Über die Verschiebung der Vererbungsrichtung unter dem Einfluß von Kohlensäure.

Von

Theodor Hinderer.

Mit 8 Tabellen und Taf. III—V.

Eingegangen am 18. August 1913.

Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Einleitung	187
II. Versuchsbericht. Kreuzung von <i>Strongylocentrotus</i> ♂ <i>Sphaerechinus</i> ♀	189
III. Untersuchung der Larven	190
1. Das Skelett der elterlichen Larven. Begriffserklärungen	190
2. Die Verschiebung der Vererbungsrichtung unter dem Einfluß von Kohlensäure	193
A. Allgemeiner Überblick	193
B. Zahlenmäßiger Nachweis für die Verschiebung der Ver- erbungsrichtung.	198
a. Die Form der Analarmstützen	198
b. Die Wurzelzahlen der Analarmstützen	199
c. Die Form der analen Scheitelbalken	200
d. Das Auftreten und die Länge der oralen Scheitelbalken	200
e. Die Länge und das Längenverhältnis der analen Scheitel- balken und Armstützen	201
C. Erörterung des Ergebnisses	204
D. Scheinbare Abweichungen	206
Erklärung der Abbildungen.	209

I. Einleitung.

In der Vererbungsforschung sind zwei Hauptrichtungen zu unterscheiden, die vielfach, gegenseitig neue Aufgaben stellend und lösend, in fruchtbarer Verbindung miteinander stehen. Die eine, die sich vorwiegend mit den Nachkommen von Bastarden, besonders mit der »zweiten Bastardgeneration«, befaßt, sucht nach Regeln im Auftreten

bestimmter Vererbungserscheinungen. Sie ist vertreten durch MENDEL, DE VRIES, CORRENS, TSCHERMAK, BATESON, LANG, HÄCKER, DAVENPORT, BAUER und viele andere Forscher.

Die andere — die entwicklungsmechanische — Richtung strebt nach der Erkenntnis des Vererbungsmechanismus, oder mit andern Worten: sie erforscht den ursächlichen Zusammenhang zwischen den äußeren und inneren Bedingungen der Entwicklung eines Lebewesens und dem Ergebnis dieser Entwicklung. Mit der Erkenntnis wäre dann höchstwahrscheinlich auch die Möglichkeit gegeben, die Vererbungserscheinungen zu beherrschen.

In dieser Richtung hat außer andern Forschern besonders HERBST Untersuchungen angestellt. Die Frage, zu deren Beantwortung er bis jetzt sieben »Vererbungsstudien« unternommen hat, lautet: »Warum stehen die Nachkommen mit ihren Eigenschaften bisweilen in der Mitte zwischen ihren beiden Eltern, warum neigen sie bisweilen mehr dem einen oder dem andern zu, oder warum gleichen sie mitunter ganz dem einen ihrer Erzeuger, während das Bild des andern unterdrückt zu sein scheint?« (06, I).

Die vorliegende Arbeit darf als Fortsetzung der Vererbungsstudien von HERBST gelten. Sie wurde ausgeführt auf seine Anregung, mit seiner Unterstützung und mit dem mir von ihm zur Verfügung gestellten Beobachtungstoff. Es ist mir ein herzliches Anliegen, Herrn Professor HERBST dafür auch hier meinen wärmsten Dank zu sagen.

Aus den Untersuchungen von BOVERI, MORGAN, SEELIGER, STEINBRÜCK und VERNON wußte man, daß aus dem mit Samen von *Strongylocentrotus* oder *Echinus* befruchteten Eiern von *Sphaerechinus* Bastard-Plutei von sehr verschiedener Vererbungsrichtung hervorgehen können: die Plutei hatten bald mehr oder weniger, bald völlige Ähnlichkeit mit der Larvenform des Vaters oder der Mutter, oder sie konnten als Mittelform zwischen der Gestalt der väterlichen und der mütterlichen Larven bezeichnet werden. Am Kalkskelett der Larven lassen sich die elterlichen Einflüsse nach Maß und Zahl leicht feststellen.

Daraus geht hervor, daß sich die bezeichneten Seeigel hervorragend für Vererbungsstudien eignen; hinzu kommt noch, daß man sie jederzeit leicht erlangen kann, und daß die Keimzellen gegen allerlei ungewöhnliche Behandlung auffallend widerstandsfähig sind.

Meine Untersuchungen sind denn auch, wie die HERBSTS, an diesen Seeigeln angestellt, und zwar wurden Eier von *Sphaerechinus*

granularis mit Samen von *Strongylocentrotus lividus* befruchtet. (Diese Kreuzung wollen wir kurz mit $\frac{\text{Str. } \sigma}{\text{Sph. } \varphi}$ bezeichnen.)

Nach den Angaben von HERBST gebe ich zunächst den

II. Versuchsbericht¹⁾.

Zu dem in Neapel angestellten Versuch wurde Seewasser benutzt, durch das während einer ganzen Nacht und des ganzen folgenden Vormittags Kohlensäure geleitet worden war. Die Eier wurden, da keines der Weibchen sehr voll war, mehreren *Sphaerechinus*-Weibchen entnommen und gemischt. Je ein Teil dieser Eier wurde besonders behandelt:

a) Am 11. April 1910, 12 Uhr 35 Min. nachmittags, wurde ein Teil der Eier in eine Mischung von 70 ccm kohlensäurehaltigem und 30 ccm gewöhnlichem Seewasser gebracht. Dieses gemischte Wasser ist 5 Uhr 40 Min. nachmittags abgegossen und durch gewöhnliches Seewasser ersetzt worden. Die Eier lagen also ungefähr 5 Stunden in dem gemischten Wasser.

b) Die Behandlung eines andern Teiles der Eier erfolgte in der gleichen Weise und zur selben Zeit wie bei a; aber die Überführung in gewöhnliches Seewasser geschah erst 8 Uhr 55 Min. nachmittags, also etwa 3 Stunden später als bei jenem Teil.

c) Ein dritter Teil der Eier wurde 12 Uhr 35 Min. nachmittags in reines Kohlensäurewasser und 5 Uhr 35 Min., nach 5 Stunden, in gewöhnliches Seewasser gebracht.

Bei der Untersuchung am 12. April ergab sich, daß sich die Eier des Teils c am wenigsten und die von a am meisten verändert hatten: dieser enthielt am meisten Eier mit vergrößerten Kernen. In a und b waren häufig Kerne mit bisweilen sehr kleinem Plasmateil abgeschnürt.

Am 12. April, vormittags 9 Uhr, wurden die Eier von a, von denen manche sich parthenogenetisch weiter entwickelt hatten, mit Samen von *Strongylocentrotus* vermischt. Nach einer halben Stunde wurde dann ein Teil der Eier in Sublimatessig eingelegt, weitere Teile in Zwischenräumen von je einer Viertelstunde bis zu 3 Stunden nach der Befruchtung. Außerdem sind zur vergleichenden Prüfung unbefruchtete, unbehandelte und unbefruchtete, behandelte Eier eingelegt worden.

¹⁾ Vgl. hierzu C. HERBST, Vererbungsstudie VIII in Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Math.-nat. Kl. Abt. B. 1913.

Aus den befruchteten Eiern, die man ihrer Entwicklung überlassen hatte, waren neben gewöhnlichen Bastardlarven sehr viele mit mütterwärts verschobener Vererbungsrichtung entstanden. Am 16. April, 8 Uhr 55 Min. nachmittags, wurden die Larven abgetötet, und zwar mit neutralem Formol in Seewasser. Eine gute Färbung der Larvenkerne wurde mit Ammoniakkarmin erzielt, welches das Skelett völlig unversehrt ließ.

III. Untersuchung der Larven.

Schon bei verhältnismäßig schwacher Vergrößerung und bei flüchtiger Durchsicht erkennt man unter den Larven solche mit großen und solche mit kleinen Kernen. Die großen Kerne selbst sind wieder von verschiedener Größe. Worin das begründet ist, wird später zu zeigen sein. In der ersten und zweiten Tabelle habe ich die Ergebnisse der Messungen und Zählungen am Skelett von 50 großkernigen und 50 kleinkernigen Larven nach bestimmten Gesichtspunkten eingetragen. Das Skelett jeder einzelnen Larve ist damit in den für uns wichtigen Punkten genau geschildert, und es läßt sich durch Vergleich mit den elterlichen Larvenformen feststellen, ob und in welchem Grade eine Verschiebung der Vererbungsrichtung erfolgte. Es ist also zunächst nötig, die Larven von *Strongylocentrotus* und von *Sphaerechinus* kennen zu lernen.

1. Das Skelett der elterlichen Larven.

Begriffserklärungen.!

Die Larven sind zweiseitig-symmetrisch gebaut. Der Hauptteil, in dem der Darm liegt und welcher Scheitelteil heißt, besitzt Kegelform, und zwar gleicht der von *Strongylocentrotus* (Fig. 1) einem zugespitzten Kegel, wogegen der von *Sphaerechinus* (Fig. 20) einem durch eine krumme Fläche abgestumpften Kegel verglichen werden kann.

Von der Grundfläche aus geht auf der Oral- und Analseite je ein Lappen, von denen jeder in zwei Fortsätze oder Arme ausläuft, die von einer aus erhöhten Wimperzellen gebildeten einheitlichen Wimperschnur umsäumt werden. Man nennt die Kalkstützen dieser oralen und analen Arme Oral- und Analarmstützen. Die Oralarmstützen sind ebenso wie die analen Querstäbe bei den beiden Larvenformen einfache Stäbe, kommen also für uns nicht in Betracht. Wichtig für unsere Zwecke sind aber die bei den *Strongylocentrotus*- und *Sphaerechinus*-Larven sehr verschieden gestalteten Analarmstützen.

Während die Analarmstütze der *Strongylocentrotus*-Larve ein einfacher gerader Stab ist, wird die von *Sphaerechinus* von drei (selten vier) gleichlaufenden Stäben gebildet, die durch etwa 15—20 schmale Querbrücken verbunden sind. Wir nennen eine solche Analarmstütze drei- (oder vier-) kantig.

Die Stützen des Scheitelteiles heißen Scheitelbalken. Bei der Larve von *Strongylocentrotus* sind dies in der Fortsetzung der analen Armstützen verlaufende Stäbe mit allmählich anschwellenden freien Enden, meist glatt, doch nicht gerade selten wie mit kleinen Dornen besetzt. Das Skelett des Scheitelteiles der *Sphaerechinus*-Larve wird als Scheitelkorb bezeichnet. Die analen Scheitelbalken der beiden Seiten sind zum größten Teil gerade oder leicht nach außen gekrümmt, biegen dann aber unter einem stumpfen Winkel um und vereinigen sich an ihren Enden. Von den oralen Armstützen gehen die beiden oralen Scheitelbalken aus, die sich je in der Weise verzweigen, daß ein Ast mit dem entsprechenden der Gegenseite und der andere Ast sich mit einem Zweig vom Endstück des analen Scheitelbalkens der gleichen Seite verbindet. Durch diese Verzweigung entsteht das Gerüst der Scheitelwölbung, der Scheitelrahmen. Die Grenze zwischen dem Scheitelteil und den Armstützen liegt an einer in der Linie: analer Scheitelbalken — anale Armstütze durch einen sanften Knick bezeichneten Stelle, von der aus auch der anale Querstab abgeht.

Von Bedeutung für diese Untersuchung ist endlich das Längenverhältnis der analen Scheitelbalken und der analen Armstützen. Dies ist bei *Strongylocentrotus* ungefähr wie 1 : 1, bei *Sphaerechinus* wie 1 : 2.

Der Besprechung der ersten und zweiten Tabelle müssen einige Bemerkungen über die Grundsätze vorausgeschickt werden, die mich bei der Abfassung leiteten.

Beide Tabellen sind in durchaus übereinstimmender Weise abgefaßt, weil dadurch ein Vergleich leichter gemacht wird. Obwohl also in der ersten Tabelle in Reihe XI und in der zweiten Tabelle in Reihe III keine Einträge zu machen waren, habe ich diese Reihen doch nicht ausgelassen — sie lassen auf den ersten Blick den Unterschied zwischen den entsprechenden Reihen der andern Tabelle erkennen.

In den Reihen VI bis XI sind die Zahlen der Wurzeln der Analarmstützen verzeichnet. Wir betrachteten als »Wurzel« jeden kurzen oder langen Kalkstab, der in der Grenzgegend zwischen dem Scheitel-

teil und den Fortsätzen seinen Ursprung nimmt und in den Analarm derselben Seite hineingerichtet ist. Die *Strongylocentrotus*-Larve hat also gewöhnlich Analarmstützen mit einer Wurzel, die *Sphaerechinus*-Larve solche mit drei (vier) Wurzeln.

Die Reihe V enthält die Zahlen der »gleichlaufenden, unverbundenen Stäbe in den Analarmen«. Dazu genügt wohl die Bemerkung, daß mindestens zwei gleichlaufende Stäbe bis ans Ende des Armes unverbunden sein mußten, um hier vermerkt zu werden. Stummel wurden besonders darum nicht berücksichtigt, weil bei größerer Länge vielleicht eine Querverbindung mit einem andern Stab hätte auftreten können; wie z. B. Fig. 7 zeigt, kommen manchmal erst in größerem Abstand vom Ursprung Querverbindungen vor.

Wenn zwei solche Stäbe an ihrem Ende verschmelzen, so haben wir eine Stütze mit zwei Wurzeln vor uns; trennen sich die Stäbe aber wieder, so handelt es sich um eine Stütze mit zwei Wurzeln und einer Querverbindung (Fig. 5).

Einer Erläuterung bedarf schließlich noch die Reihe VII: »Analarmstützen mit einer Wurzel und mit Gabelung oder Ansatz zur Gitterbildung«. »Gabelung« ist ohne weiteres verständlich. »Ansatz zur Gitterbildung« kommt nur bei einem Pluteus (Nummer 8 der ersten Tabelle, Fig. 8) vor: die Gabeläste vereinigen sich am Ende. In der zweiten Tabelle sind die Plutei 6, 20, 30, 43 und 47 mit einwurzeligen Analarmstützen aufgeführt. Man kann zwar bei ihnen nicht mehr von »Ansatz« zur Gitterbildung reden, da sie, wie ein Blick in die IV. Reihe zeigt, 3—14 Querverbindungen zwischen den Gabelästen oder zwischen dem Hauptstab und einem gleichlaufenden, wurzellosen Seitenast besitzen. Es liegt hier also eine eigentliche Gitterbildung vor, doch konnten die Larven nicht gut anders eingezeichnet werden, eben weil die Stützen nur eine Wurzel haben. Dem Umstand, daß die Larven im Grundplan zweiseitig-symmetrisch gebaut sind, jedoch meist, namentlich bei den Bastardlarven, im Skelett mehr oder weniger asymmetrische Formen und Größenverhältnisse zeigen, habe ich in den Tabellen so Rechnung getragen, daß ich die an der linken Skeletthälfte festgestellten Zahlen auf der linken, die der rechten Hälfte auf der rechten Seite der Reihe eintrug. (Dabei nahm ich, ohne eine tiefere Absicht als die, alle Larven einer genau gleichen Betrachtung zu unterziehen, immer die Lage der Larve so an, daß die Oralseite mir zugekehrt war.)

2. Die Verschiebung der Vererbungsrichtung unter dem Einfluß von Kohlensäure.

A. Ein allgemeiner Überblick

über die beiden Tabellen zeigt uns schon die Unterschiede im Skelett der großkernigen und kleinkernigen Larven. Statt »großkernige« und »kleinkernige« Larven können wir auch sagen: Larven, bei denen die Behandlung der Eier mit Kohlensäure eine deutlich sichtbare Kernvergrößerung bewirkt hat, und Larven, bei denen eine solche Wirkung nicht zu sehen ist. Wir stellen nun an Hand der Tabellen zuerst allgemein, dann so genau wie möglich, den Einfluß der Kohlensäure auf die Gestaltung der Bastardlarven fest.

Vergleichen wir die Reihen II der beiden Tabellen, so wird sofort deutlich, daß die Zahl der Analarmstützen mit Querverbindungen bei den großkernigen Larven viel größer ist als bei den kleinkernigen, und wenn wir dazu noch die Reihen IV halten, so finden wir, daß auch die Zahl der Querverbindungen in der zweiten Tabelle bedeutend höher ist als in der ersten. Stützen mit nur einer Querverbindung weist die III. Reihe der zweiten Tabelle im Gegensatz zu jener der ersten überhaupt nicht auf. Kurz: Gitter sind bei den Larven mit großen Kernen viel häufiger und viel besser ausgebildet, als bei denen mit kleinen Kernen.

Weiter zeigt die erste Tabelle in der XVI. Reihe (Bemerkungen) keinen einzigen Fall, wo die Analarmstütze dreikantig zu nennen wäre; die zweite Tabelle dagegen führt eine erhebliche Zahl solcher Stützen auf, ja sogar eine vierkantige Stütze finden wir in ihr.

Eine Zusammenfassung der Reihen VI bis XI ergibt für die großkernigen Larven eine weit größere Gesamtzahl der Wurzeln, als für die kleinkernigen.

Die Endigungen der analen Scheitelbalken sind bei den Larven mit kleinen Kernen durchschnittlich einfacher als bei den großkernigen Plutei und besitzen nie, wie immerhin mehrere von diesen, die kennzeichnende Gestalt der analen Scheitelbalken von *Sphaerichinus*-Larven.

Orale Scheitelbalken kommen bei den kleinkernigen Larven nicht entfernt so häufig und auch meist nicht in solch bedeutender Länge vor, wie bei den großkernigen.

Endlich zeigen die Reihen XII und XIII der beiden Tabellen bezüglich des Längenverhältnisses der analen Scheitelbalken und analen Armstützen wichtige Unterschiede: bei den Larven mit großen

1. Tabelle. Plutei mit

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Nummer des Pluteus	Analarmsstützen mit Querverbindungen	Analarmsstützen mit 1 Querverbindung	Zahl der Querverbin- dungen	Zahl der gleich- laufenden, un- verbundenen Stäbe in den Analarmsen	Analarmsstützen mit 1 Wurzel ohne Gabe- lung oder Ansatz zur Gitterbildung	Analarmsstützen mit 1 Wurzel und mit Gabe- lung oder Ansatz zur Gitterbildung	Analarms- stützen mit 2 Wurzeln	Analarmsstützen mit 3 Wurzeln
1	1	1	1	1×3; —	2			1
2				2 u. 2			2	
3				3 u. 2				1
4	2		3 u. 4				2	1
5				1×2	1		2	1
6				2 u. 2			2	
7	1	1	1	1×2; —	1	1 (Gitteransatz)	1	
8 Fig. 8					2	1 (Gabel)		
9					1			
10	1	1	1	1×2	1		2	
11	1	1	1	1×2	1	1 (Gabel)		
12					2			
13					1		1	
14					2			
15					2			
16				1×2; —			2	
17				2 u. 2			2	
18				1×2	1			1
19				1×2	1			1
20					2			
21					1		1	
22	1	1	1	1×2				
23				2 u. 2			2	
24				2 u. 2			2	
25	1		6			1 (Gabel)	2	
26				1×2	1			1
27					1			1
28 Fig. 2					2			
29					2			
30					1			
31	1	1	1	2 u. 2	1		1	
32								
33								
34	2	1	6 u. 1			1 (Gabel)		1
35 Fig. 9	1		2				2	1
36				1×2; —	1		1	
37				2 u. 2			2	
38					2			
39	2	2	1 u. 1				2	
40				2			2	
41				1×2; —	1		1	
42				1×2				1
43					2			
44					1		1	
45								
46					1			
47 Fig. 3	1	1	1	1×2; —			2	1
48 Fig. 5				1×2		1 (Gabel)		1
49							1	
50	1	1	1				1	1

1) Die Länge wurde in Teilstrichen des Okularmikrometers von ZEISS Ok. II mit

kleinen Kernen.

X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Analarmsstützen mit 4 Wurzeln	Analarmsstützen mit 5 Wurzeln	Länge ¹⁾ d. Anal- armsstützen	Länge ¹⁾ der analen Scheitelbalken	Dornige oder geweihartige Bildungen am Ende der analen Scheitelbalken (oder ähnlich <i>Sphaerechinus</i>)	Länge ¹⁾ der oralen Scheitel- balken	Bemerkungen
1		52 u. 54	53 u. 44	mäßig	—	
		60 u. 60	52 u. 49	mäßig	—	
		47 u. 53	51 u. 52	stark	—	
		61 u. 56	53 u. 55	mäßig	27 u. 12	
		60 u. 54	59 u. 61	mäßig	—	
		46 u. 49	50 u. 49	mäßig	—	
		42 u. 42	50 u. 51	mäßig	—	
1		41 u. 46	49 u. 45	schwach	—	
		72 u. 69	51 u. 51	mäßig	—	
		53 u. 58	49 u. 49	mäßig	—	
		77 u. 77	54 u. 52	mäßig	—	
		47 u. 44	51 u. 50	mäßig	—	
		53 u. 60	54 u. 55	mäßig	—	
		55 u. 61	53 u. 53	mäßig	—	
		55 u. 59	52 u. 52	schwach	—	
		45 u. 41	53 u. 49	schwach	—	
		50 u. 44	51 u. 46	mäßig	14 u. 19	
		55 u. 52	50 u. 53	mäßig	—	
		27 u. 15	52 u. 50	mäßig	—	
		61 u. 61	52 u. 51	schwach	—	
		55 u. 50	58 u. 55	mäßig	—	
		57 u. 57	45 u. 46	schwach	—	
		45 u. 40	48 u. 53	fehlen	—	
		54 u. 52	57 u. 53	mäßig	—	
		38 u. 32	52 u. 52	mäßig	—	
		56 u. 56	45 u. 43	mäßig bis stark	—	
		63 u. 63	52 u. 52	sehr schwach	—	
		52 u. 53	51 u. 49	schwach	—	
		62 u. 52	50 u. 51	schwach	—	
		60 u. 62	53 u. 57	schwach	—	
		42 u. 68	50 u. 50	schwach	—	
		40 u. 37	52 u. 56	mäßig	—	
		69 u. 71	53 u. 58	mäßig	12; fehlt	
1		44 u. 47	48 u. 47	mäßig	—	
		58 u. 55	50 u. 50	schwach	—	
		52 u. 57	51 u. 53	mäßig	—	
		50 u. 46	55 u. 58	schwach	—	
		62 u. 58	51 u. 50	mäßig	5 u. 5	
		47 u. 52	46 u. 47	schwach	—	
		63 u. 65	54 u. 55	mäßig bis stark	—	
		47 u. 50	40 u. 47	schwach	—	
		38 u. 47	46 u. 46	mäßig	—	
		43 u. 52	52 u. 49	mäßig	—	
		43 u. 50	53 u. 57	mäßig	5; fehlt	
		64 u. 59	48 u. 50	schwach	—	
		54 u. 53	51 u. 50	mäßig	—	
		38 u. 36	41 u. 37	mäßig	—	
		57 u. 55	55 u. 52	mäßig	—	
		48 u. 45	48 u. 42	mäßig bis stark	—	
		60 u. 61	44 u. 42	sehr schwach	—	

SEIBERT Obj. 3 bei eingeschobenem Tubus gemessen.

2. Tabelle. Plutei mit

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Nummer des Pluteus	Analarmstützen mit Querverbindungen	Analarmstützen mit 1 Querverbindung	Zahl der Querverbin- dungen	Zahl der gleich- laufenden, unverbun- denen Stäbe in den Analarmen	Analarmstützen mit 1 Wurzel ohne Gabe- lung oder Ansatz zur Gitterbildung	Analarmstützen mit 1 Wurzel und mit Gabelung od. Ansatz zur Gitterbildung	Analarm- stützen mit 2 Wurzeln	Analarm- stützen mit 3 Wurzeln	Analarm- stützen mit 4 Wurzeln	Analarmstützen mit 5 Wurzeln
1	2		5 u. 9				2			
2	2		2 u. 7					2		
3	2		9 u. 9					2		
4	2		13 u. 13				2			
5	2		9 u. 12					1 1		
6	2		7 u. 6			1 (Gitter)	1			
7	2		7 u. 11					2		
8	2		8 u. 13					1		1
9	2		6 u. 5					1		1
10 Fig. 22	2		9 u. 11						2	
11	2		7 u. 8						1	1
12	2		17 u. 7					1		1
13 Fig. 8	2		8 u. 18				2			
14 Fig. 11	2		10 u. 9				2			
15	2		10 u. 6				2			
16	2		10 u. 13				1		1	
17	2		12 u. 12					1 1		1 1
18	2		12 u. 14					1 1		
19	2		15 u. 8					1 1		
20	2		11 u. 3			1 (Gitter)	1			
21	2		11 u. 11				1		1	
22	2		5 u. 3					2		
23 Fig. 18	2		10 u. 10						1 1	
24	2		12 u. 11				2			
25	—		—	1×2				1 1		
26	2		11 u. 11				1		1	
27	2		8 u. 9				1			1
28	2		17 u. 11				1		1	
29 Fig. 13	2		14 u. 14					1 1		
30	2		9 u. 16			1 (Gitter)		1		
31	2		18 u. 10				2			
32	2		7 u. 7				2			
33	2		14 u. 9				1		1	
34 Fig. 14	2		11 u. 10				2			
35	2		10 u. 9				1		1	
36	2		12 u. 14				2			
37	2		11 u. 11					1 1		
38	1		— 4		1			1		
39 Fig. 15	2		8 u. 6					1		1
40	2		10 u. 12					1 1		
41 Fig. 16	2		9 u. 8					1		
42	2		14 u. 9				2			1
43	2		11 u. 14			1 (Gitter)	1			
44 Fig. 17	2		13 u. 14						1 1	
45	2		9 u. 15					2		
46	2		10 u. 15				1		1	
47	2		11 u. 14			1 (Gitter)	1			
48	2		13 u. 12					1 1		
49	2		17 u. 13						2	
50 Fig. 19	2		15 u. 17						2	

4) Die Länge wurde in Teilstrichen des Okularmikrometers von ZEISS Ok. II mit SEIBERT

großen Kernen.

XII		XIII	XIV	XV	XVI
Länge ¹⁾ der Analarmstützen	Länge ¹⁾ der analen Scheitel- balken	Dornige oder geweih- artige Bildungen am Ende d. analen Scheitelbalken Oder ähnlich <i>Sphaer- echinus</i>	Länge ¹⁾ der oralen Scheitel- balken	Bemerkungen	
67 u. 61	45 u. 50	mäßig	10 u. 7		
62 u. 62	49 u. 45	sehr stark	9 u. 5	linke Analarmstütze z. Teil dreikantig	
69 u. 66	43 u. 43	mäßig	7 u. 8	linke Analarmstütze dreikantig	
66 u. 66	44 u. 40	stark	—		
72 u. 78	45 u. 50	stark	29; fehlt	linke Analarmstütze dreikantig	
68 u. 72	47 u. 44	mäßig	fehlt; 16		
52 u. 62	44 u. 44	mäßig	—	rechte Analarmstütze dreikantig	
65 u. 65	50 u. 50	mäßig	12 u. 12	Analarmstützen dreikantig; Oralarmstützen nur Länge 12	
55 u. 54	45 u. 50	stark	32; fehlt	rechte Analarmstütze dreikantig	
39 u. 40	33 u. 34	ähnlich <i>Sphaerech.</i>	32 u. 19	linke Analarmstütze 4 kantig; rechte Analarmstütze 3 kantig	
54 u. 53	44 u. 50	stark	31; fehlt	Analarmstützen teilweise 3 kantig	
68 u. 53	50 u. 46	mäßig	20 u. 8	Analarmstützen 3 kantig	
65 u. 64	40 u. 42	mäßig bis stark	—		
70 u. 67	49 u. 52	stark	—		
63 u. 63	40 u. 43	ähnlich <i>Sphaerech.</i>	9 u. 20		
72 u. 76	39 u. 38	ähnlich <i>Sphaerech.</i>	9 u. 41	rechte Analarmstütze 3 kantig	
53 u. 58	49 u. 47	stark	29; fehlt	Analarmstützen 3 kantig	
57 u. 63	48 u. 49	stark	30; fehlt		
77 u. 72	46 u. 46	stark	5; fehlt	linke Analarmstütze 3 kantig	
60 u. 59	47 u. 45	stark	fehlt; 11		
54 u. 57	48 u. 49	mäßig	22 u. 13	rechte Analarmstütze 3 kantig	
50 u. 57	40 u. 50	mäßig	—		
57 u. 68	52 u. 52	mäßig	36 u. 37	linke Analarmstütze z. Teil 3 kantig	
62 u. 65	42 u. 39	mäßig	10; fehlt		
68 u. 64	50 u. 46	mäßig	9 u. 16	linke Analarmstütze besitzt 1 lange u. 2 ziemlich lange Wurzeln	
61 u. 59	47 u. 50	mäßig	5 u. 7		
45 u. 59	42 u. 43	mäßig bis stark	fehlt; 19	rechte Analarmstütze 3 kantig	
73 u. 73	44 u. 45	mäßig	11 u. 30	ebenso	
73 u. 73	42 u. 49	stark	7 u. 32		
73 u. 71	51 u. 51	mäßig	8 u. 30	linke Analarmstütze auf kurze Strecke 3 kantig	
80 u. 74	44 u. 43	mäßig	15 u. 18		
71 u. 72	45 u. 45	mäßig	fehlt; 32	linke Analarmstütze zur Hälfte 3 kantig	
62 u. 66	49 u. 45	mäßig	fehlt; 5	rechte Analarmstütze 3 kantig, linke Analarmst. am Ende 3 kantig	
74 u. 70	50 u. 47	stark	22 u. 31		
56 u. 55	35 u. 44	sehr stark	14; fehlt		
63 u. 44	44 u. 44	mäßig bis stark	35 u. 29		
60 u. 62	45 u. 44	ähnlich <i>Sphaerech.</i>	6; fehlt	linke Analarmstütze 3 kantig, rechte Analarmst. am Ende 3 spitzig	
53 u. 59	46 u. 45	mäßig	17 u. 24		
55 u. 49	48 u. 49	schwach	7; fehlt	rechte Analarmstütze 3 kantig	
59 u. 58	45 u. 47	mäßig	10; fehlt	linke Analarmstütze 3 kantig	
69 u. 59	42 u. 38	schwach bis mäßig	24 u. 24	linke Analarmst. 3 kantig, rechte Analarmst. stellenweise 3 kantig	
76 u. 65	44 u. 44	mäßig	fehlt; 44		
67 u. 64	43 u. 43	stark	fehlt; 37		
69 u. 65	48 u. 47	stark	5 u. 34	linke Analarmstütze zur Hälfte 3 kantig, rechte A. z. T. 3 kantig	
65 u. 71	49 u. 52	mäßig	14 u. 25	Analarmstützen 3 kantig	
71 u. 75	42 u. 41	ähnlich <i>Sphaerech.</i>	26 u. 35	rechte Analarmstütze 3 kantig	
61 u. 63	46 u. 44	sehr stark	fehlt; 34		
64 u. 57	46 u. 47	stark	31; fehlt	linke A. teilweise 3 kantig, rechte A. 3 kant., am Ende 4 Spitzen	
65 u. 55	51 u. 52	mäßig bis stark	—	von d. linken A. das letzte Viertel 3 kantig; d. linke A. 3 kantig	
66 u. 63	35 u. 35	ähnlich <i>Sphaerech.</i>	26 u. 28	Analarmstützen 3 kantig	

Obj. 3 bei eingeschobenem Tubus gemessen.

Kernen tritt das Verhältnis 1 : 2, wie es bei *Sphaerechinus* ist, genau oder doch mit deutlicher Annäherung viel häufiger auf, als bei den kleinkernigen Larven, bei denen es mehr wie 1 : 1, also wie bei *Strongylocentrotus* ist. Bei diesen kommt es sogar einigemal vor, daß die analen Scheitelbalken länger sind als die Analarmstützen, was wir bei den großkernigen Larven nie finden.

Aus dieser allgemeinen Übersicht sehen wir schon einigermaßen deutlich, daß es sich immer um ein Mehr oder Weniger handelt, und zwar um ein Mehr oder Weniger der mütterlichen Artmerkmale. Das Mehr kommt den großkernigen Larven zu. Wir können also jetzt schon sagen: die Larven mit großen Kernen zeigen mehr Anklänge an die Mutter, als die mit kleinen Kernen. Mit andern Worten: in den Fällen, in denen durch die Kohlensäure eine Kernvergrößerung bewirkt wurde, ist die Vererbungsrichtung im Vergleich zu den Larven mit augenscheinlich unveränderten Kernen nach der mütterlichen Seite verschoben. Dieses Ergebnis soll im folgenden noch deutlicher gemacht werden.

B. Zahlenmäßiger Nachweis für die Verschiebung der Vererbungsrichtung.

a. Die Form der Analarmstützen.

Aus der ersten und zweiten Tabelle erhalten wir die Zahlen der dritten Tabelle.

3. Tabelle.

Kerngröße	Zahl der Larven mit Querverbindungen	Zahl d. Analarmstützen mit 1 Querverbindung	Zahl der gitterförmigen Analarmstützen (mindest. 2 Querverb.)	Zahl der streckenweise od. ganz 3kantigen Analarmstützen	Höchstzahl der Querverb.	Durchschnittszahl der Querverb. einer Analarmstütze	Zahl der Analarmstützen mit gleichlauf., unverbund. Stäben
klein	14	11	7	0	6	nicht ganz $\frac{1}{2}$	31
groß	49	0	97	41 (dav. 1 vierk.)	18	10	1

Diese Zahlen reden eine deutliche Sprache. Man kann wohl sagen, daß die Analarmstützen der kleinkernigen Larven rechten Bastardcharakter tragen. Der mütterliche Einfluß äußert sich bei ihnen hauptsächlich darin, daß bei einem Drittel der Stützen gleichlaufende, unverbundene Stäbe auftreten und (selten) Querverbindungen vorkommen, und daß, wie wir gleich zeigen werden, bei etwas mehr als der Hälfte die Zahl der Wurzeln vermehrt wurde. Demgegen-

über ist bei den Larven mit großen Kernen das stärkere Hervortreten mütterlicher Kennzeichen mit aller wünschenswerten Deutlichkeit wahrzunehmen. Die sich gegenüberstehenden Zahlen 14 und 49, 7 und 97, 0 und 41, 6 und 18, $\frac{1}{2}$ und 10 bezeichnen so erhebliche Unterschiede, daß sie jeden Zweifel an der Verschiebung der Vererbungsrichtung nach der mütterlichen Seite ausschließen.

Stellen wir

b. die Wurzelzahlen der Analarmstützen

einander gegenüber.

4. Tabelle.

Kerngröße	Zahl der Analarmstützen mit 1 Wurzel, ohne Gabelung oder Ansatz zur Gitterbildung	Zahl der Analarmstützen mit 1 Wurzel u. mit Gabelung oder Ansatz zur Gitterbildung	Zahl der Analarmstützen mit 2 Wurzeln	Zahl der Analarmstützen mit 3 Wurzeln	Zahl der Analarmstützen mit 4 Wurzeln	Zahl der Analarmstützen mit 5 Wurzeln	Durchschnittszahl d. Wurzeln einer Analarmstütze
klein	36	6 (davon 1 Gitteransatz)	48	7	3	0	(1,7) 2
groß	1	5 (Gitter)	43	37	9	5	(2,6) 3

Unter den 50 kleinkernigen Larven waren 36 Analarmstützen zu zählen, die durchaus denen von *Strongylocentrotus* glichen; unter den großkernigen war nur eine solche aus einem Stab bestehende Analarmstütze. Die fünf gitterförmigen, einwurzeligen Stützen lassen gegen die sechs Stützen, die nur einmal Gitteransatz und fünfmal Gabeln zeigten, einen deutlich verstärkten Einfluß des mütterlichen Erbanteils erkennen.

Ziemlich gleich für die Larven mit großen und kleinen Kernen ist die Zahl der Analarmstützen mit zwei Wurzeln. Der große Unterschied liegt hier, wie wir sahen, in dem Vorhandensein oder Fehlen von Querverbindungen, ganz abgesehen davon, daß eine der beiden Wurzeln bei den kleinkernigen Larven in sieben Fällen stummelförmig war, was bei den großkernigen nie vorkam.

Recht in die Augen springend ist der Unterschied, wenn wir die Zahlen der drei-, vier- und fünfwurzeligen Stützen vergleichen, und wenn wir noch dazu halten, daß bei den großkernigen Larven oft alle drei Wurzeln die ganze Länge des Analarms erreichten, bei den kleinkernigen dagegen nur zweimal und ohne Querverbindungen zu besitzen.

Durchschnittlich ist die Zahl der Wurzeln bei den großkernigen Larven um eins größer als bei den kleinkernigen.

c. Die Form der analen Scheitelbalken.

Ich habe bei der vergleichenden Beschreibung der Larvenskelette von *Strongylocentrotus* und *Sphaerechinus* schon bemerkt, daß die analen Scheitelbalken der *Strongylocentrotus*-Larve meist einfache, glatte Stäbe mit angeschwollenen, freien Enden sind, daß aber auch manchmal kleine dornige Bildungen an ihnen auftreten. Bei unsern Bastardlarven bilden solche und andere ungewöhnliche Formen die Regel. Nur bei einer einzigen Larve fehlten sie ganz; bei fast allen andern Pluteis traten sie stärker hervor, als an *Strongylocentrotus*-Larven, was wohl sicher dem mütterlichen Erbanteil zugeschrieben werden darf. Über die Formen an den Enden der analen Scheitelbalken und ihre gradmäßige Beurteilung geben die Abbildungen (Fig. 1—20) genügenden Aufschluß. Hier soll nun gezeigt werden, daß in der Ausbildung dieser Formen bei den klein- und den großkernigen Larven merkliche Unterschiede vorhanden waren. (Die beiden analen Scheitelbalken habe ich bezüglich ihrer Form zusammen als ein Bild betrachtet und so in den Tabellen aufgeführt.)

5. Tabelle.

Kerngröße	Zahl d. Larven ohne oder mit schwach ausgebildet. Sonderformen an den analen Scheitelbalken	Zahl der Larven mit mäßig oder mäßig bis stark ausgebild. Sonderformen an den anal. Scheitelbalken	Zahl der Larven mit stark oder sehr stark ausgebildet. Sonderformen an den analen Scheitelbalken	Zahl der Larven mit anal. Scheitelbalken ähnlich denen von <i>Sphaerechinus</i>
klein	17	32	1	0
groß	2	25	17	6

Man sieht aus der 5. Tabelle, daß nur zwei der großkernigen Larven in der Form der analen Scheitelbalken dem *Strongylocentrotus*-Pluteus sehr nahe stehen. Nahezu die Hälfte (17 + 6) der Larven mit großen Kernen zeigt stark oder sehr stark ausgebildete Sonderformen oder gar die Gestalt der *Sphaerechinus*-Scheitelbalken. Es stehen sich hier die Zahlen 17 und 1, 6 und 0 gegenüber — ein sprechender Beweis für das stärkere Hervortreten der mütterlichen Merkmale bei den Larven mit großen Kernen.

In der folgenden Tabelle vergleichen wir

d. das Auftreten und die Länge der oralen Scheitelbalken, wobei wir auch die stummelförmigen Anlagen mitzählen.

Der Unterschied zwischen den kleinen und großkernigen Larven ist aus diesen Zahlen mit eindringlicher Deutlichkeit zu erkennen.

6. Tabelle.

Kern- größe	Zahl der Larven mit oralen Scheitelbalken	Zahl der Larven mit 1 oralen Scheitelbalken	Zahl der Larven mit 2 oralen Scheitelbalken	Größte Länge der oralen Scheitelbalken
klein	5	2	3	27
groß	44	20	24	44

Es bleibt nur noch hinzuzufügen, daß die oralen Scheitelbalken bei den Larven mit großen Kernen in seltenen Fällen sich verzweigten, wie die der *Sphaerechinus*-Pluteus, was aber bei den kleinkernigen Larven nie zu sehen war. Nur in zwei Fällen erreichte der orale Scheitelbalken das Endstück des analen Scheitelbalkens, aber auch nur bei Larven mit großen Kernen. Die unter dem kernvergrößern- den Einfluß der Kohlensäure erfolgte Verschiebung der Vererbungs- richtung nach der mütterlichen Seite tritt also auch an den oralen Scheitelbalken klar hervor.

Die siebente und achte Tabelle geben uns schließlich Auskunft über

e. die Länge und das Längenverhältnis der analen Scheitelbalken
und Armstützen.

Die 7. Tabelle gibt uns Aufschluß über das Verhältnis der Länge von Analscheitelbalken und Analarmstützen bei je 100 Skelethälften der klein- und großkernigen Larven. Beim *Strongylocentrotus*-Pluteus verhält sich, wie schon oben ausgeführt wurde, die Länge der

7. Tabelle.

Kern- größe	Zahl der Skelett- hälften mit dem Verhältnis Sch. = $\frac{1}{1}$ A. = 1	Zahl der Skelett- hälften mit dem Verhältnis Sch. = $\frac{3}{4}$ A. = $\frac{3}{4}$	Zahl der Skelett- hälften mit dem Verhältnis Sch. = $\frac{2}{3}$ A. = $\frac{2}{3}$	Zahl der Skelett- hälften mit dem Verhältnis Sch. = $\frac{1}{2}$ A. = $\frac{1}{2}$	Zahl der Skelett- hälften mit dem Verhältnis Sch. > $\frac{1}{1}$ A. = 1
klein	53	11	5	0	31
groß	23	28	41	8	0

analen Scheitelbalken zur Länge der analen Armstützen wie 1 : 1 (wir wollen das kurz so bezeichnen: $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{1}$); bei *Sphaerechinus* ist $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{2}$. Es ist nun interessant zu sehen, welche Werte dieses Ver-

hältnis $\frac{\text{Scheitelbalkenlänge}}{\text{Analarmlänge}}$ bei den Larven mit großen und kleinen

Kernen annimmt. Um eine recht deutliche Anschauung vom Unterschied dieser Längenverhältnisse bei den zweierlei Bastardformen zu geben, habe ich die 200 Skeletthälften nach vier Verhältnisstufen geordnet: $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{1}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, \frac{1}{2}$. Bei den kleinkernigen Larven

fand ich eine große Zahl von Skeletthälften, bei denen $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} > \frac{1}{1}$ war.

Ich habe aber in der betreffenden Spalte nur die aufgeführt, bei denen die Scheitelbalken mindestens um zwei Teilstriche länger waren als die Analarmstützen; wo der Unterschied geringer war, betrachtete ich

$\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{1}$. Dem Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{1}$ zählte ich noch folgende Brüche

zu: $\frac{5}{6}, \frac{6}{7}, \frac{11}{13}, \frac{13}{15}, \frac{7}{8}, \frac{8}{9}, \frac{9}{10}, \frac{10}{11}, \frac{11}{12}$ und $\frac{12}{13}$. Zu dem Wert $\frac{3}{4}$ rechnete

ich außerdem $\frac{7}{9}, \frac{10}{13}, \frac{4}{5}, \frac{13}{16}$ und $\frac{9}{11}$; zu $\frac{2}{3}$ die Werte $\frac{3}{5}, \frac{5}{8}, \frac{9}{13}, \frac{7}{10}$ und $\frac{5}{7}$;

zu $\frac{1}{2}$ noch $\frac{8}{15}, \frac{4}{7}$ und $\frac{7}{12}$.

Wir sehen, daß etwas mehr als die Hälfte der den kleinkernigen und nicht ganz ein Viertel der den großkernigen Larven zugehörigen

Skeletthälften das *Strongylocentrotus*-Verhältnis: $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{1}$ genau oder

annähernd besitzt. Jene zeigen also vielmehr als diese das Längenverhältnis des Vaters. Das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{3}{4}$ weisen nur elf Skelett-

hälften der Larven mit kleinen Kernen auf — das stärkere Hervortreten der mütterlichen Merkmale bei den großkernigen Larven wird hier schon klar: die Zahl 28 steht jenen 11 gegenüber. Am deutlichsten zeigen die Tatsache der Verschiebung der Vererbungsrichtung die dritte und vierte Spalte: der Wert $\frac{2}{3}$ wird nur von fünf

Skeletthälften der kleinkernigen Larven erreicht, dagegen von 41 der großkernigen Plutei. Endlich war nur bei Larven mit großen Ker-

nen das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{2}$ (wie bei *Sphaerechinus*) zu finden, wie

umgekehrt $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} > \frac{1}{1}$ nur bei kleinkernigen Larven auftrat.

Weiteren Aufschluß über das Längenverhältnis und die Längen

von Analseitelbalken und Analarmstützen soll die folgende achte Tabelle geben.

8. Tabelle.

Kern- größe	Größte Länge der analen Armstützen	Geringste Länge der analen Armstützen	Durchschnittl. Länge d. analen Armstützen	Größte Länge der analen Scheitelbalken	Geringste Länge der analen Scheitelbalken	Durchschnittl. Länge der analen Scheitelbalken	Durchschnittl. Verhältnis der Länge d. analen Scheitelbalken zur Länge d. anal. Armstützen
klein	77	(15) ¹⁾ 32	52,6	59	40	50,6	fast $\frac{1}{1}$
groß	80	(39) ²⁾ 44	63,3	52	(33) ²⁾ 35	45,3	$\frac{5}{7}$

Fassen wir zunächst die Angaben über den Durchschnittswert des Verhältnisses $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}}$ ins Auge. Dieser ist bei den kleinkernigen Larven fast $= \frac{1}{1}$, bei den Larven mit großen Kernen $= \frac{5}{7}$. In welcher Weise ist nun dieses Durchschnittsverhältnis $\frac{5}{7}$ oder der tatsächlich öfters auftretende Wert $\frac{1}{2}$ — diese mutterwärts gerichtete Verschiebung — bei den großkernigen Larven erreicht? Von vornherein wären drei Fälle möglich:

1) Die Analarmstützen werden durchschnittlich länger, als die der kleinkernigen Larven, während die analen Scheitelbalken die gleiche durchschnittliche Länge besitzen.

2) Die analen Scheitelbalken werden bei den großkernigen Larven durchschnittlich kürzer, als bei den kleinkernigen, aber die analen Armstützen haben bei beiden Larvensorten durchschnittlich dieselbe Länge.

3) Die Analarmstützen werden durchschnittlich länger und die analen Scheitelbalken durchschnittlich kürzer, als sie bei den kleinkernigen Larven sind.

Dieser dritte Fall wäre zweifellos der beachtenswerteste. Man könnte dann von einem Wachstumsausgleich zwischen Armstab- und

¹⁾ Neben diese von allen andern weit abstehende Zahl setze ich die nächstkleinste Angabe der Länge einer offenbar gut (Querverbindungen!) ausgebildeten Analarmstütze (Pluteus 25).

²⁾ Maß einer Zwerglarve (Pluteus 10); daneben die Angabe einer Ganzlarve.

Scheitelbalkenlänge reden; die Armstäbe müssen nicht so lang und die Scheitelbalken nicht so kurz werden, damit eine Annäherung an das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{2}$ oder gar dessen reine Ausbildung erzielt wird, wenn Armstab- und Scheitelbalkenlänge, statt jede allein, sich beide in der bezeichneten Weise gleichzeitig ändern. Wie die Durchsicht der achten Tabelle ergibt, ist bei den großkernigen Larven dieser Ausgleich zur Tatsache geworden. Nicht nur sind die Angaben der größten und kleinsten Längen der Analarmstützen bei den Larven mit großen Kernen höher, als bei denen mit kleinen Kernen, nicht nur sind auch die größten und kleinsten Längen der Analscheitelbalken bei jenen geringer, als bei diesen, sondern — und das fällt mehr ins Gewicht — die durchschnittliche Länge der Analarmstützen ist größer, und die durchschnittliche Länge der analen Scheitelbalken ist bei den großkernigen Larven kleiner, als bei den kleinkernigen. Die durchschnittliche Länge der analen Armstützen ist von derjenigen der kleinkernigen Larven mit 52,6 Teilstrichen auf 63,3 der großkernigen, also um fast 11 Teilstriche, gestiegen, während die mittlere Länge der analen Scheitelbalken von 50,6 Teilstrichen bei den Larven mit kleinen Kernen auf 45,3, also um etwa 5, bei den großkernigen Larven sank. Wir sehen daraus auch, daß sich die Armstablänge um einen größeren Betrag erhöhte, als die Scheitelbalkenlänge sich verringerte. Die Annäherung des Längenverhältnisses $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}}$ bei den Larven mit großen Kernen an das Verhältnis $\frac{1}{2}$ vollzog sich also mehr durch Veränderung der Analarmstützen- als der Scheitelbalkenlänge.

Ich glaube, damit die unter dem Einfluß der Kohlensäure erfolgte Verschiebung der Vererbungsrichtung nach der mütterlichen Seite hinreichend genau und ausführlich bewiesen zu haben. Die Skelette der Larven, die aus Eiern hervorgingen, deren Kern vor der Befruchtung durch die Einwirkung von Kohlensäure vergrößert worden war, wiesen in nicht zu mißdeutender Weise viel mehr Anklänge an die Larve von *Sphaerechinus* auf, als die Plutei, die sich aus Eiern mit unvergrößerten Kernen entwickelten.

C. Erörterung des Ergebnisses.

Dieses Ergebnis könnte nicht in Frage gezogen werden durch seltene Fälle, wo man sagen müßte: diese beiden Larven haben

ziemlich gleich ausgebildete Skelette — aber die eine Larve besitzt große, die andere kleine Kerne; oder: diese beiden Larven sind sehr verschieden im Bau des Skeletts, die eine hat mehr väterliche, die andere mehr mütterliche Skelettmerkmale — und trotzdem haben beide gleich große Kerne. Derartige Merkwürdigkeiten könnte man, wenn man sich nicht mit der Scheinerklärung zufrieden geben mag, daß das eben »zufällig« so sei, vermutungsweise auf die Verschiedenheit der einzelnen Keimzellen zurückführen — es ist denkbar, wenn auch zunächst nicht erklärbar, daß in manchen Eiern der mütterliche oder väterliche Erbanteil auf irgendeine Weise ganz oder zum Teil unwirksam wird, und daß dann der andere Erbanteil entsprechend in den Vordergrund tritt. Eine solche Verschiedenheit lernten wir ja bei unsern Versuchseiern kennen, die zudem aus mehreren und wohl auch etwas verschiedenen Weibchen stammten: bei einem Teil der Eier wurde der Kern durch die Einwirkung der Kohlensäure vergrößert, bei einem andern nicht, ein dritter Teil entwickelte sich parthenogenetisch — das deutet doch darauf hin, daß die Eier, obwohl ohne sichtbare Unterscheidungszeichen, sich irgendwie unterschieden. Auch bei Bastardlarven, deren Eier keiner besonderen Behandlung unterzogen wurden, sind die Unterschiede in der Gestalt des Skeletts oft recht groß: mehr vaterähnliche treten neben mehr mutterähnlichen auf. Es wäre also durchaus nicht verwunderlich, wenn auch unter den Larven dieses Versuchs sich solche großkernige fänden, deren Skelett weniger mütterliche Anklänge als die übrigen zeigte und so den kleinkernigen Larven ähnlich wäre, die etwas mehr mütterliche Merkmale aufwiesen als die andern.

Wir wollen aber doch die beiden ersten Tabellen noch daraufhin durchsehen, ob es uns jetzt möglich wäre, aus der Beschreibung des Skeletts auf die Kerngröße zu schließen, oder ob wir bei mancher Larve im Zweifel wären, welche Kerngröße wir ihr, nach dem Skelett zu urteilen, zuschreiben dürften.

Wenn wir die zweite Tabelle überblicken, in der die Skelette der großkernigen Larven beschrieben sind, so sehen wir, daß Querverbindungen nur bei drei Analarmstützen fehlen, und zwar bei Pluteus 25 an beiden und bei Pluteus 38 nur bei einer Analarmstütze, daß aber bei den andern Pluteis schon die hohe Zahl der Querverbindungen gegenüber der niederen bei den kleinkernigen Larven uns über den Zweifel hinwegheben würde, welche Kerngröße wir bei ihnen annehmen dürften, besonders wenn wir noch die Zahl der Wurzeln, das Vorhandensein und die Länge der oralen Scheitelbalken, das Verhältnis

$\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}}$ und anderes hinzunehmen. Wären wir nun wohl versucht, die Larven 25 und 38 als kleinkernig zu bezeichnen? Ich glaube kaum. Denn der Pluteus 25 hat zwar keine Querverbindungen, aber dafür andere Merkmale, die auf einen stärkeren mütterlichen Einfluß hinweisen, als wir ihn sonst bei kleinkernigen Larven finden: er besitzt zwei orale Scheitelbalken, das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}}$ der beiden Skeletthälften ist $= \frac{3}{4}$, die linke Analarmstütze hat drei Wurzeln, von denen eine sehr lang und die beiden andern ziemlich lang (nicht nur Stummel) sind. Die Larve 38 ist durch zwei orale Scheitelbalken von ansehnlicher Länge ausgezeichnet, weiter besitzt die rechte Skeletthälfte das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{3}{4}$ und die rechte Analarmstütze vier Querverbindungen.

Wie würden wir uns aber bei den Pluteis 4, 5, 17, 26, 35, 38, 44 der ersten Tabelle entscheiden? Ich greife die beiden Plutei 4 und 35 heraus, bei denen wir zunächst am meisten stutzig wären. Jener besitzt zwar zwei orale Scheitelbalken, jedoch keine Querverbindungen, und das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}}$ ist bei beiden Skeletthälften gleich oder fast $= \frac{1}{1}$. Der Pluteus 35 hat außer den wenigen Querverbindungen und einer dreiwurzeligen Analarmstütze keine Merkmale, die auf einen für kleinkernige Larven ungewöhnlich starken Einfluß des mütterlichen Erbanteils hinweisen würden, denn das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}} = \frac{1}{1}$ und die schwach ausgebildeten Sonderformen am Ende der analen Scheitelbalken lassen immerhin einen starken väterlichen Einfluß erkennen.

Diese kurze Erörterung zeigt, daß das Skelett der klein- und großkernigen Larven nicht nur im allgemeinen, sondern auch im einzelnen merkliche und deutlich kennzeichnende Unterschiede aufweist.

D. Scheinbare Abweichungen.

Daß Larven, die sich parthenogenetisch entwickelt haben, kleine Kerne haben können und die Merkmale der Mutter besitzen, liegt auf der Hand. Unter den vielen Hunderten von Larven, die ich betrachtete, fand ich eine, deren Skelett durchaus wie das von *Sphaer-*

echinus gebildet war (Fig. 21) und die kleine Kerne besaß. Es geht nicht an, diese Larve mit den andern kleinkernigen Larven zu vergleichen und in Gegensatz zu stellen: der Unterschied ist dafür zu groß und das Auftreten einer solchen Larve zu selten. Wir sind auch nicht in Verlegenheit, diese scheinbare Ausnahme zu erklären. Wie ich oben schon mitteilte und später noch genauer angeben werde, waren vor der Befruchtung manche Eier in parthenogenetische Entwicklung eingetreten. Es liegt darum nahe, diese kleinkernigen Larven mit dem *Sphaerechinus*-Skelett als einen parthenogenetischen Pluteus aufzufassen.

Der Pluteus 10 der zweiten Tabelle ist eine Zwerglarve, wie aus den angegebenen Zahlen hervorgeht. Die Gestalt (Fig. 22, bei stärkerer Vergrößerung gezeichnet!) ist fast die der *Sphaerechinus*-Larve, aber die linke Analarmsstütze ist vierkantig, die oralen Armstützen sind sehr kurz, wie auch der rechte Oralscheitelbalken nur halb ausgebildet ist. Besonders hervorzuheben ist, daß dieser Pluteus weitaus die größten Kerne unter allen Larven besaß, die mir zu Gesicht kamen. Vielleicht kann man sich die Entstehung dieser Larve so denken: Durch mehrfache Monasterbildung ist das Chromatin des Eikerns vor der Zweiteilung sehr vermehrt und damit dieser selbst stark vergrößert worden; auf der Zweizellenstufe haben sich die beiden Zellen getrennt, und aus der einen ging die Zwerglarve hervor. Daß solche Trennungen von Furchungszellen mit vergrößerten Kernen vorkommen, konnte ich zweimal auf Schnitten sehen (allerdings war in beiden Fällen die Trennung noch nicht vollständig erfolgt), und daß aus einer der zwei ersten Furchungszellen eine wohl ausgebildete, doch entsprechend kleinere Larve entstehen kann, hat DRIESCH gezeigt.

Um nun auch eine klare bildliche Anschauung von der Verschiebung der Vererbungsrichtung zu geben, habe ich eine Reihe von Abbildungen hergestellt, die mit der Darstellung einer *Strongylocentrotus*-Larve beginnt und mit der einer *Sphaerechinus*-Larve schließt und so einen sinnfälligen Eindruck von dem stärkeren Hervortreten der mütterlichen Merkmale bei den großkernigen Larven vermittelt (Fig. 1—20).

An dieser Stelle möchte ich einen sonderbaren Einwand erwähnen, den kürzlich MACBRIDE (11) gegen die von HERBST bei der Kreuzung $\frac{\text{Str. } \sigma}{\text{Sph. } \varphi}$ nachgewiesene Verschiebung der Vererbungsrichtung nach der mütterlichen Seite vorbrachte. »Thus HERBST, who studied

chiefly the cross between *Sphaerechinus* and *Strongylocentrotus*, attaches great importance to the extent to which lattice-work appears in the skeleton of the arms of the hybrid. In the normal larva of *Strongylocentrotus*, it is true, all four arms are supported by unbranched calcareous rods, whilst in the normal larva of *Sphaerechinus*, each of the two posterior arms is supported by parallel rods connected by cross-pieces like the steps of a ladder, an arrangement which is termed 'lattice-work'. But HERBST fails to take into account the fact that in the normal larva of *Strongylocentrotus* a lattice-work skeleton can appear as a variation, and hence an attempt such as he makes to estimate quantitatively the influence of one parent by the amount of lattice-work which appears in the hybrid rests upon an insecure foundation. « Da somit MACBRIDE nicht sieht, auf wie sicherem Grunde die Feststellung der tatsächlich verschobenen Vererbungsrichtung ruht, möchte ich zeigen, daß der Fehler bei ihm liegt. MACBRIDE gibt an, daß bei *Strongylocentrotus*-Larven auch Gitterstäbe vorkommen. Das stimmt ja wohl. STEINBRÜCK (02) hat eine solche Analarmstütze (Taf. I Fig. 24) abgebildet; doch besitzt diese nur eine Wurzel und zwei Querverbindungen. Solche Larven dürften aber so selten sein (HERBST z. B. hat bis jetzt nur vier derartige *Strongylocentrotus*-Larven gesehen) und so wenig als »normal« bezeichnet werden, wie eine menschliche Hand mit sechs Fingern normal genannt werden kann. Was kann das seltene Vorkommen aber bedeuten gegenüber der ungeheuren Menge von wirklich normalen *Strongylocentrotus*-Larven? Nichts! Und daß in den Versuchen von HERBST gerade solche *Strongylocentrotus*-Samenfäden zur Befruchtung gelangt sein sollten, die auch ohne die vorhergehende Behandlung der *Sphaerechinus*-Eier die Ausbildung eines Gitterwerks bewirkt hätten, wird auch MACBRIDE im Ernst nicht annehmen. Wie wären denn die Larven dieses Versuchs, die kleine Kerne und meist nicht die Spur eines Gitters besaßen, zu erklären? Hier wäre wohl zufällig nicht allein der mütterliche, sondern auch der die Gitterbildung bewirkende Erbanteil der merkwürdig »normalen« Väter ohne Einfluß geblieben?!

HERBST hat aber außer den Gitterstäben auch noch die Zahl der Wurzeln, die oralen Scheitelbalken, die Gestalt der analen Scheitelbalken, das Verhältnis $\frac{\text{Sch.}}{\text{A.}}$ und anderes in seine Betrachtungen und

Rechnungen einbezogen und erst auf Grund all dieser Vergleiche seinen Schluß gezogen, der ja auch durch seine cytologischen Untersuchungen einleuchtend gemacht wurde.

Der Einwurf MACBRIDES erscheint mir ebenso berechtigt wie etwa der: es sei nicht beweisend, daß der mütterliche Erbanteil ausschlaggebend geworden sei, wenn die Kinder einer Mutter mit sechsfingerigen Händen und eines Vaters mit gewöhnlicher Fingerzahl je sechs Finger an jeder Hand besäßen — denn es gebe auch Männer mit sechs Fingern an jeder Hand!

(Schluß folgt.)

Erklärung der Abbildungen.

Buchstabenbezeichnungen.

<i>aqu</i>	analer Querstab,	<i>md</i>	Mitteldarm,
<i>asch</i>	analer Scheitelbalken,	<i>osch</i>	oraler Scheitelbalken,
<i>ast</i>	Analarmstützen,	<i>ost</i>	Oralarmstützen,
<i>ed</i>	Enddarm,	<i>vd</i>	Vorderdarm.
<i>m</i>	Mund,		

Tafel III—V.

Fig. 1—20. Plutei, gezeichnet bei der Vergrößerung SEIBERT Obj. 3, Ok. 3, und bei eingeschobenem Tubus. Für die Längen sind nur die Angaben in den Tabellen 1 und 2, nicht aber die Zeichnungen maßgebend.

Fig. 1. *Strongylocentrotus*-Pluteus aus reiner Zucht.

Fig. 2—9. Kleinkernige Plutei aus der Zucht $\frac{\textit{Strongylocentrotus} \text{ ♂}}{\textit{Sphaerechinus} \text{ ♀}}$.

Fig. 10—19. Großkernige Plutei aus der Zucht $\frac{\textit{Str.} \text{ ♂}}{\textit{Sph.} \text{ ♀}}$.

Fig. 20. *Sphaerechinus*-Pluteus aus reiner Zucht.