

Beobachtungen über Vorkommen, Abundanzen und Körpergrößen von mediterranen Arten der Gattung *Astropecten*

G. RIBI, H. BURLA & P. OCHSNER

Zoologisches Museum der Universität Zürich;
Zürich, Schweiz

ABSTRACT: Observations on occurrence, abundance and body sizes of Mediterranean species of the genus *Astropecten* (Asteroidea, Echinodermata). At various coastal positions of the western Mediterranean starfishes of the genus *Astropecten* were recorded. The largest of the six species, *A. aranciacus*, proved to be a generalist in occurrence; however, its abundance is exceeded by other *Astropecten* species at various positions. It appears that the sand quality influences the local abundance of *A. aranciacus*. Water depth is also influential. This is shown not only by the zonation of the species studied, but also by special frequency distributions of body sizes as related to water depth. The shallow water areas near the beach may be a refuge for juveniles of *A. bispinosus*. The frequency distribution of body sizes for *A. jonstoni* is usually bimodal. For the smaller mode, samples taken at different times yielded a growth rate of 4 mm in 37 days.

EINLEITUNG

Von den sechs Seestern-Arten der Gattung *Astropecten*, die im Mittelmeer nachgewiesen sind (TORTONESE, 1965), kommen fünf, nämlich *A. aranciacus*, *A. bispinosus*, *A. jonstoni*, *A. irregularis* und *A. platyacanthus* an mancher Küstenstelle auf Sandboden vor. Ökologisch sind Seesterne von erheblicher Bedeutung. Als Räuber, die sich von anderen Makro-Invertebraten des Benthals ernähren, besetzen sie in der Nahrungskette obere Ränge und regulieren wohl die Bestandesdichte ihrer Beutetiere (MASSÉ, 1966; PAINE, 1969; BRUN, 1968; GULLIKSEN & SKIEVELAND, 1973; CHRISTENSEN, 1970; LAXTON, 1974; DANA et al., 1972). In ihrer eigenen Bestandesdichte kommen die allgemeinen trophischen Bedingungen, die in dem von ihnen besetzten Areal herrschen, zum Ausdruck. In der vorliegenden Arbeit wird über die Abundanzen der drei Seestern-Arten *A. aranciacus*, *A. bispinosus* und *A. jonstoni* an verschiedenen Küstenstellen berichtet. Je nach der Methode, die angewandt wurde, ergaben sich Schätzungen der absoluten oder relativen Bestandesdichte. Da nicht auszuschließen ist, daß sich Seesterne verschiedener Größenklassen ökologisch uneinheitlich verhalten, wurde ihre Körpergröße ebenfalls protokolliert. Erfahrungen über die Häufigkeitsverteilung der Körpergröße bilden den zweiten Teil der Ergebnisse.

Tabelle 1 informiert über die Gebiete, in denen Meß- und Zählraten gewonnen wurden sowie über das Vorkommen der Arten. Andere Küstenstellen, an denen das Sammeln unergiebig war, sind hier ausgelassen. Abbildung 1 zeigt die geographische Lage der Arbeitsgebiete. In Tabelle 1 bezeichnen die Tiefenangaben die Zone, in denen *Astropecten*-Arten gefunden wurden. In der Regel wurde die untere Zonengrenze will-

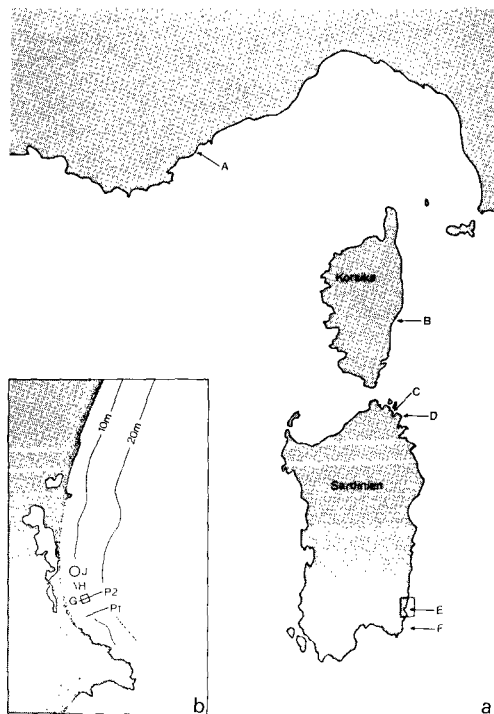


Abb. 1a: Übersicht über die Untersuchungsgebiete: A = Le Lavandou, B = Ghisonaccia, C = Cannigione, D = Golfo Pevero, E = Costa Colostrai, F = Costa Rei

Abb. 1b: Anordnung der Profile und Sammelstellen an der Costa Colostrai. P 1 und P 2 sind Profile, entlang derer Seesterne gesammelt wurden; sie reichen von 3 bis 20 m Tiefe. G ist ein Quadrat von 80 m Seitenlänge, auf dem die absolute Seesterndichte durch Absammeln bestimmt wurde. Bei H wurde die Seesterndichte mit der Egge ermittelt. Bei J wurde *Astropecten bispinosus* gesammelt

kürlich da gesetzt, wo die Abundanzen sich stark verringerten. In allen Gebieten wurde Sandgrund abgesucht. Im übrigen waren die Gebiete in mancher Beziehung uneinheitlich. Bei Cannigione wachsen *Posidonia*-Rasen unterhalb einer Tiefe von 6 Metern, wobei im oberen Teil einer breiten Grenzzone die Posidonien nur inselartig vorkommen, im unteren Teil dagegen überwiegen und inselartige Sandflächen einschließen. An der Costa Colostrai stehen stellenweise lockere *Zostera*-Bestände über den Sandboden verstreut, Posidonien fehlen, so daß der Grund von der Strandlinie bis in eine Tiefe von 20 Metern überblickt werden kann.

METHODEN

Die Tiere wurden mittels Gerätetauchen gesucht. Die Arten der Gattung *Astropecten* graben sich periodisch in den Sand ein, so daß nie alle Seesterne, die in einem Areal leben, gleichzeitig sichtbar sind. Um dennoch möglichst alle Tiere zu erfassen, wurde zu verschiedenen Tag- und Nachtzeiten getaucht.

Bei der Bestimmung der relativen Dichte wurde die Tauchzeit als Bezugsgröße gewählt. Wurde versucht, in einem Areal von bekannter Fläche alle Seesterne zu erfassen, ließ sich die absolute Dichte berechnen; sie wird angegeben als durchschnittliche Fläche pro Seestern. Absolute Dichtebestimmungen wurden erstens durch systematisches Absammeln der Seesterne auf einer begrenzten Fläche durchgeführt, zweitens mittels einer Egge, die vom Motorboot über den Grund gezogen wurde und den Sandboden etwa 5 cm tief durchkämmte. Ein Taucher folgte ihr und sammelte die aufgewühlten Seesterne ein. Mit diesem Gerät wurde im Sommer 1975 an der Costa Colostrai gearbeitet. Vermutlich ist es die verlässlichste Methode, hat aber den Nachteil, daß die Dornen der Egge größere Seesterne verletzen oder zerschneiden. Bei der anderen Methode, die absolute Dichte zu bestimmen, ist stets mit Seesternen zu rechnen, die während der ganzen Beobachtungsperiode nie zur gleichen Zeit aktiv waren wie die Taucher.

Im August 1975 wurde an der Costa Colostrai die absolute Dichte von *A. bispinosus* nach beiden Methoden bestimmt; sie ergaben übereinstimmende Werte.

Außer der Art und Größe der Seesterne wurden regelmäßig auch Datum, Tageszeit, Taucher, Gebiet, Küstenstelle, Tiefe und Vegetationsverhältnisse protokolliert. Bei zwei Projekten (Zeilen 4 und 5 in Tab. 1) wurden außerdem drei Klassen von Sandkorngrößen subjektiv unterschieden: feiner Sand, grober Sand und Kies. Für jede geschätzte Klasse wurde die Sandkorngröße stichprobenweise bestimmt. Für feinen Sand ergab sich eine durchschnittliche Korngröße von weniger als 1 mm, für groben Sand von 1–3 mm und für Kies von mehr als 3 mm.

ERGEBNISSE

Vorkommen und Abundanzen

Soweit aus der Literatur bekannt, überdecken sich im Untersuchungsgebiet die Verbreitungsareale der *Astropecten*-Arten, doch ist nicht zu erwarten, daß die Arten innerhalb dieses Gebietes an jeder Küstenstelle vorkommen. Im Vergleich der sechs Orte erweisen sich Le Lavandou und Cannigione mit fünf nachgewiesenen Arten als faunistisch reichhaltigste Gebiete, der Strand bei Ghisonaccia mit zwei Arten als faunistisch ärmstes. An der Ostküste Sardinien wurden an fünf Sammelstellen drei oder vier Arten angetroffen. Das Ergebnis besagt, daß in manchem Gebiet, das für *Astropecten* günstig ist, zwei oder mehr Arten koexistieren.

In Sardinien lassen sich die faunistischen Unterschiede auf die Bodenverhältnisse zurückführen: auf Kies lebt fast nur *A. aranciacus*, auf Sand überwiegen *A. bispinosus* oder *A. jonstoni*. Bei einem früheren Projekt wurde der Einfluß des Sediments auf

Tabelle 1

Stellen, an denen Seesterne protokolliert wurden. + bedeutet Vorkommen. Zahlen je Art geben den Umfang der herausgegriffenen Stichprobe an. Das Datum ist in Monat und Jahr angegeben, die Tiefe in Metern. Bei den *Astropecten*-Arten bedeuten *a* = *A. aranciatus*, *b* = *A. bispinosus*, *j* = *A. jonstoni*, *i* = *A. irregularis*, *p* = *A. platyacanthus* und *s* = *A. spinulosus*

Zeile	Ort	Datum	Tiefe	Substrat	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>p</i>	<i>s</i>
1	A Südf frankreich, Le Lavandou	IX. 1971	7-15	Sand	+	+	131	+		
2	B Korsika, Ghisonaccia	VII. 1974	4-9	Sand		66	140			
3	C Sardinien, Cannigione	VIII. 1971	5	Kies	65	+				
4	C Sardinien, Cannigione	I. 1972	5	Kies	58					
5	C Sardinien, Cannigione	VIII. 1972	4-10	Kies, Sand	432	+				
6	C Sardinien, Cannigione	III. 1973	5-8	Kies, Sand	349	+				
7	C Sardinien, Cannigione	VIII. 1974	5	Kies, Sand	+	+	+			
8	C Sardinien, Golfo Saline	VIII. 1974	2-5	Posidonien- Reste	+				16	15
9	D Sardinien, Golfo Pevero	I. 1972	8	Kies, Sand	+	+				
10	D Sardinien, Golfo Pevero	VIII. 1972	16-20	Kies, Sand	63					
11	D Sardinien, Golfo Pevero	VII.-IX. 1974	2-6	Sand	+	27	205			
12	E Sardinien, Costa Colostrai	VII. 1974	2-6	Sand	+	239				
13	E Sardinien, Costa Colostrai	IX. 1974	5-20	Sand	755	815				
14	E Sardinien, Costa Colostrai	I. 1975	3-10	Sand	+	+	+			
15	E Sardinien, Costa Colostrai	VI.-VIII. 1975	1-20	Sand	383	949	464	+		
16	F Sardinien, Costa Rei	VII. 1974	2-6	Sand	+	+	190			

A. aranciacus untersucht. Auf einer Sandfläche von 1200 m² Größe, angelegt im Januar 1972 im Golfo Pevero (Tab. 1, Zeile 9), waren 500 m² von feinem Sand bedeckt, der übrige Teil von Kies. Die meisten Seesterne der Art *A. aranciacus* fanden sich in der Grenzzone beider Flächenteile, wo Kies mit Sand vermischt war. Auf feinem Sand sowie auf Kies betrug die absolute Dichte ungefähr ein Seestern pro 100 m², an der Grenzzone ein Seestern pro 25 m².

Im Vergleich der Arten tritt *A. aranciacus* mit Regelmäßigkeit auf. Ökologisch ist er als Generalist zu bezeichnen, der fast an jeder Küstenstelle, die sich nach Sediment und Wasserverhältnissen eignet, seine Nahrung findet (MASSÉ, 1966). Beachtet man die Abundanzverhältnisse, erwies sich *A. jonstoni* an vier Orten als dominierend, *A. aranciacus* an zwei Orten, *A. bispinosus* an nur einem Ort. An der Costa Colostrai hielten sich *A. aranciacus* und *A. bispinosus* etwa die Waage, während zu anderen Zeiten sowie an anderen Stellen und Orten die abundanteste Art zahlenmäßig die anderen stark übertrifft. Offenbar gibt es unter *Astropecten*-Arten kein einheitliches Abundanzgefälle, und wir sind weit entfernt von einem Verständnis der Faktoren, die der einen oder anderen Art zum Dominieren verhelfen.

Bestandsdichte

Unter Vorbehalt darf die Anzahl der pro Minute gesichteten Seesterne als relative Dichte gelten. Das Maß erlaubt den Vergleich von Abundanzen, sei es zwischen Tauchstellen oder Arten. Im August 1972 wurde bei Cannigione auf sieben verstreut liegenden Tauchstellen die relative Dichte von *A. aranciacus* protokolliert. Im Durchschnitt wurde etwa alle drei Minuten ein Seestern registriert (Tab. 2). In den Dichtewerten

Tabelle 2

Relative Dichte von *Astropecten aranciacus* als durchschnittliche Anzahl gefundener Seesterne pro Tauchminute. Die Stellen 1 bis 5 liegen bei Cannigione (Zeile 5 in Tab. 1), die Stellen 6 und 7 im Golfo Pevero (Zeile 10 in Tab. 1). Mit n ist die Anzahl Seesterne bezeichnet

Stelle	Tiefe (m)	Seesterne/min	n
1	4-6	0,20	63
2	4-6	0,46	62
3	5-10	0,50	64
4	6-7	0,42	91
5	8	0,57	133
6	8	0,21	16
7	16-20	0,09	66

erkennen wir den Einfluß von Tauchstelle und Tiefe. Mit der gleichen Methode wurden an der Costa Colostrai drei Arten verglichen (Tab. 3); diesmal auf der in Abbildung 1b gezeigten Anlage. Die Dichte variierte zwischen einem Tier pro 100 Minuten und einem Tier pro 17 Sekunden. Für *A. aranciacus* ergab sich ein Durchschnitt, der dem bei Cannigione beobachteten gleicht. Wiederum macht sich der Einfluß der Tauchstelle bemerkbar, deutlicher bei *A. bispinosus* als bei *A. aranciacus*. Noch wirksamer ist der Einfluß der Tiefe, auf den die drei Arten aber verschieden reagieren.

Die absolute Dichte wurde an der Costa Colostrai geschätzt, indem auf einem Beobachtungsfeld von 6400 m² Fläche, das auf 7 bis 8 Meter Tiefe angelegt war, wiederholt alle sichtbaren Seesterne gesammelt wurden. Auf dem Feld fanden sich 37 Individuen von *A. aranciatus* und 105 von *A. bispinosus*. Somit entfällt bei *A. aranciatus* ein Seestern auf 173 m², bei *A. bispinosus* einer auf 61 m².

Am gleichen Ort wurden auf 2 bis 5 m Tiefe mit der Egge 900 m² durchgekämmt. Bei *A. bispinosus* belief sich der Ertrag auf 20 Seesterne, bei *A. jonstoni* auf 26. Somit entfiel bei *A. bispinosus* ein Seestern auf 45 m², bei *A. jonstoni* einer auf 36 m².

Häufigkeitsverteilung nach Tiefe

Von *A. aranciatus* ist bekannt, daß er bis in eine Tiefe von 100 m vorkommt (KOEHLER, 1921; MASSÉ, 1966) und von *A. bispinosus*, daß er sich in Tiefen zwischen 2 und 50 m aufhält (KOEHLER, 1921; MASSÉ, 1966). Unsere Erfahrungen bestätigen diese Angaben und zeigen außerdem, daß da, wo zwei oder mehr Arten an der gleichen Küstenstelle vorkommen, ihre Abundanzmaxima auf verschiedener Tiefe liegen.

Tabelle 3

Relative Seesterndichten auf den Profilen 1 und 2 (P 1, P 2 in Abb. 1b) an der Costa Colostrai in den Jahren 1974 und 1975

Tiefe (m)	<i>A. aranciatus</i>			<i>A. bispinosus</i>			<i>A. jonstoni</i>
	1974 P 1	1974 P 2	1975 P 2	1974 P 1	1974 P 2	1975 P 2	1975 P 2
1							0,01
2						0,5	3,4
3						1,4	2,8
4						1,0	0,2
5	0,4	0,2	0,2	0,6	0,7	0,8	0,2
8	0,5	0,3	0,3	0,4	0,6	1,4	
11	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5	
14	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	
17	0,3	0,3	0,5	0,1	0,2	0,1	
20	0,4	0,3	0,2	0,04	0,1	0,01	

Hier sollen die in Tabelle 3 enthaltenen Ergebnisse nochmals zur Sprache kommen. Abbildung 1b zeigt die Anlage der zwei Profile, auf denen in den Jahren 1974 und 1975 an der Costa Colostrai Seesterne gezählt und gemessen wurden. Die Abstände der Sammelstellen vom Ufer waren gegeben durch die Tiefe. Die berücksichtigten Tiefen sind in der ersten Kolonne von Tabelle 3 angegeben. Gesamthaft für alle Wiederholungen und beide Profile sind die Ergebnisse in Abbildung 2 als Histogramme gezeigt. Bei *A. jonstoni* ist das Vorkommen auf einen schmalen Streifen beschränkt, der von 2 bis 7 m Tiefe reicht. Die anderen größeren Abundanzen von *A. jonstoni*, die Tabelle 1 angibt, wurden ebenfalls in untiefen Bereichen festgestellt. Tiefenwärts schließen *A. aranciatus* und *A. bispinosus* an, wobei *A. bispinosus* die größte Abundanz von 3 bis 11 m Tiefe erreicht und dann seltener wird, während *A. aranciatus* bei 20 m Tiefe noch nicht selten ist und vermutlich um so dominanter wird, je größer die Tiefe

ist. Im Bereich von 5 bis 20 m Tiefe kreuzen sich die Wege beider Arten. Da sich nach den bisherigen Erfahrungen beide Arten von einem ähnlichen Satz an Beutetieren ernähren, sind sie in diesem Bereich Nahrungskonkurrenten. Während *A. aranciacus* in der größeren Tiefe ihr Refugium hat, muß sich *A. bispinosus* im Überschneidungsbereich bewähren. Das System erfährt eine Komplikation, indem *A. aranciacus* als kräftige, außerdem größte *Astropecten*-Art *A. bispinosus* überwältigt und frisst. Es ist anzunehmen, daß sich die ökologischen Nischen der zwei Arten noch in zusätzlichen Dimensionen unterscheiden.

Auf jeder Tiefe ist das Dispersionsmuster nicht zufällig, sondern läßt lockere Aggregate erkennen, die durch dünn besiedelte Flächen voneinander getrennt sind. Die Unterschiede zwischen Profilen bei gleicher Tiefe (Tab. 3) lassen sich als Ausdruck eines solchen Dispersionsmusters auffassen. In der gleichen Bucht nahm die Häufigkeit von *A. aranciacus* nordwärts noch stärker ab (nicht durch Zahlen belegt). Somit hat *A. bispinosus*, zugleich Konkurrent von *A. aranciacus* und sein Beutetier, innerhalb der gemeinsamen Tiefenzone weitere Ausweichmöglichkeiten.

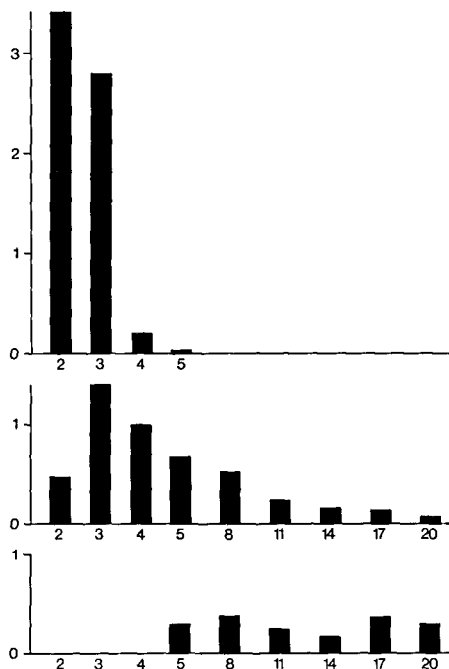


Abb. 2: Verteilung der drei Seesternarten über die Tiefe. *Astropecten jonstoni* (oben) ist im flachen Wasser häufig, *A. bispinosus* (Mitte) in 4–8 m Tiefe, noch tiefer *A. aranciacus* (unten).
Abszisse: Tiefe in Metern; Ordinate: Anzahl beobachteter Seesterne pro Minute

Körpergrößen von *Astropecten aranciacus*

Nach MASSÉ (1966) leben bei *A. bispinosus* die kleineren Seesterne in geringerer Tiefe als die größeren, was bedeuten kann, daß die beiden Größenklassen verschiedene

ökologische Präferenzen und verschiedene Diäten haben dürften. Eine Folge mag sein, daß die kleineren dem Räubertum der größeren entgehen. Bei verschiedenen Anlässen haben wir jeweils den größten Radius (R) von Seesternen gemessen und die Häufigkeitsverteilung von R für verschiedene Tiefen aufgenommen. Bereits früher (BURLA et al., 1972) konnten wir zeigen, daß sich Seesterne verschiedener Größenklassen ökologisch unterscheiden.

Tabelle 4

Durchschnittlicher Radius (\bar{R}) in cm von *Astropecten aranciatus* und *A. bispinosus* auf den Profilen 1 und 2 (P 1, P 2 in Abb. 1b) an der Costa Colostrai in den Jahren 1974 und 1975

Tiefe (m)	<i>A. aranciatus</i>			<i>A. bispinosus</i>		
	1974 P 1	1974 P 2	1975 P 2	1974 P 1	1974 P 2	1975 P 2
2						4,1
3						4,5
4						4,6
5	14,7	15,2	15,7	8,6	7,8	8,0
8	13,9	14,9	14,4	8,6	8,0	8,5
11	13,2	14,2	13,0	8,2	7,4	8,4
14	12,8	14,2	13,1	8,9	8,6	6,3
17	14,0	13,4	13,4	9,3	8,4	6,5
20	13,3	12,9	13,8	8,4	9,3	

Bei unseren Arbeiten begegneten wir den ganz großen Exemplaren von *A. aranciatus* nur selten und vermuten, ihr üblicher Aufenthaltsort liege in größerer Tiefe. Versuche, bei Cannigione und an der Costa Colostrai eine lineare Abhängigkeit der Körpergröße von der Aufenthaltstiefe nachzuweisen, ergaben allerdings nicht das gewünschte Resultat. Bei Cannigione wurden an sieben Stellen insgesamt 495 Seesterne gemessen und am Fundort außerdem die Tiefe, Sandqualität und Vegetationsverhältnisse protokolliert (Zeilen 5 und 10 in Tab. 1, Tab. 6). In der multiplen linearen Regression, berechnet mit den Programmen BMD02R und BMD03R, kam der Tiefe, die von 4 bis 20 m variierte, kein gesicherter Einfluß auf die Streuung von R zu. Doch ergab sich, daß die Seesterne auf feinem Sand größer waren als auf Kies; außerdem war die Tauchstelle von Einfluß, was bedeutet, daß die Seestern-Population des Untersuchungsgebiets uneinheitlich war. Eine inverse Proportionalität zwischen der Sandkorngröße und dem Radius (R) kam außerdem in einem Datenmaterial zum Vorschein, das im August 1973 vor Cannigione gesammelt worden war (BURLA et al., 1976). Es scheint nun klar zu sein, daß die Körpergröße von Ort zu Ort variiert und die Qualität des Sediments einen bestimmenden Einfluß ausübt. Auf den in Abbildung 1b dargestellten Profilen wurden ebenfalls R-Werte gemessen. Die erhaltenen Durchschnitte von R sind in Tabelle 4 enthalten. Die größten Durchschnitte fanden sich in 5 bis 8 m Tiefe, doch blieben sie bis 20 m Tiefe nur unwesentlich kleiner. Der Befund bestätigt die bei Cannigione gemachte Erfahrung, daß im strandnahen Bereich die Körpergröße nicht auffällig von der Tiefe abhängt. Lediglich eine Gruppe kleiner Seesterne kommt mit zunehmender Tiefe etwas deutlicher zum Vorschein. Dies geht aus Tabelle 5 hervor, welche die Rohdaten für Profil 1 an der Costa Colostrai im September 1974 wieder-

Tabelle 5

Häufigkeitsverteilung von R (größerer Radius) von *Astropecten aranciacus* in 5–20 m Tiefe an der Costa Colostrai im September 1974. Die Körpergröße ändert sich mit der Tiefe kaum, doch treten Seesterne mit $R < 9$ cm mit zunehmender Tiefe etwas stärker in Erscheinung

Tiefe (m)	Körpergrößen (cm)																	
	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5
5					1		3	5	5	19	17	24	16	10	4			1
8				1	1		2	8	9	26	24	17	10	6	1			
11			3					3	10	21	11	6	6	1				1
14			1	1			1	2	9	5	5	3	2					
17					1		1	4	4	14	14	10	5	2	1			
20	1		1	3	1			4	6	15	21	12	1	2	1			

Tabelle 6

Körpergrößenverteilung von *Astropecten aranciacus* an sieben Küstenstellen bei Cannigione und im Golfo Pevero (Abb. 1). Die Verteilungen an den einzelnen Stellen unterscheiden sich nach Form, durchschnittlichem Radius (\bar{R}) und Streuung. Bei Stelle 5 ist die Verteilung besonders schmal, an den Stellen 6 und 7 besonders breit

Stelle	Tiefe (m)	Körpergrößen (cm)																
		4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5		
1	4–6	1	1	3	4	3	9	14	16	5	3	1	2	1				
2	4–6	1	2	7	6	4	10	18	9	2	1	2						
3	5–10			8	18	11	10	2	1			1	1	1				
4	6–7	4	14	33	10	3	9	11	5	1								
5	8			1	4	23	67	28	5	2	1	1	1	1				
6	8			1	1	2	3	3	3	1	1	1	1	1				
7	16–20	2	2	5	3	2	2	5	5	4	10	8	2	7	1			2

gibt. Rohdaten, die im gleichen Jahr auf Profil 2 und ein Jahr später nochmals auf Profil 1 gesammelt wurden, gleichen denen, die in Tabelle 5 enthalten sind. In Tabelle 6 sind die entsprechenden Rohdaten wiedergegeben, die bei Cannigione im August 1972 gesammelt wurden. Sie zeigen, daß R an den sieben Sammelstellen ungleich verteilt ist. So erscheint bei Stelle 5 ein besonders schmaler Modus, während bei den Stellen 6 und 7 die Verteilung besonders flach ist. Diese Uneinheitlichkeit scheint typisch zu sein für die Verhältnisse bei Cannigione. Auch unterscheiden sich die Seesterne von Cannigione und Costa Colostrai in der durchschnittlichen Körpergröße. Zwar ist an beiden Orten ein zentraler Modus zu erkennen, der am schlanksten erscheint auf 8 m Tiefe und seine Lage auf der Abszisse mit der Tiefe kaum ändert. Dieser Modus liegt im Material von der Costa Colostrai bei etwa 15 cm, im Material von Cannigione bei etwa 10 cm. Die beiden Populationen leben unter verschiedenen Bedingungen, und es ist daher nicht zu erwarten, daß die durchschnittlichen Körpergrößen übereinstimmen. Die Flächen bei Cannigione waren relativ kleine, von Posidonienrasen mehr oder weniger umschlossene Sandinseln an nur mäßig exponierten Stellen. Die Korngröße des Substrats zeigte starke lokale Unterschiede, war aber im allgemeinen größer als im Süden. Die Costa Colostrai hingegen ist ein großer, gegen das freie Meer exponierter Strand mit gleichförmig feinem Sand.

Körpergrößen von *Astropecten bispinosus*

Beim kleineren *A. bispinosus* sind die Häufigkeitsverteilungen von R ähnlich breit und flach. Als Beispiel sind die Rohdaten, die im August 1975 auf Profil 1 gesammelt wurden, in Tabelle 7 vereinigt. Wie bei *A. aranciacus* ist der zentrale Modus auf 8 m Tiefe am schlanksten und höchsten. Während jedoch bei *A. aranciacus* die Gruppe der kleinen Seesterne mit der Tiefe deutlicher in Erscheinung tritt (Tab. 5), verhält es sich bei *A. bispinosus* umgekehrt. In Tabelle 7 sind noch Körpergrößen enthalten, die auf

Tabelle 7

Körpergrößenverteilung von *Astropecten bispinosus* in 2–14 m Tiefe auf Profil 1 an der Costa Colostrai (Abb. 1). Im flachen Wasser wurden vorwiegend kleine Seesterne gefunden, tiefer als 5 m hauptsächlich adulte

Tiefe (m)	Radius (cm)													
	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	
2	1	7	2	3	7	1								
3	3	8	13	14	15	4	2							
4		15	12	7	17	6	3	2						
5		1	2	1	7	2	5	15	10	5				
8		1	6	2	4	6	23	37	52	13				
11			4	8	8	6	4	7	12	4				1
14			9	12	11	6	10	12	7	1				

Tiefen von 2 bis 4 m Tiefe gemessen wurden. Offensichtlich handelt es sich um besonders kleine Tiere, eine vom Gros der Adulten tiefenmäßig getrennte Kinderstube. Die von MASSÉ (1966) erwähnte räumliche Segregation der Größenklassen bei *A. bispinosus*

zeigt sich nun auch in unserem Material. Noch deutlicher als bei *A. aranciacus* variiert bei *A. bispinosus* das durchschnittliche R innerhalb Tiefe von Profil zu Profil: Auf vier von sechs vergleichbaren Tiefen ist es am größten im südlichsten Profil. Nord- und strandwärts findet man eher kleine Seesterne, süd- und meerwärts eher große.

Meßdaten liegen noch vor von einer Stelle der Costa Colostrai, die 500 m weiter nördlich als die beiden Profile liegt (J in Abb. 1b), sowie von Korsika (B in Abb. 1a). Gesammelt wurde in geringer Tiefe; entsprechend waren die dort angetroffenen Seesterne mehrheitlich klein. An der Costa Colostrai reichte das Vorkommen von 3 bis 8,5 m Tiefe. Bei breiter Streuung läßt sich doch erkennen, daß strandwärts die kleinen Tiere überwiegen, während die größeren Tiere eher im tiefen Bereich angetroffen wurden.

Körpergrößen und Wachstum von *Astropecten jonstoni*

Für die kleinste der drei Arten, *A. jonstoni*, ist eine bimodale Verteilung typisch, wobei die beiden Modi mehr oder weniger auseinanderliegen. Nur in zwei von sieben Fällen wirkt die Verteilung unimodal. Beim Vergleich der Orte zeigt sich, daß nur im Golfo Pevero Tiere mit $R = 6$ cm auftraten und Tiere mit $R = 5$ cm häufiger waren als an den anderen Orten. An der Costa Colostrai hatte es in 2 m Tiefe mehr kleine als große Tiere, ein Hinweis darauf, daß sich die Größenklassen lokal ähnlich sondern können wie bei *A. bispinosus*.

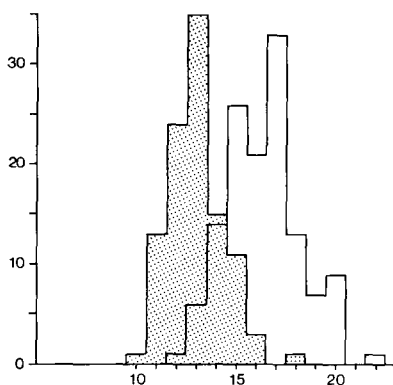


Abb. 3: Größenverteilung der kleinen Individuen von *Astropecten jonstoni*. Berücksichtigt sind nur Seesterne mit einem Radius kleiner als 25 mm. Punktiert: Muster vom 12. Juni 1975; weiß: Muster an der gleichen Stelle, fünf Wochen später gesammelt. Abszisse: Radius in Millimetern; Ordinate: Anzahl Seesterne

Um Angaben über das Wachstum von *A. jonstoni* zu erhalten, wiederholten wir an der Costa Colostrai die Messung im Abstand von 5 Wochen. Am 12./13. Juli 1975 sammelten wir in 2 m Tiefe und setzten die Seesterne am 13. Juli am gleichen Ort wieder aus. Am 19. August 1975 sammelten wir nochmals an derselben Stelle. Abbildung 3 zeigt die Häufigkeitsverteilungen von R, jedoch nur für die Gruppe der kleinen See-

sterne. Bei der ersten Stichprobe betrug \bar{R} der kleinen Seesterne 12,04 mm, fünf Wochen später 16,28 mm. Dies entspricht einem durchschnittlichen Wachstum von etwa 4 mm in 37 Tagen. Bei großen Seesternen veränderte sich der durchschnittliche Radius (\bar{R}) hingegen nicht: Er betrug 36,65 mm am 12./13. Juli und 36,67 mm am 19. August.

DISKUSSION

Soweit unsere Erfahrungen über die geographische Verbreitung reichen, bestätigen sie die Angaben früherer Autoren (MASSÉ, 1966; KOEHLER, 1921; TORTONESE, 1965). Was wir in dieser Beziehung beitragen, sind Fundstellen sowie Angaben über Abundanzverhältnisse und Körpergrößen.

Die relativen und absoluten Bestandesdichten, die wir beobachteten, wirken gering. Sie stimmen jedoch mit den von MASSÉ (1975) gegebenen Werten überein, der für *A. aranciacus* eine Dichte von einem Individuum pro 100 m² bis zu einem pro 45 m² feststellte. Auch für andere Seesterngattungen wurden Bestandesdichten geschätzt; in der Größenordnung entsprechen sie unseren Werten. Für *Linckia laevigata* und *Acanthaster planci* wurden Dichten von einem Seestern pro 500 m² bis einem pro 10 m² angegebenen (LAXTON, 1974), für *Acanthaster ellisii* eine durchschnittliche Dichte von einem pro 225 m² (DANA & WOLFSON, 1970). Dichteangaben für weitere drei Arten bewegen sich zwischen einem Seestern pro 100 m² und einem pro 10 m² (BIRKELAND, 1974). Dagegen wurden weit größere Werte in auffälligen Aggregationen verschiedener Echinodermen-Arten beobachtet und Dichten berechnet, die je nach Körpergröße der jeweiligen Art zwischen 50 und 2000 Individuen pro m² liegen (BRUN, 1968, 1969; WARNER, 1969).

Daß Makroinvertebraten des marinen Benthos zoniert vorkommen, ist eine allgemeine Erfahrung (AMOUROUX, 1972). Die drei von uns untersuchten Seesternarten zeigen eine Zonierung in bezug auf die Verteilung der Arten wie auch der Größenklassen. Trotz ausgedehnter Überschneidungsgebiete hat jede Art eine Tiefenzone, in der sie am häufigsten ist. Bei *A. bispinosus* besteht eine räumliche Sonderung der Größenklassen nach der Tiefe: Erwachsene Individuen leben in größerer Tiefe als juvenile.

Die Befunde haben eine Bedeutung im Zusammenhang mit Konkurrenz, Kannibalismus, Nahrungsangebot oder einer von Art zu Art verschiedenen Prägung auf abiotische Faktoren. Welche Erklärung zutrifft, lassen die Daten nicht erkennen.

Die Segregation der Größenklassen, wie wir sie bei *A. bispinosus* beobachteten, wurde auch für *Dendroaster excentricus* beschrieben (MERRILL & HOBSON, 1970): Kleine Individuen waren häufig in Strandnähe, die größten fanden sich in ca. 9 m Tiefe.

Die Beobachtung und Folgerung, daß die kleine Größenklasse von *A. jonstoni* pro Sommermonat etwa 4 mm linear wächst, ist ein erster Befund dieser Art für eine *Astropecten*-Art in natürlichen Verhältnissen. Vergleichbar sind aber Größenverteilungen und Wachstum bei *Luidia sarsi* (FENCHEL, 1965) und *Asterias rubens* (SMITH, 1940). Für beide Arten erstreckte sich die Beobachtungszeit über mehr als ein Jahr. Bei *Luidia sarsi* wurde die Entwicklung einer Population von der Metamorphose an über zwei Jahre verfolgt. In dieser Zeit erreichten die Seesterne eine Armlänge von

6 bis 10 cm, was einer mittleren Wachstumsgeschwindigkeit von 4 mm in 5 Wochen entspricht. Dieser Wert stimmt mit unserem Befund an *A. jonstoni* gut überein.

ZUSAMMENFASSUNG

1. An der Ostküste Sardinien wurden die Abundanzen sowie die Dichte und die Größenverteilung von drei Seesternarten der Gattung *Astropecten* mittels Gerätetauchen untersucht. Alle drei Arten leben auf mobilen Böden. Zwei davon, *A. bispinosus* und *A. jonstoni*, wurden nur auf feinem Sand angetroffen, *A. aranciatus* auch auf Kies. Die Arten sind unterschiedlich zonierte nach Tiefe: die kleinste Art, *A. jonstoni*, lebt im flachen Wasser, während die größte, *A. aranciatus*, am weitesten in die Tiefe vordringt. Die Überschneidungszonen sind breit; an mancher Stelle kommen zwei oder alle drei Arten zusammen vor. Für *A. aranciatus* wurden Dichten zwischen einem Seestern pro 173 m² und einem pro 25 m² gemessen, für *A. bispinosus* von einem Seestern pro 45 m², für *A. jonstoni* von einem Seestern pro 36 m².
2. Die Häufigkeitsverteilungen des Radius (R) von *A. aranciatus* an verschiedenen Stellen unterscheiden sich nach Form, Mittel und Streuung. Im Bereich von 4 bis 20 m scheint sich die Körpergröße mit der Tiefe nur unsystematisch zu verändern. Hingegen waren die Individuen auf feinem Sand im Durchschnitt größer als auf Kies.
3. Bei *A. bispinosus* stellten wir eine Segregation der Größenklassen nach der Tiefe fest: die kleinen Seesterne waren im flachen Wasser, die großen tiefer unten zu finden. Die Körpergrößenverteilung von *A. jonstoni* war an den meisten Orten bimodal. Im Sommer nimmt der Radius der kleinen Individuen in fünf Wochen um etwa 4 mm zu.

Danksagungen. Die Aufenthalte am Meer wurden ermöglicht durch Beiträge der Carl-Hescheler-Stiftung und der Georges- und Antoine-Claraz-Schenkung. Während der Abfassung des Manuskripts war einer der Autoren (G. RIBI) Empfänger eines vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung geleisteten Salärs. Mehrere Tauchkollegen, unter ihnen H. MAAG, Taucher am Zoologischen Museum der Universität Zürich, halfen beim Sammeln der Daten. Frau C. HESSE-HONEGGER zeichnete die Abbildungen.

ZITIERTE LITERATUR

- AMOUROUX, J.-M., 1972. Données sur la structure et l'instabilité des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. Thèse, Université de Paris, 102 pp.
- BIRKELAND, C., 1974. Interaction between a sea pen and seven of its predators. Ecol. Monogr. **44**, 211–232.
- BRUN, E., 1968. Extreme population density of the starfish *Asterias rubens* L. on a bed of Icelandic scallop, *Chlamys islandica* (O. F. MÜLLER). *Astarte* **32**, 1–4.
- 1969. Aggregation of *Ophiothrix fragilis* (ABILDGAARD) (Echinodermata: Ophiuroidea). *Nytt. Mag. Zool.* **17**, 153–160.
- FERLIN, V., PABST, B. & RIBI, G., 1972. Notes on the ecology of *Astropecten aranciatus*. *Mar. Biol.* **14**, 235–241.

- BURLA, H., PARST, B. & STAHEL, W., 1976. Vorkommen von *Astropecten aranciatus* (Asteroidea, Echinodermata) in Abhängigkeit von Umweltbedingungen. Helgoländer wiss. Meeresunters. **28**, 167–182.
- CHRISTENSEN, A. M., 1970. Feeding biology of the sea-star *Astropecten irregularis* Pennant. *Ophelia* **8**, 1–134.
- DANA, T. F. & WOLFSON, A., 1970. Eastern Pacific crown-of-thorns starfish populations in the lower Gulf of California. *Trans. San Diego Soc. nat. Hist.* **16**, 83–90.
- NEWMAN W. A. & FAGER, E. W., 1972. *Acanthaster* aggregations: interpreted as preliminary responses to natural phenomena. *Pacif. Sci.* **26**, 355–372.
- FENCHEL, T., 1965. Feeding biology of the sea-star *Luidia sarsi* DÜBEN & KOREN. *Ophelia* **2**, 223–236.
- GULLIKSEN, B. & SKJAEVELAND, S. H., 1973. The sea-star, *Asterias rubens* L., as predator on the ascidian, *Ciona intestinalis* L., in Borgenfjorden. North-Troendelag, Norway. *Sarsia* **52**, 15–20.
- KOEHLER, R., 1921. Echinodermes. *Faune Fr.* **1**, 1–210.
- LAXTON, J. H., 1974a. A preliminary study of the biology and ecology of the blue starfish *Linckia laevigata* (L.) on the Australian Great Barrier Reef and an interpretation of its role in the coral reef ecosystem. *Biol. J. Linn. Soc.* **6**, 47–64.
- 1974b. Aspects of the coral-eating starfish *Acanthaster planci*. *Biol. J. Linn. Soc.* **6**, 19–45.
- MASSÉ, H., 1975. Ethologie alimentaire de *Astropecten aranciatus* L. In: 9th European marine biology symposium. Ed. by H. BARNES. Aberdeen Univ. Press, Aberdeen, 343–355.
- 1966. Contribution à l'écologie du genre *Astropecten* LINCK. *Recl. Trav. Stn. mar. Endoume* **41**, 187–191.
- MERRILL, R. J. & HOBSON, E. S., 1970. Field observations of *Dendroaster excentricus*, a sand dollar of Western North America. *Am. Midl. Nat.* **83**, 595–624.
- PAINE, R. T., 1969. The *Pisaster-Tegula* interaction: prey patches, predator food preference, and intertidal community structure. *Ecology* **50**, 950–961.
- SMITH, G. F. M., 1940. Factors limiting distribution and size in the starfish. *J. Fish. Res. Bd Can.* **5**, 84–103.
- TORTONESE, E., 1965. Fauna d'Italia. Echinodermata. Calderini, Bologna, 422 pp.
- WARNER, G. F., 1969. Brittle-star beds in Torbay, Devon. *Underwater Ass. Rep.* **4**, 81–85.

Anschrift des erstgenannten Autors: G. RIBI
Zoologisches Museum
Künstlergasse 16
CH-8006 Zürich
Schweiz