

DIE NEUE BREHM - BÜCHEREI

# KOPFFÜSSER (Tintenfische)

von

Professor Dr. Siegfried H. Jaeckel, Berlin

mit 54 Abbildungen



A. ZIEMSEN VERLAG · WITTENBERG LUTHERSTADT · 1957

## Inhaltsübersicht

Einführung . . . . .	3
Körperform und äußere Gliederung . . . . .	4
Die Organsysteme und ihre Funktion . . . . .	9
1. Körperhaut und Leuchtorgane . . . . .	9
2. Schalen und Skelettbildungen der Kopffüßer . . . . .	17
3. Muskeln und Fangarme . . . . .	19
4. Nervensystem und Sinnesorgane . . . . .	22
5. Stoffwechselorgane . . . . .	29
a) Ernährungssystem . . . . .	29
b) Atmungssystem . . . . .	31
c) Kreislaufsystem . . . . .	31
d) Exkretionssystem . . . . .	32
e) Geschlechtsorgane und Regeneration . . . . .	33
Die Lebensweise der Kopffüßer . . . . .	37
1. Ruhe und Bewegung . . . . .	37
2. Wanderungen . . . . .	44
3. Nahrung und Feinde . . . . .	46
4. Fortpflanzung und Entwicklung . . . . .	52
Verbreitung und Lebensraum der Kopffüßer . . . . .	60
Die Kopffüßer der deutschen Meere . . . . .	66
Die Kopffüßer in ihren Beziehungen zum Menschen . . . . .	72
Das System der Kopffüßer . . . . .	75
Bestimmungstabelle deutscher Kopffüßer . . . . .	79
Literatur . . . . .	80

HEFT 190

## Einführung

Zu den Tiergruppen, die den Nichtzoologen so gut wie unbekannt sind, gehören die Tintenfische oder Kopffüßer. Nur selten hat der Binnenländer Gelegenheit, die eine oder andere Art in größeren Aquarien lebend zu sehen, zumal sie lange Transporte schlecht überstehen und meist nicht lange haltbar sind. Auch an den deutschen Meeresküsten wird der Naturfreund oder Badegast sie kaum zu sehen bekommen, wenn auch Kalmare der Gattung *Loligo* nicht selten in die Netze der Berufsfischer geraten.

Seit der volkstümlichen Abhandlung über die Kopffüßer in „Brehms Tierleben“ IV. Auflage (1918) durch G. Grimpe sind fast 40 Jahre vergangen. Wenn auch eine Schilderung schon bekannter Tatsachen nicht vermieden werden kann, so sollen vor allem auch die inzwischen gemachten neuen Erkenntnisse berücksichtigt werden, um dem Leser eine allerdings gedrängte Vorstellung vom Bau und Leben dieser Tiergruppe zu geben.

Der gebräuchliche Name „Tintenfisch“ ist irreführend und sollte ebenso wie „Walfisch“ möglichst vermieden werden. Tintenfische gehören so wenig wie Walfische zu den Fischen. Der Name nimmt Bezug auf die bei schwimmenden Arten, z. B. *Loligo*, — fisch- oder torpedoförmige Gestalt. Vorwiegend kriechende Arten, z. B. *Octopus*, der sogenannte Polyp oder Krake, haben aber durchaus keinen fischförmigen Körper. Viele, jedoch nicht alle Arten der Tintenfische haben die Fähigkeit, ein schwarzes Sekret (Melanin) auszustoßen, die Anlaß zur Namensgebung gewesen ist.

Während die Wale Säugetiere sind, gehören die Tintenfische zu den Weichtieren oder Mollusken. Sie bilden eine zwar nicht artenreiche, aber die höchstentwickelte und interessanteste Klasse dieses Tierstammes.

Tintenfische waren schon den Völkern des Altertums bekannt, und es ist bemerkenswert, daß der griechische Philosoph und Naturforscher Aristoteles (384—322) mehrere der im Mittelmeer lebenden Arten unterschied, — der Name *τεuthis* rührt von ihm her und kommt latinisiert als *teuthis* in vielen zoologischen Namen vor —, und daß manche seiner vielfach als irrtümlich angesehenen Beobachtungen erst im vorigen Jahrhundert wiederentdeckt und bestätigt wurden.

Im Mittelalter wurden die Tintenfische zum Teil zu phantastischen Meeresungeheuern; so berichtet Pontoppidan (1751) von Kraken (achtarmigen Tintenfischen), die die Größe einer kleinen Insel erreichen und ganze Schiffe in die Tiefe ziehen sollten.

Der Begründer unserer anatomischen Kenntnisse über die Tintenfische ist Cuvier (1769—1832), der ihnen den heute noch gültigen

Namen *Cephalopoda* (Kopffüßer)<sup>1)</sup> gab, der ihr wesentliches Merkmal hervorhebt, einen deutlich vom Rumpf abgesetzten Kopf mit den um den Mund stehenden Anhängen, die sowohl zum Fang der Nahrung wie zur Bewegung dienen. Zahlreiche, z. T. sehr bizarr geformte Arten sind in den letzten hundert Jahren durch Tiefsee-Expeditionen bekannt geworden. In bezug auf die Lebensweise sind unsere Kenntnisse allerdings noch recht unvollständig.

Da die Beschreibung der Lebensweise, der Biologie im engeren Sinne, die Kenntnis des Körperbaues voraussetzt, muß dieser und die Funktion der Organe (Physiologie) zunächst besprochen werden. Es ist selbstverständlich unmöglich, im Rahmen dieser Arbeit alle Gattungen oder Familien zu beschreiben. Die Auswahl aus der Vielzahl der Arten muß sich auf die bekanntesten Vertreter beschränken.

Dafür scheinen mir zwei Gattungsvertreter der zehnamigen Kopffüßer, *Sepia*, der „Tintenfisch“ im eigentlichen Sinne, und *Loligo*, der Kalmar, und von den achtarmigen *Octopus*, der Polyp oder Krake, am besten geeignet zu sein. Erst nachdem diese drei Typen für den Leser Gestalt angenommen haben, wird auf *Nautilus* eingegangen, dessen Bau zum Verständnis der fossilen Kopffüßer, die allerdings hier nicht behandelt werden, und des Systems der Kopffüßer nötig ist.

### Körperform und äußere Gliederung

Bei der Beschreibung der Körperform der Cephalopoden gehen wir vom Kalmar (Abb. 1) aus, dem häufigsten Vertreter der Klasse in der Nordsee und westlichen Ostsee. Der Körper zeigt eine deutliche Teilung in den großen, durch die Augen und die Fangarme kenntlichen Kopffuß und den torpedoförmigen Rumpf (Eingeweidesack). Die Fangarme dienen nicht nur zum Nahrungserwerb, sondern bei kriechenden Arten auch zur Ortsbewegung; da sie, wie wir später sehen werden, als Teile des bei den meisten Weichtieren vorhandenen, auf der Bauchseite (Ventralseite) liegenden Fußes angesehen werden müssen, wird dieser ganze Körperteil als Kopffuß bezeichnet. Alle Tintenfische sind bilateral-symmetrisch gebaut im Gegensatz zu den Schnecken, der artenreichsten Klasse der Weichtiere, die asymmetrisch gebaut sind. Ihre Asymmetrie macht sich ja meist schon an der spiralig gedrehten Schale bemerkbar. Zweiseitig symmetrisch sind auch alle Muscheln, die dritte große Klasse der Mollusken, aber sie haben keinen Kopf und eine zweiklappige Schale.

Wie bei allen Tieren bezeichnet der Kopf auch bei den Kopffüßern das Vorderende des Tieres, obwohl es bei der später genauer zu besprechenden schwimmenden Bewegung meist hinten im Sinne der Bewegungsrichtung liegt. Bei einem in dieser Körperlage befindlichen Kopffüßer besteht über die Unterscheidung der meist dunkler gefärb-

<sup>1)</sup> κεφαλή = Kopf, ποδος, ποδος = Fuß.

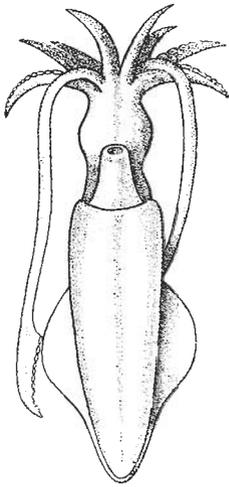


Abb. 1. Kalmar (*Loligo vulgaris*) Lam. Bauchseite mit dem Trichter aus H. Hoffmann „Mollusca“ in „Handbuch der Biologie“.

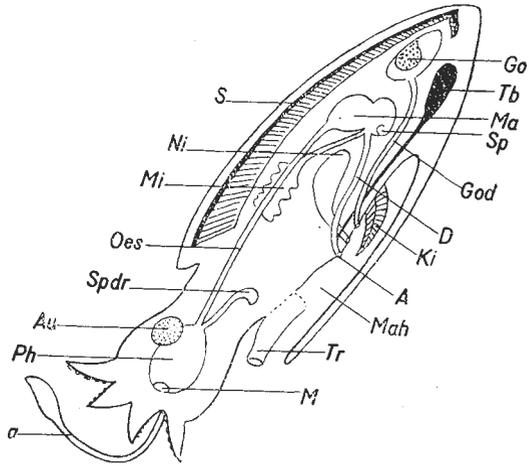


Abb. 2. *Sepia*, morphologisch orientiert. Aus Hoffmann.

- |                                     |                            |
|-------------------------------------|----------------------------|
| A = After                           | Mah = Mantelhöhle          |
| a = Arme                            | Mi = Mitteldarmdrüse       |
| Au = Auge                           | Ni = Niere                 |
| D = Darm                            | Oes = Speiseröhre          |
| Go = Gonade                         | Ph = Schlundkopf           |
| God = Ausführungsgang der<br>Gonade | S = Schale (Schulpe)       |
| Ki = Kieme                          | Sp = Spiralcoecum am Magen |
| M = Mundöffnung                     | Spdr = Speicheldrüse       |
| Ma = Magen                          | Tb = Tintenbeutel          |
|                                     | Tr = Trichter              |

ten Rücken(Dorsal)seite und der helleren Bauch(Ventral)seite kein Zweifel. Sie ist aber vor allem an dem Vorhandensein eines konischen Muskelrohres, des Trichters, kenntlich, der die Bewegung nach dem Prinzip des Rückstoßes (s. S. 9) bewirkt. Er ist ein für alle Kopffüßer bezeichnendes Organ. Außerdem liegt auf der Ventralseite der Kopffüßer eine Hautfalte, der Mantel, zwischen ihm und dem Rumpf die Mantelhöhle (Kiemenhöhle), die uns noch später (s. S. 8) beschäftigen wird. Damit ist die physiologische, d. h. funktionelle Orientierung des Körpers gegeben.

Wenn wir den Körper eines Kopffüßers mit dem einer Schnecke vergleichen wollen, müssen wir, wie es Leuckart angegeben hat, eine andere, morphologische Orientierung anwenden. Sie wird durch die Abb. 2 verständlich. Die eigentliche Bauchseite besteht aus dem Körperteil zwischen Mund und After und umfaßt den Mund, die Arme, den Trichter und After. Der verbleibende Teil der physiologischen Unterseite ist die Hinterseite des Eingeweidetasches.

Nach dieser allgemeinen Orientierung betrachten wir die äußerlich sichtbaren Körperteile etwas genauer, ehe der innere Bau besprochen werden kann.

Der Kopffuß ist der Träger der Sinnesorgane (Augen, Riechgrube) (s. Sinnesorgane S. 23 ff) und enthält den Mund und den Vorderdarm. Um die Mundöffnung, in der die schwarzen Kiefer meist z. T. sichtbar sind, liegen kranzförmig die Arme, muskulöse, sehr bewegliche und dehnbare Gebilde, die entweder in der Zehnzahl (Zehnarmer, *Decapoda*, besser *Decabrachia*) oder Achtzahl (*Octopoda*, *Octobrachia*) vorhanden sind. Sie sind das auffallendste Merkmal aller Kopffüßer. Die Arme und der Trichter entsprechen dem Fuß der anderen Weichtiere. Diese Gleichstellung ist durch zwei Tatsachen wohl begründet.

- 1) Die Versorgung mit Nerven geschieht vom Fuß-(Pedal-)Ganglion (Ganglion = Nervenknoten) und vom Arm-(Brachial-)Ganglion, das von ihm abgegliedert ist.
- 2) In der Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden liegen die Arme ursprünglich nicht um den Mund, sondern hinter ihm auf der Bauchseite zwischen Mund und After jederseits in einer Reihe. Erst allmählich wachsen sie um den Mund herum nach vorn.

An den Armen fallen die auf der zum Mund hingerichteten Seite liegenden Saugnäpfe auf, die bei den Octobrachiern sitzend und radiär gebaut, bei den Decabrachiern gestielt und meist bilateral-symmetrisch sind. Außerdem haben sie bei letzteren einen meist am Rand gezähnten Keratochitinring. Bei manchen Decabrachiern bilden sich diese Ringe zu einem kräftigen Haken um, z. B. bei *Onychoteuthis* (Abb. 23).

Zum Festhalten weichhäutiger Tiere scheinen die Haken geeigneter zu sein, zum Ansaugen an hartschalige Beute die Saugnäpfe. Zwei Fangarme sind bei derselben Gruppe von Kopffüßern, — also den Zehnarmligen — zu Tentakeln verlängert, die aus einem mehr oder weniger langen Stiel und einer mit Saugnäpfen bzw. Haken versehenen Endkeule

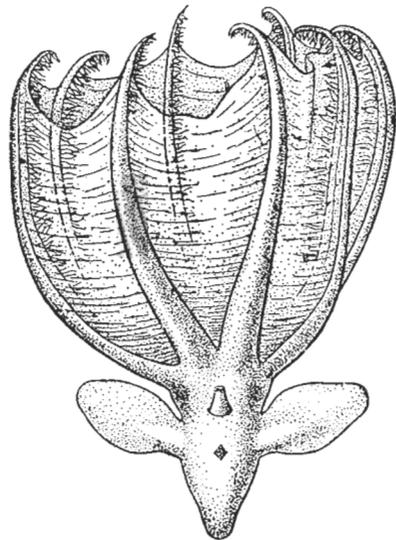


Abb. 3. *Cirrothauma murrayi* Chun. Blindertiefsee-Kopffüßer mit großem Velum, Cirren, kleinem Trichter und großen Flossen. Nord-Atlantik, etwa 2300m Tiefe. Nach Thiele. Etwa  $\frac{1}{2}$  n. Gr.

bestehen. Die Tentakel sind bei manchen Arten, z. B. bei den Cranchiden sehr lang, die Arme dagegen sehr klein, bei einigen Gattungen, z. B. bei *Octopodoteuthis* (Abb. 51, s. System), bilden sich die in der Jugend vorhandenen Tentakel später zurück, so daß diese Arten sekundär nur acht Arme haben. Leider ist über den Beutefang dieser aberranten Formen noch nichts bekannt. Es ist aber anzunehmen, daß morphologische Besonderheiten auch in dieser Tiergruppe mit solchen der Lebensweise zusammenhängen.

Die Arme stehen paarweise; das dorsale Paar wird als erstes gezählt, das ventrale als 4. Zwischen 3. und 4. Paar stehen die Fangtentakel der Decabrachier, die bei einem Teil derselben, den Myopsiden (s. S. 25) in Taschen zurückziehbar sind. Sie können wie ein Lasso auf die Beute geworfen werden. Die zehnmügigen Kopffüßer besitzen einen zweiten, zwischen dem Mund und der Basis der Arme befindlichen Armkranz, den Bukkaltrichter (Mundmembran), dessen freie Zipfel noch Saugnäpfe haben können. Er ist mit den eigentlichen Armen mit Pfeilern — entweder 8 oder durch Verwachsung 7 — verbunden. Dieser Bukkaltrichter ist insofern interessant, als bei dem später zu besprechenden *Nautilus*, einer primitiven Form, zwei Armkränze vorhanden sind.

Häufig finden sich an den Kopfarmen Hautsäume, besonders bei Octobrachiern, die sich mehr oder weniger weit zwischen den Armen ausbreiten und so ein Velum oder Umbrella bilden (s. Abb. 7), das sehr wahrscheinlich bei der Bewegung durch Rückstoß hilft und wohl auch die Beute einhüllt. Bei Gattungen mit relativ kleinem Trichter, z. B. bei *Cirrothauma* (Abb. 3) und *Opisthotenthis* (Abb. 38) ist das Velum besonders stark ausgebildet und scheint stellvertretend die Funktion des Trichters zu ersetzen. Der Rumpf (Eingeweidesack) ist häufig durch eine den Nacken (Hals) bildende Einschnürung mit dem Kopffuß verbunden. Wie vorher schon angedeutet, kann seine Form innerhalb der einzelnen Gattungen und Familien recht verschieden sein, extrem lang und zugespitzt bei vielen Decabrachiern, eiförmig platt bei den Sepien, plump sackförmig bei *Octopus*, *Eledone* usw. Immer dürfte die Form in Beziehung zur Lebensweise stehen, schlank bei Dauerschwimmern (Abb. 1), eiförmig bis kurz bei sich in den Boden einwühlenden Arten (*Sepia*, *Sepiola* Abb. 4, 5), plump bei auf dem Boden kriechenden Arten.

Der Eingeweidesack zeigt auf der physiologischen Rückenseite keine Besonderheiten. Der Rumpf wird vom Mantel umschlossen, einer Haut, die bei den Weichtieren die für sie zwar bezeichnende, aber nicht immer vorhandene Schale bildet. Bei allen Kopffüßern, außer bei *Nautilus*, fehlt eine äußere Schale. Sie ist rückgebildet (bei den allermeisten Decabrachiern) oder fehlt sogar ganz bei manchen Octobrachiern. Die als *Os sepiae* bekannte Schale von *Sepia* liegt vom Mantel überwachsen und dadurch ins Innere verlagert auf der Dorsalseite. Ihr Bau wird später besprochen (s. S. 19). Auf der physiologischen Unterseite (Abb. 1) ist allgemein der Mantel durch Einlagerung von Muskeln zu einem vom

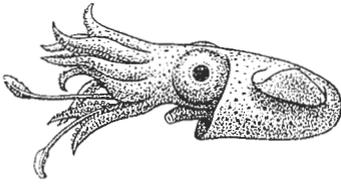


Abb. 4. *Sepiolo atlantica* Orbigny.  
Original. Etwa n. Gr.

- O = Mund
- Bc = Bukkaltrichter
- Gr u. Kn = Grube und Knopf  
des Mantelverschluss-  
apparates
- Mg = Mantelganglion
- A = After
- Nö = Nierenöffnung
- Ovö = Mündung des Eileiters
- Ki = Kieme
- Kidr = Kiemenbanddrüse
- akz. Ni = akzessorische Nidamen-  
taldrüse
- Ni = Nidamentaldrüse
- Tb = Tintenbeutel
- Mh = Mantelhöhle
- Sch = Schnittfläche des Mantels

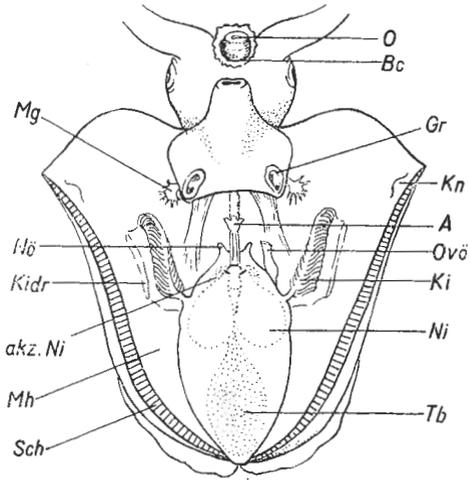


Abb. 5. *Sepia officinalis* L., Weibchen.  
Kopfarme entfernt, Bauchseite geöffnet.  
Aus K ü k e n t h a l.

Eingeweidetasche getrennten Muskelmantel ausgebildet. Zwischen ihm und jenem entsteht so die Mantelhöhle mit den Kammkiemen, dem After, den Öffnungen der Nieren und Geschlechtsorgane. Nach vorn, dem Kopf zu, öffnet sie sich mit der Mantelspalte. An den Seiten des Rumpfes bildet der Mantel bei den Decabrachiern — bei den Octobrachiern nur bei einigen Formen — Falten, die als Flossen bezeichnet werden. Nach ihrer Lage an den Seiten des Rumpfes oder an seinem Ende werden sie Lateral- bzw. Terminalflossen genannt. Ihre Funktion wird später im Abschnitt über die Bewegung der Cephalopoden besprochen.

In der Mantelhöhle ist mit kräftigen Muskeln der Trichter befestigt, dessen vorderes Ende auf dem Halsteil bzw. in einer Grube desselben liegt. Bei den Decabrachiern wird das Einströmen von Wasser durch eine Trichter-Klappe verhindert. Diese fast allen achtarmigen Arten fehlende Einrichtung dürfte mit der stärkeren Beanspruchung des Trichters beim Schwimmen zusammenhängen. Eine im Trichter liegende Drüse scheint der Fußdrüse anderer Weichtiere gleichwertig zu sein. Seitlich vom Trichter liegen die Trichtertaschen. Die große Beweglichkeit des Trichters wird außer durch seinen Aufbau aus Muskeln auch durch eine Gleitverbindung zwischen ihm und dem Mantel, der Trichterhafte, bewirkt. Auch Hals und Mantel sind oft gleitend miteinander verbunden. Vielfach, besonders bei guten Schwimmern, ist endlich noch der freie Mantelrand durch einen Mantelschließapparat mit dem Trichter verbunden, wobei knorpelige Knöpfe des Mantels nach dem Prinzip

des Druckknopfes in entsprechende Gruben der Trichterbasis passen (Abb. 5). Der Trichter ist ein wesentliches Organ der Kopffüßer, das mehrere Funktionen hat. Durch ihn werden das verbrauchte Atemwasser und der Kot, Exkrete der Nieren und die Geschlechtsprodukte sowie das Exkret des Tintenbeutels entleert. Vor allem aber dient er der Ortsbewegung, und zwar auf folgende Weise: Bei Erweiterung der Mantelhöhle tritt Wasser in sie ein. Wird dieses unter Verschluss der Mantelhöhle durch den allein als Ausweg dienenden Trichter ruckweise ausgestoßen, so wird nach dem Rückstoßprinzip, man könnte auch sagen Raketenprinzip, das Tier mit dem Hinterende voran durch das Wasser getrieben. Das ist die normale Weise bei schneller Bewegung. Die große Beweglichkeit des Trichters auch nach hinten und nach der Seite erlaubt aber auch Schwimmen nach vorn oder seitlich.

Wie sich ein im Verhältnis zum Tier sehr kleiner Trichter (bei den Cirroteuthiden) oder die Verwachsung der Mantelspalte (bei *Chunioteuthis*) physiologisch auswirkt, ist unbekannt.

### Die Organsysteme der Kopffüßer und ihre Funktion

Die bisherige Schilderung sollte eine allgemeine Vorstellung von der äußeren Erscheinung der Cephalopoden geben. Sie beschränkte sich auf die Feststellung der wesentlichen Merkmale. Es sollen nun die einzelnen Organsysteme und ihre Funktion besprochen werden, wiederum mit besonderer Berücksichtigung von *Sepia*, *Loligo* und *Octopus*.

#### 1. Körperhaut und Leuchtorgane

Die Haut besteht aus einer einschichtigen Oberhaut (Epidermis) mit eingelagerten Drüsen und einer straffaserigen, bei manchen Arten aber gallertigen Lederhaut (Cutis). Nach A b e l, der sich eingehend mit den Beziehungen zwischen Körperform und Bau zur Lebensweise der Kopffüßer beschäftigt hat, ist anzunehmen, daß gallertige, also stark wasserhaltige Verquellung der Haut und Muskeln für eine planktonische Lebensweise in der Hochsee und allgemein in der Tiefsee spricht.

Die Cephalopoden sind bekannt durch ihren Farbwechsel, der bei vielen Arten die Beschreibung ihrer Färbung kompliziert. Er beruht auf einer nur bei ihnen vorkommenden Beschaffenheit der Farbstoffträger (Chromatophoren Abb. 6, 8). Sie bestehen aus einer den Farbstoff enthaltenden Zelle, die von einem Strahlenkranz von wenigen (4) bis vielen (24) Muskelfasern enthaltenden Fibrillen umgeben ist. Im Ruhezustand ist der Farbstoff auf kleinstem Raum zusammengeballt. Nervenfasern, die an diesen Muskelfasern ansetzen und deren Ganglien im Zentralnervensystem liegen, bewirken reflektorisch eine Ausdehnung der Farbstoffzellen auf das Doppelte bis 60fache. Wenn die Muskeln erschlaffen, zieht die elastische Zellwand die Farbzelle wieder zusammen. Bei *Sepia* wurden gelbe, orangerote und schwarzrote Chroma-

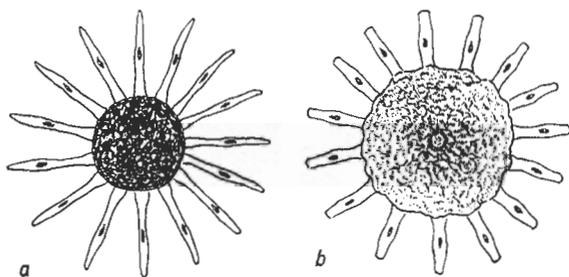


Abb. 6. Farbstoffträger (Chromatophoren), schematisch, stark vergrößert, a) zusammengezogen; b) ausgedehnt. Aus Kästner.

tophoren festgestellt. Durch die nach Körperteilen und Farbkategorien wechselnd erfolgende Wirkung der in verschiedenen Schichten der Haut liegenden Chromatophoren entstehen sehr verschiedene Färbungen. Es läßt sich beobachten, daß die Färbung der Haut den Zustand des Zentralnervensystems widerspiegelt. Dazu kommt noch die Wirkung der in tieferen Schichten der Haut liegenden Flitterzellen (Iridocyten). Sie sind unbeweglich und enthalten sehr dünne Blättchen, die durch Interferenz und Reflexion des auffallenden Lichtes einen Perlmutterglanz erzeugen. Der Farbwechsel kann sehr schnell erfolgen, bei *Sepia* in  $\frac{2}{3}$  Sekunden. Er ist aber nicht nur Ausdruck seelischer Vorgänge (z. B. von Schreck, Furcht oder beim Paarungsspiel), sondern dient zur Anpassung an die Farbe des Untergrundes, wie sie bei Plattfischen (Schollen usw.) bekannt ist (Schutzfärbung).

Die Physiologie des Farbwechsels ist wiederholt untersucht worden. Es zeigt sich, daß ein Zusammenhang besteht zwischen den auf das Auge wirkenden Lichtreizen und den von den Saugnäpfen der Fangarme ausgehenden Berührungsreizen. Ein geblendeter *Octopus* nimmt auf Sandgrund eine feine Tüpfelung, auf Kies und Muschelschalen eine grobe Fleckung der Haut an. Da bei diesem Versuch das Auge nicht mehr funktionsfähig ist, müssen taktile Reize des Untergrundes über die Saugnäpfe ins Zentralnervensystem übertragen worden sein. Ein *Octopus*, dessen sämtliche Arme amputiert worden sind, verliert die Fähigkeit zum Farbwechsel, die bei Erhaltung eines Armes erhalten bleibt. Experimentell läßt sich auch jede Farbzelle und Fibrille direkt reizen. Das am Augennerv liegende Ganglion pedunculi ist entscheidend am Farbwechsel beteiligt, wie schon früher angenommen und von Boycott festgestellt wurde. Nach ihm liegen die Zentren für den Farbwechsel in vier Lappen des unter dem Schlund liegenden Gehirnteils und zwei ihnen übergeordneten des über dem Schlund gelegenen Gehirnteils. Sie sind unter sich und mit den Augen und Armganglien verbunden. Jeder Lappen versorgt die Chromatophoren der zugehörigen Seite. Boycott konnte auch nachweisen, daß bei Arten mit weniger ausgeprägtem Farbwechsel (z. B. bei *Loligo* und *Argonauta*) die hinteren unteren Lap-

pen kleiner und weniger differenziert sind. Auf den Farbwechsel wird später noch eingegangen werden (s. Liebespiel und Anpassung an den Boden). Allgemein läßt sich Anpassungs- u. Erregungsfarbwechsel unterscheiden.

In manchen Fällen läßt die Färbung Schlüsse auf die Lebensweise zu. Wasserklar durchsichtige Arten, z. B. *Crystalloteuthis*, *Grimalditeuthis*, (s. System), bewohnen die helle, durchleuchtete obere Wasserschicht. In der Tiefsee lebende Arten sind entweder schwarz (*Vampyroteuthis* [Abb. 7], *Melanoteuthis*), braun (*Cranchia scabra*, Abb. 11), braun-violett (*Ophisthoteuthis*, Abb. 38) oder rot (*Calliteuthis*, [Abb. 9], *Mastigoteuthis* [Abb. 52], *Benthoctopus*). Da unterhalb 200 m Tiefe rote Lichtstrahlen verschluckt werden, erscheinen rote Tiere schwarz. Es handelt sich also um Schutzfärbung. Farblos ist der blinde Tiefsee-Tintenfisch *Cirrothauma* (Abb. 3). Bei manchen Cranchiiden, z. B. bei *Taonius*, werden Endprodukte des Stoffwechsels als rote und grüne Farbstoffe auf der Leber abgelagert. Chromatophoren werden auch von Tiefsee-Arten gebildet.

Im Anschluß sollen die Leuchtorgane besprochen werden, da sie nicht nur meist in der Haut liegen, sondern auch aus Hautdrüsen entstanden sein dürften<sup>1)</sup>. Das tierische Leuchten im engeren Sinne ist ein als Bioluminescenz bezeichneter Lebensvorgang, genauer gesagt die Erzeugung des Leuchtstoffes. Da getrockneter Leuchtstoff durch Anfeuchten mit Wasser wieder zum Leuchten gebracht werden kann, ist das Leuchten selbst nicht an das Leben gebunden. Notwendig ist das Vorhandensein von Sauerstoff. Ein von dem leuchtenden Lebewesen selbst oder von leuchtenden Bakterien, die mit einem Wirtstier in Symbiose leben (Lechtsymbiose), gebildeter Stoff, das Luciferin, zu dessen Entstehung das Ferment Photogenase nötig ist, wird durch ein zweites Ferment, die Luciferase, und molekulären Sauerstoff zum Leuchten gebracht. Das entstehende Licht ist ein kaltes Licht. R. H e s s e („Tierbau und Tierleben“ S. 58) schreibt: „Während bei unserem künstlichen Licht nur 4% der Energie als Lichtstrahlen, 96% als Wärmestrahlen frei werden, besteht das Licht der Leuchttiere zu 80—93% aus Lichtstrahlen“.

Die bei den Tintenfischen sehr oft kompliziert gebauten Leuchtorgane liegen meist in der Haut, besonders um die Augen, auf der Unterseite des Körpers, an den Fangarmen, sind bisweilen aber in die Mantelhöhle hinein verlagert. Die Farben können sehr verschieden sein — weiß, rot, blau, grünlich. Eins der schönsten Beispiele ist *Lycoteuthis diadema* C h u n (Abb. 12), den C h u n wie folgt schildert: „Man glaubte, daß der Körper mit einem Diadem bunter Edelsteine besetzt sei: — das mittelste der Augenorgane glänzte ultramarinblau und die seitlichen wiesen Perlmuttglanz auf; von den Organen auf der Bauchseite erstrahlten die vorderen in rubinrotem Glanz, während die hinteren schneeweiß oder

<sup>1)</sup> Um Wiederholungen zu vermeiden, verweise ich auf die folgenden Hefte: Gruner, Dr. H.-E. (1954): Leuchtende Tiere. Die Neue Brehm-Bücherei H. 141; Jaeckel, Dr. Siegfried H. (1955): Bau und Lebensweise der Tiefsee-Mollusken. Die Neue Brehm-Bücherei H. 148.

perlmutterfarben waren mit Ausnahme des mittelsten, das einen himmelblauen Ton auswies. Es war eine Pracht." Die gleiche Art ist auch ein Beispiel für das Vorhandensein von Leuchtorganen verschiedenen Baues bei der gleichen Art. Die 24 Leuchtorgane sind bei ihr nach zehn verschiedenen Typen gebaut. Die an sich befremdliche Lage mancher Leuchtorgane in der Mantelhöhle ist durch die Durchsichtigkeit des Mantels der betreffenden Arten verständlich. Pütter sucht die auffallend häufige Lage der Leuchtorgane um die Augen mit der Annahme zu erklären, daß sie mit ihrem Licht die Reizschwelle für die Aufnahme der schwachen Lichteffekte der Tiefsee erniedrigen.

Der wesentliche Bestandteil der Leuchtorgane ist der Leuchtkörper, der entweder aus deutlich gesonderten Zellen oder aus einer Plasmamasse mit eingestreuten Kernen besteht. Meist kommen dazu Nebenapparate, so eine Pigmenthülle, eine das Licht reflektierende Schicht (Tapetum), bisweilen besondere Reflektoren zwischen Leuchtkörper und Pigmenthülle, endlich meist eine gleichfalls aus Zellen entstandene Linse (Abb. 13). Farbstoffzellen im Tapetum oder in der Linse bewirken die verschiedenen Farben der Leuchtorgane. Wir haben sogar Grund zu der Annahme, daß letztere beliebig ein- und ausgeschaltet werden können.

Bei den leuchtenden Cephalopoden lassen sich zwei Gruppen unterscheiden, solche, die aus eigenen Kräften diese Fähigkeit haben, und andere, die in Symbiose mit Leuchtbakterien leben. Zur ersten Gruppe gehören die Tiefsee-Kopffüßer. Nach Berry (1920) waren es 91 Arten. Diese Zahl dürfte sich inzwischen auf etwa 110 vermehrt haben. Leuchtorgane besitzen fast 50% der Decabrachier und 2% der Octobrachier. Darunter befinden sich auch die wenigen (etwa 10) Arten leuchtender Octobrachier aus den Gattungen *Vampyroteuthis*, *Melanoteuthis*, *Retroteuthis*, *Hansenoteuthis* und vermutlich auch *Cirrothauma murrayi*. Die Saugnäpfe sind bei dieser Art so umgestaltet, daß sie als Fangorgane nicht mehr dienen können. Wenn sie aber Licht erzeugen, so könnte es dieser einzigen bisher bekannten blinden Art insofern nützen, als es vielleicht Beutetiere anlockt. Für diese Annahme spricht auch, daß bei manchen Arten Leuchtorgane auf den Fangarmen liegen, z. B. bei *Nematolampas regalis*, der über 90 Leuchtorgane von 12 bis 13 verschiedenen Bautypen besitzt. Die Leuchtorgane der ersten Gruppe, zu denen außer den oben genannten Octobrachiern die vor allem in der Tiefsee lebenden Oegopsiden (s. S. 25) gehören, sind geschlossen. Bei der zweiten Gruppe mit Leuchtorganen, den Myopsiden (s. S. 25), die vorwiegend die Flachsee bewohnen, sind die Leuchtorgane offen, stehen also mit dem Meerwasser in Verbindung (Abb. 14). Die Leuchtbakterien werden durch einen der Infektion ähnlichen Vorgang aus dem Meerwasser von den Jungtieren aufgenommen. Die Annahme, daß die Übertragung schon bei der Eiablage vom Muttertier aus erfolgt, konnte nicht bestätigt werden. Embryonen waren in bezug auf Leuchtbakterien zuerst keim-

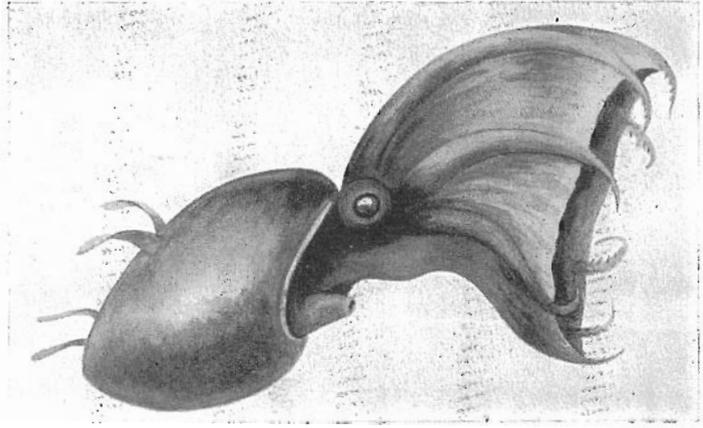


Abb. 7. *Vampyroteuthis infernalis* Chun. Atlantik, Indopazifik, 1000—2500 m. Man sieht das die Arme verbindende Velum (Umbrella), an den Armenden Cirren, den Trichter und 2 Paar Flossen. Nach Thiele. Etwa nat. Gr.

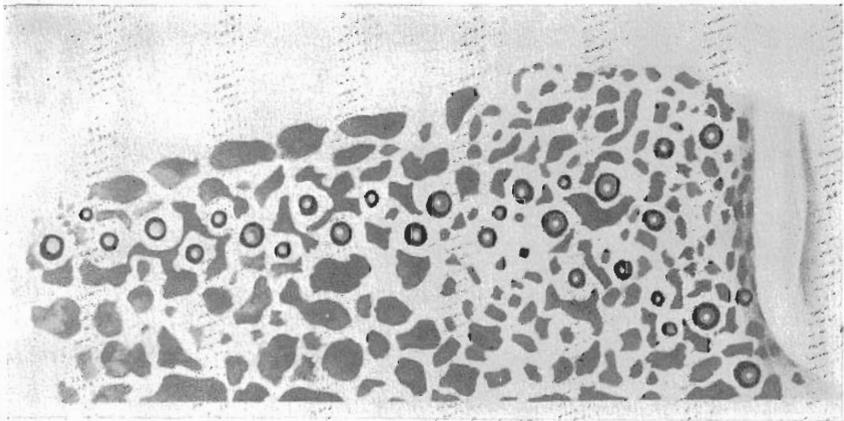


Abb. 8. Chromatophoren und Leuchtorgane in der Haut von *Abraliopsis morisii* (Verany). Stark vergrößert. Nach Chun.

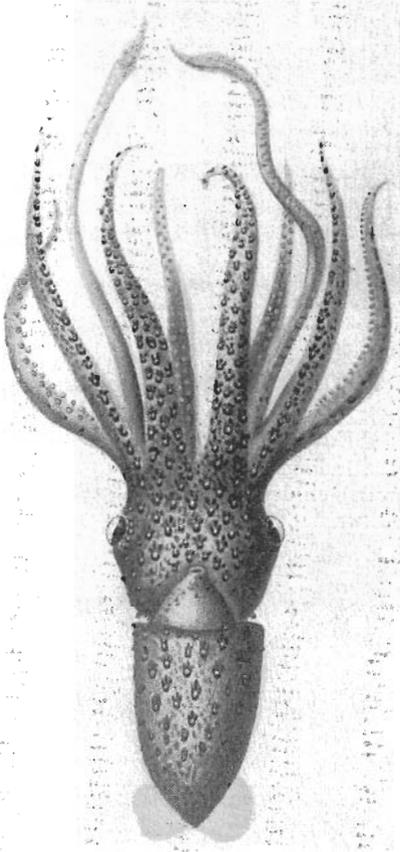


Abb. 9. *Calliteuthis boylei* Goodrich. Bauchseite, in der Haut zahlreiche Chromatophoren. Indischer Ozean, bis 2000 m tief. 2 : 1. Aus Ch u n.

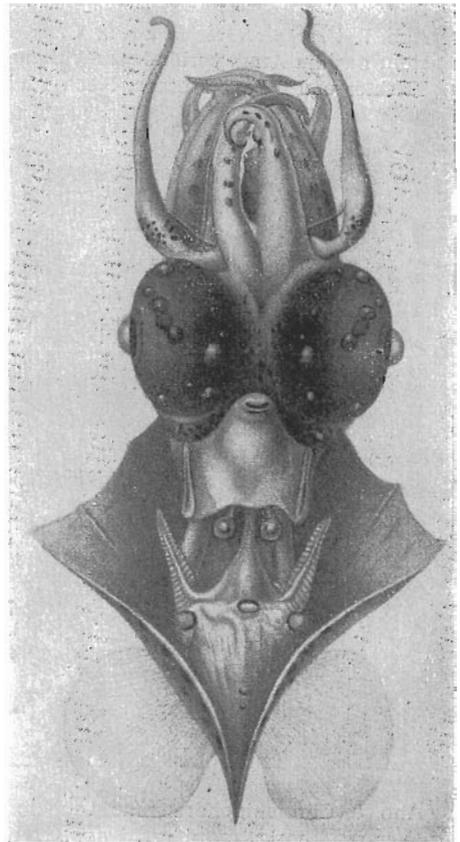


Abb 10. *Pterygioteuthis giardi* H. Fischer. Männchen, Mantelhöhle geöffnet. Leuchtorgane um die Augen und in der Mantelhöhle. Hectocotylus. Indischer Ozean, bis 2500 m Tiefe. Etwa 4:1. Aus Ch u n.