilienkonstruktion möglich.

Aufwand kontra Nutzen

Bei den Lurchen stehen die Beine noch heute seitlich neben dem Körper. Sie sind, von der Wirkung der Hebelgesetze her gesehen, so ungünstig angebracht, daß die Tiere während ihres Landaufenthalts den Bauch auf der Erde schleifen lassen müssen. Bei den Kriechtieren wird ein gewisser Fortschritt erreicht. Wenigstens bei Angriffsaktionen oder auf der Flucht stellen sie ihren Körper über die Extremitäten und sind zeitweise zu sehr schneller Bewegung fähig. Günstiger wäre es natürlich, die Beine so weit unter den Schwerpunkt des Körpers zu stellen, daß die ganze Konstruktion ohne unnützen Energieaufwand in der von den Säugern bekannten Weise im Gleichgewicht gehalten werden kann.

Die Kriechtiere als das Evolutionsprodukt aus den heißesten Epochen des Erdmittelalters besaßen den großen Vorteil, daß sie als wechselwarme Tiere einen wesentlich geringeren Energiebedarf als die späteren gleichwarmen Säuger und Vögel aufzuweisen hatten. Verschwenderisch müssen sie aber mit ihrer Nahrung umgegangen sein. Die dolchspitzen Zähne waren zwar zum Rauben und Raffen bestens geeignet, ein ordentliches Kauen und Zerkleinern



Beinstellung Lurche, Kriechtiere, Säuger

der Nahrung war damit jedoch nicht möglich. So sind von den breitflächigen Mahlzähnen der Säuger über den Kaumagen der Vögel bis hin zu so speziellen Einrichtungen wie dem Vormagensystem der Wiederkäuer später eine Reihe von Anpassungen und Hilfseinrichtungen aufgetreten, die ein vollständigeres Ausnutzen des Energie- und Stoffgehaltes der Nahrung ermöglichen.

Die Frage nach der Temperaturregelung ist nicht auf den ersten Blick im Sinne unserer eigenen warmblütigen Organisation zu beantworten. In einer ständig warmen bis heißen Umwelt kann die Leistungsbereitschaft des Körpers auch ohne Temperaturregelung aufrechterhalten werden. Wir könnten sogar den Vorteil des geringeren Energiebedarfs zugunsten der wechselwarmen Tiere anführen. Sie sind allerdings in krassem Maße den physikalischen Umweltverhältnissen ausgeliefert, denn schon das Absinken der Temperatur versetzt sie in Lethargie und Kältestarre und engt damit ihre Aktionsbereitschaft und Aktionsfähigkeit in entscheidendem Maße ein.

Lebewesen mit eigener Temperaturregelung benötigen zwar zusätzliche Hilfseinrichtungen und wesentlich mehr Nahrung als Energiespender zur Aufrechterhaltung ihrer Körpertemperatur, halten damit jedoch auch unter extremen Bedingungen ihre Leistungsfähigkeit aufrecht. Unter ungünstigen Temperaturverhältnissen wächst allerdings auch weniger Nahrung heran. Aus diesem Grunde wird die maximale Auswertung des Stoff- und Energiegehaltes dieser Nahrung durch gleichwarme Tiere zu einer ihrer Existenzbedingungen. Die Ablösung der Masse und Vielfalt des Kriechtierlebens zum Ausgang des Erdmittelalters muß in engem Zusammenhang mit dem Absinken der Durchschnittstemperaturen gesehen werden. Unter solchen veränderten Umweltbedingungen erlangten gleichwarme Tiere in dem Maße, wie die Temperaturverhältnisse sich für die Reptilien und Saurier ungünstiger gestalteten, einen immer größeren Selektionsvorteil. Kein Wunder also, daß die gleichwarmen Vögel und Säugetiere das Erbe der Kriechtiere antreten mußten. Bei beiden sind, unabhängig voneinander, Mechanismen zur Erhaltung der für alle Organe des Körpers optimalen Arbeitstemperatur innerhalb einer Spanne von nur wenigen Zehntelgraden aufgetreten. Beide »haben«, ebenfalls unabhängig voneinander, eine äußere isolierende Decke in Form von Haaren oder Federn »hervorgebracht«.

Flughaut oder Flügel

Mehrmals während der Geschichte des Lebens wurde von Abkömmlingen einzelner Tierstämme und Tierklassen der Luftraum erobert. Nachdem sich die Insekten als erste Lebewesen lange vor der Reptilienära in den Raum über den Kontinenten erhoben hatten, folgten ihnen zuerst die Flugechsen, danach die Vögel und schließlich die Flugbeutler und Fledermäuse unter den Säugetieren. Meer und Land schenken den Lebewesen bereits ungezählte Daseinsmöglichkeiten. Doch kein Lebensraum bot den Tieren soviel Vorteile wie der Ozean der Luft. Wenn auch der Flug allerhöchste Anforderungen an Struktur und Leistung der Lebewesen stellt, so sind dennoch zwei



Brütende Schwarzkopfmöve, Larus melanocephalus

Drittel aller Tierarten zum Flug befähigt. Als häufigste Tiere der Erde stellen dabei die Insekten auch unter den Fliegern das größte Kontingent.

Fliegen – das ist vollendete Beweglichkeit. Es ermöglicht schnelle Flucht vor Feinden. Es heißt Bewältigung beliebiger Entfernungen bei der Suche nach neuen Nahrungsquellen, anderen Lebensräumen oder Artgenossen bzw. Geschlechtspartnern. Fliegend überwinden unsere Zugvögel schließlich auch die teilweise kollosalen Strecken zwischen Sommer- und Winterquartier, weil auf andere Weise der winterliche Nahrungsmangel in unserer Heimat nicht umgangen werden könnte. Während die Insekten nach wie vor den Luftraum über der Erde erfüllen, sind die größten Flieger aller Zeiten, die Flugechsen, nach einer Existenz von reichlich 100 Millionen Jahren gegen Ende der Kreidezeit wieder ausgestorben. Mit ihnen wetteiferten

– offenbar schon zur Kreidezeit – die ersten Vögel. Beide waren sie aus den sogenannten Archosauriern hervorgegangen. Während die Flugechsen jedoch nur so lange existieren konnten, wie die günstigen Umweltbedingungen anhielten, begründete die gleiche Umweltänderung, an der die Saurier letztlich scheiterten, den Selektionsvorteil der federisolierten, ihre Körpertemperatur regelnden Vögel. Dabei haben sich die Vögel nur relativ wenig von der Reptilienorganisation entfernt. Wenn nach den Vögeln die Evolution zum Stillstand gekommen wäre, dann würden eventuelle Astronauten einer anderen Zivilisation anlässlich eines Besuches auf unserer Mutter Erde womöglich feststellen, daß diese fliegenden Tiere die spezialisiertesten unter den Reptilien wären. Wir stellen sie jedoch in eine eigene Klasse neben bzw. über die Reptilien, weil die qualitativ neuen Merkmale und all die anderen Details diese Abgrenzung rechtfertigen. Zu den neuen Merkmalen gehören z. B. das Federkleid, die Temperaturregelung, die Pneumatisierung des Skeletts, die Verbesserung der Lungenatmung und der Besitz eines Muskelmagens. In einem wesentlichen Merkmal blieben sie aber mitten in der Reptilienorganisation stecken. Sie legen nach wie vor Eier und müssen die Gefahren, die der Nachkommenschaft wegen dieser unsicheren Vermehrungsweise drohen, in Kauf nehmen.

Es mag ein Zufall sein, daß in derjenigen Evolutionslinie, die zu den Vögeln und zur Temperaturregelung führte, Federn als Isolations- und Tragflächenbaumaterial aus den Reptilienschuppen hervorgingen. Ebenso wären haartragende und gleichwarme Flugechsen – natürlich nur in »vernünftigen« Dimensionen – auch für die Gegenwart vorstellbar gewesen, doch wurde dieser Weg erst später von den Fledermäusen wieder aufgenommen.

Aus der frühesten Phase der Evolution sind uns mindestens drei Skelette urtümlicher Vögel in Ablagerungen des späten Jura erhalten geblieben, die gewöhnlich unter dem Namen *Archaeopteryx* bekannt sind. Bei ihnen waren noch die Reptilienzähne vorhanden, die Flügel besaßen mit Krallen versehene Finger, und ein langer Reptilienschwanz bezeugte neben anderen Merkmalen die Abstammung dieser Tiere. Sie stehen so genau in der Mitte zwischen

Kriechtieren und Vögeln, daß nur die Abdrücke der Federn ihre Bestimmung als Vögel möglich machten.

Mit Ausnahme der später unter Verlust der Flugfähigkeit zum Land- oder Wasserleben zurückgekehrten Strauße und Pinguine, sind die meisten Vögel in ihren anatomischen Grundmerkmalen recht einheitlich gebaut. Es sind einfach die physikalischen Bedingungen, die dieser speziellsten der auf einem Planeten möglichen Bewegungsweisen zugleich auch die engsten technischen Parameter setzen.

Der optimale Typ

Alle Säugetiere besitzen als Dämmaterial gegen zu große Wärmeabstrahlung Haare. Über diese Voraussetzung oder Bedingung der temperaturgeregelten Organisation brauchen wir keine Worte zu verlieren. Aber anstatt Haartiere (diese Bezeichnung wäre ebenfalls richtig) heißen die jetzt interessierenden Tiere Säugetiere, weil dieses Merkmal für diesen Verwandtschaftskreis noch typischer, kennzeichnender und wichtiger als der Besatz mit Haaren (oder irgendeiner anderen isolierenden Decke) ist. Mit dem Säugen und der Pflege ihrer Jungen lassen diese Tiere ihrem Nachwuchs eine Fürsorge angedeihen, bei der die Jungen in effektivster Weise auf das eigenständige Leben vorbereitet werden. Bei der fortgeschrittensten und deshalb auch umfangreichsten Gruppe dieser Säugetiere, den Plazentatieren, wachsen die Embryonen im mütterlichen Körper heran. Über eine leistungsfähige Verbindung zwischen Embryo und Mutter, die Plazenta, werden die Jungen während ihrer Embryonalentwicklung ernährt und erst relativ spät geboren. Die bereits vom Reptilienei her bekannten Eihäute bleiben dabei erhalten, und mit der flüssigkeitsgefüllten Amnionhülle werden auch die Lebensumstände aus dem »Teich« der Vorfahren übernommen. Die sich an die Geburt anschließende Periode des Säugens verstärkt die Bindungen der Generationen untereinander, und im Zusammenhang mit den gewachsenen Leistungen des Zentralnervensystems stehen die Leistungen der Säuger in ihrer Gesamtheit weit über denen der Reptilien.



Tarpan, Equus caballus

Einzelne Entwicklungsschritte zum hochentwickeltesten Säugetier waren bereits erfolgt, als am Ende der Trias die Ausstrahlung der Reptilien gerade erst eingesetzt hatte. Diese frühen Säuger waren kleine Tiere, die angesichts der ständigen Bedrohung durch die großen Reptilien ein zurückgezogenes Leben führen mußten. Die erste Phase dieses Säugetierdaseins dauerte Millionen Jahre, bis die Saurier schließlich ausstarben und der Wechsel in den klimatischen Verhältnissen die Evolution der Säuger begünstigte.

Unter dem Begriff des Säugetiers fassen wir drei verschiedene Entwicklungslinien zusammen. Noch vor wenigen Jahren glaubten die Zoologen, daß alle drei aus einer gemeinsamen Wurzel hervorgegangen und deshalb in einer gemeinsamen zoologischen Kategorie des Säugetiers zusammenzufassen wären. Heute sind die Experten davon überzeugt, daß der evolutionäre Fortschritt mehrfach unabhängig voneinander, von den Reptilien ausgehend, auf

der einen Seite zum bereits besprochenen federtragenden, fliegenden, aber nach wie vor eierlegenden Vogel, auf der anderen Seite aber in Richtung zum Säuger, bis zu den Kloakentieren, Beuteltieren und den Plazentatieren, geführt hat.

Kloakentiere und Beuteltiere

Die Kloakentiere sind nicht nur die primitivsten und seltensten, sondern auch die seltsamsten unter den Säugetieren. Wie bei den Kriechtierahnen legen die Weibchen noch beschalte Eier. Das Weibchen des Schnabeltieres brütet diese in einem Erdhöhlennest aus, während die Schnabeligel dafür einen Brutbeutel besitzen. Mehr als diese beiden Formen gibt es auf der Erde gar nicht mehr. Beide haben sich nur in Australien erhalten können, weil die späteren, weiterentwickelten Säuger diesen isolierten Kontinent nach ihrer Entstehung in anderen Gebieten nicht mehr erreichen konnten.

Viele Eigentümlichkeiten der Kloakentiere erinnern noch an die Ahnen: die unvollkommene Temperaturregulation, die dotterreichen Eier und der Besitz einer Kloake (Endteil des Mastdarms mit den Ausführungsgängen von Harn und Geschlechtsorganen), während der hornige Schnabel eine den Vögeln vergleichbare eigenständige Ausbildung darstellt. Schon lange vor der Blütezeit der Saurier müssen die Kloakentiere ihren von den Säugern abweichenden, selbständigen Weg der Evolution eingeschlagen haben. Unglücklicherweise fehlen uns die Fossilfunde, so daß wir fast nichts aus ihrer Geschichte wissen.

Mindestens seit der Kreidezeit, wenn nicht schon viel länger, existieren die Beuteltiere. Sie gebären ihre Jungen lebend, aber in einem so winzigen und unreifen Zustand, daß sie aus eigener Kraft zwar gerade bis in den mütterlichen Beutel gelangen können, dann aber, an den Zitzen festgesogen, noch lange Zeit behütet und genährt werden müssen.

Wie wir es von der Erläuterung des diskontinuierlichen Weges der Evolution her kennen, haben auch die Beuteltiere zweifellos eine Ausstrahlung (Radiation) mittels

verschiedenster Lebens- und Ernährungsweisen in die unterschiedlichsten Lebensräume der Erde durchgemacht. Auf der Stufe der Organisation eines Beuteltieres sind dabei nahezu alle Lebenstypen, die wir von jetzt herrschenden Säugetieren her kennen, bereits vorhanden gewesen. Wegen der besseren Übersichtlichkeit wollen wir eine solche Zusammenstellung zunächst kurz begründen.

Ausgehen wollen wir von den Pflanzenfressern. Sie nutzen als erste die pflanzliche Primärproduktion der Erde und sind selbst die Nahrungsgrundlage der Fleischfresser. Den Laubfressern als Verwertern der Blätter von Bäumen und Sträuchern stehen die Ausnutzer der Bodenvegetation zur Seite. Zu ihnen gesellen sich die Spezialisten einseitiger, von anderen nicht genutzter oder verschmähter Substrate (z. B. Gras) und die Feinschmecker als Experten für Früchte und Samen. Ihre Nahrung gehen sie auf die unterschiedlichste Art und Weise an: schlingend, kauend, nagend oder wiederkäuend, um nur die geläufigsten Möglichkeiten zu nennen. Von jedem dieser Typen existieren verschiedene Größenvarianten, tag- und nachtaktive, unterirdisch, am Boden oder über der Erde lebende, den Widerstand der Luft zur Fortbewegung ausnutzende Formen. Vertreter all dieser Typen wurden in wiederum andersartiger Weise an die unterschiedlichsten Lebensräume der Erde angepaßt, an Savannen, Steppen oder Urwald, Ebene oder Gebirge, und sie selbst sind standorttreu, wandernd oder womöglich sogar winterschlafend.

Von den Pflanzenfressern ernähren sich die Räuber. Ihre Variation ist ebenso vielfältig wie die der Pflanzenfresser, ergänzt noch zusätzlich durch die verschiedensten Verhaltensweisen beim Überwältigen ihrer Beute. Zwischen beiden stehen die Allesfresser, die, vielen Gegebenheiten Rechnung tragend, als Nichtspezialisten existieren. So ist das Ergebnis jeder Ausstrahlung einer neuen, leistungsfähigeren Organisationsform stets ein vielfältig verflochtenes Bild des Lebens. Die Ausstrahlung der Fische und Kriechtiere hatten wir bereits besprochen, die der Säuger ist uns unmittelbar geläufig. Die Ausstrahlung der Beuteltiere hat sich dagegen abgespielt, als die Säuger noch nicht dominierten. Später konnten sie sich der Konkurrenz der optimaler angepaßten Plazentatiere kaum noch erwehren.

Sie starben mit Ausnahme der Opossums, die sich auf dem amerikanischen Kontinent erhalten konnten, und der auf Australien und Neuguinea bis in die Gegenwart isoliert aushaltenden Beuteltiere in allen übrigen Teilen der Erde aus. Auf Australien aber gleichen viele der Beuteltiere (mit Ausnahme des Beutels und der erst auf den zweiten Blick erkennbaren inneren Organisation) bis aufs Haar ihren europäischen, afrikanischen oder amerikanischen Vettern der späteren Plazentatiere. So gibt es hier Beutelmulle anstelle der Maulwürfe und Beutelmäuse, Beutelwölfe, Beuteldachse sowie Beutelmarder, für die allein die landläufige Bezeichnung zur Charakterisierung ausreicht. Unter den Raubbeutlern existieren daneben Insekten- und Fleischfresser von Maus- bis Hundegröße. Als Beutelteufel sind Schaf- und Känguruhräuber bis zu 70 cm Länge bekannt, als Ameisenbeutler rattengroße Ameisen- und Termitenfresser. Eine überraschende Vielzahl von kletternden Formen, darunter auch der Koala als das Vorbild unserer Teddybären, existieren unter den Beuteltieren, sogar der verzwickte Mechanismus des Wiederkäuens wurde von den Plumbeutlern oder Wombats eigenständig entwickelt, und von den Springbeutlern, von denen mindestens 29 verschiedene Arten in Gestalt der Känguruhs in Australien existieren, brauchen wir gar nicht erst zu reden.

Diese Beutlerwelt muß ursprünglich weltweit verbreitet gewesen sein. Sie sind aber aus nahezu all ihren Lebensräumen von den sich später entfaltenden, »fortschrittlicheren« Plazentatieren herausgedrängt worden.

Ein Vergleich dieser beiden Ausstrahlungen, derjenigen der Beutel- und Plazentatiere, weist auf die große Bedeutung der Umweltverhältnisse hin, von denen ein gut Teil der Selektionsfaktoren ausgeht. Gleiche Umweltverhältnisse, das bedeutet auch in gleicher Richtung ablaufende Selektion mit einem vergleichbaren Endergebnis. An unserem Beispiel, bei dem die vergleichbaren Ausstrahlungen nur wenige Millionen Jahre auseinanderliegen und die Umweltbedingungen sich nicht wesentlich änderten, wird die Rolle dieser Verhältnisse besonders deutlich.



Koala



Wombat



Opossum



Beutelwolf



Baumkänguruh



Känguruh



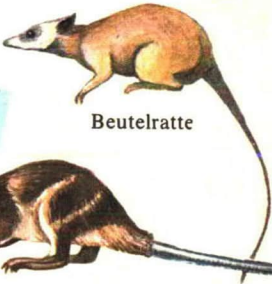
Ohrenbeuteldachs



Beutelmull



Beutelhörnchen



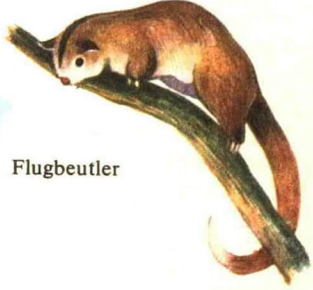
Beutelratte



Schwimmbeutel



Beutelteufel



Flugbeutel

Mit den temperaturregelnden Plazentatieren, die die Fürsorge um die Nachkommenschaft und ihr Leben in allen Räumen der Erde optimal gestalten können, ist ein gewisser »Endstand« erreicht. Auf der Basis der Evolution, die hauptsächlich in der anatomisch-physiologischen Vervollkommnung der lebenden Materie bestand, ist ein weiterer biologischer Fortschritt nur schwer vorstellbar. Ja, man kann sogar sagen, daß nach vier Milliarden Jahren während der Evolution die Wahrscheinlichkeit des Auftretens positiver bzw. noch besserer Genkombinationen bei den höchstentwickelten Lebewesen immer mehr gegen Null gehen muß. Wir wollen dabei nicht ablehnen, daß die Evolution nach wie vor in die Breite verläuft (vor allem bei Huftieren und Nagetieren) und daß eine Spezialanpassung an Änderungen des Lebensraumes nach wie vor zu beobachten ist (wir erinnern hier an Insektizidresistenz). Der Weg zur neuen Qualität des Menschen war allein auf dieser Basis jedoch nicht zu begründen.

Einen in diesem Zusammenhang wichtigen Gesichtspunkt haben wir bisher noch nicht beachtet: die – im Rahmen der Evolution zu beobachtende – zunehmende Unabhängigkeit der lebenden Materie von physikalischen Außenfaktoren, in erster Linie der Temperatur. Wir erinnern daran, daß bereits in den Koazervaten bzw. Mikrosphären des Urozeans die DNS nur in einem von der Umwelt abgegrenzten, stabilen Gebilde existieren und nur zusammen mit dieser umweltstabilen Materie-Aggregation in den Evolutionsmechanismus eintreten konnte. Bereits auf der Entwicklungsstufe der Einzeller wurde die DNS nochmals hinter einer weiteren Hülle, der Kernmembran, »gesichert«. Später wurden im Rahmen der für die Tiere charakteristischen kompakten Bauweise die Geschlechtsorgane in das Innere des Körpers verlegt und spätestens bei den Säugetieren auch die Nachkommen in weitestgehendem Schutz vor Umweltfaktoren im mütterlichen Körper »aufbewahrt«. Bei den Männchen der Säugetiere werden sogar die Keimdrüsen während der Brunft wieder an die Peripherie des Körpers gebracht und im Hodensack bei einer regelbaren Temperatur gehalten, die unterhalb des für alle anderen Organe optimalen Wertes liegt. Die gleichen Faktoren, denen die lebende Materie im Rahmen



Wisent, Bos bonasus

der Auslese völlig passiv unterliegt, sind also zugleich diejenigen Faktoren, die die Unabhängigkeit vom wichtigsten und einschneidendsten Faktor der unbelebten Umwelt, der Temperatur, bewirken. Mit steigender Unabhängigkeit von physikalischen Außenfaktoren muß andererseits die Effektivität des Evolutionsmechanismus absinken. Auch in diesem Sinne schrieben wir einige Seiten zuvor, daß nach rund vier Milliarden Jahren ein gewisser »Endstand« der Evolution erreicht sei. Der weitere Fortschritt der Entwicklung lebender Materie war nach dem Jahrtausenden währenden Vorherrschen des Entwicklungsweges über die anatomisch-physiologische Leistungssteigerung und Anpassung nur noch auf verhaltenem Wege möglich. Dieser vom Menschen und seinen Vorfahren beschrittene Weg setzt aber zweckmäßiges Handeln aus eigener Einsicht voraus. Damit ist die

Tendenz der weiteren Entwicklung des Lebens wenigstens in ihrem fortgeschrittensten Zweige, den Säugetieren, sichtbar. Sie besteht nicht nur in Unabhängigkeit von diesem oder jenem Umweltfaktor, sondern generell in Unabhängigkeit vom fatalistischen Mechanismus der Evolution. Die auf die Entstehung der Säugetiere folgende nächste qualitative Steigerung betrifft deshalb in erster Linie die Leistungsfähigkeit des Gehirns.

Die Menschwerdung

Wir verstehen unter »Evolution« bekanntlich den vom Willen und den Wünschen der Tiere völlig unabhängigen Vorgang der besonderen Entwicklung der lebenden Materie unter der Herrschaft der Umweltfaktoren. Dieser Mechanismus wirkt nur so lange uneingeschränkt, bis das Bewußtsein und eigener Wille zur Auseinandersetzung mit der Natur befähigen. Auch dieser Prozeß der Menschwerdung ist ein gesetzmäßiger Vorgang. Schließlich ist auf unserer Erde der Mensch schon sozusagen im ersten Anlauf der Evolution – bei dem theoretisch seine Entstehung frühestens möglich war – aus dem Tierreich emporgestiegen. Bei der Formulierung »im ersten Anlauf« müssen wir jedoch zwei Tatsachen beachten, an denen wir bisher vorbeigesehen haben:

Die qualitative Steigerung zum Menschen beruht in ihrem biologischen Unterbau auf dem Zufallsmechanismus der Evolution. Wie bei allen gesetzmäßigen Vorgängen, bei denen Zufallsereignisse auf dem Wege der statistischen Häufung die Basis der Berechnung bilden, spielt der Faktor Zeit eine beherrschende Rolle.

Die Entstehung des Menschen ist nicht allein vom Auftreten jeder einzelnen Voraussetzung abhängig (z. B. dem Verhaltensmuster der Vorfahren, ihrem anatomischen Bau, der Umweltsituation u. a.), sondern vom Zusammenreffen sämtlicher Voraussetzungen zu einundderselben Zeit in einundderselben Tierart. Auch hier ist es wiederum eine Frage des von der Zeit abhängigen Zufalls, wann endlich das Fundament erreicht ist, auf das sich die neue Qualität der Entwicklung gründen kann.

Aus der Tatsache, daß auf der Erde praktisch unmittelbar an die Entfaltung der Säugetiere auch der Mensch entstand, dürfen wir nicht die voreilige Schlußfolgerung ableiten, daß auf anderen Planeten des Universums die Entstehung von Denkfähigkeit und Bewußtsein ebenso schnell vonstatten gehen muß. Es ist daraus lediglich ableitbar, daß zur Entstehung der Qualität »Mensch« anscheinend mindestens vier Milliarden Jahre Evolution notwendig waren. Nach unserer Auffassung kann anderswo im Kosmos auch wesentlich mehr Zeit vergehen, bis dem Menschen vergleichbare Wesen auftreten.

Bei der Besprechung der Voraussetzungen der Menschwerdung sollten wir einen genauen Grenzstrich zwischen den unabdingbaren Voraussetzungen zur Menschwerdung und den Ergebnissen dieser Menschwerdung ziehen. Leider stehen wir hier vor einigen Schwierigkeiten, weil an dieser Grenze zwischen Tier und Mensch vielfältige Meinungen, unterschiedliche Argumente und differenzierte Wertungen gleicher Sachbestände aufeinandertreffen. Wir treffen hier zugleich auf die einzige Stelle im Stammbaum der Lebewesen, bei der wir uns mit den Behauptungen idealistischer Philosophien und imperialistischer Ideologen auseinanderzusetzen haben. Zwischen Koazervat und Säugetier wurde der Mechanismus und das Ergebnis der Evolution von den Biologen so fest begründet, daß sogenannte andersdenkende Wissenschaftler nur noch unter dem Preis der Lächerlichkeit die Darstellung der modernen Biologie angreifen können. Anders aber ist das an der Grenze zwischen Mensch und Tier. Sie wurde zwar bereits von Engels in bewundernswürdiger Klarheit und Logik in seiner Schrift: »Von der Menschwerdung des Affen« überbrückt, dennoch existieren gerade hier zu einer Vielzahl von Einzelproblemen, die erst nach Engels als diskussionswürdig erkannt worden sind, selbst unter Materialisten noch verschiedene Positionen.

Zu den Voraussetzungen der Menschwerdung zählen nach den Darstellungen moderner Zoologen, unserer eigenen Beweisführung zum Thema Evolution und nach den Argumenten, die sich aus den Vergleichen der Leistungsfähigkeit von Menschenaffen und Menschen ergeben, u. a. folgende Eigenschaften unserer Vorfahren:

1. Eine wesentliche biologische Bedingung ist die sogenannte anatomische Ursprünglichkeit. Jede spezielle Anpassung an eine einseitige Nahrungsaufnahme, eine zu spezielle Fortbewegung oder andere, meist anatomische Einrichtungen zur Sicherung des Überlebens »verbauen« den Weg zu einer verstandesmäßigen Sicherung der Existenz.

2. Wenn wir unseren eigenen Vorfahren ebenso massereiche und strukturierte Gehirne zubilligen, wie den heute noch lebenden fortgeschrittensten Tieren der Erde, den Menschenaffen und Delphinen, können wir mit etwa 500ccm Gehirnmasse wenigstens quantitativ die Basis festlegen, über die die Leistungssteigerung zum Menschen geführt hat. Wenigstens in den Anfängen lernfähige, trainierbare und zu ersten Abstraktionen fähige Nervenkonstruktionen betrachten wir als Voraussetzung der Entwicklung zum Menschen.

3. Der aufrechte Gang wurde in der Vergangenheit gern als »Ergebnis« der Menschwerdung betrachtet. Seit man jedoch immer ältere Australopithecinen-skelette findet (z. Z. werden die ältesten bis 5 Millionen Jahre zurückdatiert) neigt man immer mehr zu der Auffassung, daß aufrechter Gang, der die Hände zur Arbeit frei macht, nicht als Ergebnis, sondern als Voraussetzung der Menschwerdung zu betrachten ist.

4. Nur im Familienverband werden gegenseitige Mitteilungen (Sprache), das Treffen von Entscheidungen aus Schlußfolgerungen (Denken) und kollektives Miteinander (z. B. bei der Jagd) gefordert und gefördert. Nur relativ langlebige Tiere mit langer Jugendentwicklung und einer gehörigen Portion Neugier können im Familienverband von den älteren, erfahreneren Mitgliedern lernen.

5. Eine der wichtigsten Voraussetzungen ist die Notwendigkeit zur Arbeit. Nur in einer Umweltsituation, die – außer der bis dahin üblichen anatomischen Spezialisierung – auch die Möglichkeit der verhaltensmäßigen Bewältigung offenläßt, kann der neue Weg der verstandesmäßigen Sicherung der eigenen Existenz durch die eigene Tat eingeschlagen werden. All unsere »Vettern« aus dem Tierreich sind am gedeckten Tisch, den Urwald oder tropischer Lebensraum ihnen boten, Tiere geblieben. Nur

unsere eigenen Vorfahren eroberten als Steppenläufer baumarmes Gelände. Sie griffen zum Werkzeug, bändigten das Feuer, gestalteten in einem langwährenden und mühevollen Weg über mehr als 5 Millionen Jahre ihre Umwelt in immer stärkerem Maße, den eigenen Bedürfnissen entsprechend.

Nachdem die lebende Materie in einer Umweltsituation, die der Entstehung denkender Wesen günstig war, der Auslese alle Voraussetzungen »angeboten« hatte, setzte ein Rückkopplungsprozeß ein, der über Arbeit, Sprache und Gehirn die Geschicklichkeit der Hand, die Qualität der Werkzeuge und das Niveau der Verständigung unter den Artgenossen vorantrieb und schließlich aus den Vorfahren des *Homo sapiens* den Menschen hervorbrachte. Diesen für uns ungemein wichtigen Vorgang der Rückkopplung wollen wir mit anderen Worten noch einmal ablaufen lassen: Aufrechtgehende Steppenbewohner verwendeten zur Sicherung ihrer Existenz (Ernährung und Abwehr von Feinden) zunächst einfache Werkzeuge. Die Werkzeug- und Geräteherstellung erforderte den gegenseitigen Gedankenaustausch, brauchte und förderte die sprachliche Verständigung und regte zum Nachdenken an. Die dadurch provozierte größere Leistung des Gehirns wirkte zurück auf die Qualität der Werkzeuge bzw. Geräteherstellung und auf die Ausformung der Sprache. Dieser Vorgang beginnt stets von neuem, unaufhörlich, Millionen von Jahre, ohne Ende, solange Menschen existieren. Ein solcher Rückkopplungsprozeß verläuft immer effektiver und schneller, verläuft vor allem geradlinig und macht allein die rapide Größenzunahme des Gehirns in höchstens 5 Millionen Jahren und die ebenso schnelle Entstehung des Menschen verständlich.

Durch die in der Gesellschaft vollbrachte Arbeit ist unser Einfluß auf die Umwelt mittlerweile so groß geworden, daß sie, die früher die Auslesebedingungen setzte, heute – den Bedürfnissen unseres eigenen Genbestandes entsprechend – beeinflußt wird. Überall schafft der Mensch sich die für seine Existenz optimalen Bedingungen aus eigener Kraft. Überall setzt er selbst die Normen, die er für sein eigenes gesundes Leben für zweckmäßig erkannt hat. Der richtenden Wirkung der biologischen Auslese hat sich der Mensch

schon seit Tausenden von Jahren in zunehmend stärkerem Maße entzogen. Mit der weitgehenden Ausschaltung dieses Komplexes von Evolutionsfaktoren unterliegen wir Menschen gleichzeitig nicht mehr dem Mechanismus der Artentrennung, weil wir uns auf der gesamten Erde unsere eigenen, im Prinzip überall gleichen Existenzbedingungen errichtet haben.

Mit der Menschwerdung ist Jahrtausend um Jahrtausend die Rolle der Evolutionsfaktoren in ihrer Bedeutung für die Existenz des Menschen zurückgedrängt worden. Die schöpferische Auseinandersetzung mit der Natur, die Entwicklung der gesellschaftlichen Produktion und der Produktionsverhältnisse haben statt dessen die Bedingungen, die sich der Mensch in seiner gesellschaftlichen Arbeit schafft, und seine Existenz – sein Reichtum an materiellen und geistigen Gütern – wesentlich verändert. So sind wir Menschen biosoziale Wesen, die sich durch die in der Gesellschaft vollbrachte Arbeit und durch das damit begründete Wissen, durch die Vernunft weit über die nackte Existenz des tierischen Lebens emporgearbeitet haben.

Unter den Evolutionsfaktoren ist einzig und allein nur noch die genetisch bedingte Variabilität der Nachkommenschaft von spürbarem Einfluß geblieben. Neue Mutationen, Chromosomendefekte und andere Veränderungen unseres Genbestandes führen nur noch zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen des Menschen. Deshalb steht die Menschheit auch vor der Aufgabe, diesen Restfaktor im Wirken der Evolution in Zukunft beherrschen zu lernen. So wie sich die Menschheit endgültig aus den Fesseln des Evolutionsmechanismus befreien muß, wird sie auch die Fesseln altüberlieferter tierischer Verhaltensmuster bewältigen, die für den Bestand vergangener und überholter Gesellschaftsordnungen von großer Bedeutung gewesen sind und unter der Herrschaft des kapitalistischen »Wolfs-gesetzes« in einem Teil der Welt heute noch sind.

Mit der Beseitigung der Ausbeutung ist damit in der Gegenwart die Selbstverwirklichung des Menschen durch den Aufbau der kommunistischen Gesellschaftsordnung in greifbare Nähe gerückt.

»akzent« – die neue Taschenbuchreihe
mit vielseitiger Thematik:
Mensch und Gesellschaft,
Leben und Umwelt, Naturwissenschaft
und Technik. – Lebendiges Wissen
für jedermann, anregend und aktuell,
konkret und bildhaft.

Weitere Bände:

Sind wir allein im Weltall?
Leben wir unter kosmischen Einflüssen?
Tiere am Fließband
Wieviel Menschen trägt die Erde?
Schneller – aber wie?
Der Sternhimmel
Mathe mit Pfiff
Kraftquell Kernenergie

EVP 4,50 Mark
