

Tintenfische – ihre Präparation und mikroskopische Untersuchung

III. Querschnitte verschiedener Körperregionen; Chromatophoren; Embryonalentwicklung

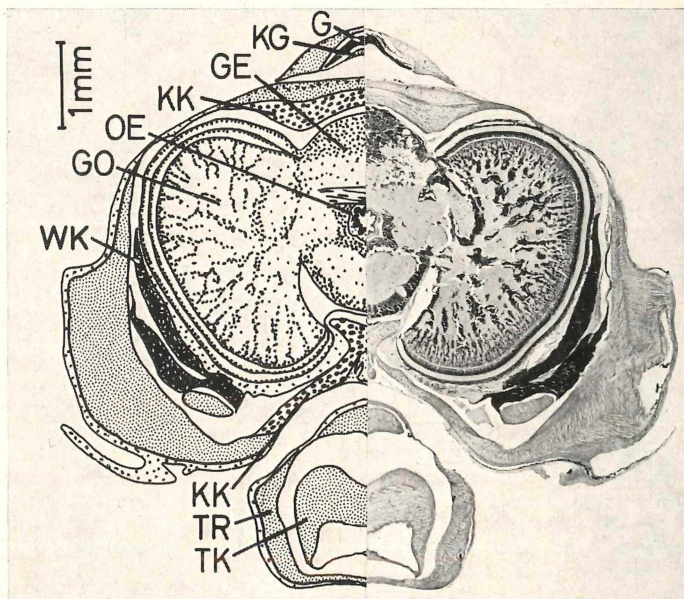
Da nicht alle Organe der tiefgefrorenen Tintenfische so gut erhalten sind, daß sich histologische Schnitte lohnen, empfehle ich für eine weiterführende Untersuchung gut fixierte Tiere, z. B. von *Alloteuthis subulata* (zu erhalten bei der Biologischen Anstalt Helgoland). Diese Tiere eignen sich wegen ihrer geringeren Größe zugleich besser für Schnittserien, sind im übrigen aber ziemlich ähnlich gebaut wie der bisher behandelte *Loligo*. Auf einer solchen, mit dem Mikrotom hergestellten und zweckentsprechend gefärbten Schnittserie lassen sich die bei der Präparation erlangten Kenntnisse erhärten und vervollständigen sowie zugleich die Feinstrukturen der Organe untersuchen. Andererseits ist die Interpretation von Schnittserien ohne vorherige Präparation (zumindest einer verwandten Art) außerordentlich schwierig, weshalb die Präparation in entsprechender Ausführlichkeit auch in dieser Serie vorangestellt

wurde. Daher können nun einige typische Übersichtsquerschnitte durch verschiedene Körperregionen (zur Augenregion s. Bild 6a, Teil I) mit den jeweiligen schematischen Darstellungen und Beschriftungen ohne weiteren Kommentar verstanden werden (s. Bild 1—5).

Dagegen soll ein anderes, für die Cephalopoden charakteristisches Phänomen etwas ausführlicher gestreift werden: Schon seit ARISTOTELES ist die Fähigkeit der Tintenfische bekannt, ihre Farbe zu wechseln. Sie können sie dem Untergrund anpassen oder sie als Ausdruck verschiedenartiger Erregung ändern und verschiedene Farbmuster (z. B. eine Balzstreifung bei *Sepia*) ausbilden. Sie beruht auf dem Vorhandensein von sog. Chromatophoren, also Farbstoff enthaltenden Zellen, die unter der Epidermis in der bindegewebigen Cutis liegen. Durch Kontraktion bzw. Erschlaffung ringsum ansitzender Muskelzellen

Bild 1—5: Querschnitte durch ein Weibchen von *Alloteuthis*; linke Hälfte schematisch, rechte Hälfte fotografiert nach Hämalaun-Eosin gefärbten Schnittpräparaten.

Bild 1: Schnitt durch die Gehirn- und Augenganglienregion, unmittelbar hinter der Augenregion (s. Teil I, Bild 6 a). G Gladius; GE Gehirn; GO Augenganglion, Ganglion opticum; KG Knorpelwiderlager des Gladius; KK Kopfknochen; OE Speiseröhre, Ösophagus; TR Trichter; WK Weißer Körper.



Teil I: „Äußerer Bau; Saugnapfe, Radula, Auge“ erschien in *MIKROKOSMOS* 59, H. 5, S. 142—147 und Teil II: „Innere Organisation von Männchen und Weibchen; Spermatophoren, Schale“ in *MIKROKOSMOS* 59, H. 6, S. 171 bis 177, 1970.

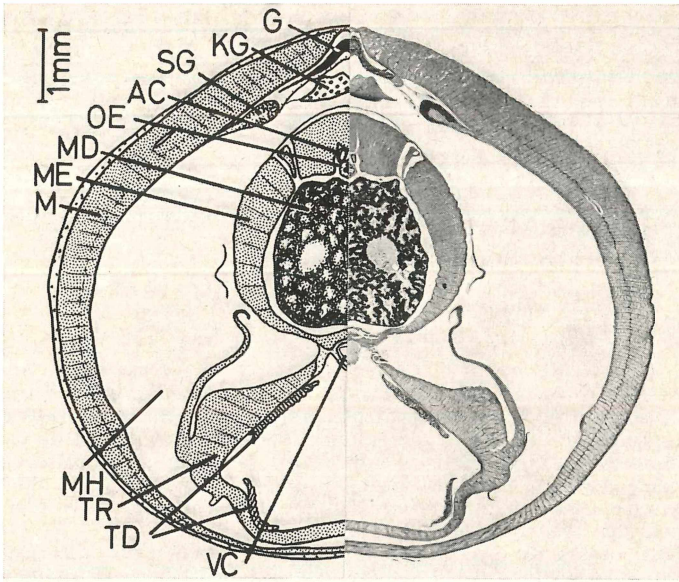


Bild 2: Schnitt durch die Trichterregion von *Alloteuthis*. AC Kopffarterie, Aorta cephalica; G Gladius; KG Knorpelwiderlager des Gladius; M Mantel; MD Mitteldarmdrüse; ME Muskulatur des Eingeweidessacks; MH Mantelhöhle; OE Speiseröhre, Ösophagus; SG Mantelganglion, Stellarganglion; TD Trichterdrüse; TR Trichter; VC Kopfvene, Vena cava.

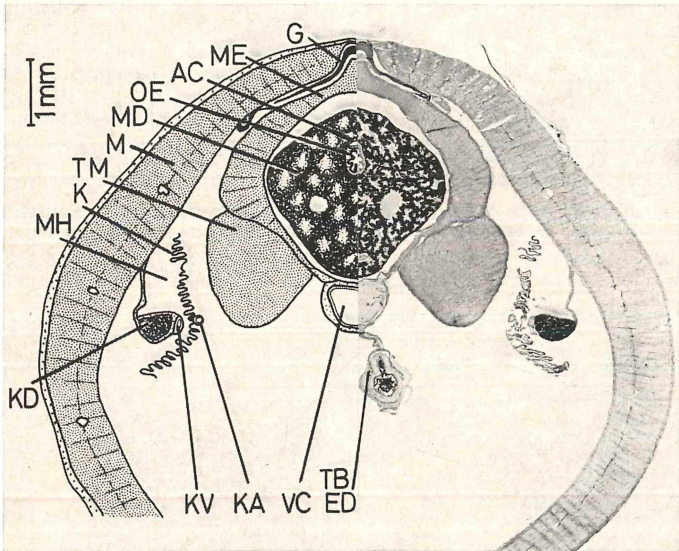


Bild 3: Schnitt durch die Enddarmregion von *Alloteuthis*. AC Kopffarterie; ED Enddarm; G Gladius; K Kammkieme; KA Kiemenarterie; KD Kiemensbanddrüse; KV Kiemenvene; M Mantel; MD Mitteldarmdrüse; ME Muskulatur des Eingeweidessacks; MH Mantelhöhle; OE Speiseröhre, Ösophagus; TB Tintenbeutel (-ausführgang); TM Trichterückziehmuskel; VC Kopfvene, Vena cava.

können sie im Bruchteil einer Sekunde bis auf das 60fache ihrer Fläche expandiert werden oder sich durch ihre Eigenelastizität kontrahieren (s. Bild 6). Diese Vorgänge werden direkt vom Zentralnervensystem gesteuert. Die verschiedene Ausdehnung der drei Arten von Chromatophoren, unterstützt von darunterliegenden und als Reflektoren wirkenden Zellen, den Iridozyten, führt zu einem unterschiedlichen Farb-Gesamteindruck bestimmter Bereiche oder des gesamten Tieres. Zum Problem Farbwechsel und Farbensinn siehe KÜHN (1950). Interessant ist, daß sich Chromatophoren auch noch am frisch-toten Tier oder

an abgetrennten Teilen aktiv verändern können, und daß gerade kurz vor dem Absterben der Zellen geradezu ein Feuerwerk von Kontraktionen und Expansionen stattfindet, wie an entsprechend alten, das heißt mehrere Stunden toten Tintenfischen auf den Fischmärkten im Mittelmeergebiet z. B. gut zu beobachten ist. Aber auch an dem tiefgefrorenen Material können die Chromatophoren noch unter dem Mikroskop untersucht werden, wenngleich gerade die *Loligo*-Arten (z. B. gegenüber *Sepia*) relativ wenig Chromatophoren aufweisen. Man trennt zu diesem Zweck von einem frisch aufgetauten Tier ein Stück-

chen der dünnen und leicht abziehbaren, durchsichtigen Epidermis und dann der über der Muskulatur liegenden, die Chromatophoren enthaltenden Bindegewebsschicht ab. Bei der Untersuchung in Wasser oder Glycerin erkennt man drei Chromatophorenarten: solche mit braun-schwarzem, mit rotem und mit gelbem Inhalt. An den einzelnen, zum Teil sternförmig expandierten Zellen sieht man bei stärkerer Abbildung manchmal sogar die ringsum ansitzenden Muskelzellen. Man kann von den Chromatophoren ein Dauerpräparat herstellen, indem das Häutchen in ausgespanntem Zustand kurz in Formol fixiert, ungefärbt oder in einem Kernfarbstoff (z. B. Boraxkarmin) gefärbt über die aufsteigende Alkoholreihe entwässert und in Harz eingebettet wird.

Zum Abschluß der vorliegenden Tintenfisch-Untersuchungen soll noch ein Blick auf die Embryonalentwicklung der Tiere geworfen werden. Nach stärkeren Sturmfluten finden sich im Frühsommer an der Nordsee-Küste z. B. hin und wieder die Laichballen von *Loligo vulgaris* oder *Alloteuthis subulata* angespült, die in manchen Fällen nach Aufbewahrung in viel kühlem Meerwasser sogar die Jungtiere entlassen. Frühe Stadien wird man kaum bis zum Schlüpfen durchbringen, und es ist empfehlenswert, sie daher sofort frisch zu untersuchen oder zu fixieren. In jedem Fall kann man von der Biologischen Anstalt Helgoland fixierte Laichtrauben von *Alloteuthis subulata* bekommen; in einer Portion sind verschiedene weit entwickelte Stadien, die also z. T. aus mehreren Gelegen stammen; auch winzige, frisch geschlüpfte Tiere können von dort fixiert be-

zogen werden. Die aus den Laichschnüren mit zwei spitzen Pinzetten leicht herauszubräparierenden Embryonen lassen sich entweder in Wasser oder Glycerin untersuchen, oder ungefärbt bzw. gefärbt (z. B. mit Boraxkarmin) zu Dauerpräparaten verarbeiten.

Die Eier der Tintenfische sind sehr dotterreich; daher schnüren sie sich bei der Entwicklung, im Gegensatz zu den übrigen Mollusken mit einer im allgemeinen totalen Spiralfurchung, nicht völlig durch. Es bildet sich durch eine sogenannte diskoidale Furchung nur eine oberflächliche, einschichtige Keimscheibe aus. Sie sitzt der Dotterkugel zunächst kappenförmig auf und umwächst sie dann je nach Tintenfischart mehr oder weniger weit (bei *Loligo pealii* z. B. zu ca. drei Viertel des Umfangs; s. Bild 7 a). Im Dotter selbst treten keine Zellen auf, er wird im Laufe der Entwicklung durch Ausläufer der umgebenden Zellen resorbiert. Im weiteren Verlauf der Entwicklung werden dann sehr frühzeitig die Schalendrüse und die Augen angelegt, letztere durch Einsenkung eines zunächst plattenförmig verdickten Epithels (s. Bild 7 b). Nach der Ausbildung der Mundöffnung beginnen hinter dem Mund die Armknospen zu sprossen; später werden sie teilweise um den Mund herumwandern. Nacheinander werden sodann die beiden Kiemen, zwei später verwachsende Trichterfallen und eine Mantelfalte angelegt, die sich im Laufe der Entwicklung langsam über die beiden ersteren nach vorne schiebt (s. Bild 7 c, d). Der Keim hebt sich mehr und mehr senkrecht von der Dotteroberfläche ab; die Schalendrüse senkt sich ein, die ersten Saugnäpfe wer-

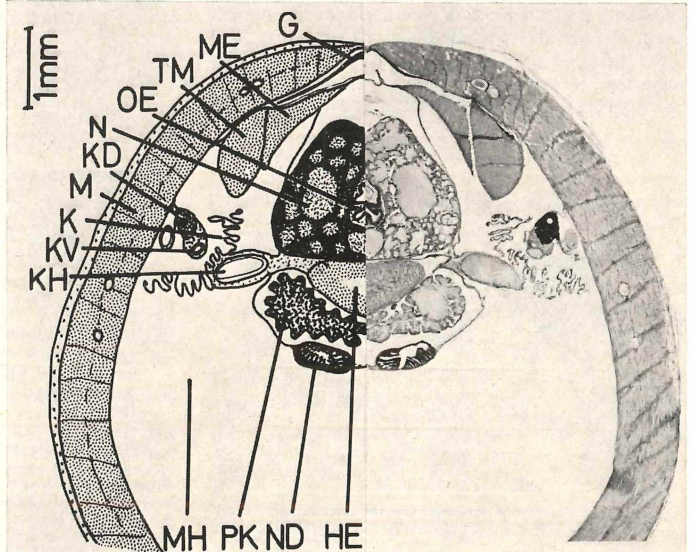


Bild 4: Schnitt durch die Herz- und Nierenregion von *Alloteuthis*. G Gladius; HE Herz; K Kammkieme; KD Kiemenbanddrüse; KH Kiemenherz; KV Kiemenvene; M Mantel; ME Muskulatur des Eingeweidesacks; MH Mantelhöhle; N Niere; ND Nidamentaldrüse; OE Speiseröhre, Oesophagus; PK Perikardialdrüse; TM Trichterrückziehmuskel.

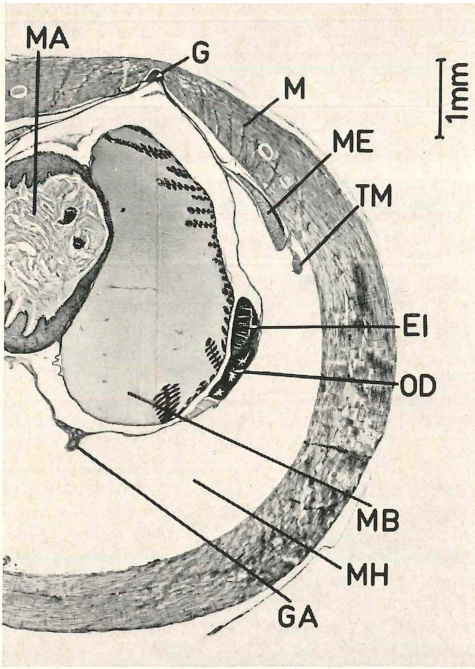


Bild 5: Schnitt durch die nicht mehr bilateral-symmetrische Blinddarm- und Geschlechtsregion von *Alloteuthis*. EI Eileiterdrüse; G Gladius; GA Arteria genitilis; M Mantel; MA Magen; MB Magenblindsack; ME Muskulatur des Eingeweidesacks; MH Mantelhöhle; OD Ovidukt; TM Trichterrückziehmuskel.

den an den Armen angelegt (s. Bild 7 e). Kurz darauf sind die beiden Augenhöhlen bereits vollständig ausgebildet und die Linsen- und Irisbildung setzen ein. Die eingesenkt bleibende Schalendrüse breitet sich im Inneren bis an die Kopfregion aus. Zu dem Zeitpunkt, an dem die Kiemen völlig vom Mantel überdeckt sind, liegt vor der Mundöffnung der mehr und mehr abgeschwundene und resorbierte Dottersack (s. Bild 7 f). Ziemlich bald setzt jetzt die Pigmentierung in der Retina und die Ausbildung einzelner Chromatophoren ein, etwas später tritt die erste „Tinte“ in der Tintendrüse auf. Nachdem der Dotter vollständig resorbiert und verbraucht ist, schlüpfen die Jungtiere aus den Gallerthül-

len (Bild 7 g) und ernähren sich selbständig z. B. von Kleinkrebsen. Ein Larvenstadium im engeren Sinne (wie etwa die Trochophora- und Veligerlarve bei den meisten übrigen Mollusken) und eine Metamorphose fehlt also den Cephalopoden. Selbstverständlich sind auch jetzt noch die einzelnen Organe nicht voll ausdifferenziert, wie man an Quer- und Längsschnitten durch solche frisch geschlüpfte Tiere sehen kann; man vergleiche z. B. die Retina-Ausbildung in Teil I, Bild 6 mit der Abbildung im *MIKROKOSMOS* zum Artikel von STREBLE (1962). Dagegen sind vor allem mediane Längsschnitte wegen der Überschaubarkeit der Organisation bei diesen Miniaturausgaben von Tintenfischen zu einer Orientierung über den prinzipiellen Aufbau von Cephalopoden sehr geeignet (siehe STREBLE, 1969, im *MIKROKOSMOS*). Weitere Angaben zur Embryologie von Tintenfischen finden sich z. B. bei ARNOLD (1965) und in den Lehrbüchern zur Entwicklungsgeschichte der Wirbellosen.

Zum Abschluß soll vom besseren Verständnis der aufgetauchten systematischen Begriffe noch eine Übersicht über das System der Tintenfische folgen:

Stamm: *Mollusca*, Weichtiere

4. Klasse: *Cephalopoda*, Tintenfische, Kopffüßer
 1. Unterklasse: *Tetrabranchiata*, Vierkiemer
 - Familie: *Nautilidae*; mit der Gattung: *Nautilus*, Perlboot
 2. Unterklasse: *Dibranchiata*, Zweikiemer
 1. Ordnung: *Decabrachia*, Zehnarmige Tintenfische, Kalmare
 1. Unterordnung: *Sepioidea*; u. a. mit der Gattung: *Sepia*
 2. Unterordnung: *Teuthoidea*; u. a. mit den Gattungen: *Loligo*, *Alloteuthis*
 2. Ordnung: *Octobrachia*, Achtarmige Tintenfische, Kraken
 1. Unterordnung: *Cirrata*
 2. Unterordnung: *Incirrata*; u. a. mit der Gattung: *Octopus*

Literaturhinweise:

1. ARNOLD, J. M.: Normal embryonic stages of the squid, *Loligo pealii* (LESUEUR). *Biol. Bull.* 128, 24—32, 1965.
2. BERGMANN, W.: Untersuchungen über die Eibildung bei Anneliden und Cephalopoden. *Z. wiss. Zool.* 73, 278—301, 1903.
3. BROCK, J.: Über die Geschlechtsorgane der Cephalopoden. *Z. wiss. Zool.* 32, 1—116, 1879.
4. DÖRING, W.: Über Bau und Entwicklung des weiblichen Geschlechtsapparates bei myopsiden Cephalopoden. *Z. wiss. Zool.* 91, 112—189, 1908.
5. HESSE, R.: Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. VI.

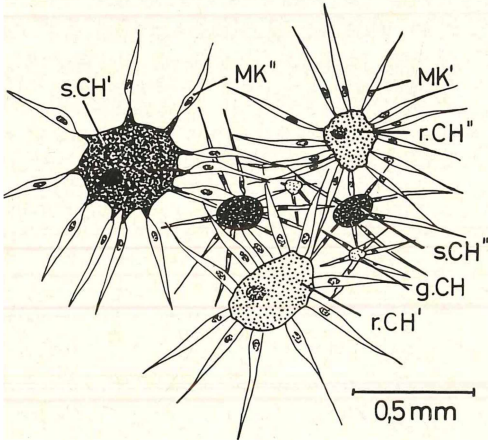
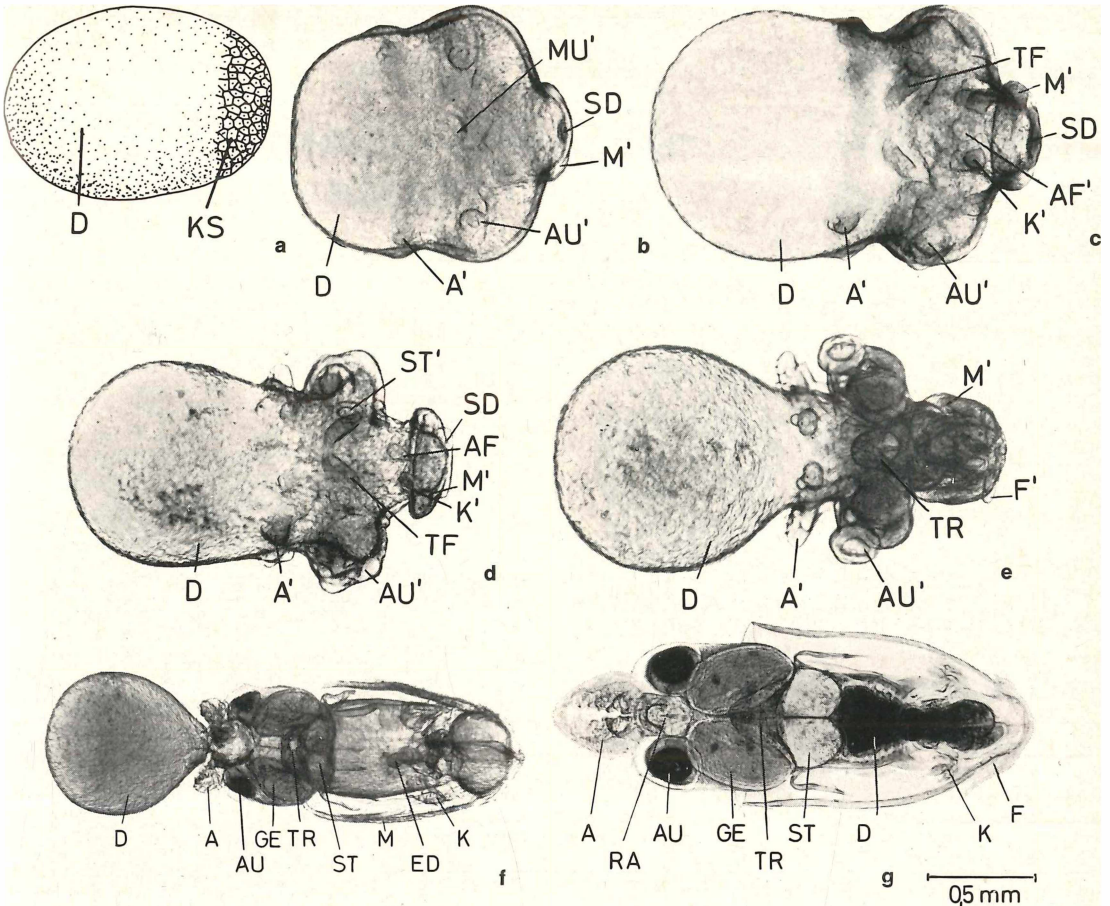


Bild 6: Schematische Zeichnung der Chromatophoren von *Loligo*. CH' expandierte Chromatophoren; CH'' kontrahierte Chromatophoren, g gelb, r rot, s schwarz; MK' expandierte Muskelzellen; MK'' kontrahierte Muskelzellen.



Die Augen einiger Mollusken. Z. wiss. Zool. 68, 379—477, 1900.

6. JAECKEL, S.: Praktikum der Weichtierkunde. Fischer-Verlag, Jena 1953.

7. JAECKEL, S. H.: Kopffüßer (Tintenfische). Die Neue Brehm-Bücherei, Bd. 190. Ziemsen-Verlag, Wittenberg 1957.

8. KÄLIN, I.: Ein Wunderwerk der Statik: Der Schulp des Tintenfisches. MIKROSKOSMOS 56, 230 bis 238, 1967.

9. KAESTNER, A.: Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Bd. 1. Fischer-Verlag, Jena/Stuttgart 1969.

10. KORSCHULT, E.; HEIDER, K.: Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere. Allg. Theil 1, S. 438. Fischer-Verlag, Jena 1902.

11. KÜHN, A.: Über Farbwechsel und Farbensinn von Cephalopoden. Z. vergl. Physiol. 32, 572 bis 598, 1950.

12. KÜKENTHAL, W.; MATTHES, E.; RENNER, M.: Leitfaden für das Zoologische Praktikum. Fischer-Verlag, Stuttgart 1967.

13. MARCHAND, W.: Studien über die Cephalopoden. Z. wiss. Zool. 86, 311—415, 1907.

14. REUMUTH, H.: Noch einmal: Der Schulp des Tintenfisches. Vergleich lichtmikroskopischer Bilder mit Stereoscan-Aufnahmen. MIKROSKOSMOS 57, 65—70, 1968.

15. NAEF, D. A.: Die Cephalopoden. In: Fauna e Flora del Golfo di Napoli. Bd. 35, 1 u. 2. Verlag Friedländer, Berlin 1923 u. 1928.

Bild 7: Aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien von *Alloteuthis*; a. Zeichnung eines Eies mit Keimscheibe, b.—g. Fotos verschiedener Stadien nach ungefärbten Totalpräparaten. A Arm; AF After; AU Auge; D Dotter; ED Enddarm; F Flosse; GE Gehirn; K Kieme; KS Keimscheibe; M Mantel; MU Mundöffnung; RA Radula; SD Schalendrüse; ST Statocyste; TF Trichterfalte; TR Trichter. Maßstrich nur für Bild 7f und g. Anlagen entsprechender Organe sind durch ' angedeutet, z. B. A' ist die Anlage von A.

16. STREBLE, H.: Zum Umschlagbild: Auge eines Tintenfisches. MIKROSKOSMOS 51, 126—127, 1962.

17. STREBLE, H.: Flachschnitt durch einen jungen Tintenfisch. MIKROSKOSMOS 58, 96, 1969.

18. WILBUR, K. M.; YONGE, C. M.: Physiology of Mollusca. Bd. II. Academic Press, New York/London 1966.

Fräulein A. PETRICH möchte ich für die im Rahmen einer Examensarbeit (1967) durchgeführten Untersuchungen zur Präparation von *Loligo* und die Überlassung der Abbildungen 1, 3 und 4 in Teil I danken.

Verfasser: Dr. Hans-Jürgen Hoffmann, Zoologisches Institut der Universität zu Köln, 5 Köln 41, Weyertal 119