

ISSN 0073-8417

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
BIOLOGIE

SERIE 10 · NUMMER 2 · 1977

FILM C 1237



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Kommentar, deutsch), schwarzweiß, 120 m, 11 min (24 B/s). Hergestellt 1975, veröffentlicht 1976.

Der Film ist für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt. Veröffentlichungen aus dem Institut für Biologie III der Universität Tübingen, Dr. D. BUNKE, dem Institut für Zoologie der Technischen Hochschule Aachen, Dr. P. SCHMIDT, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE; Aufnahme und Schnitt: H. H. HEUNERT.

Zitierform:

BUNKE, D., P. SCHMIDT und Inst. Wiss. Film: Fortpflanzung der Rädertiere (Rotatoria). Film C 1237 des IWF, Göttingen 1976. Publikation von D. BUNKE und P. SCHMIDT, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 10, Nr. 2/C 1237 (1977), 15 S.

Anschrift der Verfasser der Publikation:

Dr. D. BUNKE, Institut für Biologie III der Universität Tübingen, Lehrstuhl für Zoologie, Auf der Morgenstelle 28, 7400 Tübingen 1.

Dr. P. SCHMIDT, Institut für Zoologie der Techn. Universität Aachen, Kopernikusstr. 16, 5100 Aachen.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion MEDIZIN

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Herausgeber: H.-K. GALLE · Schriftleitung: G. BEKOW, E. BETZ, I. SIMON

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftlichen Ergänzungen zu den Filmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film und der Encyclopaedia Cinematographica. Sie enthalten jeweils eine Einführung in das im Film behandelte Thema und die Begleitumstände des Films sowie eine genaue Beschreibung des Filminhalts. Film und Publikation zusammen stellen die wissenschaftliche Veröffentlichung dar.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN werden in deutscher, englischer oder französischer Sprache herausgegeben. Sie erscheinen als Einzelhefte, die in den fachlichen Sektionen zu Serien von etwa 500 Seiten zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus 4 Lieferungen mit einer entsprechenden Zahl von Einzelheften; jährlich erscheinen 1–4 Lieferungen in jeder Sektion.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (05 51) 2 10 34

FILME FÜR FORSCHUNG UND HOCHSCHULUNTERRICHT

DIETER BUNKE, Tübingen, PETER SCHMIDT, Aachen, und Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen:

Film C 1237

Fortpflanzung der Rädertiere (Rotatoria)

Verfasser der Publikation: DIETER BUNKE und PETER SCHMIDT

Mit 4 Abbildungen

Inhalt des Films:

Fortpflanzung der Rädertiere (Rotatoria). Zunächst wird eine Organisationsübersicht am Beispiel von *Epiphanes senta* gegeben. Die rein bisexuelle Vermehrung wird bei *Seison annulatus* (Seisonidea) mit Darstellung der Genitalorgane beider Geschlechter gezeigt. Die Heterogonie der Monogononta wird bei *Brachionus urceolaris* und der viviparen *Asplanchna girodi* erläutert: Weibchen, Eitypen, Zwergmännchen, Begattung. *Philodina citrina* wird als Beispiel der parthenogenetischen Entwicklung der Bdelloidea behandelt.

Summary of the Film:

Reproduction of rotifers. First, the organization of a rotifer (*Epiphanes senta*) is shown. The Seisonidea (*Seison annulatus*) reproduce by fertilized eggs, only. In the Monogononta (*Brachionus urceolaris*, *Asplanchna girodi*), both parthenogenesis and bisexual reproduction occur: amictic females, amictic eggs; mictic females, hatching and organization of dwarf males, copulation, dormant eggs. In the Bdelloidea (*Philodina citrina*) males are absent. Reproduction is exclusively by parthenogenesis.

Résumé du Film:

La reproduction des rotifères. D'abord, le film montre l'organisation d'un rotifère typique (*Epiphanes senta*). Les Seisoniens (*Seison annulatus*) ne se reproduisent que par des œufs fécondés. Hétérogonie se trouve chez les Monogononta (*Brachionus urceolaris*, *Asplanchna girodi*): femelles amictiques, femelles mictiques, organisation des mâles pygmés, copulation, œufs durables. Chez les Bdelloidea (*Philodina citrina*), des mâles sont inconnus. La reproduction est par parthénogenèse, exclusivement.

Allgemeine Vorbemerkungen

Systematische Gliederung

Die Rotatoria (Rädertiere) gehören zum Tierstamm der Nematelminthes innerhalb der Stammgruppe der Protostomia. Die etwa 1500 bekannten Arten (VOIGT [11]) verteilen sich auf drei Ordnungen:

1. Ordnung: Seisonidea. Marin, auf dem Krebs *Nebalia* lebend. Männchen stets vorhanden und von annähernd gleicher Größe und Organisation wie die Weibchen. Vermehrung wahrscheinlich rein bisexuell.
Gattung: *Seison*.
2. Ordnung: Monogononta. Vor allem im Süßwasser, aber auch im Meer. Männchen, soweit bekannt, immer kleiner als die Weibchen; oft ausgesprochene Zwergmännchen mit reduziertem Darm. Generationswechsel mit bisexueller und parthenogenetischer Fortpflanzung (Heterogonie).
Umfangreichste Rädertiergruppe mit zahlreichen Gattungen: *Epiphanes*, *Brachionus*, *Asplanchna*, *Collotheca*, etc.
3. Ordnung: Bdelloidea. Vorwiegend in Moosen, im Boden und im Süßwasser. Männchen unbekannt. Vermehrung rein parthenogenetisch.
Zahlreiche Gattungen: *Philodina*, *Adineta*, *Rotaria*, etc.

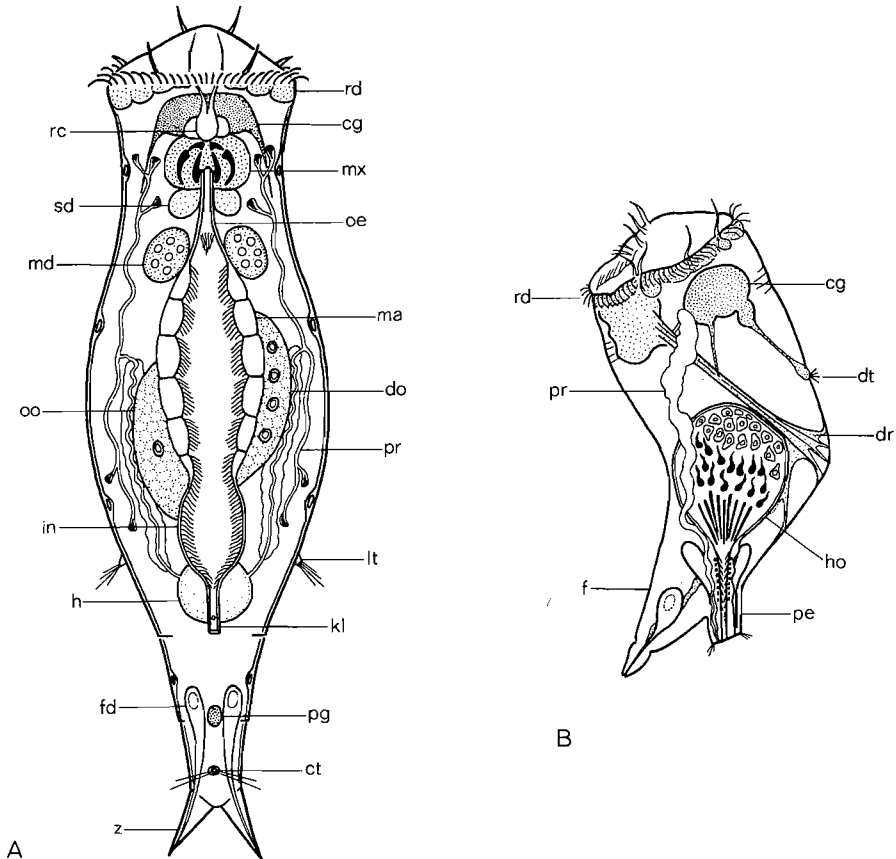


Abb. 1. Organisationsschema der Rotatoria. A. Weibchen. B. Männchen
 cg: Cerebralganglion; ct: Caudaltaster; do: Dotterstock; dr: Darmrudiment; dt: Dorsaltaster; f: Fuß;
 fd: Fußdrüse; h: Harnblase; ho: Hoden; in: Intestinum; kl: Kloake; lt: Lateraltaster; ma: Magen;
 md: Magendrüse; mx: Mastax; oe: Oesophagus; oo: Oocyte; pe: Penis; pg: Pedalganglion; pr: Protonephridium; rc: Retrocerebralorgan; rd: Räderorgan; sd: Speicheldrüse; z: Zehe

Organisation der Weibchen

Die Rotatorien sind fast ohne Ausnahme sehr klein; meist sind sie zwischen 0,1 und 1 mm lang (*Seison nebaliae* erreicht 2 mm). Sie haben einen großen Formenreichtum entwickelt, Ausdruck verschiedenster Anpassungen an die jeweils besiedelten Lebensräume. Ihre Organisation ist jedoch stets auf folgendes Grundschema zurückzuführen: Eine Dreigliederung des Körpers in eine Kopfregion mit dem charakteristischen Räderorgan, einen mittleren Rumpfabschnitt, der den Hauptteil des Darmtraktes, die Exkretions- und Fortpflanzungsorgane enthält sowie einen hinten gelegenen Fuß mit zehenartigen Fortsätzen, auf denen Klebdrüsen münden (Abb. 1).

Viele Organe der Rädertiere sind zellkonstant. Selbst die Zahl der Geschlechtszellen liegt mit Abschluß der Entwicklung fest. Die Anzahl der Mitosen ist zudem gering. Bei *Epiphanes senta* ist z. B. der Körper aus knapp 1000 Zellen aufgebaut. Fast alle Gewebe sind syncytial organisiert. Nur gelegentlich ist die zelluläre Organisation, z. B. im Bereich des Magens mancher Arten, erhalten.

Die Körperwand besteht aus einer dünnen, 0,5–0,8 µm dicken Epithellage, die eine oberflächliche, protoplasmatische Schutzschicht differenziert (KOEHLER [6]). Diese kann panzerartig verdickt, platten- oder ringartig gegliedert und mit dornartigen Fortsätzen versehen sein. Wegen ihrer intraepithelialen Lage unterscheidet sie sich von der Kutikula der Insekten und anderer Tiergruppen und kann daher nicht gehäutet werden.

Die Körperwand ist nur im Kopfbereich bewimpert – abgesehen von Sinnestastern an Rumpf und Fuß. Außer einigen Tastborsten liegt hier das für die Gruppe so charakteristische

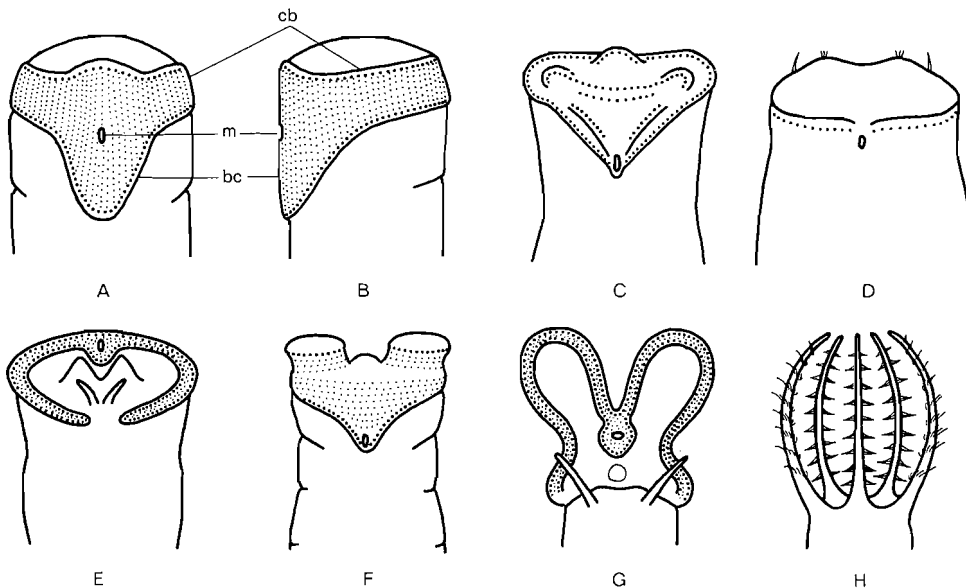


Abb. 2. Räderorgan in verschiedenen Abwandlungen

A, B. Grundorganisation in Ventral- und Seitenansicht. C. Brachionidae. D. Asplanchnidae. E. Conochilidae. F. Philodinidae. G. Flosculariidae. H. Stephanoceros
bc: Buccalfeld; cb: Circumapikalband; m: Mund

Räderorgan. Je nach der Lebensweise ist es bei den einzelnen Arten sehr verschieden entwickelt (Abb. 2). Seinem Grundtyp nach besteht es aus zwei Teilen: einem flächigen Buccalfeld, das ventral die Mundöffnung umgibt, und dem ringförmig das Vorderende umziehenden Circumapikalband. Sie entspringen auf dicken, zellulär gebauten Epidermispolstern der Kopfregion. Durch den Schlag der Cilien wird ein Wasserstrom erzeugt. Ist das Tier festgeheftet, so können dadurch Nahrungsteilchen zur Mundöffnung hin befördert werden. Freibewegliche Tiere werden durch den Propellerantrieb des Räderorgans in schraubiger Bewegung durch das Wasser getragen. Arten, bei denen nur das Buccalfeld entwickelt ist (z. B. *Adineta*), kriechen mit Hilfe ihrer Wimpern auf dem Substrat.

Schließlich können die Seisonidea und die meisten Bdelloidea egelartig kriechen, indem sie den Körper, der aus einer Reihe teleskopartig ineinander verschiebbarer Ringe besteht, maximal strecken, sich dann mit dem Vorderende bzw. einem vorstreckbaren Rüssel festheften und durch starkes Zusammenziehen des Körpers den Fuß dicht hinter dem Kopf aufsetzen.

Das Nervensystem ist einfach gebaut. Über dem Vorderdarm liegt ein „Gehirn“ oder Oberschlundganglion, von dem mehrere Nervenstränge ausgehen. Am auffallendsten sind die beiden ventrolateralen Hauptnerven, die bis in den Fuß ziehen, wo sie sich zu einem Pedalganglion vereinigen. Auch im Bereich des Kauapparates liegt ein Ganglion.

Augen und Taster stellen die wichtigsten Sinnesorgane dar. Augen liegen in wechselnder Zahl im Kopfbereich; es sind einfache Pigmentbecherocellen. Meist sind vier Taster vorhanden: ein stark vorstehender Dorsaltaster im Kopfbereich, zwei Lateraltaster und ein Caudal- oder Fußtaster. Einzelne Tastborsten und Wimpergruben kommen vor allem im Bereich des Kopfes vor. Über die Bedeutung des sog. Retrocerebralorgans am Hinterrand des Gehirns ist noch nichts Sicheres bekannt.

Ein geschlossener Hautmuskelschlauch fehlt. Die Rumpfmuskulatur ist in einzelne Faserzüge zerlegt. Oft sind, insbesondere auf der Ventralseite, einige auffallende Längsmuskelschlingen zu erkennen. Hinzu kommen reifenartig den Körper umgebende Muskelfasern. Die Kontraktion dieser Muskeln kann die Körperform stark verändern; Kopf und Fuß können in den Rumpf eingezogen werden.

Die inneren Organe liegen in einer geräumigen, flüssigkeitserfüllten primären Leibeshöhle; einzelne Muskel- und Bindegewebsfasern befestigen sie an der Körperwand.

Die Mundöffnung liegt ventral im Kopfbereich, und zwar bei Arten mit Buccalfeld innerhalb desselben. Sie führt in einen ectodermalen Pharynx, dessen Wand verdickt und zu einem komplizierten Kauapparat, dem Mastax, differenziert ist. Dieser stellt einen sehr wirksamen Zerkleinerungs- oder Greifapparat für die Nahrung dar. Die zahlreichen Abwandlungen seiner Skelettelemente, die vielfach Anpassungen an unterschiedliche Arten des Nahrungserwerbs sind, leiten sich von einer einheitlichen Grundkonstruktion ab: Sieben durch Muskeln bewegliche Skelettelemente ordnen sich um das dreistrahlige Pharynxlumen an (Abb. 3). Während man früher gelenkartige Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen annahm, zeigen elektronenmikroskopische Untersuchungen, daß die einzelnen Elemente des Mastax offenbar doch fest miteinander verbunden sind und eine einheitliche Struktur darstellen (KOEHLER und HAYES [7]).

Im Mastax münden ein Paar „Speicheldrüsen“ aus. Nach Zerkleinerung der Nahrung oder Verschlucken der Beute gelangt diese in den sackförmigen, bewimperten Magen, in dessen

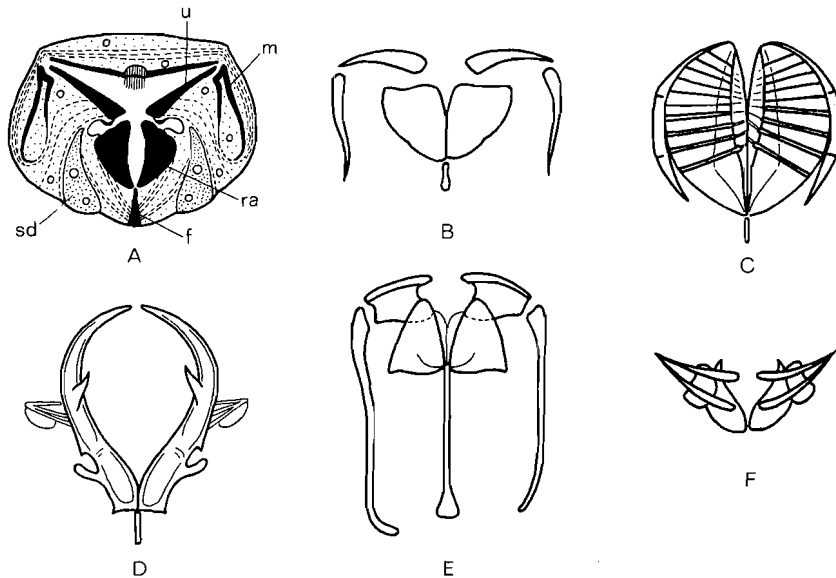


Abb. 3. Mastax in verschiedenen Abwandlungen

A. Schema eines Mastax. B. Malleater Mastax von *Epiphanes*. C. Schema eines ramaten Mastax. D. Forcipater Mastax von *Asplanchna*. E. Virgater Mastax von *Notommata*. F. Uncinater Mastax von *Collotheca*
 f: Fulcrum; m: Manubrium; ra: Ramus; sd: Speicheldrüse; u: Uncus

Anfangsteil ebenfalls paarige Drüsen einmünden. Die Verdauung ist überwiegend extracellulär, und das Magensyncytium oder die Magenzellen füllen sich reichlich mit Nahrungströpfchen an.

Der sich anschließende Darm führt in eine Kloake, die mit einem dorsal gelegenen After im hinteren Rumpfbereich ausmündet. Selten sind Enddarm und After reduziert.

Der Exkretion dient ein Paar Protonephridien, die jeweils mehrere Terminalorgane mit Wimperflammen besitzen. Es sind typische Cyrtocyten, die osmoregulatorische Funktion haben. Ihre Ausführungsgänge bilden komplizierte Schlingen innerhalb eines mehrkernigen Plasmabezirks. Beide Systeme vereinigen sich distal in einer kontraktile, dünnwandigen „Harnblase“, die ventral in die Kloake mündet.

Die Rotatorien sind getrenntgeschlechtlich. Die Gonaden der Weibchen sind sackförmig und münden mit einem kurzen Ovidukt gleichfalls in die Kloake. Sie sind paarig bei den Seisonidea und Bdelloidea, unpaar bei den Monogononta. Bei den Bdelloidea und den Monogononta lassen sich zwei Abschnitte, Keim- und Dotterstock, unterscheiden. Der Keimstock ist eine Ansammlung kleiner Oocytenkerne in einer syncytialen Cytoplasmamasse, die als kleines Areal dem meist mächtig entwickelten Dotterstock anliegt. Die Zahl der Kerne ist fixiert. Zellteilungen erfolgen bei der Eibildung nicht mehr. Die Dotterstöcke, kompakte bis schlauchförmige syncytiale Organe, besitzen große Kerne, gleichfalls in konstanter Anzahl, und sind mit Nährmaterial mehr oder minder stark angefüllt. Bei der Eibildung entleeren sie

über einen Nährschlauch Dottermasse in die Oocyte. Aussehen und Größe ändern sich entsprechend im Rhythmus der Eibildung.

Organisation der Männchen

Männchen sind – wie erwähnt – nur bei den Seisonidea und den Monogononta bekannt. In der ersten Gruppe stimmen sie in Größe und Organisation weitgehend mit den Weibchen überein. Demgegenüber herrscht ein ausgeprägter Sexualdimorphismus bei den Monogononta. Die Männchen (Abb. 1) sind mit ca. 0,04–0,1 mm viel kleiner als die Weibchen. Ihre Organisation ist vereinfacht; die Lebensdauer (wenige Stunden bis zwei Tage) verkürzt. Ihre Körpergestalt ist meist kegelförmig, das Räderorgan nur zum Schwimmen eingerichtet, der Fuß dorsal mit einem schlauchförmigen Penis versehen oder selbst zum Begattungsorgan abgewandelt. Die Männchen fressen während ihrer kurzen Lebenszeit nicht. Der Darm ist rudimentär. Den größten Teil der Leibeshöhle füllt der unpaarige, sackförmige Hoden aus. Die Spermien sind groß, aber gering an Zahl. Im Endabschnitt des Samenleiters liegen stiftartige Gebilde aus degenerierten Geschlechtszellen. Die Männchen werden vermutlich chemotaktisch von den Weibchen angezogen. Bei der Begattung wird das Sperma meistens an beliebiger Stelle hypodermal injiziert (GILBERT [5]).

Fortpflanzung und Entwicklung

Wie bereits erwähnt, pflanzen sich die Seisonidea wahrscheinlich rein bisexuell und die Bdelloidea durch diploide Parthenogenese fort. Bei den Monogononta wechseln dagegen bisexuelle und parthenogenetische Fortpflanzung miteinander ab, so daß Heterogonie vorliegt. Aus dickwandigen Dauereiern gehen nach einer Ruhepause Weibchen hervor, die sich anschließend parthenogenetisch vermehren (amiktische Weibchen). Ihre Eier sind aufgrund einer unvollständigen Meiose diploid. Sie entwickeln sich zu Weibchen. Oft folgen mehrere rein parthenogenetische Generationen aufeinander, so daß die Populationsdichte in kurzer Zeit stark zunehmen kann. Unter bestimmten Bedingungen entstehen schließlich die sog. miktischen Weibchen, die habituell den amiktischen i. a. völlig gleichen. In ihrer Oogenese läuft eine reguläre Meiose ab, so daß sie haploide Eier bilden. Die ersten Eier bleiben naturgemäß unbesamt, sind oft deutlich kleiner und entwickeln sich zu Männchen. Diese begatten andere miktische Weibchen, die daraufhin diploide Dauereier produzieren. Der Zyklus ist in einem Schema zusammengefaßt (Abb. 4).

Außenfaktoren scheinen überwiegend für den Übergang von der parthenogenetischen zur bisexuellen Vermehrung verantwortlich zu sein. Jedoch ist das Spektrum wirksamer Umweltfaktoren groß (Änderung der Temperatur, der Nahrung, des p_H -Wertes, des Chemismus etc.), so daß die Beeinflussung offenbar unspezifisch über den mütterlichen Stoffwechsel verläuft (z. B. BUCHNER [2]; RUTTNER-KOLISKO [9]). Die Determination zu miktischen Weibchen ist nach bisherigen Befunden auf eine frühe, labile Eibildungsphase beschränkt.

Die Befruchtungsfähigkeit der haploiden Eier miktischer Weibchen ist bei manchen Arten altersabhängig. Nur junge Weibchen können erfolgreich begattet werden und Dauereier produzieren. Nach dieser sensiblen Periode entstehen ausschließlich Männchen (BUCHNER et al. [3]; RUTTNER-KOLISKO [9]).

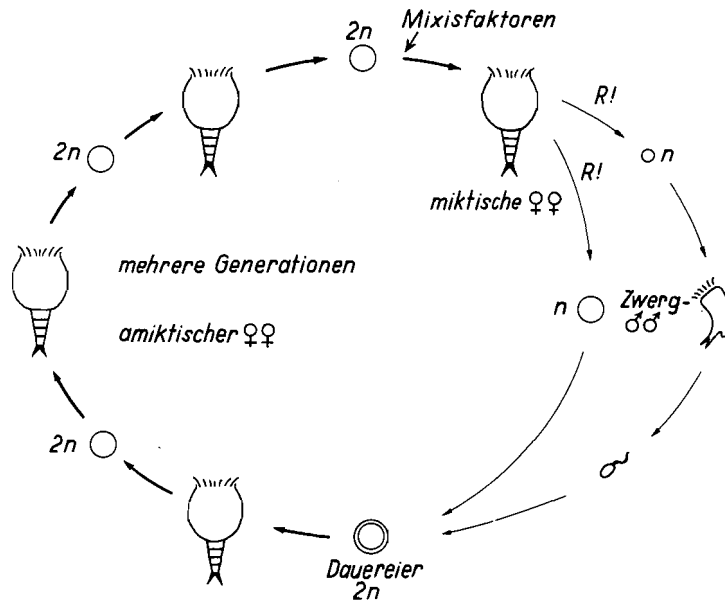


Abb. 4. Schema zur Fortpflanzung der monogononten Rädertiere

Die Eier werden bei der Ablage meist an tote Substrate angeklebt. Pelagische Arten heften sie am Hinterkörper fest und tragen sie – im Falle parthenogenetischer Entwicklung – bis zum Schlüpfen von Jungtieren mit umher (z.B. *Brachionus*). Andere sind vivipar (z.B. *Asplanchna*).

Lebensweise

Rotatorien kommen im Meer, im Süßwasser, in Moospolstern und in den oberen Schichten des Bodens vor. Stets sind sie nur in Gegenwart von genügend Wasser zu aktivem Leben befähigt. Ihre stärkste Entfaltung haben sie in stehenden Süßgewässern erfahren. Viele Arten sind sehr weit verbreitet. Die meisten Süßwasserbewohner leben nahe am Grunde oder in der ufernahen Vegetation, teils auf dem Buccalfeld kriechend, teils mit Hilfe der übrigen Teile des Räderorgans schwimmend. Mit Hilfe der Klebdrüsen des Fußes können sie sich vorübergehend anheften. In mehreren Entwicklungslinien sind festsitzende Formen entstanden. Sie sind vielfach von besonderen Hüllen umgeben oder bauen Gehäuse. Nur die Jugendstadien und die Männchen sind zum freien Schwimmen imstande. Andererseits gibt es zahlreiche typische Plankter, die Anpassungsmerkmale in Form von Schwebefortsätzen oder durch ballonartige Auftreibung des Körpers besitzen. Oft ist bei ihnen der Fuß zurückgebildet. Sowohl unter den sessilen als auch unter den planktischen Arten gibt es koloniebildende Formen. Wieder andere sind Bewohner des marinen oder limnischen Psammals.

Moos und Erde werden vor allem von Vertretern der Bdelloidea besiedelt. Manche sind Bewohner extremer Lebensräume. Viele Bdelloidea können wie manche Tardigraden unter ungünstigen Lebensbedingungen in eine Trockenstarre (Anabiose) übergehen.

Die Ernährungsweise ist ebenfalls sehr vielgestaltig. Strudler, zu denen viele Bdelloidea, aber auch manche Monogononta gehören, erzeugen mit Hilfe des Räderorgans einen Wasserstrom, mit dem feinste Nahrungsteilchen zum Mund befördert werden. Andere Arten können sowohl strudeln als auch mit Hilfe ihrer „Kiefer“ größere Beuteobjekte einfangen. Die sog. „Greifer“ verwenden ausschließlich ihren zu Zangen umgewandelten Mastax zum Beutefang. Sessile Formen sind häufig Reusenfänger. Einige Arten leben als Kommensalen oder Parasiten.

Zur Entstehung des Films

Von den gezeigten Arten stammt *Seison annulatus* aus Freilandfängen in der Umgebung von Sète (Südfrankreich). Wir möchten Herrn Dr. R. ZILCH, Erlangen, für seinen großen persönlichen Einsatz bei der Materialbeschaffung und Frl. B. MILTHALER, Göttingen, für ihre Mithilfe sehr herzlich danken.

Alle übrigen Arten werden seit mehreren Jahren im Institut für Biologie III der Universität Tübingen gezüchtet. Die Kultur erfolgt generell in Süßwasser-Erdschreiber und bei Zimmertemperatur. Als Zuchtgefäße dienen Boveri- oder Petrischalen.

Epiphanes senta entstammt einem kleinen Teich in Hirschau bei Tübingen. Sie wird mit *Paramecium caudatum* und der Grünalge *Chlorogonium* gefüttert.

Brachionus urceolaris wurde 1973 in einem Teich bei Tübingen gefangen. *Chlorogonium* dient ausschließlich als Futter.

Die Stammtiere der Kultur von *Asplanchna girodi* wurden einer Population aus dem Federsee (Oberschwaben) entnommen. Die Zucht erfolgt in größeren Boverischalen bei geringer Individuendichte, um die Mixisrate niedrig zu halten. *Paramecium caudatum* wird als Futter zugesetzt. Soll die Mixisrate erhöht werden, wird zusätzlich *Chlorogonium* verfüttert.

Der Zucht von *Philodina citrina* wird außer *Chlorogonium* noch ein Grünkernkorn pro Zuchtschale zur Bakterienentwicklung zugesetzt. Die Kultur aus dem Jahre 1973 geht auf eine größere Zahl von Freilandtieren aus einem Teich in Hirschau in Tübingen zurück.

Erläuterungen zum Film

Wortlaut des gesprochenen Kommentars¹

Normale Geschwindigkeit

Epiphanes senta

1. *Epiphanes senta*, Bewegungsweise.

Die Rädertiere lassen sich nach Körperbau und Fortpflanzungsweise in drei Gruppen untergliedern:

Seisonidea, Monogononta und Bdelloidea.

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film. – Die eingerückten Abschnitte in Kleindruck geben zusätzliche Informationen.

Am Beispiel von *Epiphanes senta* soll zunächst ein Überblick über die Organisation gegeben werden.

Bildfeldbreite 5 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

2. Einzeltier, schwimmend.

Der Körper eines Rädertieres gliedert sich in Kopf, Rumpf und Fuß. Im Kopfbereich liegt das Räderorgan; seine Wimpern dienen der schwimmenden Fortbewegung und dem Herbeistrudeln von Nahrung. An den Rumpf schließt sich der Fuß an, mit dem sich die Tiere am Substrat festheften können.

Bildfeldbreite 1,2 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

3. Vorderende, stärker vergrößert.

Eingestrudelte Nahrungsteilchen werden von einem komplizierten Kauapparat, dem Mastax, zerkleinert, der durch seine lebhaften Bewegungen auffällt.

Über den Oesophagus gelangt die Nahrung in den sackförmigen Magen, in den paarige Magendrüsen münden.

Bildfeldbreite 780 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

4. Hinterende, stärker vergrößert.

Reife Weibchen sind an den großen Oocyten zu erkennen. Im Fuß liegen paarige Klebdrüsen, davor die sich kontrahierende Harnblase des Exkretionssystems.

Bildfeldbreite 490 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

Bisexuelle Fortpflanzung

Seison annulatus (Seisonidea)

5. *Seison annulatus* an den Kiemenblättchen von *Nebalia* sp.

Das auf den Kiemenblättchen von *Nebalia* lebende Rädertier *Seison annulatus* pflanzt sich rein bisexuell fort. Weibchen und Männchen gleichen sich im Körperbau weitgehend.

Bildfeldbreite 4 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

6. Weibchen, Übersicht.

Die vom Grundtypus stark abweichenden Tiere sind in Kopf, Hals, Rumpf und Fuß gegliedert. Hals und Rumpf bestehen aus teleskopartig ineinanderschließbaren Ringen.

Bildfeldbreite 490 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

7. Weibchen, Ausschnitte aus der Rumpfreion.

Zwischen Magen und Körperwand liegen die paarigen Ovarien, die bei den *Seisonidea* nicht in Keim- und Dotterstock gegliedert sind. Sie enthalten dotterreiche Oocyten. Hier ist die große Beweglichkeit der Halsregion zu erkennen.

Bildfeldbreite 470 µm; Interferenzkontrast (Inko); Aufn.-Freq. 24 B/s

8. Männchen, Übersicht.

Die Männchen gleichen den Weibchen. Die dorsal vom Magen gelegenen Geschlechtsorgane münden jedoch am Vorderrumpf aus. Die Ausführungsgänge der paarigen Hoden vereinigen sich und durchlaufen das sog. „birnenförmige Organ“. Dort werden – ein Sonderfall bei den Rotatorien – die Spermien in flaschenförmige Spermatophoren eingeschlossen, die dann im Endabschnitt des Vas deferens gespeichert werden.

Bildfeldbreite ca. 300 µm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

9. Männchen, Geschlechtsorgane.

In der bewimperten Blase, einer Erweiterung des Vas deferens, werden die Spermien einzeln in die Spermatophoren verpackt.

Bildfeldbreite 245 µm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

10. Männchen, Spermatophoren.

Die Übertragung der Spermatophoren ist noch unbekannt.

Bildfeldbreite 158 µm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

11. Gelege und Jungtier an einem Kiemenblättchen von *Nebalia*.

Die Eier werden – zu kleinen Gelegen vereinigt – an den Kiemenblättchen von *Nebalia* abgelegt.

Bildfeldbreite 938 µm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

*Wechsel von parthenogenetischer und bisexueller Fortpflanzung
Brachionus urceolaris, Asplanchna girodi (Monogononta)*

12. *Brachionus urceolaris*, schwimmend.

Bei den Monogononta wechseln parthenogenetische und bisexuelle Fortpflanzung ab. Dies wird als Heterogonie bezeichnet. Im Unterschied zu den Seisonidea sind die Männchen kleiner als die Weibchen und einfacher organisiert.

Bildfeldbreite 1,2 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

13. Festgeheftetes Weibchen.

Bei *Brachionus* ist die Epidermis des Rumpfes panzerartig verfestigt. Die Tiere heften sich häufig mit ihrem beweglichen Fuß am Substrat fest.

Bildfeldbreite 490 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

14. Vergleich amiktischer und miktischer Weibchen.

Man unterscheidet amiktische und miktische Weibchen. Die amiktischen bilden durch diploide Parthenogenese große Weibcheneier, die miktischen dagegen erzeugen unbefruchtete kleine haploide Männcheneier – wie in diesem Vergleich – oder, nach Befruchtung, einzelne dickschalige Dauereier. Die Eier werden am Hinterrad des Panzers angeheftet.

Bildfeldbreite 635 µm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

15. Schlüpfen eines amiktischen Weibchens.

Die Entwicklungsdauer der Weibcheneier beträgt bei Zimmertemperatur knapp zwei Tage. Noch ehe die Jungtiere schlüpfen, sieht man die Tätigkeit des Mastax und den Cilienschlag des Räderorgans.

Schließlich reißt die Eihülle, und das junge Weibchen wird frei. Es gleicht in seiner Organisation den erwachsenen Tieren, ist jedoch wesentlich kleiner.

Bildfeldbreite 310 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

Bildfeldbreite 325 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

16. Schlüpfen eines Männchens.

Die durch haploide Parthenogenese entstandenen Männcheneier werden wie die Weibcheneier bis zum Schlüpfen der Jungtiere am Panzer des Muttertieres umhergetragen.

Das Zwergmännchen schwimmt mit Hilfe des Räderorgans lebhaft umher. Die leere Hülle bleibt am Weibchen zurück.

Bildfeldbreite 765 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

17. Männchen, Großaufnahme.

Das Männchen ist schwach gepanzert; am Fuß liegt dorsal das schlauchförmige Kopulationsorgan, das weit vorgestreckt werden kann.

Bildfeldbreite 245 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

18. Kopulation.

Die Männchen begatten miktische Weibchen. Die Spermien werden oft in der Nähe des Räderorgans in die Leibeshöhlenflüssigkeit des Weibchens übertragen.

Bildfeldbreite 765 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

19. Miktisches Weibchen mit Dauerei.

Werden miktische Weibchen befruchtet, bilden sie dickschalige Dauereier. Nach einer Ruheperiode schlüpfen aus diesen amiktische Weibchen.

Bildfeldbreite 635 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

20. *Asplanchna girodi*. Einzeltier, schwimmend.

Asplanchna girodi ist eine Planktonform ohne Panzer und Fuß. Wie bei *Brachionus* liegt auch hier Heterogonie vor, jedoch ist *Asplanchna vivipar*.

Bildfeldbreite 1,6 mm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

21. Weibchen mit Embryonen.

Im Uterus eines amiktischen Weibchens sind meist mehrere Embryonen in verschiedenen Entwicklungsstadien anzutreffen.

Bildfeldbreite 1,4 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

22. Junge Weibchen im Muttertier.

Das schlüpfreife Jungtier gleicht in seiner Organisation einem erwachsenen Weibchen. Oberhalb liegt ein Ei im Frühstadium der Entwicklung.

Bildfeldbreite 600 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

23. Geburt eines jungen amiktischen Weibchens.

Durch Kontraktionen der Rumpfmuskulatur wird das junge Weibchen schließlich aus der Geschlechtsöffnung herausgepreßt, die ventral am Rumpf liegt.

Bildfeldbreite 600 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

24. Miktisches Weibchen mit männlichem Embryo.

In den miktischen Weibchen entwickeln sich durch haploide Parthenogenese die männlichen Embryonen.

Bildfeldbreite 1,2 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

25. Geburt eines Männchens.

Nach der Geburt geht das junge Männchen zum aktiven Schwimmen über.

Es erreicht nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Größe des Weibchens.

Bildfeldbreite 1,2 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

26. Männchen, groß; Seitenansicht.

Dorsal liegt das mit Reservestoffen gefüllte Magenrudiment. Vom Hoden zieht das Vas deferens zur Spitze des Penis.

Bildfeldbreite 600 µm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

27. Kopulation.

Die Männchen werden bevorzugt von jungen miktischen Weibchen angelockt, die sie vor der Begattung lebhaft umkreisen. Sie verankern sich mit ihrem Penis an einer beliebigen Stelle des Weibchens. Beide Kopulationspartner schwimmen oft längere Zeit gemeinsam umher. Im Weibchen sind der dunkle Magen und die hell aufleuchtenden, paarigen Magendrüsen besonders gut sichtbar.

Bildfeldbreite 1,4 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

28. Übertritt der Spermien.

Bei der Begattung werden zunächst stiftartige Gebilde aus degenerierten Geschlechtszellen übertragen.

Jetzt folgt der Übertritt der Spermien in die Leibeshöhle des Weibchens.

Nach Ablösen des Männchens wandern die Spermien zur Keimzone des Ovars und befruchten die haploiden Oocyten.

Bildfeldbreite 765 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

29. Weibchen mit Dauerei.

Die so entstandenen diploiden Dauereier sind dotterreich und von einer festen Schale umgeben.

Bildfeldbreite 600 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

30. Dauerei.

Oft gelangen sie erst nach dem Absterben des Weibchens ins Freie. Nach einer Ruheperiode entwickeln sie sich zu amiktischen Weibchen.

Bildfeldbreite 765 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

31. Schlüpfen aus dem Dauerei.

Beim Schlüpfen platzt zunächst die äußere Eischale, und das Jungtier zwingt sich unter lebhaften Kontraktionen heraus, ein Vorgang, der einige Zeit in Anspruch nimmt.

Das Jungtier ist noch von einer dünnen Eihülle umgeben.

Nach Aufreißen der Eihülle schwimmt das junge Weibchen davon.

Bildfeldbreite 965 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

Parthenogenetische Fortpflanzung

Philodina citrina (Bdelloidea)

32. *Philodina citrina*. Gruppe festgehefteter Tiere.

Philodina citrina gehört zu den Bdelloidea, für die eine rein parthenogenetische Fortpflanzung und das Fehlen von Männchen charakteristisch sind.

Bildfeldbreite 1,2 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

33. Organisation eines Weibchens.

Die Wimpern des zweiteiligen Räderorgans treiben Nahrungsteilchen zur Mundöffnung. Im Mastax werden sie zerrieben und gelangen in den sackförmigen Magen. Links und rechts davon liegt der paarige Keimdotterstock, dahinter die kontraktile Harnblase.

Bildfeldbreite 230 µm; Inko; Aufn.-Freq. 24 B/s

34. Weibchen mit Ei.

Die Populationen der bdelloiden Rotatorien bestehen ausschließlich aus Weibchen, die sich durch diploide Parthenogenese fortpflanzen. Die Oocyten reifen nacheinander in ihnen heran.

Bildfeldbreite 780 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

35. Eiablage.

Die Eier werden einzeln, gelegentlich zu mehreren, über die Kloake abgelegt und dabei stark deformiert. Später nehmen sie ihre ellipsoide Gestalt an.

Bildfeldbreite 765 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

36. Schlüpfen aus dem Ei.

Die Entwicklung dauert bei 20° C etwa 24 Stunden. Schon einige Zeit vor dem Schlüpfen bewegt sich der Embryo in der Eihülle. Zu Beginn des Schlüpfens wird die Eihülle stärker gedehnt. Das Tier streckt schließlich den Vorderabschnitt seines Körpers aus und befreit sich aus der Eihülle, an die es noch einige Zeit mit den Klebdrüsen seines Fußes angeheftet bleiben kann.

Bildfeldbreite 310 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

Literatur

- [1] BEAUCHAMP, P. DE: Classe des Rotifères. In: *Traité de Zoologie*, tome IV, fasc. III (1965).
- [2] BUCHNER, H.: Die Sexualität der heterogonen Rädertiere. *Naturw. Rdsch.* 24 (1971), 191–199.
- [3] BUCHNER, H., CH. MUTSCHLER und H. KIECHLE: Die Determination der Männchen- und Dauerreproduktion bei *Asplanchna sieboldi*. *Biol. Zbl.* 86 (1967), 599–621.
- [4] DONNER, J.: Rädertiere (Rotatorien). Sammlung: Einführung in die Kleinlebewelt. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1967.
- [5] GILBERT, J. J.: Contact chemoreception, mating behaviour and sexual isolation in the rotifer genus *Brachionus*. *J. exp. Biol.* 40 (1963), 625–641.
- [6] KOEHLER, J. K.: A Fine-structure Study of the Rotifer Integument. *J. Ultrastruct. Res.* 12 (1965), 113–134.
- [7] KOEHLER, J. K., and TH. L. HAYES: The Rotifer Jaw: A Scanning and Transmission Electron Microscope Study. II. The Trophi of *Asplanchna sieboldi*. *J. Ultrastruct. Res.* 27 (1969), 419–434.
- [8] REMANE, A.: Rotatoria. In: *Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreiches*, Bd. IV, Abt. II, Buch 1 (1929).
- [9] RUTTNER-KOLISKO, A.: Rotatoria. In: *Die Binnengewässer. Das Zooplankton der Binnengewässer*, 1. Teil (1972).
- [10] STREBLE, H., und D. KRAUTER: *Das Leben im Wassertropfen*. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1973.
- [11] VOIGT, M.: *Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas*. Gebr. Borntraeger, Berlin 1957.
- [12] WESENBERG-LUND, C.: *Rotatoria. Handbuch der Zoologie*, Bd. 2, 1 (1928–1933).

Abbildungsnachweis

Abb. 1 A; 2 A, B, E; 3 C: Nach REMANE [8]; Abb. 2 B; 3 A: Nach DE BEAUCHAMP [1]; Abb. 2 C, D, F; 3 D, E: Nach DONNER [4]; Abb. 2 G: Nach STREBLE und KRAUTER [10]; Abb. 2 H: Nach WESENBERG-LUND [12]; Abb. 3 F: Nach RUTTNER-KOLISKO [9]; Abb. 4: D. BUNKE und P. SCHMIDT.