

KIELER MEERESFORSCHUNGEN

Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

Herausgegeben von G. WUST (Institut für Meereskunde)
unter Mitwirkung von A. REMANE (Zoologisches Institut)

Band XI

1955

Heft 2

Sonderdruck S. 201—213

Untersuchungen zur Biologie des Seesternes *Asterias rubens* L. in Brackwasser

Von Ruth Kowalski

122782

Kommissionsverlag Walter G. Mühlau, Kiel

Untersuchungen zur Biologie des Seesternes *Asterias rubens* L. in Brackwasser*)

Von Ruth Kowalski

1. Einleitung

Die Echinodermen sind typische Meeresbewohner. Nur wenige Arten sind in Brackwasser, d. h. in verdünntem Meerwasser, lebensfähig. Nach REMANE (1934) finden wir in der Nordsee bei 30—33‰ Salzgehalt 27 Echinodermenarten, in der Beltsee (westl. Ostsee) bei im Mittel 15‰ Salzgehalt 8 Arten und in der mittleren Ostsee bei etwa 8‰ Salzgehalt nur noch eine Art: *Asterias rubens*. Die nördliche Ostsee (Bottnischer und Finnischer Meerbusen) mit Brackwasser von 6—3‰ Salzgehalt ist frei von Echinodermen.

In der Kieler Förde kommt *Asterias rubens* bei im Mittel 15—17‰ Salzgehalt relativ häufig vor. Er erreicht aber hier nicht die Größe der Nordsee-Exemplare. H. MEYER (1935) hat aus diesem Grunde die in der Kieler Bucht vorkommenden Populationen von *Asterias rubens* als „Kümmerformen“ bezeichnet. Nach ihren Angaben (vergl. S. 393 bis 394) soll *Asterias* in der Kieler Förde nicht fortpflanzungsfähig sein und seinen Bestand nur durch Eintritt der planktonischen Larven aus salzreicherem Meerwasser erhalten. Allerdings handelt es sich hierbei um eine Hypothese, ohne daß in der erwähnten Arbeit eigene oder fremde diesbezügliche Beobachtungen mitgeteilt werden.

Asterias rubens hat, wie wohl alle Echinodermen, keinerlei osmoregulatorische Fähigkeiten. Innen- und Außenmedium sind bei ihm stets isotonisch. Überführt man einen Seestern in verdünntes Meerwasser, so zeigt er unmittelbar anschließend eine starke, osmotisch bedingte Gewichtszunahme, die lange Zeit anhalten kann (SCHLIEPER 1929). Der Gehalt der Leibeshöhlenflüssigkeit von *Asterias* an anorganischen Ionen stimmt nach COLE (1940) weitgehend mit dem des umgebenden Meerwassers überein. Die Atmungsgröße von *Asterias* ist in salzarmem Brackwasser wesentlich geringer als in salzreicherem Brackwasser oder in reinem Meerwasser (SCHLIEPER 1929, H. MEYER 1935). Dieser Unterschied in der Atmungsintensität beruht nicht auf der geringeren Aktivität der Seesterne in verdünntem Meerwasser, sondern wird direkt durch eine verschiedene Intensität des Gewebestoffwechsels bedingt (BOCK u. SCHLIEPER 1953).

Die vorliegende Arbeit, die auf Anregung und unter Leitung von Herrn Professor Dr. C. Schlieper durchgeführt wurde, soll die noch offenen Fragen klären helfen, insbesondere Beobachtungen über die Gonadenentwicklung und die Fortpflanzungsfähigkeit des Seesternes *Asterias rubens* in Brackwasser beibringen. Die als Dissertation angefertigte Untersuchung wird im folgenden im Auszug gedruckt vorgelegt.

Die für die Untersuchung benutzten Ostsee-Asterien wurden aus der Kieler Außenförde von dem Forschungskutter „Südfall“ eingebracht. Sie konnten in der „Strander Bucht“ massenhaft mit der Dredge gefangen werden. Die Nordsee-Seesterne wurden von mir in der „Biologischen Anstalt Helgoland“ in List auf Sylt untersucht. In beiden Fällen wurden die Tiere nach dem Fang jeweils zwei bis drei Tage in Aquarien mit fließendem und gut durchlüftetem Seewasser gehalten, dessen Salzgehalt (15 bzw. 30‰) annähernd dem des Meerwassers der Fangstelle entsprach. — Ich möchte auch an dieser Stelle den Herren der „Biologischen Anstalt Helgoland“ für die freundliche Unterstützung meiner Arbeit verbindlichst danken.

*) Herrn Professor Dr. G. Wüster (Kiel) zu seinem 65. Geburtstag gewidmet.

2. Methodik

Im Laufe von 13 Monaten (Mai 1953 bis Mai 1954) wurden etwa 1400 Ostsee-Seesterne und etwa 600 Nordsee-Seesterne untersucht.

Der Radius eines jeden Tieres wurde folgendermaßen gemessen: Der Seestern wurde in eine flache, mit Seewasser gefüllte Schale gesetzt. Unter die Schale wurde ein Bogen Millimeterpapier geschoben, auf dem im Abstand von 1 cm konzentrische Kreise gezogen waren. Dann wurde die Schale so verschoben, daß die fünf Armspitzen des Seesternes von einem dieser Kreise etwa den gleichen Abstand hatten. Auf diese Weise konnte der Radius schnell ermittelt und direkt auf 1 mm genau abgelesen werden.

Die Bestimmung des Lebendgewichtes der Asterien erfolgte mit einer Apothekerwaage, die für die Reihenuntersuchungen von ausreichender Genauigkeit war ($\pm 0,025$ g). Vor der Wägung wurden die Tiere zunächst eine Minute lang zum Abtropfen auf ein feinmaschiges Drahtnetz gesetzt und dann eine weitere Minute lang in einem Tuch mit Filtrierpapiereinlage vom restlichen Haftwasser befreit.

Nach Abtrennung der Körperdecke wurden die 10 Gonadenbüschel vorsichtig herauspräpariert und in einer mit Seewasser gefüllten Glasschale ausgebreitet. Die Messung ihrer Länge erfolgte ebenfalls durch Unterlegen eines Millimeterpapierbogens. Als Fixpunkte wurden die Anwachsstellen und die Spitzen der Gonaden gewählt. Nachdem die Organe dann durch Filtrierpapier vom Haftwasser befreit waren, wurden sie gewogen. Außerdem wurde das Geschlecht durch mikroskopische Untersuchung eines Quetschpräparates bestimmt. Schließlich wurde bei jedem Ovar der Durchmesser von mindestens zehn Eiern bzw. Oocyten gemessen.

Für jedes untersuchte Tier wurde eine Karteikarte angelegt, auf der neben dem Datum des Fanges die Geschlechtszugehörigkeit und der Fundort, das Lebendgewicht, der Radius, das Gonadengewicht, die durchschnittliche mittlere Gonadenlänge und bei den weiblichen Tieren die Durchmesser der zehn gemessenen Eier und der mittlere Eidurchmesser verzeichnet wurden. Außerdem wurden auf jeder Karteikarte Angaben über Körperform und Färbung, über die Konsistenz des Tieres sowie über die Gonadenentwicklung und eventuelle krankhafte Veränderungen der Gonaden vermerkt. Eine tabellarische Zusammenstellung sämtlicher auf den Karteikarten verzeichneten Einzelwerte befindet sich im Institut für Meereskunde, während die Karteikarten selbst im Besitz der Verfasserin sind und jederzeit eingesehen werden können.

Über die Methoden der Aktivitätsmessung und der chemischen Untersuchungen wird ausführlich in den betreffenden Abschnitten berichtet.

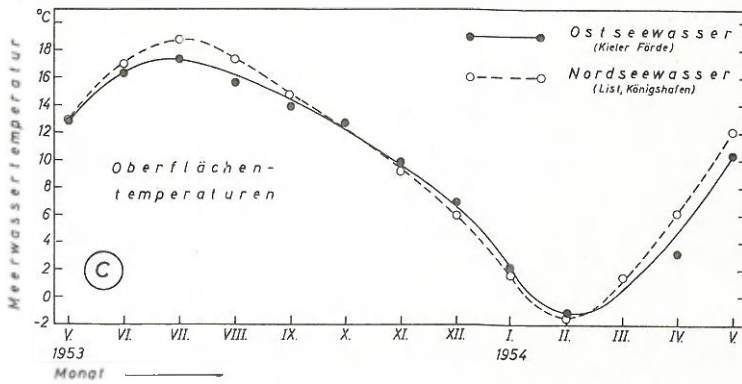
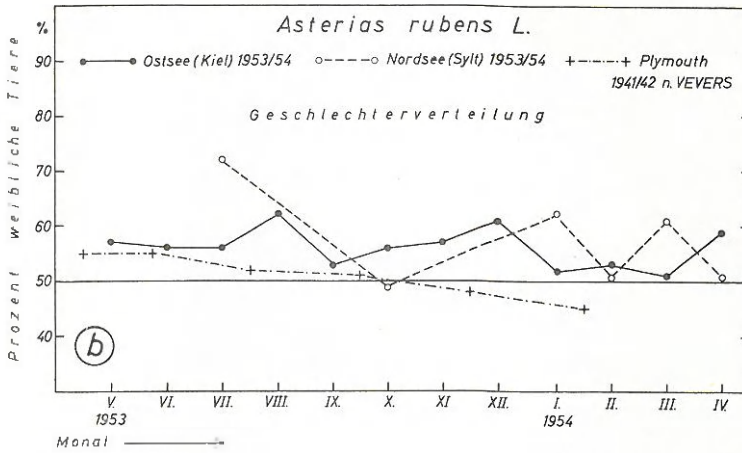
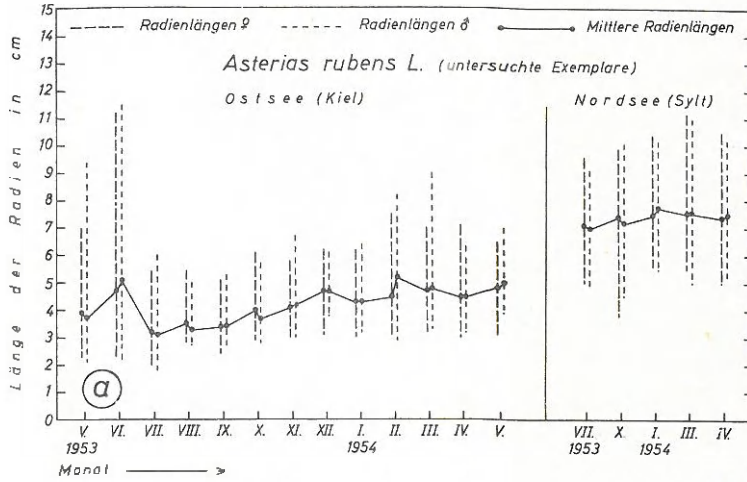
3. Äußere Unterschiede zwischen den Seesternen der Ost- und Nordsee

Der größte Teil der untersuchten, keineswegs irgendwie ausgewählten Ostsee-Seesterne hatte einen mittleren Radius von 3—5 cm, während die ebenfalls nicht ausgewählten untersuchten Nordsee-Asterien einen durchschnittlichen Radius von 6,5—8 cm aufwiesen (s. Abb. 1). Dies schließt natürlich nicht aus, daß sowohl in der Ostsee als auch in der Nordsee wesentlich größere Exemplare beobachtet werden können.

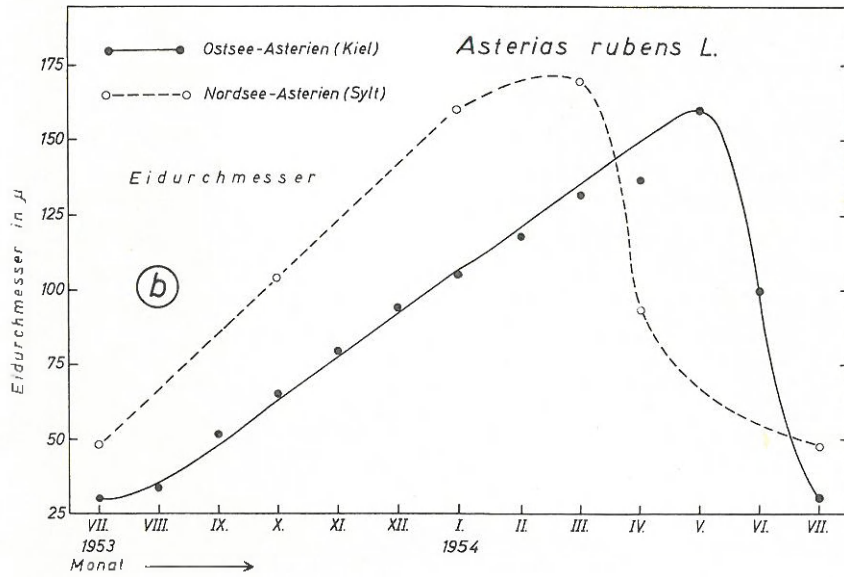
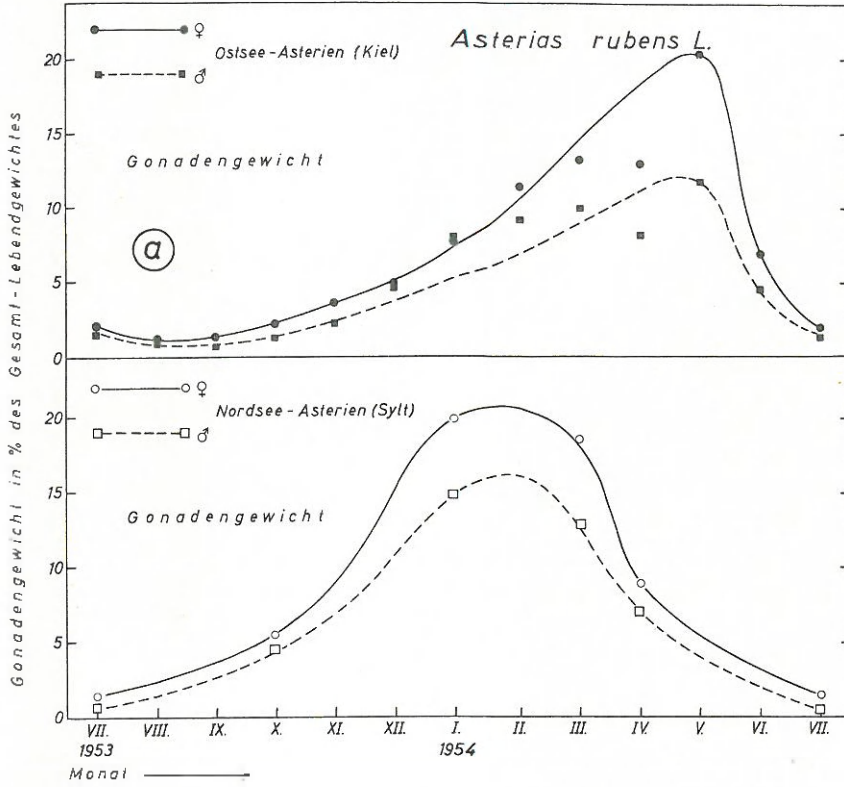
Vergleichen wir die Radienlängen der von mir untersuchten Seesterne mit den von VEYERS (1949) an Seesternen aus der Umgebung von Plymouth an der englischen Küste

Legende zu der nebenstehenden Tafel 23

- Abb. 1. Größenbereiche und mittlere Radien der untersuchten Seesterne (*Asterias rubens* L.) aus der Ostsee (Kieler Förde) und der Nordsee (bei Sylt).
Abb. 2. Der prozentuale Anteil weiblicher Exemplare von *Asterias rubens* in drei Populationen zu verschiedenen Jahreszeiten.
Abb. 3. Mittlere Oberflächenwasser-Temperaturen der Ostsee (Kieler Förde, Signalturm) und der Nordsee (Sylt, Königshafen) von Mai 1953 bis Mai 1954.



Tafel 23



Tafel 24

gefundenen, so entsprechen die Asterien des „Rame Eddystone Ground“ und des „Plymouth Sound“ in ihrer Größe den von mir aus der Umgebung von Sylt (Nordsee) untersuchten Tieren, die der „Cawsand Bay“ und des „Rame Mud“ aber denen aus der Kieler Förde (Ostsee).

Trotzdem ist zu bemerken, daß es in der Kieler Förde nicht nur kleine, sondern auch relativ große Seesterne gibt. Bei „Stickenhörn“, in der Nähe der Holtenauer Schleuse des Kaiser-Wilhelm-Kanals, wurden beispielsweise auf einer Miesmuschelbank auf schlickhaltigem Boden einzelne Exemplare von 10 bis 15 cm im Radius gefunden. Diese auffallende Größe der Seesterne von Stickenhörn könnte vielleicht auf besonders günstige Ernährungsbedingungen zurückgeführt werden.

Nicht zu übersehen ist auch die verschiedene Körperkonsistenz der Ost- und Nordsee-Asterien. Die Oberseite der Nordseetiere ist immer stark sklerotisiert. Starke, stumpfe Stacheln bedecken sie. Die Ostsee-Seesterne lassen dagegen nur schwache derartige Skelettbildungen erkennen. Ihre Oberseite ist relativ weich und glatt. Auch die Ambulacralplatten der Ostsee-Seesterne sind wesentlich zarter als die der Nordsee-Exemplare. Infolge der weicheren Oberfläche erscheinen die Ostsee-Asterien vielfach plump. Sie sind außerdem in der Regel dunkler gefärbt als die Nordseetiere.

4. Die Gonadenentwicklung der Ost- und Nordsee-Asterien

Die Untersuchung der Seesterne aus der Kieler Förde ergab eine Geschlechterverteilung, die die Befunde von VEVERS (1949) an Seesternen der englischen Küste bestätigt. Der Anteil der weiblichen Asterien schwankte im Untersuchungszeitraum (Mai 1953 bis Mai 1954) in der Kieler Förde zwischen 52% und 62%, wobei die niedrigsten Werte im Januar bis März gefunden wurden (vergl. Abb. 2). Auch bei den untersuchten Nordsee-Seesternen aus der Umgebung von Sylt überwog der Anteil der weiblichen Exemplare, nur im Oktober (1953) sank die Zahl der weiblichen Individuen unter 50% (auf 49%).

Das Verhältnis der Gonadenlänge zur Körpergröße (d. h. zum Radius) ist bei *Asterias rubens* großen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Nach dem Abläichen sind die Gonaden stark geschrumpft und durchsichtig. Während der Zeit der zunehmenden Geschlechtsreife wachsen die Gonaden zu erheblicher Länge heran und reichen schließlich bis in die Spitzen der einzelnen Arme; manchmal sind ihre Enden sogar umgeknickt. Ebenso nimmt während dieser Zeit das Verhältnis von Gonadengewicht/Gesamt-Lebendgewicht kontinuierlich zu. Während und nach der Laichperiode sinkt dann das Gonadengewicht stark ab, um nach dem vollständigen Abläichen allmählich wieder anzusteigen und ein neues Maximum zur Zeit der Geschlechtsreife zu erreichen.

Bereits äußerlich unterscheiden sich die Gonaden der Ost- und Nordsee-Seesterne. Während die Gonaden der weiblichen Asterien der Kieler Förde stets kräftig rosa bis gelbbraun gefärbt sind, zeigen die Ovarien der Nordsee-Asterien meistens einen hellgelben, nur in Ausnahmefällen einen zartrosa Farbton. Außerdem sind die Ovarien der Ostseetiere meist etwas breiter und relativ kürzer. Sie erreichen nicht den prozentualen Anteil am Gesamt-Lebendgewicht, wie er bei den Nordsee-Exemplaren beobachtet werden konnte. Das gleiche gilt für die kleineren Gonaden der männlichen Seesterne. Sie sind bei den Ostsee-Asterien graubläulich gefärbt, bei den Nordsee-Individuen dagegen in der Regel rein weiß, selten etwas grau. Ferner kann man an den Gonaden der Ostseetiere häufig

Legende zu der nebenstehenden Tafel 24

- Abb. 4. Die Gonadengewichte in Prozent der Gesamt-Lebendgewichte von *Asterias rubens* aus der Ostsee und der Nordsee während eines Jahreszyklus.
Abb. 5. Die mittleren Eidurchmesser von *Asterias rubens* aus der Ostsee (Kieler Förde) und der Nordsee (bei Sylt) während eines Jahreszyklus.

Tabelle 1

Größen- und Gewichtsmaße der untersuchten Ost- und Nordsee-Asterien

a = Monat, n = Tierzahl, R = Mittl. Radius (cm), Lg = Mittl. Lebendgewicht (g), Gg = Mittl. Gonadengewicht (g), Gl = Mittl. Gonadenlänge (cm), Gg%(Lg) = Mittl. Gonadengewicht in % vom Gesamt-Lebendgewicht, Gl%(R) = Mittl. Gonadenlänge in % vom Radius

a	n	R	Lg	Gg	Gl	Gg%(Lg)	Gl%(R)	
Ostsee-Asterien								
1953	V.	♀ 57	3,9 ± 0,14	9,1 ± 1,3	2,25 ± 0,56	1,7 ± 0,14	17,7 ± 2,5	43,6
		♂ 43	3,7 ± 0,17	8,9 ± 1,0	0,91 ± 0,19	1,2 ± 0,11	10,2 ± 2,5	32,4
	VI.	♀ 45	4,7 ± 0,29	18,0 ± 1,9	1,82 ± 0,54	1,3 ± 0,14	7,0 ± 1,9	27,7
		♂ 35	5,1 ± 0,37	24,7 ± 2,7	1,16 ± 0,34	1,3 ± 0,16	4,5 ± 1,3	25,5
	VII.	♀ 56	3,2 ± 0,10	4,8 ± 0,3	0,09 ± 0,01	0,5 ± 0,04	2,0 ± 0,2	15,6
		♂ 44	3,1 ± 0,16	4,6 ± 0,3	0,07 ± 0,02	0,4 ± 0,04	1,7 ± 0,3	12,9
	VIII.	♀ 62	3,5 ± 0,07	7,0 ± 0,4	0,08 ± 0,01	0,6 ± 0,04	1,2 ± 0,1	17,1
		♂ 38	3,3 ± 0,08	5,6 ± 0,3	0,05 ± 0,01	0,4 ± 0,04	0,9 ± 0,1	12,1
	IX.	♀ 53	3,4 ± 0,08	7,0 ± 0,5	0,08 ± 0,01	0,5 ± 0,03	1,2 ± 0,1	14,7
		♂ 47	3,4 ± 0,08	6,7 ± 0,4	0,05 ± 0,01	0,4 ± 0,03	0,7 ± 0,1	11,8
	X.	♀ 56	4,0 ± 0,13	11,7 ± 0,6	0,28 ± 0,04	0,8 ± 0,05	2,3 ± 0,3	20,0
		♂ 44	3,7 ± 0,10	9,0 ± 0,6	0,11 ± 0,02	0,6 ± 0,04	1,2 ± 0,2	16,2
	XI.	♀ 57	4,1 ± 0,08	11,7 ± 0,8	0,40 ± 0,05	1,0 ± 0,05	3,6 ± 0,4	24,4
		♂ 43	4,2 ± 0,12	13,1 ± 0,8	0,28 ± 0,05	0,9 ± 0,09	2,2 ± 0,3	21,4
	XII.	♀ 61	4,7 ± 0,11	19,5 ± 1,2	1,29 ± 0,20	1,5 ± 0,09	5,9 ± 0,7	31,9
		♂ 39	4,7 ± 0,12	18,5 ± 1,7	1,13 ± 0,22	1,4 ± 0,12	5,5 ± 0,8	29,8
1954	I.	♀ 47	4,3 ± 0,11	14,6 ± 1,3	1,17 ± 0,28	1,4 ± 0,10	7,7 ± 1,0	32,6
		♂ 43	4,3 ± 0,13	14,2 ± 1,2	1,29 ± 0,30	1,4 ± 0,13	8,0 ± 1,1	32,6
	II.	♀ 39	4,5 ± 0,16	20,0 ± 1,7	2,28 ± 0,41	1,8 ± 0,12	11,5 ± 1,2	40,0
		♂ 35	5,2 ± 0,25	28,8 ± 2,9	2,92 ± 0,34	1,8 ± 0,18	9,2 ± 1,1	34,6
	III.	♀ 51	4,7 ± 0,12	20,2 ± 1,9	2,69 ± 0,38	2,0 ± 0,13	13,3 ± 1,1	42,6
		♂ 49	4,8 ± 0,12	18,9 ± 1,5	2,00 ± 0,26	1,7 ± 0,14	10,0 ± 1,0	35,4
	IV.	♀ 59	4,5 ± 0,12	20,0 ± 1,7	2,63 ± 0,37	1,9 ± 0,13	13,0 ± 1,4	42,2
		♂ 41	4,5 ± 0,11	15,8 ± 1,1	1,39 ± 0,15	1,6 ± 0,13	8,2 ± 0,9	35,6
	V.	♀ 57	4,8 ± 0,09	26,9 ± 1,9	6,56 ± 0,85	2,7 ± 0,15	23,2 ± 1,9	56,3
		♂ 43	5,0 ± 0,11	24,3 ± 1,5	3,28 ± 0,44	2,1 ± 0,15	13,4 ± 1,2	42,0

Nordsee-Asterien

1953	VII.	♀ 72	7,1 ± 0,12	44,8 ± 2,3	0,74 ± 0,15	1,3 ± 0,11	1,5 ± 0,3	18,3
		♂ 28	7,0 ± 0,17	38,0 ± 1,6	0,19 ± 0,02	0,8 ± 0,04	0,5 ± 0,1	11,4
	X.	♀ 49	7,4 ± 0,19	48,7 ± 2,7	2,85 ± 0,45	2,6 ± 0,18	5,6 ± 0,9	35,1
		♂ 51	7,2 ± 0,30	44,1 ± 2,7	2,17 ± 0,43	2,3 ± 0,25	4,4 ± 0,9	31,9
1954	I.	♀ 62	7,5 ± 0,13	57,5 ± 2,6	11,88 ± 1,68	4,3 ± 0,37	20,0 ± 2,5	57,3
		♂ 38	7,8 ± 0,17	56,0 ± 3,1	8,47 ± 1,35	4,1 ± 0,33	14,9 ± 2,0	52,6
	III.	♀ 61	7,6 ± 0,20	60,4 ± 9,4	13,25 ± 4,51	4,3 ± 0,48	18,7 ± 3,9	56,6
		♂ 39	7,6 ± 0,26	60,1 ± 7,4	9,28 ± 2,33	3,8 ± 0,53	12,9 ± 3,0	50,0
	IV.	♀ 51	7,4 ± 0,19	59,1 ± 4,3	6,43 ± 1,44	3,2 ± 0,34	9,0 ± 2,0	43,2
		♂ 49	7,5 ± 0,17	56,8 ± 5,2	5,07 ± 1,21	3,2 ± 0,34	7,1 ± 1,7	42,7

Verkümmerungen und in das Violette übergehende Verfärbungen feststellen, die meist auf Parasitenbefall beruhen. Dabei sind die Männchen der Ostsee-Asterien stärker und häufiger infiziert. Bei den Weibchen wurden nur selten Parasiten gefunden. In jedem Fall handelte es sich um den gleichen Parasiten: *Orchitophrya stellarum* C., ein relativ großes, stark bewegliches Ciliat. Eine stärkere Infektion der männlichen Asterien wurde auch von VEVERS (1951 und 1952/53) beobachtet; er spricht in diesem Zusammenhang von einer größeren Anfälligkeit der männlichen Individuen.

Das Gonadengewicht der Ostsee-Seesterne betrug nach dem Abbläichen im Juli etwa 1,5—2,0% des Gesamt-Lebendgewichtes (s. Abb. 4 und Tab. 1). Nach Erreichen des Minimums von kaum 1% im September nahm dann das Gonadengewicht von Oktober/November an wieder langsam zu und erreichte im Januar bereits Werte von 7,7—8,0%. Nach einer durch eine anomal niedrige Wassertemperatur im Februar und März (vergl. Abb. 3) bedingten Wachstumsverzögerung wurde dann das Maximum der Gonadenentwicklung Anfang bis Mitte Mai erreicht (14%, 23%). Anschließend begann in den letzten Maitagen das Abbläichen der Ostsee-Asterien, das Mitte Juni zum größten Teil abgeschlossen war.

Im Gegensatz dazu verlief die Gonadenentwicklung der Nordsee-Seesterne im gleichen Zeitraum derartig, daß das Minimum des prozentualen Anteiles des Gonadengewichtes am Gesamt-Lebendgewicht etwa im Juli erreicht wurde (vergl. Abb. 4 und Tab. 1). Danach stieg das Gonadengewicht relativ schneller an und betrug im Januar bereits 14,9—20,0%. Das Abbläichen begann bei den Nordsee-Asterien sicher schon im Februar und im April hatten bereits 90% dieser Tiere abgelaicht.

Die Laichperiode lag also bei den Nordsee-Asterien wesentlich früher im Jahr (Februar bis Ende April) als bei den Ostseetieren, die bei annähernd gleichen Wassertemperaturen (s. Abb. 3) von Ende Mai bis Ende Juni ablaichten. Bei den Nordsee-Seesternen erstreckte sich die Laichzeit über mehrere Monate, während sie bei den Ostsee-Individuen auf wenig mehr als fünf Wochen beschränkt war.

Ebenso wie durch den Vergleich von Gonadengewicht und Gesamt-Lebendgewicht kann, wie bereits erwähnt, der jeweilige Zustand der Gonadenentwicklung auch durch das Längenverhältnis von Gonaden zum Radius (Armlänge) charakterisiert werden, denn mit steigendem Gonadengewicht nimmt auch die Gonadenlänge kontinuierlich zu (vergl. Tab. 1).

Weiterhin wurde die Entwicklung der Ovarien dadurch kontrolliert, daß von jedem während der gesamten Untersuchungszeit gefangenen weiblichen Seestern der Durchmesser von jeweils 10 Eiern bzw. Oocyten gemessen und aus den Einzelwerten der mittlere monatliche Eidurchmesser errechnet wurde (s. Abb. 5).

Die auf diese Weise erhaltenen jahreszeitlichen Kurven des mittleren Eidurchmessers von *Asterias rubens* aus der Ostsee und der Nordsee zeigen die gleichen Differenzen wie die durch den Vergleich der ganzen Gonaden erhaltenen Werte. Sie ermöglichen es uns aber außerdem, die Reifung der Ovarien von Ostsee- und Nordsee-Individuen miteinander zu vergleichen, wenn wir folgende Beziehung zwischen dem Reifegrad der Ovarien und dem Ei- bzw. Oocytendurchmesser annehmen:

Stadium 1	= bis 40 μ	(abgelaicht, wieder reifend, sehr unreif)
Stadium 2	= 41 — 80 μ	(unreif, reifend)
Stadium 3	= 81 — 120 μ	(unreif, reifend)
Stadium 4	= 121 — 160 μ	(reifend bis reif)
Stadium 5	= 161 — 200 μ	(reif bzw. maximal reif).

Bei dieser Gliederung des Reifegrades nach dem Eidurchmesser wird angenommen, daß die Oocyten bzw. Eier der Ost- und Nordsee-Seesterne jeweils auf dem gleichen Reifezustand etwa den gleichen Durchmesser haben. Das trifft auch zu, nur mit dem

Unterschied, daß die voll ausgereiften Eier der Nordsee-Asterien einen etwas größeren Durchmesser als die der Ostsee-Seesterne haben (vergl. Abb. 5).

Wie aus den Abbildungen 6 und 7 hervorgeht, entsprechen die Ovarien der Ostsee-Asterien im Monat Juli zu 95% dem „Stadium 1“ (abgelaicht, wieder reifend, sehr unreif), während die Ovarien der Nordseetiere sich im gleichen Monat zu 76% bereits auf dem „Stadium 2“ (unreif, reifend) befinden. Die verschiedene Entwicklungsgeschwindigkeit bedingt dann, daß die Ovarien der Ostsee-Individuen sich im Januar zu 85% auf dem „Stadium 3“ (unreif, reifend) befinden, die der Nordsee-Seesterne aber bereits zu 66% auf dem „Stadium 5“ (reif bzw. maximal reif).

5. Befruchtungsversuche an den Eiern von Ost- und Nordsee-Asterien

Die in den vorhergehenden Kapiteln geschilderten Einzelheiten der Gonadenentwicklung bei Ostsee-Seesternen aus der Kieler Förde erlauben meines Erachtens den Schluß, daß diese Seesterne in Brackwasser von 15‰ Salzgehalt relativ normal ablaichen. Es besteht nun aber die Frage, ob die abgelaichten Eier auch befruchtungsfähig und darüber hinaus entwicklungsfähig sind oder nicht!

Die Ostsee-Asterien aus der Kieler Bucht, die ich im Mai 1954 zu Befruchtungsversuchen benutzte, waren mit der Dredge in 12—15 m Tiefe gefangen worden. Nachdem sie zwei Tage im Aquarium konstant bei einem Salzgehalt von 15‰ und einer Wassertemperatur von etwa 12° C gehalten waren, wurden sie auf ihren Gonadenentwicklungszustand hin untersucht. Zu diesem Zweck brachte ich jeweils fünf Asterien in einer mit Seewasser gefüllten Glasschale aus dem kühlen, im Keller des Hauses gelegenen Aquarium in das Laboratorium, dessen Temperatur zwischen 19° und 20° C lag. Schon nach kurzer Zeit stieg die Wassertemperatur in der Schale von 12° auf über 16° C. Bei 17° C laichte plötzlich einer der weiblichen Seesterne ab. Dabei trübte sich das umgebende Wasser zunächst etwas. Dann aber traten aus den in den Interradien gelegenen Geschlechtsöffnungen gleichmäßig die Eier aus.

Die einzelnen Daten für dieses weibliche Tier waren:

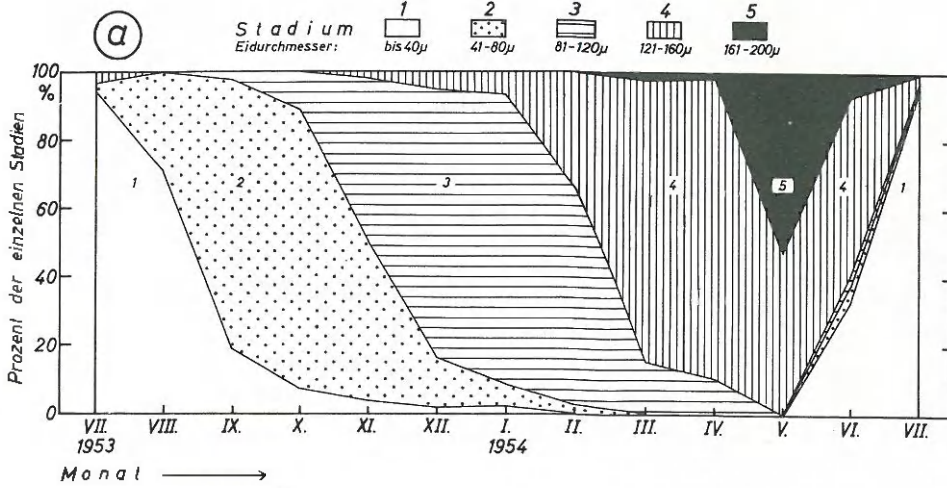
Lebendgewicht	19,3 g	} nach dem Ablai- chen
Radius	4,3 cm	
Mittlere Gonadenlänge	1,8 cm	
Gonadengewicht	2,61 g	
Mittlere Eigröße	157 μ	

Ein Teil der so auf natürlichem Wege in das umgebende Wasser gelangten Eier wurde mit einer Pipette aufgesaugt und in Petri-Schalen mit filtriertem Seewasser von 15‰ Salzgehalt und einer Temperatur von 17° überführt. Dazu wurde dann durch Anschneiden einer reifen männlichen Gonade gewonnenes Sperma gegeben.

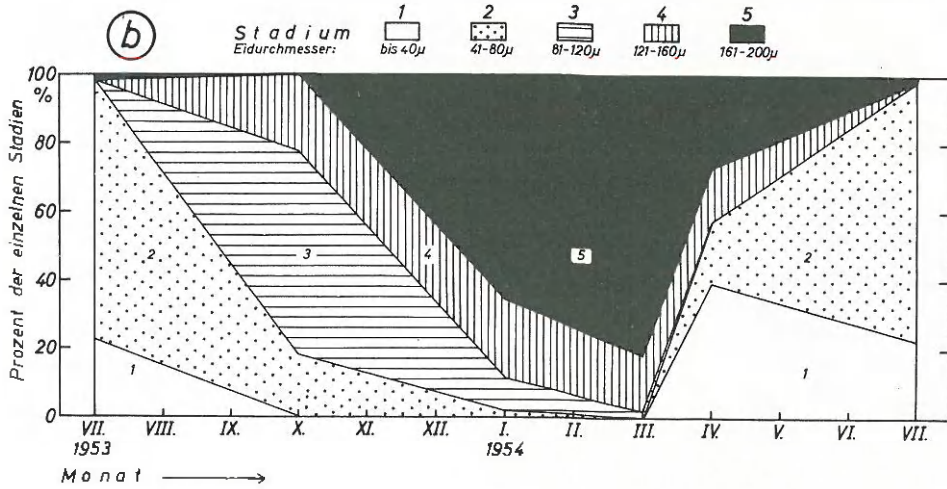
Legende zu der nebenstehenden Tafel 25

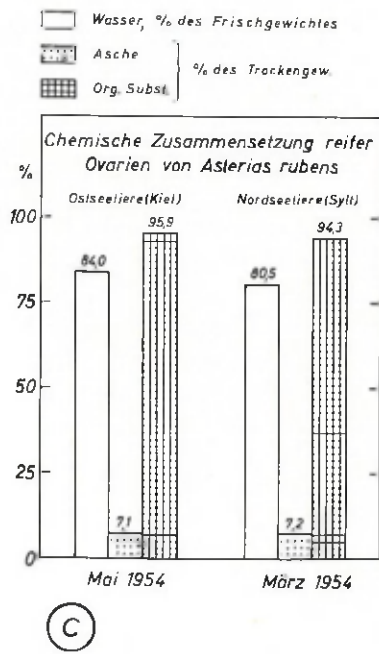
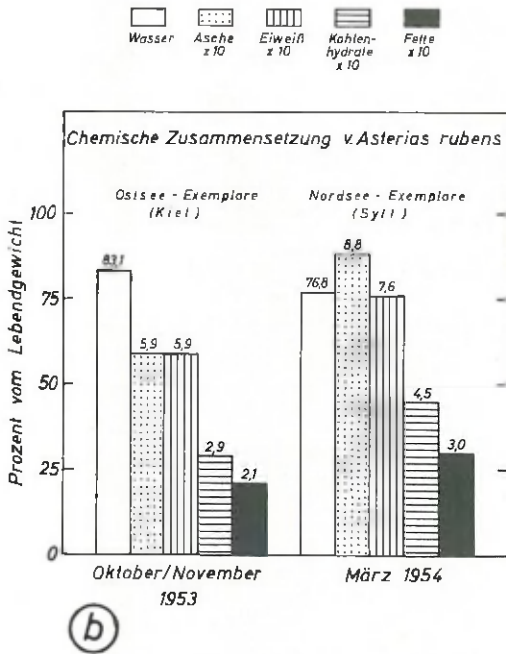
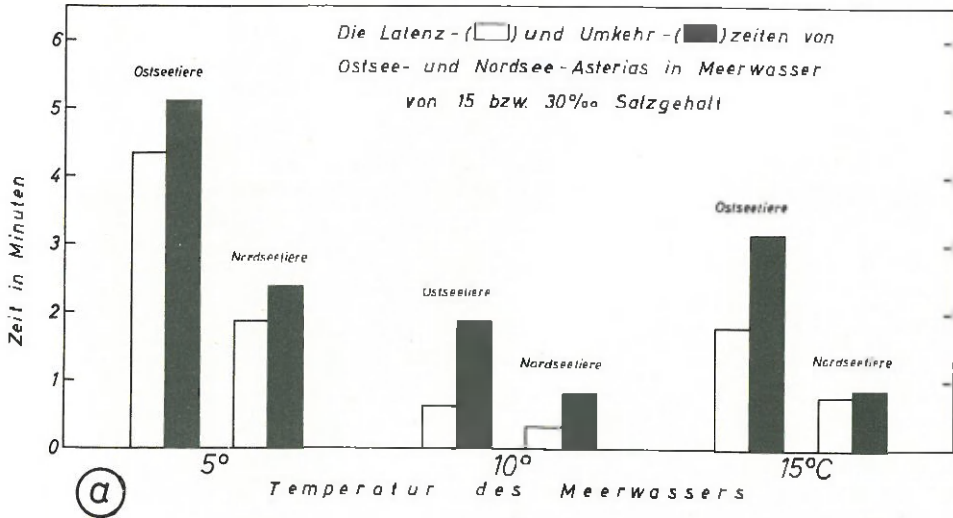
- Abb. 6. Der Reifegrad der Ovarien von *Asterias rubens* aus der Ostsee (Kieler Förde) in fünf durch den Eidurchmesser charakterisierten Stufen während eines Jahreszyklus.
- Abb. 7. Der Reifegrad der Ovarien von *Asterias rubens* aus der Nordsee (bei Sylt) in fünf durch den Eidurchmesser charakterisierten Stufen während eines Jahreszyklus.

Asterias rubens aus der Ostsee (Kiel)



Asterias rubens aus der Nordsee (Sylt)





Tafel 26

Die Daten für dieses männliche Tier waren:

Lebendgewicht	38,1 g
Radius	5,7 cm
Mittlere Gonadenlänge	3,2 cm
Gonadengewicht	6,87 g

Die Spermatozoen waren in Seewasser gut beweglich.

Eine Stunde nach dem Mischen von Eiern und Spermien waren alle Eier befruchtet. Bei den meisten Eiern hatte zu diesem Zeitpunkt die erste, oft sogar schon die zweite Zellteilung eingesetzt. Nach weiteren zweieinhalb Stunden fanden sich zahlreiche Acht-Zellen-Stadien und nach insgesamt acht Stunden waren aus den befruchteten Eiern Blastula-Larven entstanden, die aber noch von der Eihülle umgeben waren. Zwanzig Stunden später wurden nur noch frei schwimmende Gastrula-Larven beobachtet, die sich intensiv rotierend oder mit dem apicalen Pol voran schwimmend bewegten. Diese Larven waren im Mittel etwa 225—250 μ groß. An ihrem animalen Pol waren die ersten mesodermalen Zellwucherungen zu erkennen. Das Seewasser in den Versuchsgefäßen wurde während des ersten Tages zweimal erneuert. Vom zweiten Tag an wurden die inzwischen planktonisch gewordenen Larven in große, flache Schalen mit niedrigem Wasserstand (2—3 cm) überführt. Die Schalen enthielten also stets nur soviel Wasser, daß der Sauerstoffbedarf der Larven voll gedeckt war. Eineinhalb Tage nach Versuchsbeginn war die Gastrulation beendet. Die Bewegung der Larven war nun etwas langsamer geworden. Nach insgesamt zwei Tagen hatten sich alle Gastrula-Larven zu frühen (jungen) Bipinnarien entwickelt. Auf diesem Stadium lebten die Larven noch nach fünf Tagen. Ein Teil der Larven, der dann im Laboratorium bei einer Temperatur von 19—20° C abgestellt worden war, starb nach zehn Tagen ab. Ein anderer Teil aber, der sich in einem kühleren Raum (15° C) befand) lebte drei Wochen lang. Eine Weiterentwicklung der Larven über das Bipinnaria-Stadium hinaus erfolgte während dieser Zeit — wohl aus Nahrungsmangel — nicht.

Diese im Mai 1954 erfolgreich durchgeführten Befruchtungsexperimente an den Eiern von Seesternen aus der Kieler Förde beweisen m.E., daß ausgereifte und auf natürlichem Wege in Brackwasser von 15‰ Salzgehalt gelangte Seestern-eier befruchtungsfähig und normal entwicklungsfähig sind.¹⁾

6. Die Temperaturabhängigkeit der Umkehrzeit bei Asterien aus der Ost- und Nordsee

Im Mai 1954 untersuchte ich die Umkehrgeschwindigkeit von Ostsee- und Nordsee-Asterien in Meerwasser von 15‰ bzw. 30‰ Salzgehalt bei 5°, 10° und 15° C.

Sämtliche Exemplare waren vor den Versuchen einige Tage im Aquarium an eine Wassertemperatur von 12° C angepaßt worden. Das Meerwasser, dem sie entstammten,

Legende zu der nebenstehenden Tafel 26

Abb. 8. Die Latenz- und Umkehrzeiten von *Asterias rubens* aus der Ostsee (Kieler Förde) und der Nordsee (bei Sylt) in Abhängigkeit von der Temperatur des umgebenden Mediums.

Abb. 9. Mittlere chemische Zusammensetzung unreifer bzw. abgelaichter Exemplare von *Asterias rubens* aus der Ostsee (Kieler Förde) und der Nordsee (bei Sylt) in Prozent des Gesamt-Lebendgewichtes.

Abb. 10. Mittlere chemische Zusammensetzung reifer Ovarien von *Asterias rubens* aus der Ostsee (Kieler Förde) und der Nordsee (bei Sylt) in Prozent des Trockengewichtes.

¹⁾ Inzwischen hat K. BANSE (1955) in unserem Institut nachgewiesen, daß die Larven von *Asterias rubens* während der Sommermonate auch dann im Plankton der Kieler Förde auftreten, wenn sie nicht durch Strömungen vorher aus dem salzreichen Wasser der nördlichen Beltsee eingetrifft sein können.

hatte zu dieser Jahreszeit (Mai 1954) in der Kieler Förde eine Oberflächentemperatur von $10,3^{\circ}$, in der Nordsee bei Sylt $12,1^{\circ}$ C. Vor jedem Einzelversuch wurden die Seesterne jeweils mindestens drei Stunden vorher an die Versuchstemperatur angepaßt. Gleich die ersten Vorversuche ließen erkennen, daß es notwendig ist, bei jedem Umkehrversuch sowohl die Latenz-Zeit (d.h. die Zeitspanne nach dem Auf-den-Rücken-Legen des Seesternes bis zum Einsetzen der Umkehrbewegung) als auch die eigentliche Umkehrzeit (vom Einsetzen der ersten Reaktion bis zum Wiedererreichen der Normallage) zu messen. Die Versuche zeigten außerdem, daß die Umkehrzeit bei den Ostsee-Asterien schon nach 6—7 Umkehrbewegungen deutlich zunahm, während die Nordseetiere erst nach mehr als 15 Umkehrbewegungen „ermüdeten“. Da ich zur statistischen Sicherung bei jeder der drei Temperaturen 50 Einzelmessungen vornahm, untersuchte ich 10 Ostsee-Seesterne, von denen ich jeden fünfmal nacheinander sich aus der Rückenlage in die Normallage zurückdrehen ließ. Es ergab sich überdies, daß die vorher bei 5° C untersuchten Ostsee-Individuen bei 10° C nicht mehr die normale Aktivität zeigten, während andererseits Exemplare, die zunächst bei 10° C untersucht worden waren, sich auch bei 15° C normal verhielten. Bei den resistenteren Nordsee-Asterien konnte ich einfacher vorgehen. Ich untersuchte zunächst fünf Tiere, die an Meerwasser von 5° C angepaßt waren, am nächsten Tag untersuchte ich die gleichen Exemplare bei 10° C und am dritten Tag bei 15° C. Die Versuchstemperaturen von 5° und 10° C stellte ich durch Einsetzen der Versuchsgefäße in einem Behälter mit gekühltem Leitungswasser ein. Die Temperatur von 15° C regelte ich durch Einleiten von entsprechend erwärmtem Leitungswasser in die Außenbehälter. Der mittlere Radius der untersuchten Seesterne betrug für die Ostsee-Asterien 3,7—3,9 cm und für die Nordsee-Asterien 4,4 cm.

Ein Vergleich der ermittelten Reaktionszeiten der Ost- und Nordsee-Asterien ergibt, daß sich die Ostsee-Seesterne bei den drei Versuchstemperaturen durch eine größere Latenz- und Umkehrzeit auszeichnen, d.h. die Nordsee-Asterien sind in jedem Fall aktiver (vergl. Abb. 8). Während bei 5° C die Latenz-Zeit der Ostsee-Seesterne im Mittel $4'21''$ ausmachte, betrug sie bei der gleichen Temperatur für die Nordsee-Individuen mit $1'57''$ nur 45% der Zeit der Ostseetiere. Ähnlich lagen die Verhältnisse bei der eigentlichen Umkehrzeit, die mit $2'25''$ für die Nordsee-Exemplare nur 47% der Umkehrzeit der Ostsee-Seesterne ($5'9''$) betrug.

Bei 10° C waren die relativen Differenzen zwischen den Tieren beider Verbreitungsgebiete kaum verändert. Die Umkehrzeit der Nordseetiere betrug wiederum 47%, die Latenz-Zeit etwa 50% der entsprechenden Zeit der Ostsee-Asterien.

Die Temperatursteigerung auf 15° C hatte dann bei beiden Gruppen eine Vergrößerung der Latenz- und Umkehrzeit zur Folge. Die Latenz-Zeit der Ostseetiere stieg bei 15° (von $42''$ bei 10° auf $1'49''$) um 62% und die eigentliche Umkehrzeit um 38%. Bei den Nordsee-Asterien betrug die Steigerung der Latenz-Zeit (bei einer Temperatursteigerung von 10° auf 15°) auch etwa 60%, die Umkehrzeit nahm aber nur um 5% zu. Das bedeutet, daß die Nordsee-Asterien gegenüber Temperaturveränderungen in diesem Temperaturbereich resistenter sind.

7. Der Stoffbestand der Ost- und Nordsee-Asterien

Anlaß zu vorliegender Untersuchung war hauptsächlich die Frage, ob sich die Seesterne aus der Ostsee und Nordsee durch einen verschiedenen Gehalt an organischen und anorganischen Substanzen unterscheiden.

Nach einigen Analysenbefunden von H. MEYER (1935) erscheint es möglich, daß sich die Nordsee-Asterien von den Ostsee-Seesternen durch einen geringeren Wassergehalt und einen höheren Aschengehalt unterscheiden. Außerdem hat SCHLIEFER (1929)

beobachtet, daß das Trockengewicht des Weichkörpers von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) um so geringer ist, je niedriger der Salzgehalt des Außenmediums ist, in dem die Muscheln aufgewachsen sind. SCHLIEPER hat daraus gefolgert, daß der Ernährungszustand dieser Muscheln in Wasser von niedrigem Salzgehalt schlechter ist, obgleich die zur Verfügung stehende Nahrungsmenge sicherlich nicht geringer ist. Würde diese Arbeitshypothese zutreffen, so müßten sich auch die Seesterne der Nord- und Ostsee durch einen verschiedenen Gehalt an organischer Substanz unterscheiden. Ich habe deshalb den Stoffbestand zahlreicher Ostsee- und Nordsee-Seesterne analysiert. Die Analysen wurden im Oktober/November 1953 und im März 1954 ausgeführt. Zwar wäre es wünschenswert gewesen, solche Analysen im Abstand von je zwei Monaten über einen geschlossenen Jahreszyklus hin vorzunehmen, dies hätte jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschritten. Da der jeweilige Zustand der Gonadenentwicklung sicher wesentlich den gesamten Stoffbestand der Seesterne beeinflußt, wurden die chemischen Untersuchungen im Herbst und Frühling durchgeführt.

Die frischgefangenen Ost- und Nordsee-Asterien wurden vor der Analyse mindestens drei Tage im Aquarium in fließendem und durchlüftetem Seewasser bei gleichen Außenbedingungen (Salzgehalt und Temperatur) gehalten. Die analysierten Ostsee-Seesterne waren an Meerwasser von 15—16^{0/100} Salzgehalt und die Nordsee-Seesterne an Meerwasser von 31—32^{0/100} Salzgehalt angepaßt. Diese Vorbehandlung war notwendig, da sonst individuelle Unterschiede im Wassergehalt und somit im ganzen Stoffbestand hätten bestehen können.

Der Wassergehalt wurde durch 7—10 stündiges Trocknen im Trockenschrank bei 100° C bestimmt.

Die Veraschung erfolgte an getrockneten Seesternen durch 3 stündiges Erhitzen bei 800° C im Muffelofen.

Die Calciumbestimmung wurde oxydimetrisch mit n/10-Kaliumpermanganat durchgeführt. Das Calcium wurde als Oxalat nach Van SLYKE und SENDROY ausgefällt (vergl. HINSBERG-LANG, 1951, S. 14).

Die Fette und Lipide wurden im Soxhlet-Apparat mit Trichloräthylen (CHCl₃ : CCl₂, Siedepunkt 87° C) als Extraktionsmittel bestimmt.

Die Eiweißbestimmung erfolgte nach Kjeldahl (HILLER, PLAZIN u. Van SLYKE 1948, S. 1401) im Halbmikroverfahren.

Die Kohlenhydrate schließlich wurden nach HAGEDORN-JENSSEN (vergl. HINSBERG-LANG 1951, S. 200—201) bestimmt. 1 g trockne, gepulverte Seesternsubstanz wurde zuvor mit 10 ccm angesäuertem aqua dest. 24 Stunden in 50 ccm fassenden Flaschen maschinell ausgeschüttelt. 1 ccm dieses sauren Auszuges wurde dann auf seinen Kohlenhydratgehalt untersucht, und zwar ohne Abänderung des weiteren Analysenganges.

Da die Gonaden der Ost- und Nordsee-Asterien nicht gleichzeitig reifen, ist es notwendig, die chemische Zusammensetzung solcher Seesterne zu vergleichen, deren Gonaden sich auf annähernd demselben Entwicklungszustand befinden. Insgesamt wurden vier Seesterngruppen analysiert, welche im Herbst bzw. im Frühjahr gefangen worden waren. Vergleichbar sind davon allein die im Oktober/November gefangenen Ostsee-Asterien mit den im März gefangenen Nordsee-Asterien. Bei beiden beträgt das Gonadengewicht nicht mehr als 1—2% des Gesamt-Lebendgewichtes. Die Ostsee-Seesterne sind nämlich im Herbst noch weitgehend unreif und die Nordsee-Seesterne im Frühjahr bereits abgelaicht und im ersten Stadium der Gonadenneubildung stehend. Der Einfluß der Gonaden auf die Zusammensetzung der gesamten Substanz der Tiere kann bei beiden Gruppen also praktisch vernachlässigt werden.

Die chemische Zusammensetzung dieser Seesterne war folgende (vergl. dazu auch Abb. 9):

Tabelle 2
Unreife Ostsee-Asterien Unreife Nordsee-Asterien

Stoffbestand	g/100 g Lebfg.	g/100 g Trg.	g/100 g Lebfg.	g/100 g Trg.
Wassergehalt	83,1 ± 0,4		76,8 ± 0,4	
Trockengewicht	16,9 ± 0,4		23,2 ± 0,4	
Aschengehalt	5,9 ± 0,2	34,9	8,8 ± 0,2	37,9
Ca-Gehalt	2,6 ± 0,1	15,4	4,1 ± 0,1	17,7
Organische Substanz	10,9 ± 0,2	64,5	15,1 ± 0,2	65,1
Eiweiß	5,9 ± 0,2	34,9	7,6 ± 0,2	32,8
Kohlenhydrate	2,9 ± 0,1	17,2	4,5 ± 0,3	19,4
Fette und Lipide	2,1 ± 0,04	12,4	3,0 ± 0,1	12,9
Gonadengewicht	1,8 ± 0,3		1,0 ± 2,0	
Monat und Jahr	Okt./Nov. 1953		März 1954	

Die in der Tabelle zusammengestellten Mittelwerte basieren auf jeweils 10 Einzelanalysen.
(Lebg. = Lebendgewicht, Trg. = Trockengewicht)

Der Vergleich der chemischen Zusammensetzung der beiden Seesterngruppen ergibt, daß der Wassergehalt der Ostsee-Asterien größer, ihr Aschen- und Calciumgehalt dagegen geringer als der der Nordsee-Asterien ist. Bestimmend für den geringeren Aschen- und Calciumgehalt der Ostsee-Exemplare ist wahrscheinlich ihre schwächere Skelettbildung. Die Ostsee-Individuen sind durchweg wesentlich weicher und enthalten weniger Skelettsubstanz als die Nordseetiere. Der Beweis hierfür läßt sich durch Auflösung ganzer Seesterne in 5%iger Kalilauge erbringen. Der gewaschene und getrocknete Rückstand stellt dann die Skelettmenge dar, welche bei den Nordsee-Asterien 14,1% vom Lebendgewicht und 57,2% vom Trockengewicht, dagegen bei den Ostsee-Seesternen 9,5% vom Lebendgewicht und 48,4% vom Trockengewicht beträgt (vergl. Tab. 3).

Im Anteil der organischen Substanzen am Gesamt-Lebendgewicht bestehen bei den Seesternen beider Verbreitungsgebiete ebenfalls deutliche Unterschiede. Die Ostsee-Asterien besitzen nur etwa 72% des bei den Nordsee-Asterien festgestellten Gehaltes an organischer Substanz. Rechnet man allerdings den Gehalt an organischer Substanz bei beiden Seesterngruppen auf das Trockengewicht um, so erhält man bei den Ostseetieren 64,5% und bei den Nordsee-Exemplaren 65,1%. Das bedeutet, daß der Gehalt beider Tiergruppen an organischer Substanz, auf das Trockengewicht bezogen, praktisch gleich ist! Ebenso sind die Differenzen im Gehalt an Eiweiß, Kohlenhydraten und Fetten, auf das Trockengewicht bezogen, nicht irgendwie nennenswert.

Es fällt auf, daß der Wassergehalt der Ovarien der Ostsee-Asterien um etwa 4% höher ist. Diese Tatsache beweist m.E., daß der höhere Gesamt-Wassergehalt der Ostsee-Seesterne nicht nur durch eine Vermehrung der Leibeshöhlenflüssigkeit bedingt ist. Weiterhin zeigen die Analysenergebnisse, daß der Aschengehalt des Ovariengewebes der Ostseetiere geringer ist als der entsprechende Wert bei den Nordsee-Asterien, wenn man ihn auf das Gesamtfrischgewicht bezieht. Beziehen wir jedoch den Aschengehalt und auch den Gehalt an organischer Substanz auf das Trockengewicht, so erhalten wir in gewissen Grenzen die gleichen Werte! Das bedeutet, daß sich die reifen Ovarien der Ost- und Nordsee-Seesterne praktisch nur im Wassergehalt unterscheiden! Auch diese Tatsache erklärt es m.E. mit, weshalb die Ostsee-Asterien in der Lage sind, sich in der Ostsee, d.h. in der Kieler Förde, noch normal fortzupflanzen.

Tabelle 3
Die Skelettmengen der Ostsee- und Nordsee-Asterien

Ostsee-Asterien:

Radius	Lebendgewicht	Trockengewicht		Wassergehalt		Skelett-Anteil	
		g	g/100 g L.	g/100 g L.	g	g/100 g L.	g/100 g Trg.
3,5	9,8	1,96	20,0	80,0	1,08	11,0	55,1
3,5	6,2	1,21	19,7	80,3	0,58	9,4	47,9
3,4	8,4	1,50	17,8	82,2	0,56	6,7	37,2
3,2	7,2	1,44	20,1	79,9	0,69	9,6	48,0
3,1	8,2	1,64	19,9	80,1	0,80	9,7	48,8
3,1	8,1	1,55	19,1	80,9	0,68	8,4	43,9
3,0	8,2	1,76	21,4	78,6	0,96	11,7	54,5
3,0	7,4	1,40	19,0	81,0	0,62	8,4	44,3
2,9	5,9	1,19	20,2	79,8	0,64	10,8	53,8
2,8	6,2	1,17	18,8	81,2	0,59	9,5	50,4
3,2	7,6	1,48	19,6	80,4	0,72	9,5	48,4
±0,1	±0,4	±0,1	±0,3	±0,3	±0,06	±0,5	±1,8

Nordsee-Asterien:

Radius	Lebendgewicht	Trockengewicht		Wassergehalt		Skelett-Anteil	
		g	g/100 g L.	g/100 g L.	g	g/100 g L.	g/100 g Trg.
3,5	6,4	1,52	23,7	76,3	0,87	13,6	57,2
3,1	3,6	0,94	26,1	73,9	0,51	14,2	54,3
3,0	4,7	1,15	24,5	75,5	0,66	14,1	57,4
3,0	4,2	1,00	23,6	76,4	0,60	14,2	60,0
2,9	3,2	0,81	25,1	74,9	0,44	13,6	54,3
2,8	3,6	0,91	25,2	74,8	0,48	13,3	52,7
2,8	3,5	0,89	25,7	74,3	0,53	15,3	59,6
2,7	3,6	0,88	24,3	75,7	0,50	13,8	56,9
2,6	2,9	0,67	23,1	76,9	0,43	14,8	64,2
2,5	3,3	0,81	24,5	75,5	0,45	13,6	55,5
2,9	3,9	0,96	24,6	75,4	0,55	14,1	57,2
±0,1	±0,3	±0,1	±0,3	±0,3	±0,04	±0,2	±1,1

(L. = Lebendgewicht; Trg. = Trockengewicht)

Die reifen Ovarien der Ost- und Nordsee-Asterien hatten folgende Zusammensetzung (vergl. dazu auch Abb. 10):

Tabelle 4
Chemische Zusammensetzung reifer Ovarien

	Ostsee-Asterien		Nordsee-Asterien	
	g/100 g Fg.	g/100 g Trg.	g/100 g Fg.	g/100 g Trg.
Wassergehalt	84,0 ± 0,4		80,5 ± 0,3	
Trockengewicht	16,0 ± 0,4		19,5 ± 0,3	
Aschengehalt	1,1 ± 0,04	7,1	1,4 ± 0,1	7,2
Organische Substanz	15,3 ± 0,1	95,5	18,4 ± 0,2	94,3
Eiweiß	9,3 ± 0,1	60,7	12,3 ± 0,2	63,0
Kohlenhydrate	2,1 ± 0,04	13,7	1,2 ± 0,04	6,2
Fette und Lipide	3,9 ± 0,2	25,4	4,9 ± 0,1	25,2

Die in obiger Tabelle zusammengestellten Mittelwerte basieren auf jeweils 10 Einzelmessungen.
(Fg. = Frischgewicht, Trg. = Trockengewicht)

8. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Asterias rubens ist in der Ostsee, d. h. in dem Brackwasser der Kieler Förde bei im Mittel 15⁰/₁₀₀ Salzgehalt, durchschnittlich kleiner als in der Nordsee bei 30—32⁰/₁₀₀ Salzgehalt. Sein Integument ist weicher und schwächer sklerotisiert.

Die Gonadenentwicklung zeigt bei Nord- und Ostsee-Seesternen deutliche Unterschiede. Die Gonaden der Ostsee-Asterien entwickeln sich verhältnismäßig langsam. Das Minimum ihrer Gonadenentwicklung liegt im September, das Maximum im Mai. Die verhältnismäßig kurze Laichperiode dauert von Ende Mai bis Ende Juni. — Demgegenüber erfolgt die Gonadenentwicklung der Nordsee-Asterien relativ schneller. Das Minimum der Gonadenentwicklung der Nordsee-Seesterne liegt im Juli, das Maximum im Februar. Die Nordsee-Seesterne laichen etwa in der Zeit von Februar bzw. Anfang März bis Ende April ab.

Die Eier der Ostsee-Seesterne sind allgemein etwas kleiner und erreichen auch in reifem Zustand nur selten die Größe der Eier der Nordsee-Asterien.

Im Aquarium wurde beobachtet, daß reife Ostsee-Asterien spontan ablaichen können. Derartige, spontan in das Außenmedium abgegebene Eier wurden im Experiment befruchtet. Die befruchteten Eier entwickelten sich zu normalen Bipinnaria-Larven.

Aus den geschilderten Beobachtungen über die Gonadenentwicklung, das Ablachen und die Entwicklungsfähigkeit befruchteter Eier der untersuchten Ostsee-Seesterne wird gefolgert, daß sich *Asterias rubens* in dem Brackwasser der westlichen Ostsee (Kieler Förde) normal fortpflanzt und so seinen Bestand selbst erhält.

Die Aktivität der Ostsee-Seesterne in Brackwasser von 15⁰/₁₀₀ Salzgehalt ist geringer als die der Nordsee-Seesterne in Meerwasser von 30⁰/₁₀₀ Salzgehalt. Sowohl die Latenz-Zeiten als auch die Umkehrzeiten der Ostsee-Asterien sind größer. Auch „ermüden“ die Ostsee-Individuen relativ schneller. Außerdem werden Ostsee-Seesterne durch eine Erhöhung der Wassertemperatur von 10° C auf 15° C (Versuchsmonat Mai) stärker beeinträchtigt.

Der Stoffbestand von Nordsee- und Ostsee-Asterien zeigt in mehrfacher Hinsicht Unterschiede. Der Wassergehalt ganzer Tiere und der der Gonaden ist bei den Ostsee-Individuen relativ höher. Dagegen ist der Aschengehalt und insbesondere auch der Calciumgehalt ganzer Ostsee-Seesterne relativ geringer. Die direkte Bestimmung der im wesentlichen aus Calciumkarbonat bestehenden Skelettsubstanz ergab bei den Ostsee-Asterien eine deutlich schwächere Sklerotisierung. Die Menge der organischen Substanz wird dagegen in erster Linie von dem jeweiligen Entwicklungszustand der Gonaden bestimmt.

Anm.: Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützte die Untersuchung durch Gewährung einer Sachbeihilfe an Herrn Prof. Dr. C. SCHLIEPER.

Literaturverzeichnis

BANSE, K.: Zum Transport von meroplanktischen Larven aus dem Kattegat in die Kieler Bucht. Diss. Philos. Fakultät, Universität Kiel, 1955 — BOCK, K. J. u. SCHLIEPER, C.: Über den Einfluß des Salzgehaltes im Meerwasser auf den Grundumsatz des Seesternes *Asterias rubens* L. Kieler Meeresforsch. 9, 201—212, 1953. — CHADWICK, H. C.: *Asterias* XXV. Univ. Press of Liverpool, Hodder & Stoughton Ltd., London 1935. — COLE, W. H.: The composition of fluids and sera of some marine animals and of the sea water in which they live. Journ. Gen. Physiol. 23, 575—584, 1940. — EPHRUSSI, B.: La composition chimique de l'oeuf d'Oursin et ses variations au cours du développement. Arch. de Biologie 44, 1—144, 1933. — GEMMILL, J. F.: The development and certain points in the adult structure of the starfish *Asterias rubens* L. Phil. Trans. Roy. Soc., Ser. B, 205, 217—294, London 1914. — GLATSOFF, P. S. and LOOSANOFF, V. L.: Natural history and method of

controlling the starfish (*Asterias forbesi* DESOR). Bull. U.S. Bur. Fisheries 49, 75—132, 1939. — HINZBERG K. u. LANG, K.: Medizinische Chemie. 2. Aufl., München-Berlin, 1951. — KLEITMANN, N.: The effect of temperature on the righting of Echinoderms. Biol. Bull. (Woods Hole) 80, 292—298, 1941. — LOOSANOFF, V. L.: Effects of sea water of reduced salinities upon starfish, *Asterias forbesi* of Long Island Sound. Transact. Conn. Acad. Arts and Sci. 36, 813—833, 1945. — MEYER, HELGA: Die Atmung von *Asterias rubens* und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Außenfaktoren. Zool. Jahrb. Abtlg. allg. Zool. u. Physiol. 55, 349—398, 1935. — MORTENSEN, TH. u. LIEBERKIND, I.: Echinoderma. Tierwelt der Nord- und Ostsee, Bd. VIII, Leipzig 19... — REMANE, A.: Die Brackwasserfauna. Verb. Deutsch. Zool. Ges. 7, 34—74, 1934. — Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. Tierwelt der Nord- und Ostsee, Bd. Ia, Leipzig 1940. — SCHLIEPER, C.: Über die Einwirkung niederer Salzkonzentrationen auf marine Organismen. Z. vergl. Physiol. 9, 478—514, 1929. — Die Brackwassertiere und ihre Lebensbedingungen vom physiologischen Standpunkt aus betrachtet. Verhdl. Int. Ver. f. theor. u. angew. Limnologie 6, 113—146, 1932. — Über die physiologischen Wirkungen des Brackwassers (Nach Versuchen an der Miesmuschel *Mytilus edulis*). Kieler Meeresforsch. 11, 22—33, 1955. — SCHMITT, E.: Über das Verhalten von Süßwasserplanarien (*Planaria gonocephale* DUGÈS und *Pl. lugubris* O. SCHMIDT) in Brackwasser. Kieler Meeresforsch. 11, 48—58, 1955. — THORSON, G.: Reproduction and larval development of danish marine bottom invertebrates. Medd. Komm. for Danmarks Fisk., Serie Plankton, 4, 1—523, 1946. (Siehe besonders S. 346—347.) — VEVERS, H. G.: The biology of *Asterias rubens* L.: Growth and reproduction. Journ. Mar. Biol. Assoc. 28, 165—187, 1949. — The biology of *Asterias rubens* L.: II. Parasitization of gonads by *Orchitophrya stellarum* C. Journ. Mar. Biol. Assoc. 29, 619—624, 1951. — The biology of *Asterias rubens* L.: IV. Variation in the sex ratio. Journ. Mar. Biol. Assoc. 31, 35—40, 1952.

