

IX. Über den Funktionswechsel im Tierkörper.*)

Von A. Jacobi.

Mit 7 Abbildungen.

Die Entwicklungslehre oder Deszendenztheorie, gleichviel von welchem Punkte aus sie die Erscheinungen der organischen Natur prüfend betrachtet, nimmt immer das Vorhandene als etwas Gewordenes. Wenn die heutigen Biologen vor einer jetzt schon unübersehbaren Fülle von Tier- und Pflanzenformen stehen, in deren äußerem wie innerem Bau, ihren Lebensvorrichtungen und ihrem Verhalten zu einander des Wunderbaren und Rätselvollen genug finden, so begnügen sie sich nicht damit, solche der exakten Erkenntnis verschlossenen Dinge als etwas Gegebenes hinzunehmen, sondern auf dem Entwicklungsgedanken fußend suchen sie mit steigendem Erfolge dem Werdegang der uns entgegentretenden Bildungsstufen nachzuspüren, um den jetzigen Zustand verwickelter Organisation auf wenige und einfache Grundzüge zurückzuführen. Indem nämlich die vergleichende Methode in allen Sondergebieten der zoologischen und botanischen Forschung zum wichtigsten Erkenntnismittel erhoben wurde, gelingt es in vielen, bei einzelner Betrachtung dunkel bleibenden Fällen, nahe Beziehungen zu anderen Tatsachen zu finden oder mit anderen Worten, Beobachtungen ihren wahren, dem Gesamtwissen förderlichen Wert dadurch zu verleihen, daß man ihnen einen Platz als ineinandergreifende Glieder einer Kette von Schlüssen anweist. Freilich stellen sich der Bewertung und Einreihung vieles Beobachteten Schwierigkeiten entgegen, darauf beruhend, daß es sich nicht ohne weiteres mit unseren schon gesicherten Erfahrungen verknüpfen läßt, weil das neue in abweichender, selbst ganz ungewöhnlicher Form auftritt oder weil Nebenerscheinungen sich dermaßen häufen, daß sie die gesuchte Gesetzmäßigkeit verhüllen. Hier eben ist es der Entwicklungsgedanke, der uns den leitenden Faden in die Hand gibt, um durch Trugbilder und Irrgänge hindurch den Weg zur richtigen Deutung zu finden. Die Abstammungslehre, die ja ihre Grundlagen nicht auf bloße Gedankenarbeit, auf Hypothesen erbaut, sondern erst einen reichen Erfahrungsschatz erwirbt, um damit die Aufstellung zwar hypothetischer, aber sehr hohe Wahrscheinlichkeit erreichender Annahmen zu erkaufen — die Abstammungslehre erleichtert es uns z. B., Tiergestalten, deren Bau bald eigentümliche Verwicklungen, bald weitgetriebene Einfachheit aufweist, ihre richtige

*) Nach einem in der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden am 3. Mai 1906 gehaltenen Vortrage.

Stellung im natürlichen System zuzuweisen, indem wir die Verbindung jener abweichenden Formen mit den normalen Typen auf Grund unserer Kenntnis von ausgestorbenen Zwischengliedern, also unmittelbar, erschließen oder uns durch den Verlauf der Entwicklungsweise des Einzelwesens, also mit Benutzung des sogenannten biogenetischen Grundgesetzes, darüber unterrichten lassen, in welcher Reihenfolge sich die Besonderheiten solch einer eigenartigen Tierform während ihres Bestehens eingestellt haben. Auch die Fülle von zweckmäßigen Einrichtungen, welche die Tierkörper zeigen, brauchen wir nicht dem Zufall oder einer schöpferischen Vorausbestimmung zuzuschreiben, sondern sie lassen sich teils auf die durch lange Ahnenreihen hindurch vererbten Wirkungen fortgesetzten Gebrauches beziehen, teils als die ebenfalls in Generationen gesteigerte Rückäußerung des Organismus auf äußere Einwirkungen, wie Bodenbeschaffenheit, Klima, Nahrung erkennen, teils endlich durch natürliche Auslese, welche die am zweckmäßigsten ausgerüsteten Einzelwesen überleben läßt, entstanden denken.

In den Bereich dieser Tatsachen gehören die Umbildungen typischer Organe des Tierkörpers, die da Platz greifen, wenn der Träger dieser Organe sie zu einer anderen Verrichtung zu benutzen beginnt, als sie bei der anfänglichen Arbeitsteilung zwischen den Werkzeugen des Leibes angenommen war. Die Übernahme von Leistungen, die sonst eigens dafür ausgebildeten Organen zukommt, durch solche von ursprünglich anderer Bestimmung, nennt man Funktionswechsel; er hat, wie schon gesagt, neben Änderungen physiologischer Natur auch gestaltliche im Gefolge, und zwar nehmen diese letzteren an Umfang um so mehr zu, wie die neue Beanspruchung von der bisherigen verschieden ist; außerdem ist natürlich die Länge der Zeit, seit der ein Funktionswechsel eingetreten ist, bedingend für das Maß der erzielten morphologischen Umänderung. Da die Erscheinungen des Funktionswechsels zu den anziehendsten Tatsachen der Biologie gehören und deszendenztheoretischen Überlegungen einen dankbaren Stoff gewähren, sei eine Anzahl teils länger bekannter, teils bisher wenig beachteter Beispiele vorgeführt und der Versuch gemacht, ihr Auftreten zu erklären.

Wenn das stammesgeschichtliche Alter eines Organs oder — was in vielen Fällen damit gleichbedeutend ist — dessen häufigstes Vorkommen im ganzen Tierreiche die Grundlage dafür wäre, daß es sich für mannigfaltige Vorrichtungen als anpassungsfähig erwiese, so müßte die Haut oder das Integument am öftesten in physiologisch veranlaßten Umbildungen auftreten, denn alle mehrzelligen Tiere oder Metazoen durchlaufen in ihrer Embryonalentwicklung, ehe sie die jeweilige Körperform erhalten, die Gastrulastufe, welche nur aus einer äußeren, als Hautbedeckung dienenden Zellage (Ektoderm) und einer inneren, als Darmhöhle zu betrachtenden (Entoderm) besteht. Allein wir vermissen eine Vielseitigkeit der Haut in bezug auf Leistungen, denn ihre ursprüngliche Bestimmung, dem weichen, nachgiebigen Zellverbände des Metazoenleibes als bedeckender, schutzbietender Abschluß gegen die Außenwelt zu dienen, wird unter allen Umständen beibehalten, nur eine neue Verrichtung übernimmt vielfach die Haut außerdem und zwar bei niederen wie bei den höchsten Gewebstieren, nämlich die Atmung. Wo niederen Wirbellosen eigene Werkzeuge für die Sauerstoffaufnahme fehlen, wie bei Polypen, Band- und Rundwürmern, da geschieht der zum Stoffwechsel nötige Gasaustausch durch die Haut, wobei die Lebensweise im Wasser oder in anderen Flüssigkeiten

die Diffusion durch die äußeren Zellagen erleichtert. Auch höherstehende Tiere greifen auf diesen Behelf in erheblichem Maße zurück, wenn ihr Leben unter ähnlichen Bedingungen verläuft und infolge langsamer Bewegungsweise der Stoffwechsel und damit das Atmungsbedürfnis träge ist. Bei den an feuchte Umgebung gebundenen Lungenschnecken wird ein beträchtlicher Anteil der Sauerstoffaufnahme von der Haut bestritten, und bei den ähnlich lebenden Lurchen kann dieses Organsystem sie ganz übernehmen unter völligem Schwund der Lungen, wie dies bei einigen südeuropäischen Molchen (*Salamandrina perspicillata*, *Spelerpes fuscus*) der Fall ist. Aber auch bei reinen Landbewohnern, einschließlic des Menschen, ist die Hautbedeckung wesentlich an der Atmungsfunktion, zum mindesten an der Gasabgabe, beteiligt.

Unter den Hautgebilden betrachten wir die Haare, von den Verhältnissen beim Säugetier ausgehend, gewöhnlich als eine Wärmeschutz-einrichtung, treffen aber hie und da eine neue Bestimmung als Waffen zur Abwehr von Angriffen. Die Raupen gewisser Spinner, unter denen die Prozessionsspinner (*Cnethocampa*) am bekanntesten in ihrer Wirkung sind, tragen auf einigen Körperstellen Unmengen sehr kurzer, spitziger Härchen, die bei Berührung abbrechend sich in die äußere Haut und die Schleimhaut der Augen und Atmungswege einbohren, um dort als Fremdkörper Entzündungen hervorzurufen. Größere Wirkung haben die zu Stacheln umgewandelten Borstenhaare mancher Säuger, so des Igels, Stachelschweins und Ameisenigels. Unter den Hautdrüsen der Säuger gehen die Talgdrüsen an gewissen Stellen zu einer neuen sekretorischen Funktion über — sie treten als Milchdrüsen in den Dienst der Brutpflege. Dem letzteren Gebiete ist auch die höchst sonderbare Bildung von Brutzellen auf der Rückenhaut der surinamischen Wabenkröte (*Pipa americana*) zuzurechnen, Zellen, in denen die Entwicklung des Eies bis zum fertigen Froschlurch erfolgt. Schließlic sei der Möglichkeit Erwähnung getan, daß Hautgebilde zu mechanischen Leistungen gebraucht werden; hat sich doch die Schale der Bohrmuscheln (*Pholas*, *Teredo*), ursprünglich wie die Molluskenschale überhaupt ein reines Schutzorgan, nebenher zu einer Raspel umgebildet, mit der das Weichtier Höhlungen in hartem Holzwerk und selbst in Steinen herstellt.

Mannigfaltig und anziehend ist die Wandelfähigkeit in der Benutzung und davon rückwirkend in der Ausgestaltung von Gliedmaßen bei den Gliederfüßern und Wirbeltieren. Ursprünglich Hilfsmittel zur Ortsbewegung, zum Schwimmen und Laufen, wenden sie sich sehr häufig neuen Bewegungsweisen, nicht selten aber auch ganz fernliegenden Leistungen zu. Zunächst sei wieder der Atmung gedacht, zu deren Vermittlung die Extremitäten besonders bei Wassertieren geeignet sind, weil diese steter Erneuerung des mit Luft gesättigten Wassers bedürfen. Demgemäß sehen wir bei der wasserbewohnenden Klasse der Krebstiere meistens eine Gruppe der zahlreichen Beinpaare, die ursprünglich alle Schwimmwerkzeuge waren, ihre Oberfläche zu Kiemenanhängen verbreitern, womit ein steter Wasserstrudel erregt und gleichzeitig die Atemluft in den Körper aufgenommen wird. Weiterhin paßten sich bestimmte Laufbeine der Arthropoden allgemein dem Nahrungserwerbe an, sie wurden zu Fresswerkzeugen oder Kiefern, die dann stets in der Nähe des Mundes stehen, also mehr oder weniger die ersten Glieder in der ursprünglich homonomen Reihe von Gliedmaßenpaaren darstellen. Bei Krebsen wie Kerbtieren sind von vornherein drei Paar Beine zur

Kieferbildung herangezogen worden, doch können die Kruster noch weitere Paare als sogenannte Kieferfüße in den Dienst der Ernährung stellen. Dagegen erstreckt sich der Funktionswechsel bei den Tausendfüßern (*Diplopoda*) und Spinnentieren nur auf ein Extremitätenpaar und beansprucht bei den letzteren selbst diese „Kiefertaster“ nicht ausschliesslich.

Mannigfaltig sind die Umänderungen, die mit den drei für die Lokomotion übriggebliebenen Beinpaaren der Insekten vor sich gehen können (Fig. 1). Da begegnen uns Fangbeine bei jenen barocken Formen der Gradflügler, die man Gottesanbeterinnen genannt hat, und bei Land- und Wasserwanzen in Form einer messerartig gestalteten Beinschiene, die in der Ruhe in eine Rinne des als Heft dienenden Oberschenkels zurückgeklappt liegt, bei der Verwendung herausgeschlagen und in das zu erscholchende Opfer gestochen wird. Während dieser Funktionswechsel noch auf den Nahrungserwerb bezogen werden kann und demgemäß ein vollständiger zu nennen ist, bleiben die folgenden Fälle noch im Rahmen der ursprünglichen Bestimmung von Gliedmaßen, nur ist eine andere Art der Ortsbewegung ins Werk gesetzt worden, die zweckentsprechende Abänderungen zur Folge hatte.

Sobald der gleichmäßige Lauf vom ruckweisen Springen abgelöst wird, entsteht der Springfuß, der bald durch Längsstreckung seinen Hebelarm vergrößert (Heuschrecken, Cikaden), bald durch große, im verdickten Oberschenkel geborgene Muskelmassen das Abschnellen von der Unterlage fördert. Wühlen in der Erde läßt das Grabbein entstehen, das sich durch verbreiterte Tibien kenntlich macht, bei rein unterirdischer Lebensweise (Maulwurfgrille) aber in allen Teilen ein breites, starkes Grabschreit darstellt.

Mit dem Übergange vom Land- zum Wasserleben gestaltet sich das Laufbein eines Insekts, sagen wir dasjenige eines Wasserkäfers oder einer Wasserwanze, zum Schwimmbein um, indem es die wesentlichen Eigenschaften einer Flosse erwirbt, also verringerte Verschiebbarkeit der einzelnen Gliedmaßenabschnitte gegen einander mit Beschränkung der Gelenkigkeit auf die Verbindungsstelle mit dem Körper, und Flächenvergrößerung durch Abplattung und seitlichen Borstenbesatz.

Leichtfertig beinahe ist endlich der Wechsel der Verrichtung zu nennen, wenn wir bei manchen Tagsschmetterlingen, z. B. den Satyriden und Nymphaliden, die Vorderbeine verkürzt, krallenlos und zum Gehen unbrauchbar finden — als Putzfüße dienen sie nur noch der Körperpflege, zum Reinigen des Haarkleides von Staub und Pollen.

Auch mit den Flugwerkzeugen der Insekten, die für sich entstandene Extremitäten sind, haben Verschiebungen in ihrer biologischen Bedeutung

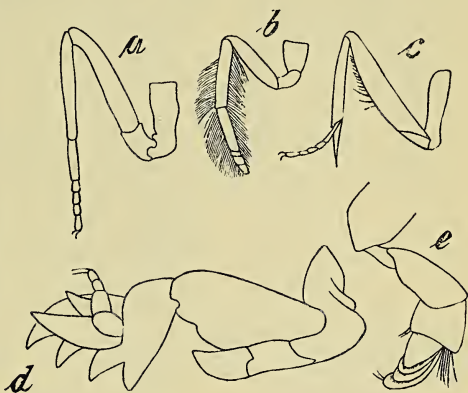


Fig. 1. Verschiedene Beinformen von Insekten. a Laufbein eines Schmetterlings. b Putzfuß von *Vanessa*. c Fangbein von *Mantis*. d Grabbein der Maulwurfgrille. e Schwimmbein eines Taumelkäfers (*Gyrinus*). — Sämtlich vergrößert.

stattgefunden, die sich allerdings auf das vordere Paar beschränken. Sie werden in mehreren Ordnungen der Kerbtiere in verschieden hohem Grade

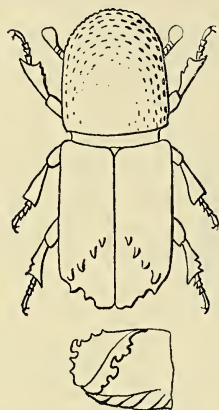


Fig. 2. Ein Borkenkäfer (*Jps sexdentatus*). Darunter der Absturz. — Vergrößerung ca. 8.

zu widerstandsfähigen Deckschilden für die weichhäutigen Hinterflügel; bei den Käfern hat diese Bestimmung sogar die Flugleistung völlig verdrängt, und bei einigen Familien leisten sie sogar noch nebenbei mechanische Dienste. Bei den Borkenkäfern (*Jpidae*) z. B. weisen die Flügeldecken hinten eine steile Abschrägung auf, den sog. Absturz, dessen Fläche etwas ausgehöhlt zu sein pflegt, während der Rand mit Höckern und Zähnchen besetzt ist (Fig. 2). Diese Bildung dient dem Käfer dazu, seine in Rinde und Holz ausgenagten Brutgänge vom Bohrmehl zu reinigen, indem er rückwärts gehend Ballen davon auf jenem Absturze vereinigt und wie mit einem Stempel zur Eingangsöffnung herausdrückt. Diese bezeichnende Bildung haben noch mehrere andere, zum Teil systematisch den Ipiden ganz fernstehende, aber gleiche Lebensweise führende Koleopterenfamilien erworben, so die *Platypodidae* und *Ligniperdidae*.

Viel tiefgreifender als in diesen durchgehends mechanischen Betätigungen gestaltet sich die Leistungsänderung, wenn Gliedmaßen zu Sinnesorganen werden oder doch zum vorwiegenden, der Verichtung eigens angepaßten Träger solcher; es sind dann — wenigstens bei den Arthropoden — solche Beine für die Aufnahme von Wahrnehmungen des Tast- und Geruchssinnes ausgestaltet. Die Wandlung in der Funktion läßt sich recht deutlich bei einzelnen Gruppen beobachten, obschon er noch nicht zu einer nachweisbaren morphologischen Umbildung geführt hat. Beispielsweise führen Spinnmilben (*Tetranychidae*), kleine, gelbrote, den Kulturpflanzen oft recht schädliche Tierchen, beim Laufen mit dem vordersten ihrer vier Beinpaare immerfort Bewegungen aus, die sich nur als Tastversuche deuten lassen, und die Richtigkeit dieses Schlusses wird bei einer anderen Milbenform, der Tarsonemide *Pediculoides ventricosus*, erwiesen, denn diese benutzt ihre Vorderbeine in der Tat nur noch zum Tasten. Auch den Stechmücken dient anscheinend das erste Fußpaar schon in erheblichem Grade zur Erkundung von Oberflächenverhältnissen, wie ihr Gebahren andeutet, wenn sie sich angriffslustig auf unserer Haut niederlassen. Über diese Anfangsstufen einer Gebrauchswirkung weit hinausgehend, in vollendeter Umbildung, tritt uns das zum reinen Sinnesorgan gewordene Arthropodenbein in den Antennen der Krebse und Insekten vor Augen. Wie die Einzelentwicklung dieser Gliedertiere zeigt, sind beim Embryo sämtliche Beinpaare zunächst in gleicher Ausbildung angelegt, aber mit der weiteren Ausreifung bleibt das erste — bei den Krustern auch noch das zweite — Paar auf einer einfachen Stufe stehen, um weiterhin die besondere Gestaltung zum Sinnesorgan zu gewinnen. Dieser Abschnitt der individuellen Entwicklung zeigt uns im Lichte des biogenetischen Grundgesetzes den Weg, auf dem bei den Stammältern der Gliederfüßer die ursprünglich zahlreichen, gleichgebauten Paare von Laufbeinen — wie solche die Tausendfüßer noch gegenwärtig besitzen — durch gruppenweise Anpassung an gesonderte Verrichtungen, also durch Funktions-

wechsel, zur morphologischen Ungleichheit gelangt sind. Jene Leistungsänderung der Beine kommt übrigens auch bei höheren Tieren vor, denn die Beobachtung gibt uns Grund zur Annahme, daß die kurzen, zur Schwimm- und Laufbewegung untauglichen Stummelbeine des Grottenmolchs (*Proteus anguineus*) der Sitz eines entwickelten Tastgefühls sind.

Endlich werden in mehreren Klassen der Wirbellosen Bewegungsorgane der Fortpflanzung dienstbar gemacht. Bei vielen Zehnfüßerkrebsen (*Decapoda*), z. B. beim Flußkrebs, sind die Beine der Hinterleibsringel im weiblichen Geschlechte zum Festhalten und Tragen des Laichs ausgebildet, während die ersten zwei Paare des Männchens zu eigentümlichen löffelähnlichen Gebilden umgeformt sind, mit denen der in paketartigen Massen ausgeschiedene Same in die weiblichen Leitungswege befördert wird. Auch bei den diplopoden Tausendfüßern verfügen die Männchen über Kopulationsfüße zum Festhalten bei der Paarung, während bei altertümlicheren Insekten die Umbildungen in phylogenetischer Vergangenheit vorhandener Bauchfüße als Raife (Cerci) eine Aufgabe bei der Geschlechtsvereinigung erfüllen. Wunderbare Ziele jedoch erreicht die funktionelle Umbildung bei den männlichen Tintenfischen, bei denen ein oder zwei der teils zur Ortsbewegung, teils zum Packen vorhandenen Arme zu Begattungswerkzeugen eingerichtet sind; solch ein „Hektokotylus“ erlangt beim Papierboot (*Argo nauta*) sogar zeitweilig selbständiges Dasein, indem er sich mit Samen gefüllt vom Körper ablöst und eine Weile wurmähnlich umherschwimmt, bis er in den Körper eines Weibchens eindringen kann, um die Befruchtung zu vollziehen.

Es dürfte sich rechtfertigen, wenn die unseren Gegenstand betreffenden Fälle an den Gliedmaßen der Wirbeltiere als gesonderte Gruppe betrachtet werden, da deren paarige Extremitäten einheitliche und zumal auch diesem Tierstamme eigentümliche Entstehung besitzen. Bei den Fischen haben jene als paarige Brust- und Bauchflossen vertretenen Gliedmaßen nur geringe Bedeutung fürs Fortkommen, sind vielmehr nur Steuergeräte zur Erhaltung der Gleichgewichtslage; trotzdem können sie hie und da erheblichen Gebrauchsveränderungen unterliegen. Wenn letztere alsbald, das soll heißen, noch ehe die ursprüngliche Schwimmfunktion aufgegeben wird, auch gestaltliche Umbildungen im Gefolge haben, so erklärt sich diese Abhängigkeit aus der recht einseitigen, durch ihren Bau bedingten Gebrauchsfähigkeit einer Flosse überhaupt. Ein plattes, starres Gebilde, nur im Ansatzpunkte an den Rumpf beweglich, kann die Flosse nur als Ruder zur Wasserverdrängung dienen, nicht aber als mehrarmiger Hebel den Körper über den Boden erheben und erhoben weitertragen. Sobald aber eine Fischform ihre paarigen Flossen zur Gangbewegung zu verwenden beginnt, da gestalten sie sich mehr oder weniger nach Art der Beine um — sie gliedern beweglichere Teile ab oder zerlegen ihren einarmigen Hebel in mehrere Arme, die jene Bedingungen zu erfüllen gestatten. Als Beispiel diene die Gattung der Knurrhähne (*Trigla*), Fische der seichteren Meeresteile, auch der unsrigen, welche ihre Nahrung gern auf dem Boden zwischen Gestein und Tang suchen und sich hier bei Mangel an Platz zum Schwimmen auf sonderbar kriechende Weise forthelfen. Von den großen Brustflossen haben sich nämlich die drei ersten Strahlen frei gemacht, haben eine ganz beinähnliche Biegung erlangt und können auch ganz wie Beine abwechselnd auf den Boden gestemmt und recht flink bewegt werden, auf diese Art den Fischkörper zugleich tragend und vor-

wärtsschiebend (Fig. 3). Noch mehr der Lokomotion der Landtiere nähert sich die Art, in der sich der Schlammpringer (*Periophthalmus*) fortbewegt. Ein kleiner westafrikanischer Küstenfisch geht er bei Ebbe in Scharen auf den feuchten Ufersand, sich in raschen Sprüngen fortschiebend und selbst die schrägen Mangrovewurzeln ersteigend, was alles ihm seine sehr langen und gelenkigen, armähnlichen Brustflossen ermöglichen. — An die Kopulationsfüße der Arthropoden erinnert, die Umbildung der Bauchflossen bei männlichen Haien und Rochen zu einem samenleitenden Begattungsorgan.

Wenden wir uns jetzt zu den Zehentieren oder Digitaten, unter welchem Namen GOETTE die übrigen Wirbeltiere zusammenfaßt. Ihre paarigen Gliedmaßen sind ursprünglich alle Laufbeine von Bau und Einrichtung mehrarmiger Hebel, aber der Übergang zum Wasserleben wandelt sie in Schwimmwerkzeuge um. Dieser Gebrauchswechsel zeitigt bei amphibi-

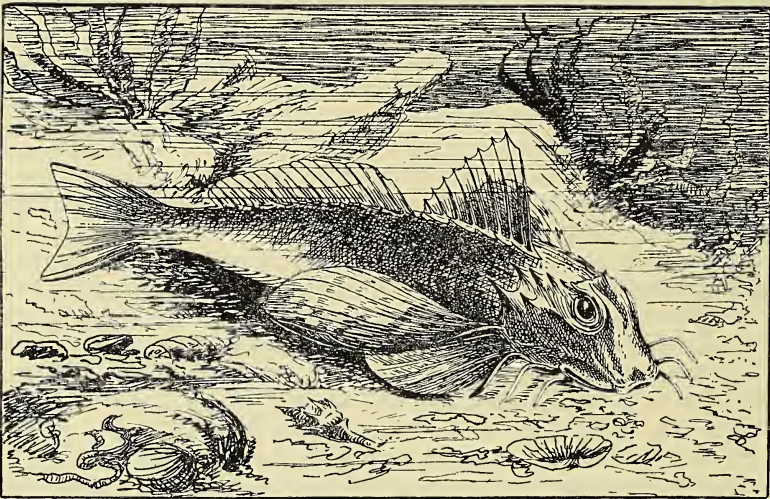


Fig. 3. Knurrhahn (*Trigla lineata*). Nach SAVILLE KENT.

schen Formen zunächst die Form eines Ruders, d. h. Oberflächenvergrößerung des Extremitätenendes durch Schwimmhäute, die sich zwischen den Zehen ausspannen. Solche Ruderfüße haben die Frösche, Krokodile, Süßwasserschilkröten, Schwimmvögel, Fischottern, Biber u. a. m. erworben. Wenn jedoch eine rein aquatische Lebensweise angenommen wird, so sieht man die Laufbeine mehr und mehr zu echten Flossen werden, mit deren schon erwähnten Eigenschaften, Werkzeugen, die der gleiche Gebrauch bei weit entfernten Wirbeltieren sehr ähnlich gestaltet hat; als Beispiele seien die Fischechsen (*Ichthyosauri*) der Vorzeit, die Seeschilkröten, Robben, Sirenen und Wale genannt.

Sobald sich bei landbewohnenden Wirbeltieren noch ein Funktionswechsel der Extremitäten geltend macht, pflegt er sich auf das vordere Paar zu beschränken. Dies wird bei Säugetieren öfters als Greifwerkzeug benutzt — Känguruh, Eichhorn, Mensch — und weist demzufolge Anpassungen in verschiedenem Grade auf, die sämtlich ein Freiwerden der

Zehen — dann Finger genannt — von einander und ihre gröfsere Beweglichkeit erstreben. In mehreren Klassen wird das Vorderbein zum Flügel, der für das Laufen fast unbenutzbar wird. Das Flugwerkzeug sehen wir bei einer Reptilienordnung der Vorzeit, den Flugdrachen (*Pterosauri*), und bei den Fledermäusen durch eine Haut hergestellt, die sich zwischen der Hand und der Rumpfseite ausspannt; das Handskelett bleibt in beiden Fällen unverändert, wenschon manche Knochen sich sehr in die Länge strecken. Dagegen erfährt es im Vogelflügel erhebliche Umbildung, indem die Handwurzel- und Mittelhandknochen theils verschwinden, theils verschmelzen, auch mit mehreren Fingern geschieht ersteres, und die sogewandelte Hand streckt sich sehr in die Länge; zur Luftverdrängung wird von den großen kräftigen Schwungfedern eine ausgedehnte Fläche geschaffen. Der in dieser Gestalt für die Vogelklasse so bezeichnende Flügel unterliegt in einem Falle nochmaligem Wechsel in Bau und Verrichtung, eine Erscheinung, die man wiederholten Funktionswechsel nennen könnte. Bei den Pinguinen (*Impennes*) nämlich zeigt der Flügel alle Knochen stark abgeplattet, mit scharfen Kanten und fest miteinander verwachsen, so dafs die Gliedmafsen nur im Schultergelenk bewegt werden kann; statt der Schwungfedern mit ganz kurzen, harten, schuppenähnlichen Federn besetzt gleicht der Flügel überhaupt nicht mehr dem Vogelfittich, sondern der Vorderflosse einer Seeschildkröte, und in der Tat sind ja die Pinguine ganz unfähig zum Fliegen, dafür aber wahre Meerestiere, die durch ihre Armflossen zu den geschicktesten Tauchern werden. Dafs aber wirklich der echte Vogelflügel für dieses Schwimmwerkzeug die Unterlage war, hat uns die Entwicklungsgeschichte dieser Fettgänse bewiesen, denn ihre Embryonen zeigen zunächst noch den gewöhnlichen Bau des Flügels mit runden, gegeneinander verschiebbaren Knochenbestandteilen.

Hatten wir vorhin mehrfach vom Übergange der Arthropodenbeine in Tastwerkzeuge oder Fühler zu reden, so sind umgekehrt auch die Fälle nicht gar selten, wo der Funktionswechsel Sinnesorgane betrifft, und zwar sind es vorzugsweise wieder die Fühler der Arthropoden, die, schon einmal durch physiologische Anlässe aus Beinen in solche umgewandelt, noch weiterem Wechsel unterliegen. Es ist im Hinblick auf die Geschichte dieser Organe nicht eben verwunderlich, wenn ihre neu übernommenen Verrichtungen mechanischer Art sind, ja in dem gleich zu nennenden Beispiele dient die Antenne wieder als dasjenige Werkzeug, welches sie im stammesgeschichtlichen Alter war, als Laufbein (rückschreitender Funktionswechsel). Bei den Landwanzen der Gattung *Ploearia* nämlich sind die Vorderbeine im Verhältnis zu den beiden hinteren Paaren so kurz, dafs sie nur auf sehr unebenem Boden als Stütze dienen können; das Insekt trägt sie daher zusammengelegt unter dem Vorderleibe und

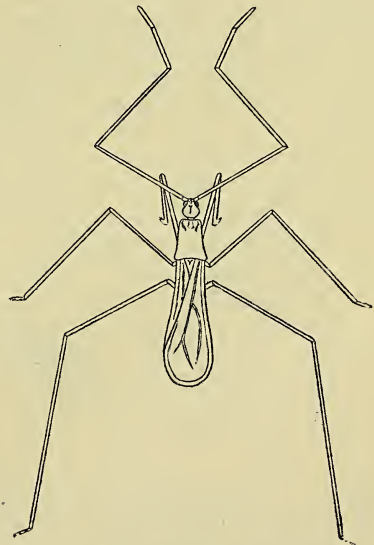


Fig. 4. *Ploearia vagabunda*.
Vergrößerung ca. 3.

bedient sich statt ihrer der langen Fühler, die es auf die Unterlage stemmend seiner langsam stelzenden Bewegungsweise nutzbar macht (Fig. 4). Auch im Wasser können die Antennen zur Fortbewegung dienen, indem sie nämlich vielen niederen Krebsformen, z. B. den Wasserflöhen, Muschelkrebsen, Ruderfüßern, und ihren Larven bald beim Kriechen helfen, bald bei Vermehrung der Oberfläche durch Borstenbesatz als Ruder wirken (Fig. 5).

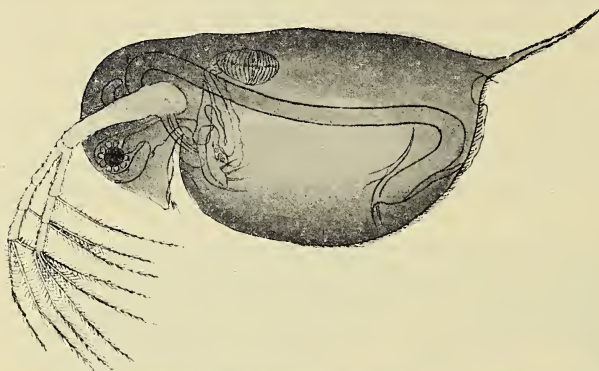


Fig. 5. Flohkrebs (*Daphnia pulex*). — Vergrößerung ca. 27.

Für die Bewegung kommt auch eine mechanische Vorrichtung der Fühler bei der gemeinen Landassel (*Oniscus asellus*) in Betracht, die freilich nur im Bedarfsfalle herangezogen wird; wenn nämlich das kleine Krebstier auf den Rücken gefallen ist, was sich ja beim Herumklettern an glatten Wänden häufig genug ereignen wird, so hilft es sich durch

Einstemmen der Antennen wieder auf die Beine. Ganz sonderbar ist der Funktionswechsel, den die Fühler bei der Käferfamilie der *Paussidae* eingegangen sind. Diese den wärmeren Breiten angehörenden Käfer leben in Ameisennestern als Gäste der Ameisen, denen sie in gewissen Ausschüttungen ihres Körpers eine sehr gesuchte Leckerei bieten; die Wirte erweisen sich dankbar, indem sie jenen Nahrung und Schutz gewähren und die unbeholfenen Käfer bei dringender Gefahr in Sicherheit bringen. Zum Wegtragen sind die Schützlinge freilich für die viel kleineren Wirtsameisen zu schwer, sie werden daher von diesen mit den Kiefern an

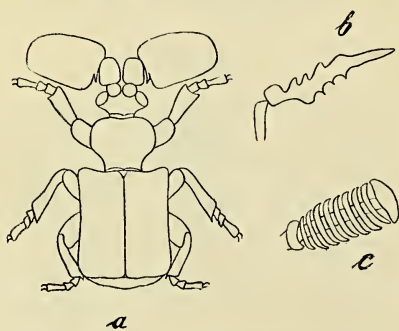


Fig. 6. a *Platyrhopalus denticornis*. b Fühler von *Paussus dama*. c desgl. von *Phymatopterus piceus*. — Vergrößerung ca. 5.

den Fühlhörnern gepackt und eilends fortgezerrt. Aus diesem Umstande können wir uns jetzt den Sinn der sehr massigen und in der Ausgliederung vielgestalteten Fühler (Fig. 6) bei den Pausiden erklären, die man früher irrigerweise mit einem hochentwickelten Geruchssinn in Beziehung brachte: diese so mannigfach eingekerbten und geringelten Organe sind in der Hauptsache Handhaben, Transportgeräte für die Ameisen und wohl dem Kaliber der Kiefer bei der jeweiligen Wirtsart angepaßt.

Von der Vielseitigkeit in den Leistungen des Arthropodenfühlers mögen noch folgende Beispiele einen Begriff

geben. Die Männchen vieler Krebse, z. B. die Hüpferlinge (*Cyclops*), benutzen ihr erstes Antennenpaar, das dann hakenförmig gebogen und mit

Stacheln besetzt ist, zum Packen und Festhalten des Weibchens bei der Begattung; ähnliches kann man nach ESCHERICH bei *Assmuthia*, einem der als Thysanuren bezeichneten einfachen Insekten, voraussetzen, wo der vielgliedrige Fühler des Männchens in der Mitte eine vollständige, innenwärts mit zwei Reihen von Zähnen besetzte Schlinge bildet. Etwas ganz ungewöhnliches aber ist es mit der Fühlerbildung bei der Gattung *Onychocerus*, südamerikanischen Bockkäfern von der ungefähren Gröfse unseres Schusterbocks. Der Reisende HAENSCH mußte nämlich in Brasilien die Erfahrung machen, daß ihn ein solcher Käfer (*O. albitarsis*) beim Ergreifen mit den Fühlern heftig in den Finger stach, und WANDOLLECK hat daraufhin durch mikroskopische Untersuchungen gefunden, daß das Endglied der Antenne ungefähr wie ein Skorpionsstachel gebildet ist (Fig. 7), nadelspitz zuläuft und an der Spitze eine feine Öffnung hat, durch die höchst wahrscheinlich eine innere Giftdrüse mündet. Es dürfte wohl innerhalb der ganzen Insektenklasse kein weiterer Fall einer derartigen Umbildung eines Sinneswerkzeuges zur Waffe bekannt sein.



Fig. 7. Die Fühler-
spitze von *Onychocerus*
albitarsis, das Endglied
im Durchschnitt; nach
WANDOLLECK. — Ver-
größerung ca. 40.

Bemerkenswert ist auch die Umänderung des rechten Fühlers bei der männlichen Kiemensumpfschnecke (*Paludina vivipara*) zu einem Begattungsorgan oder Penis, das den Samen in die weibliche Scheide leitet. Nicht auszuschließen bleibt auch der Funktionswechsel, den das Geruchsorgan, oder ganz genau gesprochen, dessen Ausmündung, bei mehreren Säugetieren eingegangen ist: bei Tapir und Elefant hat es sich zum Rüssel, zum Greifwerkzeuge, beim Schweine zu einem Werkzeuge für das Aufwühlen des Erdbodens entwickelt.

Aus dem Umstande, daß unsere Betrachtung sich bisher auf die äußeren Werkzeuge des Tierkörpers, Gliedmaßen und sonstige Anhänge beschränkte, darf nicht geschlossen werden, daß im Innern keine Verschiebungen der Aufgaben von einem Organe auf ein anderes vorkämen, vielmehr treffen wir auch da auf eine hohe Anpassungsfähigkeit mancher Organsysteme, die zu recht weitgehenden gestaltlichen Umbildungen zu führen vermag. Um dem Brauche gemäß mit dem Knochensystem den Anfang zu machen, so muß eine sehr bedeutungsvolle Beziehung des visceralen Skeletts, also jener dem Wirbeltierstamme eigenen Gruppe von kiementragenden Knochenspannen, zu den paarigen Gliedmaßen hervorgehoben werden. Über die Entstehung der letzteren Gebilde gibt es nämlich unter den vergleichenden Anatomen zwei Lehrmeinungen. Die eine, gegenwärtig von RABL gehaltene, nimmt als Bildungsstätte der beiden Beinpaare einen bei den ältesten, fischähnlichen Vorfahren der Vertebraten vorhandenen seitlichen Hautsaum, die sogenannte WOLFFSche Leiste an, auf dem sich an gewissen Punkten die Gliedmaßenanlagen verdichteten. Nach der anderen, von GEGENBAUR vertretenen und zuletzt von FÜRBRINGER mit zwingenden Gründen gestützten Erklärung waren es die hintersten Paare von Kiemenbögen, die, aus dem Dienste der Atmung tretend, sich zum Schulter- und Beckengürtel modelten, während die zugehörigen Kiemen-

strahlen zur Stütze für paarige Flossen wurden. Auch der erste Kiemenbogen dürfte, wie uns die Entwicklungsgeschichte wahrscheinlich macht, schon in frühen Zeiten der Stammesgeschichte funktionellem Wechsel unterlegen sein, denn er ist bei allen Vertebraten die Grundlage für den Unterkiefer, während die hinter ihm folgende erste Kiemenspalte bei den Landwirbeltieren zur Ohrtrumpete, jenem Verbindungsgange zwischen Pauken- und Mundhöhle, verwendet worden ist. Ein anderer Abkömmling des ersten Visceralbogens, das bei den Vögeln noch so ansehnliche und für die Gelenkverbindung des Unterkiefers mit dem Oberschädel wichtige Quadratbein, erfuhr bei den Säugetieren eine weitgehende Veränderung in Gestalt, Lage und Verrichtung, da es als einer der drei Gehörknöchelchen, nämlich als der Ambos, in das Innere des Schläfenbeins wandert, um in dieser Paukenhöhle den schalleitenden Teil unsres Gehörorgans bilden zu helfen. Endlich tritt eine Beziehung des Visceralskeletts zum Ernährungsapparat bei den Weißfischen (*Cyprinidae*) ein, bei denen das fünfte Kiemenbogenpaar keine Kiemen mehr trägt, statt dessen aber unten in der Mitte mit sogenannten Schlundzähnen besetzt ist; diese Schlundzähne zermalmen an Stelle der weggefallenen echten Zähne die Nahrung.

Ein Funktionswechsel recht ungewöhnlicher Art, den wir an den zuletzt erwähnten Fall anschließen können, besteht bei der afrikanischen Schlangengattung *Dasypeltis* und geht von der Wirbelsäule aus. Die unteren Fortsätze einiger Halswirbel sind nämlich nicht unerheblich verlängert und durchbohren die obere Schlundwand, so daß sie in den Raum der Speiseröhre hineinragen; ihre Spitzen bestehen aus einer besonders harten, schmelzähnlichen Knochenschicht, so daß sie ebenfalls wie Schlundzähne erscheinen. Wozu dient diese merkwürdige Bildung? Jene kleinen Schlangen leben von Vogeleiern, die sie im ganzen verschlucken müssen, weil sie keine beweglichen Lippen und auch keine fleischige Zunge haben, um nach Öffnen eines Eies den ausfließenden Dotter aufzulecken. Daher wird das unverseht verschlungene Ei von der Schlundmuskulatur gegen jene Wirbelzähne geprefst, die Schale zerbrochen und ihre Trümmer wieder ausgespien, während der nahrhafte Inhalt ohne einen Tropfen Verlust in den Magen gelangt.

Um noch bei den echten Zähnen der Kieferknochen zu verweilen, so sind vordere Zahngruppen bei einigen Säugetieren über die normale Größe und dadurch auch über die ursprüngliche Bestimmung, zum Fassen und Zerteilen von Nahrung zu dienen, hinausgewachsen und zu riesigen Hauern entwickelt, die anderweite mechanische Verwendung finden. Bei den Elefanten erscheinen die oberen Schneidezähne als Stoßzähne, von denen man nicht recht weiß, ob sie ursprünglich mehr als Waffen oder zum Ausgraben von Wurzeln benutzt worden sind; für die beiden noch lebenden Arten soll nach den zuverlässigsten Beobachtern das letztere gelten, und das gleiche dürfte bei den ausgestorbenen Mastodonten der Fall gewesen sein, da ihre Hauer ganz nach unten gerichtet waren. Sehr ähnlich angebracht, aber als obere Eckzähne zu bezeichnen, sind die Hauer des Walrosses, die auch nur zum Herauswühlen von Schaltieren aus dem Meeresboden bestimmt sind. Dagegen brauchen die Schweine ihre beiden Kiefern angehörigen „Gewehre“ als wirksame Waffen, und auch bei kleinen hirschartigen Wiederkäuern (Moschustier, Zwergreh) finden wir am Oberschädel recht ansehnliche solche Waffen, als Ersatz für das sonst den Cerviden eigene Kampfmittel der Geweihe.

Von Körperteilen, die mit dem Ernährungssystem in Verbindung stehen, sei der Schnabel der Papageien genannt, der neben seiner ursprünglichen Verrichtung beim Zerkleinern der Nahrung in weitem Mafse auch für die Ortsbewegung in Betracht kommt; verwendet ihn doch bekanntlich der Sittich beim Herumklettern im Gezweige geradezu als dritten Fuß. Ferner sei an die Übernahme des Futterzermalmens durch weit innen gelegene Darmabschnitte erinnert, wie der Muskelmagen der Vögel und die mit Kalkzähnen ausgestattete „Magenmühle“ des Krebses sie zeigen. Der Darm ist beim Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*), dem bekannten Grundfischchen des Unterlaufes unserer Flüsse, unter Umständen auch Atmungsorgan, denn wenn der Luftgehalt des schlammigen Wohngewässers abnimmt, schluckt der Fisch mit dem Maule Luft und treibt sie durch das Darmrohr, dessen gefäßreiche Wandungen den Sauerstoff aufnehmen.

Um dem Schlusse näherzukommen, soll nur noch des Funktionswechsels von Drüsengebilden gedacht werden, die nicht der Körperbedeckung zugehören. Die Giftdrüsen der Schlangen sind ursprünglich kleine, auf den Lippen sitzende Organe mit harmloser Schleimabsonderung gewesen, bis die anderweite Beanspruchung sie vergrößerte und in die Tiefe schob, wo sie ja bis zur halben Körperlänge nach hinten reichen können. Aus einer Speicheldrüse ist auch die Bohrdrüse gewisser Meeresschnecken (*Natica*, *Dolium*) entstanden, deren Sekret so reich an Schwefelsäure ist, daß diese Schnecken damit Löcher in die Kalkschale ihrer Beutetiere ätzen können. Die Tränendrüse der Säuger soll für gewöhnlich mit ihrer Flüssigkeit den Augapfel von Fremdkörpern reinigen; da aber bei der Blindmaus (*Spalax typhlus*) das verkümmerte Auge von der Haut überzogen ist, so dient die Drüsenflüssigkeit zum Ausspülen eingedrungener Erde aus der Nasenhöhle. An den Nieren endlich, die sich ja als exzernierende Drüsen auffassen lassen, kann man den Übergang zu einer anderen Verrichtung, nämlich der Ausfuhr der Geschlechtsprodukte aus dem Körper, manchenorts deutlich wahrnehmen; u. a. sind bei gewissen Ringelwürmern (*Annelida*) und den Solenogastren unter den Mollusken schon einige Nierengänge oder Nephridien besonders zu Leitungswegen für Eier und Samen eingerichtet.

Von dem Umfange, den unser Gegenstand in der vergleichenden Morphologie der Tiere einnimmt, konnten die vorstehend berichteten Fälle nur wenig mehr als eine Andeutung geben, und es sei ausdrücklich der Voraussetzung begegnet, als seien auch nur alle Gruppen von Beziehungen, deren dieses Problem fähig ist, mit Beispielen belegt worden. In der Tat muß man auf das Prinzip des Funktionswechsels in breiter Ausdehnung Rücksicht nehmen, wenn ein genetisch begründetes Verständnis der tierischen Morphologie erstrebt wird. Das Verdienst, die Aufmerksamkeit der Zoologen zuerst auf die Bedeutung jenes Gedankens gelenkt zu haben, kommt A. DOHRN zu, denn er wies ihm schon einen weitgehenden Einfluß für das Zustandekommen gemeinsamer Grundzüge im Körperbau des jetzt als Chordaten bezeichneten Tierstammes zu*). DOHRN zeigte auch, daß die Entwicklungslehre in der Darwinschen Auslegung geeignet ist, Licht auf den Weg zu werfen, den die Funktionsänderung eines Organs bis zur Erreichung der uns vorliegenden Stufe zurückgelegt hat. Wir dürfen uns diesen Werdegang — auch ohne ängstliche Anlehnung an das Selektionsprinzip Darwins — etwa so vorstellen:

*) A. Dohrn: Der Ursprung der Wirbeltiere und das Prinzip des Funktionswechsels. Leipzig 1875.

Ein Organ sei unter irgend welchen zweckfördernden Einflüssen zu einem Grade der Ausbildung gelangt, der die von ihm geforderte Leistung vollkommen zu verrichten gestattet. Die Umgestaltung braucht aber nicht immer so einseitig vorgegangen zu sein, daß sie das Organ nur für eine Funktion von ganz beschränkter Art geschickt macht — wie es etwa bei den auf das sehr fein spezialisierte Nervengewebe gegründeten Organen der Fall sein würde —, sondern auf einer gewissen Stufe mag das Organ auch für eine andere, der ursprünglichen nicht gar zu fremde Verrichtung geschickt geworden sein. Wenn z. B. das Bein eines Gliederfüßers erst so ausgestaltet ist, daß es als spitz zulaufender, nach innen gekrümmter Klammerfuß genügendes leistet, so wird es auch tauglich, eine seinem Träger unterlaufende Nahrung festzuhalten und nach erworbener Übung des ersteren zu zerlegen, zu zerkauen — die Gliedmasse ist damit auch als Fresswerkzeug verwendbar. Zunächst wird dann die neue Verrichtung als Neben (Sekundär-)funktion die ursprüngliche Haupt- oder Primärfunktion begleiten. Wie aber niemand bei rechter Wahrnehmung seiner Pflichten zwei Herren dienen kann, so wird das Nebeneinanderbestehen zweier Handhabungen zur Folge haben, daß eine in den Vordergrund tritt und zwar die am häufigsten ausgeübte, denn die vermehrte Übung wird sich wahrscheinlich auf die Nachkommen vererben und dadurch generationsweise Steigerung erfahren. Angenommen also, es sei die vorläufige Nebenfunktion allmählich gepflegt worden, so wird sie mehr und mehr die einstige Hauptverrichtung zurückdrängen, bis sie zur Alleinherrschaft gelangt ist, und damit eine einheitliche, gegen früher ganz andersartige Funktion besteht — der Funktionswechsel ist vollzogen. Mit der physiologischen Änderung gehen meistens auch morphologische Umgestaltungen einher, die in gradweiser Steigerung vererbt werden, aber gleichzeitig jedenfalls der weiteren Einwirkung der natürlichen Zuchtwahl unterliegen. Denn voraussichtlich haben diejenigen Einzelwesen im Daseinskampfe einen Vorsprung und gelangen am ehesten zur Fortpflanzung, welche lebensnotwendige Organe am meisten durch Benutzung stärken.

Der eben niedergelegte Gedankengang möge als Versuch gelten, die Frage nach dem Zustandekommen der mancherlei anziehenden und Erklärungs fordernden Fälle zu beantworten, an welche diese zoologische Plauderei erinnern sollte.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [1906](#)

Autor(en)/Author(s): Jacobi Arnold Friedrich Victor

Artikel/Article: [IX. Über den Funktionswechsel im Tierkörper 1108-1120](#)