

ISSN 0073-8417

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION

BIOLOGIE

SERIE 14 · NUMMER 4 · 1981

FILM C 1300

**Metamorphose aberranter Formen
beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*)**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 76 m, 7 min (24 B/s). Hergestellt 1976, veröffentlicht 1980.

Der Film ist für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt.

Veröffentlichung aus dem Institut für Zoologie, Lehrstuhl I der Universität Erlangen-Nürnberg, Dr. K. HERRMANN, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. T. HARD; Aufnahme: W. STEIN; Schnitt: Dr. h. c. H.-H. HEUNERT und B. MILTHALER.

Zitierform:

HERRMANN, K., und INST. WISS. FILM: Metamorphose aberranter Formen beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*). Film C 1300 des IWF, Göttingen 1980. Publikation von K. HERRMANN, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 14, Nr. 4/C 1300 (1981), 12 S.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

Dr. K. HERRMANN, I. Zoologisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, Universitätsstr. 19, D-8520 Erlangen.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

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

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftliche Ergänzung 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 zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (0551) 21034

FILME FÜR FORSCHUNG UND HOCHSCHULUNTERRICHT

KARL HERRMANN, Erlangen, und INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM,
Göttingen:

Film C 1300

Metamorphose aberranter Formen beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*)

Verfasser der Publikation: KARL HERRMANN

Mit 3 Abbildungen

Inhalt des Films:

Metamorphose aberranter Formen beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*). Manche Echinoplutei bilden die Seeigelscheibe (= oraler Teil des Seeigels) nicht an der linken Larvenseite, wie in der Majorität der Fälle, sondern an der rechten. Darüberhinaus gibt es solche, die sowohl rechts als auch links je eine Seeigelscheibe tragen und schließlich solche, die gar keine besitzen. Der Film zeigt den Bau und die Metamorphose dieser drei aberranten Entwicklungsgänge.

1. Echinopluteus mit Seeigelscheibe rechts (situs inversus): Diese Anomalie ist eine spiegelbildliche Umkehrung der Anlagenmaterialien beim normalen Pluteus. Das rechte, nicht das linke Hydrocoel induziert die Seeigelscheibe; die linke Körperoberfläche der Larve bildet die aboralen Teile des Seeigels. Entwicklung und Metamorphose verlaufen wie bei einem typischen Pluteus, lediglich sind ihm gegenüber alle Vorgänge rechts und links der Primordialachse spiegelbildlich vertauscht.
2. Echinopluteus mit Janusbildung: Diese Plutei haben eine linke und eine rechte Seeigelscheibe mit zugehörigem Amnion, aber dementsprechend keine Pedicellarien als äußeres Zeichen für die Anlage einer Aboralfläche. Das Kalkmaschennetz am Dorsalbogen kann zweifach vorhanden sein. Aus der Metamorphose geht ein Seeigel mit 2 oralen Hälften (= Janus) hervor. Wenige Reste der aboralen Seite (z. B. After) liegen zwischen den beiden oralen Teilen. Der Film zeigt, daß jede Hälfte des Janus-Seeigels autonom arbeitet.
3. Echinopluteus ohne jede orale Anlage des Seeigels: Aus bisher nicht bekannten Gründen entsteht weder an der linken noch an der rechten Larvenseite eine Seeigelscheibe. Die rechte und linke Körperoberfläche des Pluteus bilden beide die typischen Strukturen der aboralen Seeigelhälfte, ein „Janus“ der aboralen Körperteile. Die Metamorphose zeigt, daß 2 Aboralhälften zusammen eine bilateralsymmetrische Kapsel bilden. Es sind an 5 Stellen vierzipflige Jugendstacheln vorhanden; Ambulacralfüßchen fehlen vollständig, daher fehlt auch eine Lokomotion. Der entstandene Torso lebt nur ein paar Tage.

Summary of the Film:

Metamorphosis of Mutant Forms in the Sea Urchin (*Psammechinus miliaris*). Some echinoplutei do not develop the sea urchin disc (= oral part) on the left side of the larva, as in the majority of cases, but on the right. Also there are some which develop a sea urchin disc both right and left and finally some which have none at all. The film shows the development and metamorphosis of these three mutant developments.

1. Echinopluteus with the sea urchin disc on the right side (*situs inversus*): This anomaly is a mirror reverse of the normal pluteus. The right and not the left hydrocoel have a sea urchin disc. The left body surface of the larva develops the aboral parts of the sea urchin. Development and metamorphosis follow as in a typical pluteus. All operations right and left in the primary axis are reversed as in a mirror image.
2. Echinopluteus with Janus development. These plutei have a left and a right disc, each with its own amnion cavity but they have no pedicellariae as an outer sign of the future aboral pole. The calcareous networks on the dorsal arch can appear doubled. At the end of metamorphosis a sea urchin with two oral halves (Janus) appears. A small part of the aboral side (e.g. the anus) lie between the two oral parts. The film shows that each half of the Janus sea urchin functions autonomously.
3. Echinopluteus without oral parts of the sea urchin. For unknown reasons a sea urchin disc develops neither on the left nor the right side of the larva. Both the right and the left body surface of the pluteus develop the typical structures of the aboral sea urchin half, a "Janus" with aboral parts. The metamorphosis shows that two aboral halves develop together with a bilateral symmetrical capsule. At several places there are youth spines; primary podia are completely absent and therefore there is no locomotion. The thus developed torso lives only a few days.

Résumé du Film:

Métamorphose de formes aberrantes chez l'oursin. Certains plutei échinodermes ne forment pas le disque (= partie orale) de l'oursin sur le côté gauche de la larve, comme dans la plupart des cas, mais sur le côté droit. Au-delà de ceci, il existe une forme qui porte des deux parts, à la droite et à la gauche, un disque et une autre, qui n'en possède absolument pas. Le film montre la constitution et la métamorphose de ces trois formes de développement aberrantes.

1. Pluteus échinoderme avec disque à la droite (*situs inversus*): Cette anomalie est un renversement, comme une image dans un miroir, des substances de dispositions chez le pluteus normal. L'hydrocoele droit, et non gauche, induit le disque de l'oursin; la surface gauche du corps de la larve forme les parties aborales de l'oursin. Le développement et la métamorphose déroulent comme chez le pluteus normal, exception faite du renversement ci-dessus de tous les processus à droite et à gauche de l'axe primordiale.
2. Pluteus échinoderme avec forme «Janus»: Ce plutei ont un disque à gauche et à droite avec un amnios appartenant, mais, en conséquence, pas de pédicelles comme signe extérieur pour l'emplacement d'une surface aborale. Le filet de mailles calcaire à la voûte dorsale peut exister deux fois. L'oursin ressort de la métamorphose avec deux moitiés orales = disques. Quelques petits restes seulement du côté aborale (par exemple l'anus) se trouvent entre les deux parties orales. Le film montre que chaque moitié du l'oursin «Janus» travaille de manière indépendante.
3. Pluteus échinoderme sans disposition orale quelconque de l'oursin: Pour des raisons inconnues jusqu'alors, il n'y a pas de formation de disque, ni sur la face gauche, ni sur celle de

droite de la larve. Les surfaces gauche et droite du corps du pluteus développent toutes les deux les structures typiques de la moitié aborale de l'oursin, un soidisant «Janus» des parties du corps aborales. La métamorphose montre que deux moitiés aborales forment ensemble une capsule de symétrie bilatérale. A cinq endroits, l'on trouve des pointes de jeunesse à 4 bouts. Manque total de tentacules ambulacraires, donc pas de locomotion. Le torse en résultant ne vit que quelques jours.

Allgemeine Vorbemerkungen

Die Aufnahmen zur Metamorphose aberranter Plutei von *Psammechinus miliaris* wurden zur Abrundung der Filmreihe „Die Entwicklung bei Seeigel“ gedreht. Die Aberrationen waren mit etwa 5% in dem kultivierten Larvenmaterial vertreten, das am Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, gezüchtet wurde (HERRMANN [6]). Dieses wurde in Bechergläsern (3000 ml) ohne Luftzufuhr im Kühlraum (15°C) gehalten. Das Seewasser wurde durch Rührer (2 U/Min) in Bewegung gehalten. Als Futterorganismen wurde 2 × täglich *Dunaliella* und *Phaeodactylum* gegeben. Sie wurden zuvor zentrifugiert und in Seewasser suspendiert. Das Seewasser in den Behältern wurde alle drei Tage ausgetauscht.

Die Metamorphose wurde durch Zugabe von Caesiumchlorid (CsCl) (Endkonzentration $5,5 \times 10^{-5}$ mol/ml) ausgelöst (vgl. HERRMANN [6]).

Möglichkeiten aberranter Pluteiformen und deren Metamorphoseverlauf

Die Echinoplutei mit aberranter Bildung der Seeigelscheibe entstehen „durch reichliche Ernährung der Larven“ (v. UBISCH [3]). Die genaue Ursache für die aberrante Anordnung der Seeigelscheibe ist noch nicht bekannt. Vermutlich sind es Induktionsvorgänge verschiedener Stärke, die vom rechten bzw. linken Hydrocoel oder beiden ausgehen. Daraus kann ein Induktionsgefälle (Gradient) von einer Seite zur anderen Seite des Pluteus gefolgert werden, der die orale bzw. aborale Seite des Seeigels bestimmt. Warum typischerweise die linke Seite bevorzugt wird, ist ebenfalls noch nicht bekannt.

1. Echinoplutei mit rechts liegender Seeigelscheibe (Abb. 1)

Situs inversus:

Diese Art der Aberration kommt seltener vor als die beiden anderen Formen. Das rechte Hydrocoel (nicht das linke) bildet die Seeigelscheibe. An der linken Körperoberfläche der Larve entstehen die dem aboralen Teil des Seeigels entsprechenden Strukturen: Pedizellarien und Stacheln.

Gegenüber dem normalen Pluteus sind rechte und linke Seite spiegelbildlich vertauscht. Die Metamorphose verläuft entsprechend umgekehrt gegenüber der normalen Form (v. UBISCH [3]). Am jungen Seeigel ist die Aberration nicht mehr zu erkennen. Er lebt als einzige der drei Formen länger als drei Wochen.

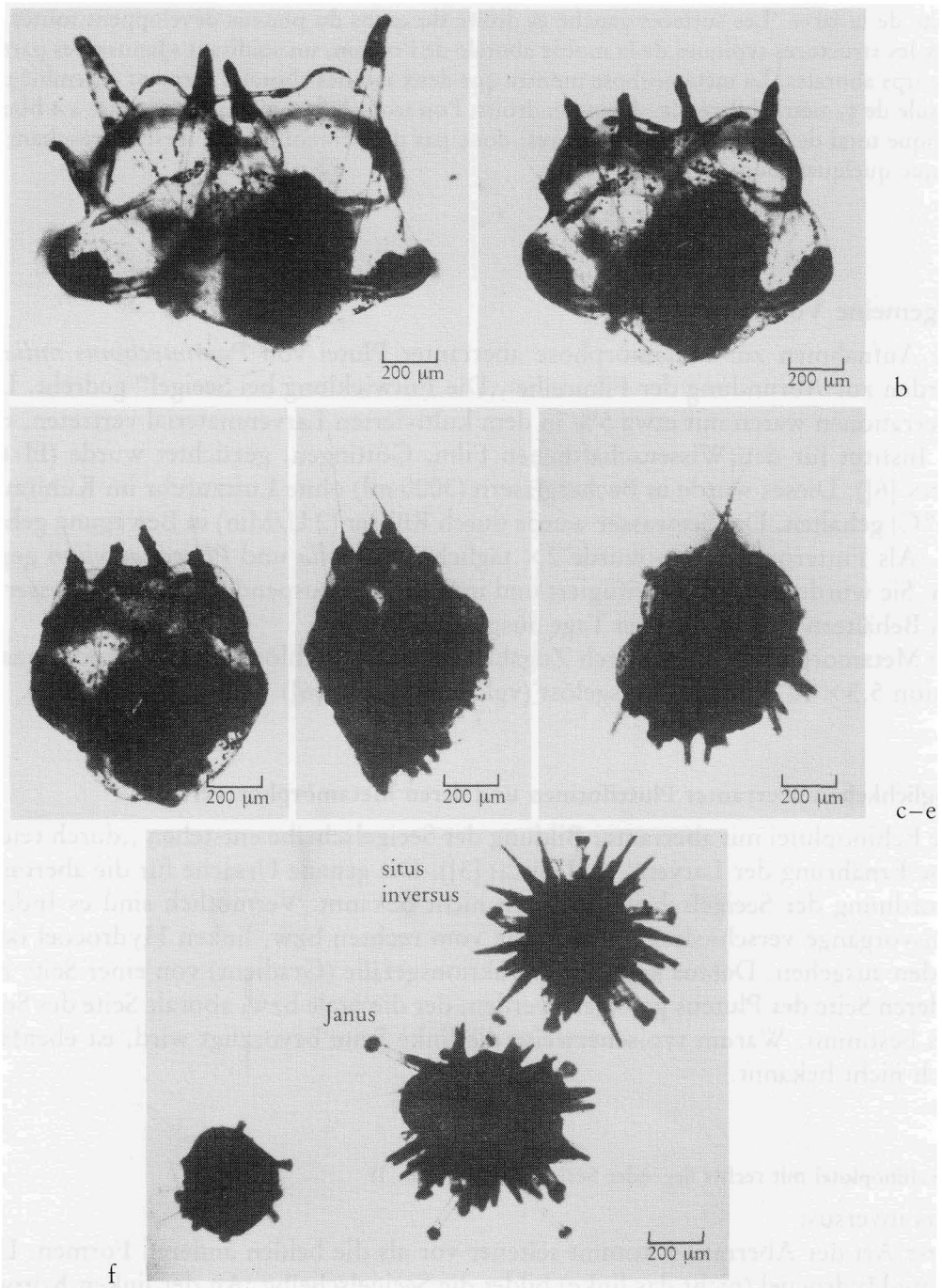


Abb. 1. a: Pluteus des *Psammechinus miliaris* mit rechts liegender Seeigelscheibe (situs inversus); b: Zurückweichen des Zellmaterials aus den Larvenarmen; c–e: Verkleinerung des Larvenkörpers; d–e: Ausweiten der Seeigelscheibe; f: Drei mögliche Formen aberranter Seeigel: Seeigel aus rechtsliegender Seeigelscheibe (situs inversus); Seeigel mit zwei oralen Scheiben (Janusbildung); „Seeigel“ aus nur aboralen Teilen bestehend

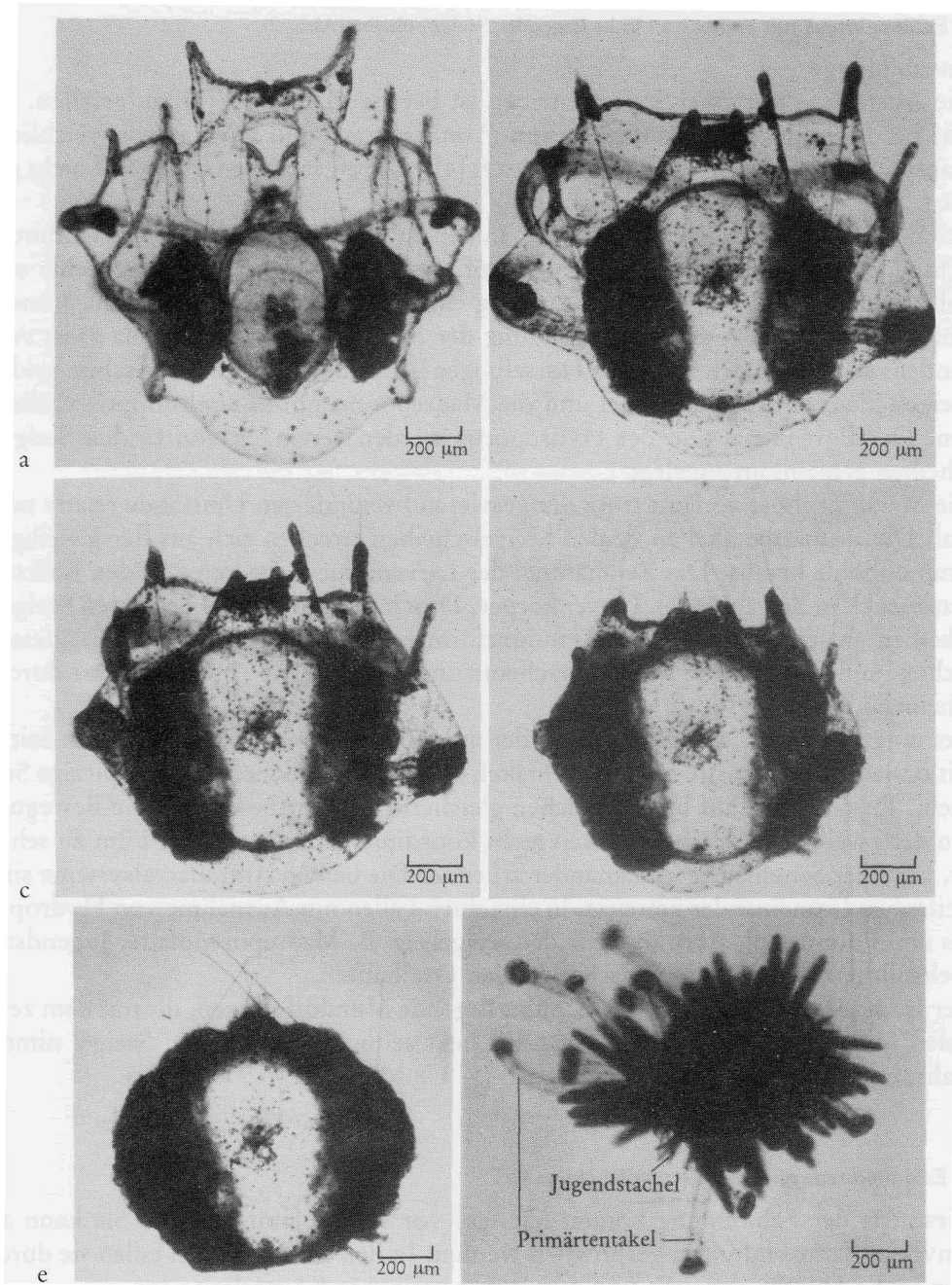


Abb. 2. a: Pluteus des *Psammechinus miliaris* mit zwei Seeigelscheiben (orale Seeigelteile), Janusbildung; b-d: Zurückweichen des Zellmaterials aus den Larvenarmen; d-e: Ausweiten der beiden Seeigelscheiben; f: Janus-Seeigel bestehend aus zwei oralen Teilen (Primärtentakel) und nur wenigen Aboralteilen (Jugendstacheln)

2. *Echinopluteus* mit rechts und links liegender Seeigelscheibe (Abb. 2)

Janusbildung:

Die Aberration mit zwei Seeigelscheiben ist bereits MACBRIDE([1]) aufgefallen. Sie tritt bei fast jeder Larvenaufzucht von *P. miliaris* auf und wird auf die reichliche Nahrungszufuhr zurückgeführt (v. UBISCH [4]). Die eigentliche Ursache ist nicht geklärt.

Echinoplutei mit Janusbildungen fallen in den Sammelgefäßen durch ihre Undurchsichtigkeit und ihre breite Körperform auf. Die beiden Seeigelscheiben rechts und links schließen den Magen fast vollständig ein. Die Anlagen für die Basalia 3 und 5 fehlen. Die netzartige Kalkskelettbildung der Madreporplatte (Basalia 2) ist vorhanden; sie liegt in der Nähe des Dorsalbogens, genau in der Mitte zwischen beiden Seeigelscheiben. Der Steinkanal und die Madreporampulle sind doppelt vorhanden. Der Porenkanal und der Hydroporus werden vereinzelt von beiden Seeigelscheiben gemeinsam angelegt.

Die Metamorphose verläuft trotz der gravierend veränderten Umstände relativ normal: Die Primärtentakel an beiden Seeigelscheiben strecken sich aus der jeweiligen Amnionhöhle heraus. Das Zellmaterial der Larvenarme zieht sich von den Kalkstäben zurück in den zentralen Larvenkörper. Durch die zwei lateral liegenden Seeigelscheiben entsteht das Bild eines sanduhrförmigen Metamorphosestadiums, dessen rechtes und linkes Ende dunkel erscheint und dessen Hals (Magenregion) durchscheinend ist.

Der junge Janus-Seeigel ist breiter als der normale. Er besitzt zwei komplette Seiten mit oralen Bildungen: Je 5 Primärtentakel, Ambulacralfüßchen und einspitzige Stacheln. Er kann sich auf beiden Flächen gleichermaßen fortbewegen. Die Bewegungen der zwei oralen Hälften wirken nicht koordiniert, da sie, wie im Film zu sehen ist, bei einer Seitenlage gegeneinander arbeiten. Die beiden Ambulacralsysteme sind weitgehend voneinander getrennt, in einzelnen Fällen mit Ausnahme von Hydroporus und Porenkanal. Aborale Teile des Seeigels (z. B. Madreporplatte, Jugendstacheln) liegen in der Mitte zwischen beiden Oralhälften.

Der Janus-Seeigel besitzt zwei gegenüberliegende Mundöffnungen, die mit dem zentralen Magen verbunden sind; der After liegt seitlich. Der Doppel-Seeigel nimmt Nahrung auf und lebt mehrere Wochen (v. UBISCH [2]).

3. *Echinopluteus* ohne Seeigelscheibe (Abb. 3)

Diese Art der Fehlbildung kommt häufiger vor als die Janusbildung. Sie kann als „inverse“ Janusbildung angesprochen werden. In den Zuchtgefäßen fallen sie durch ihre große Durchsichtigkeit und durch ihre geringere Körperlänge auf.

Der Larvenkörper besitzt in Höhe des rechten und linken Postoral- und Posterodorsalstabes je eine netzartige Kalkskelettbildung für aborale Seeigelflächen. Eine weitere Skleritbildung befindet sich in der Nähe des Dorsalbogens. An allen 5 Stellen sind vierzipflige Jugendstacheln zu finden.

Die Metamorphose kann auch bei dieser aberranten Form ausgelöst werden (s. oben). Nach einer längeren Anlaufphase – sie ist mit dem Heraustreten der Primär-

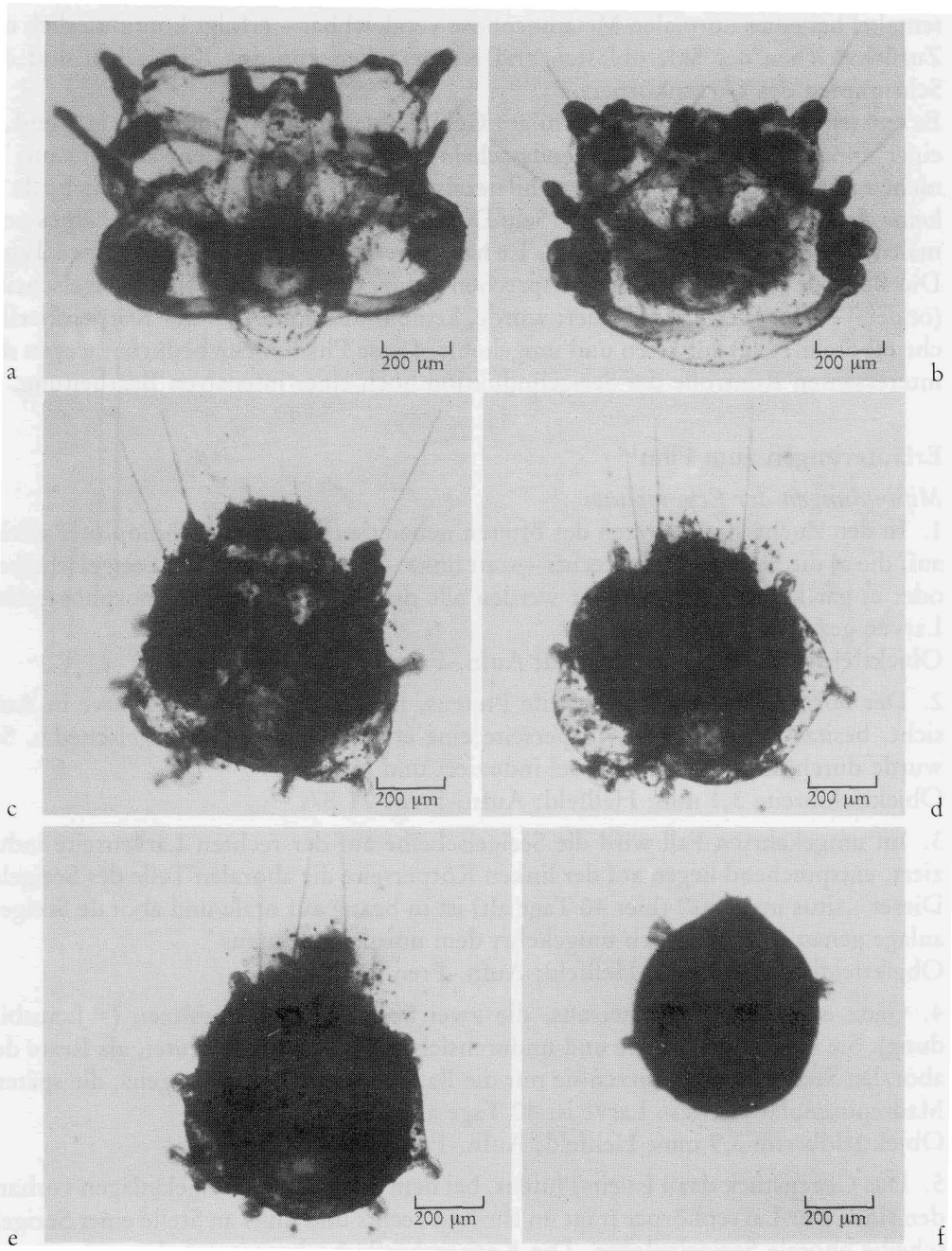


Abb. 3. a: Pluteus von *Psammechinus miliaris* ohne eine Seeigelscheibe („inverse Janusbildung“); b–d: Zurückweichen des larvalen Zellmaterials, Schrumpfen des Larvenkörpers; f: Kugeliges Seeigelgebilde mit nur aboralen Teilen

tentakel bei einer normalen Metamorphose vergleichbar – erfolgt kontinuierlich das Zurückweichen der Skleroblasten und Körperzellen von den Kalkstäben und das Schrumpfen des Larvenkörpers.

Es entsteht ein rundes tropfenförmiges Gebilde, das rechts und links an je 2 und an einer unpaaren Stelle je 1–2 Jugendstacheln trägt. Der entstandene Organismus ist nicht radiärsymmetrisch, sondern bilateralsymmetrisch. Er ist unbeweglich, da er keine Ambulacralfüßchen besitzt. Sein Durchmesser beträgt nur etwa 2/3 eines normalen Postmetamorphose-Seeigels. Er hat keinen Mund und lebt nur einige Tage. Die Befunde der Janusbildungen sprechen dafür, daß dort, wo eine Seeigelscheibe (oraler Teil des Seeigels) induziert wurde, keine Induktionen auf der Körperoberfläche (aborale Teile) auftreten und umgekehrt. Diese Phänomene bedürfen wegen der interessanten Kontrolle der Seeigelinduktion noch einer intensiven Bearbeitung.

Erläuterungen zum Film¹

Mißbildungen der Echinoplutei

1. In den Zuchtschalen treten des öfteren neben den normalen Echinoplutei solche auf, die a) die Seeigelscheibe rechts – statt links – tragen, die b) zwei Seeigelscheiben oder c) gar keine besitzen. Hier werden alle drei Formen bei metamorphosereifen Larven gezeigt.

Objektfeldbreite 9,7 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

2. Der normale, metamorphosereife Pluteus, hier eine 35 Tage alte Larve in Aufsicht, besitzt in der linken Körperseite eine etwa magengroße Seeigelscheibe. Sie wurde durch das linke Hydrocoel induziert und gebildet.

Objektfeldbreite 3,1 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

3. Im umgekehrten Fall wird die Seeigelscheibe auf der rechten Larvensseite induziert, entsprechend liegen auf der linken Körperseite die aboralen Teile des Seeigels. Dieser „situs inversus“ (hier 40 Tage alt) ist in bezug auf orale und aborale Seeigelanlage genau spiegelbildlich umgekehrt dem normalen Pluteus.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

4. Ganz anders sehen Plutei aus, die zwei Seeigelscheiben besitzen (=Janusbildung). Sie sind etwas breiter und undurchsichtiger als normale Plutei, als Reste der aboralen Seeigelanlage besitzen sie nur die Basalplatte des Dorsalbogens, die spätere Madreporenplatte. Diese Larve ist 40 Tage alt.

Objektfeldbreite 3,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

5. Das Gegenstück dazu ist ein Pluteus, bei dem nur aborale Seeigelanlagen vorhanden sind. Der Larvenkörper trägt im Inneren rechts und links an Stelle einer Seeigelscheibe aborale Seeigelanlagen. Die Körperoberfläche besitzt auf der rechten und linken Seite je zwei Kalkmaschennetze mit Stacheln und in der Nähe des Dorsalbogens einen manchmal etwas größeren Skleriten. Diese 5 Areale stellen nicht die fünfstrahlige Radiärsymmetrie des Seeigels dar. 41 Tage alt.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

¹ Die *Kursiv*-Texte entsprechen den Zwischentiteln im Film.

Metamorphose

Seeigelanlage rechts

Zeitraffung 1:96; Normale Geschwindigkeit

6. Die Metamorphose bei einem Echinopluteus mit Situs inversus verläuft zwar mit vertauschten Seiten, aber in gleicher Weise wie die eines normalen Pluteus. Sie wird durch CsCl ausgelöst und in Zeitraffung dargestellt. Beim Übergang von der Bilateralsymmetrie zur Radiärsymmetrie werden die spiegelbildlichen Aberrationen weitgehend ausgeglichen.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 15 B/min

7. Es entsteht ein normaler Seeigel, dem man bei oberflächlicher Betrachtung seine Herkunft von der rechten Larvenseite nicht ansieht.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/min

Seeigelanlage beidseitig (Janusbildung)

Zeitraffung 1:96; Normale Geschwindigkeit

8. Die Metamorphose eines Pluteus (42 Tage alt) mit Janusbildung zeigt in den Anfängen doppelte Garnituren von Seeigelscheiben. Beide orale Hälften strecken ihre 5 Primärtentakel aus dem Amnion. Das Zurückweichen des Zellmaterials an den Larvenarmen erfolgt wie bei der normalen Metamorphose.

Objektfeldbreite 1,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 15 B/min

9. Die beiden oralen Hälften des Janus-Seeigels nähern sich beim Schrumpfen des Larvenkörpers. Es entsteht in Aufsicht auf die Larve ein bilateralsymmetrisches, sanduhrförmiges Gebilde, das in der Seeigel-Ebene 5strahlig radiärsymmetrisch ist.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 15 B/min

10. Der entstandene Janus-Seeigel verfügt über 2 orale Seiten. Es kann gezeigt werden, daß die Fläche mit dem zufällig größeren Bodenkontakt zur Laufebene wird. Beim Umwenden wird die jetzige Rückenseite zum Fortbewegungsorgan.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

Fehlen der Seeigelanlage

Zeitraffung 1:180 und 1:360; Normale Geschwindigkeit

11. Die Induktion der Metamorphose kann auch bei Plutei, die beiderseits eine aborale Seeigelanlage, weder rechts noch links eine Seeigelscheibe besitzen, erfolgreich durchgeführt werden. Sie beginnt mit dem Zurückweichen des Epithels der Larvenarme. Die aboralen Seeigelanlagen sind in Form vierzipfliger Jugendstacheln auf der rechten und linken Larvenseite zu sehen.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 8 B/min

12. Nach stärkerem Schrumpfen des Larvenkörpers entsteht ein kleines, kugelförmiges Gebilde, das an 5 Stellen Jugendstacheln besitzt. Diese stellen nicht die fünf-

strahlige Radiärsymmetrie dar, sondern Bildungen der rechten und linken Postoral- und Posterodorsalstäbe sowie des Dorsalbogens.

Objektfeldbreite 2,3 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 4 B/min

13. Das einen Tag alte Postmetamorphosestadium, das weder Ambulacralfüßchen noch Mund besitzt, liegt unbeweglich am Boden des Gefäßes.

Objektfeldbreite 2,9 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

14. Die jungen Seeigel, die aus aberranten Entwicklungsgängen hervorgegangen sind, leben unterschiedlich lange. Die aus dem rechten Hydrocoel entstandenen Seeigel leben normal, die mit 2 oralen Seiten immerhin einige Wochen, die mit zwei aboralen Seiten nur wenige Tage.

Objektfeldbreite 3,1 mm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 24 B/s

Literatur

- [1] MACBRIDE, E. W.: The Artificial Production of Echinoderm Larvae with Two Water-Vascular Systems, and also of Larvae Devoid of a Water-Vascular System. Proc. Roy. Soc. 90 (1919), 323-348.
- [2] UBISCH, L. v.: Die Metamorphose von Plutei mit linker und rechter Seeigelanlage (*Psammechinus microtuberculatus*). Zool. Anz. 155, (1955), 1-10.
- [3] UBISCH, L. v.: Doppelbildungen bei Seeigeln (*Psammechinus microtuberculatus*, *Paracentrotus lividus*). Zool. Anz. 159 (1957), 1-12.
- [4] UBISCH, L. v.: Die Phylogenetischen Symmetrieveränderungen bei den Seeigeln. Forschungsberichte des Wirtsch. u. Verkehrsminist. Nordrh.-Westf. Nr. 539, 1958.

Filmveröffentlichungen

- [5] HERRMANN, K., und INST. WISS. FILM: Entwicklung beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*) - Differenzierung des Coeloms. Film C 1299 des IWF, Göttingen 1978. Publikation von K. HERRMANN, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 14, Nr. 3/C 1299 (1981), 22 S.
- [6] HERRMANN, K., und INST. WISS. FILM: Entwicklung beim Seeigel (*Psammechinus miliaris*) - Metamorphose. Film in Vorbereitung.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-3: K. HERRMANN.