

Quantitative Analyse der Korallenbesiedlung eines Vorriffareals bei Aqaba (Rotes Meer)*

H. Mergner & H. Schuhmacher

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Spezielle Zoologie;
D-4630 Bochum, Bundesrepublik Deutschland

ABSTRACT: Quantitative analysis of the coral community of a fore reef area near Aqaba (Red Sea). Previous descriptions of the ecology and zonation of Aqaba reefs (Mergner & Schuhmacher, 1974) are supplemented by this quantitative study of a test quadrat (5×5 m in size), randomly chosen in some 10 m depth in the middle fore reef of a coastal fringing reef. Of the total surface of 25 m^2 Cnidaria represent 42.31 %, sponges 0.17 %, calcareous algae 0.20 %, dead coral rock and pebble 30.27 % and sand and coral debris 26.15 %. The cnidarian cover is roughly equally contributed by 50.86 % Scleractinia and 48.61 % Alcyonaria, mainly Xenidiidae (35.81 %). For each species the percentage of the total cover (measured as vertical projection), colony number, average and maximal colony size are given. A total number of 104 cnidarian species was recorded, among which the 78 scleractinian species represent 34 of the 55 coral genera known from the Red Sea. The well balanced regime of moderate light and current conditions which are tolerated both by shallow and deep water species may account for the high species number. Disturbances such as occasional sedimentation, grazing of sea urchins (*Diadema setosum*) and overgrowth of stony corals by xenidiids result in continuous fluctuations of the coral community, in small colony size and in high colony number. Abiotic factors and biotic interactions maintain a diversity ($H = 3.67$) which ranks among the greatest ever found in reef communities. The data obtained from the fore reef square are compared with those of a similar test square in the lagoon of the same reef and with results from transect zonations on the opposite coast of the Gulf of Aqaba. These comparisons indicate that the fore reef harbours the richest coral fauna in the reef. The inventory of coral species at the northern end of the Gulf of Aqaba, one of the northernmost outposts of the coral reef belt, is only little reduced when compared with that of the central Red Sea; this great species diversity is in contrast to the worldwide decrease of species number towards the periphery of the reef belt.

EINLEITUNG

Artenspektrum und Artenvielfalt von Korallen und anderen sessilen Siedlern im Riff haben ökologischen und tiergeographischen Aussagewert: So charakterisieren Vergesellschaftungen, die für bestimmte Riffzonen typisch sind, und ihre zeitliche und örtliche Abfolge auch bestimmte Regime abiotischer Faktoren. In Verfolg dieser Fragestellung werden seit dem Jahre 1972 bei Aqaba am Roten Meer küstennahe Riffe untersucht. Diese Riffe stellen – als geographische Besonderheit – die nördlichsten Riffe im Roten Meer und im Indischen Ozean dar, und zugleich – nach den Riffen der Ryukyu-Inseln (Pazifik) und Bermudas (Atlantik) – die nördlichsten Riffvorkommen überhaupt.

* Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Aufbauend auf der morphologisch-ökologischen Untersuchung zweier ganzer Riffe und der Zonierung ihrer Besiedlung (Mergner & Schuhmacher, 1974) hatten anschließende Detailstudien die quantitative Erfassung produktionsbiologischer und synökologischer Zusammenhänge in genau umschriebenen Ausschnitten dieser Riffe zum Ziel (Mergner & Svoboda, 1977; Svoboda, 1978; Mergner, 1979, 1980; Mergner & Mastaller, 1980). Darüber hinaus liegen aus diesen Riffen Darstellungen der Mollusken- und Echinodermenfauna (Mastaller, 1979) vor, bzw. stehen hinsichtlich der Poriferen vor dem Abschluß (Nobbe, in Vorbereitung).

Schon die erste Analyse (Mergner & Schuhmacher, 1974) hatte für das Vorriff – im Vergleich mit den anderen Riffabschnitten – die größte Artenzahl und -dichte der Korallen ergeben und daher diesen Riffbereich für die Einrichtung von Testarealen 5×5 m empfohlen. Die Analyse der Besiedlung durch sessiles Benthos eines dieser Areale, genannt "U-7", ist Gegenstand dieser Arbeit. Die Ergebnisse einer entsprechenden Untersuchung an einem Testareal aus der Rifflagune (L-1) sind bereits publiziert (Mergner, 1979).

UNTERSUCHUNGSGEBIET UND METHODIK

Über die allgemeinen Naturverhältnisse des Golfes von Aqaba sowie die speziellen Beobachtungen und Meßwerte im engeren Untersuchungsbereich während des Winterhalbjahres 1975/76 wurde bereits ausführlich berichtet (Mergner & Schuhmacher, 1974; Mergner, 1979). Daher sollen an dieser Stelle nur ergänzende Angaben gemacht werden:

Das 5×5 m große Testareal U-7 liegt im Ufersaumriff unmittelbar südlich der sog. Universitätsbucht nahe der neuen Marine Science Station Aqaba, 145–150 m von der mittleren Hochwasserlinie entfernt bei 10 bis 11,5 m Tiefe (Abb. 1). Es muß daher dem mittleren Vorriff (mit Tiefen von etwa 9 bis 23 m) zugerechnet werden, dessen Boden sich im Bereich des Testareals mit etwa 20 % Gefälle gegen die tiefe Mittelrinne des Golfes neigt. Es besteht teils aus plattigen Korallenfelsstrukturen mit sekundär angesiedelten, meist kleineren Korallenstöckchen, teils aus eingesenkten Sandmulden oder eingeschwemmten Korallenschuttarealen und teils aus bis zu 0,8 m hohen Korallenfelaufbauten mit oft ausgedehnten Korallenkolonien (Abb. 2). Mit Ausnahme einiger *Halimeda tuna*-Thalli kommen im Testareal keine Makroalgen vor. Dagegen überziehen den Korallenfels zahlreiche kleine Krusten kalzifizierender Rotalgen (wahrscheinlich *Lithothamnion* und *Porolithon*) oder Rasen feinfädiger Braunalgen.

Das Testareal U-7 gehört dem Bereich der Strömungszone an mit einer in 10 m Tiefe vorwiegend nordwärts setzenden Rifflängsströmung, mit seitlicher Wasserversetzung ohne Pendelbewegung und mit meist mäßigen Strömungsgeschwindigkeiten, die in der Regel 5 cm s^{-1} nicht überschreiten. Lediglich bei länger anhaltenden stürmischen Südwinden können höhere Geschwindigkeiten und dann auch Pendelbewegungen auftreten, ohne aber in dieser Tiefe unmittelbar zerstörende Wirkungen auf die Korallenbesiedlung auszuüben. Allerdings vermag der damit verbundene stärkere Sedimenttransport kleinere Korallenkolonien durch Überdecken mit Sand zu schädigen, wofür zahlreiche tote Korallenstückchen im Untersuchungsgebiet sprechen. Nobbe (in Vorbereitung) hat in der gleichen Riffregion südlich Aqaba entsprechende Schäden auch an Poriferen festgestellt und daraufhin die Sedimentationsrate gemessen.

Dank der beständigen, mäßigen Wasserbewegung ist auch die Schwankungsbreite von Temperatur, Salinität und Sauerstoffgehalt gering. So betragen die Tag-Nacht-Unterschiede der Temperatur im mittleren Vorriff bei 10 m Tiefe kaum mehr als $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ und die der Salinität weniger als 0,1 %. Der O_2 -Gehalt schwankt dabei nur um $0,5\text{ mg l}^{-1}$; er lag im Februar 1976 zwischen $8,2$ und $8,7\text{ mg l}^{-1}$ (Mergner & Svoboda, 1977). Im gleichen Zeitraum betrug die Beleuchtungsintensität im 10 m tiefen mittleren Vorriff um die Mittagszeit 18 mWcm^{-2} (Svoboda, 1978). Sie war damit ausreichend zur Produktion eines O_2 -Überschusses und für eine P/R-Rate von mehr als 1,0 bei allen 12 daraufhin überprüften zooxanthellenhaltigen Korallenarten aus dem Riffgebiet südlich Aqaba.

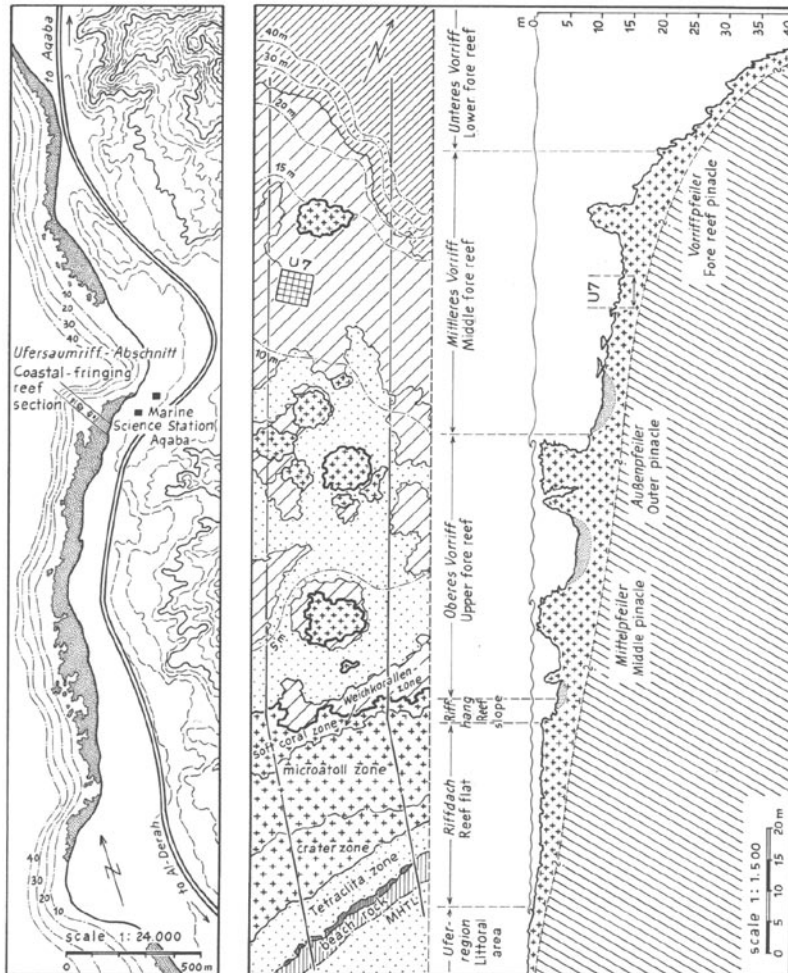


Abb. 1. Untersuchungsregion bei Aqaba mit dem "Universitätsgelände" unmittelbar südlich der Marine Science Station (links). Untersuchter Abschnitt des Ufersaumriffes mit Lage des Testareals U-7 in der Aufsicht (Mitte) und im Profil (rechts). (Nach Mergner & Schuhmacher, 1974, und Mergner & Svoboda, 1977, verändert)

Angesichts der oft bedeutenden Ausdehnung eines Korallenriffes können quantitative Erhebungen nur an repräsentativen Stichproben gemacht werden, die sich grundsätzlich entweder mit der Transekt- oder mit der Quadratmethode gewinnen lassen. Während die Transektmethode schneller eine Abfolge verschiedener Vergesellschaftungen verdeutlichen kann, eignet sich die Quadratmethode besonders, um eine bestimmte Zone in ihrer Artenzusammensetzung wiederzugeben (vgl. auch Goodwin et al., 1976). Doch ist – von Größe und Artenzahl der Korallenkolonien abhängig – eine Mindestquadratgröße notwendig, um repräsentativ zu sein; sie läßt sich im Einzelfalle nur empirisch bestimmen. Daher variieren die Flächenmaße der von verschiedenen Autoren bisher festgelegten Testquadrate erheblich: 0,25 m² bei Neudecker (1976), 0,5 m² bei Ott & Auclair (1977), 1 m² bei Maragos (1974), Morton (1974) und Dinesen (1977), 5 m² bei Salvat (1972), 9,25 m² bei Davies et al. (1971) und 25 m² bei Mergner et al. (1977, 1979, 1980).

Die von uns gewählte Dimension von 5 × 5 m war schon insofern vorgegeben, als dieses Quadrat U-7 mit anderen Testquadraten im Riff (z. B. L-1) vergleichbar sein sollte. Bei letzteren war aber ein ausreichendes Areal notwendig, um zugleich auch vagile Formen (wie etwa Gastropoden und Echinodermen) über einen gewissen Zeitraum hinweg quantitativ erfassen zu können. Inzwischen wurden auch entsprechende Erhebungen an sechs gleichgroßen Quadraten in küstenfernen Riffen bei Port Sudan durchgeführt. Nach Auswertung dieser Ergebnisse wird ein Vergleich beider Regionen des Roten Meeres möglich sein.

Ein quantitatives Erfassen von Flächenbedeckungen im Riff ist wegen dessen sehr unregelmäßiger Oberflächenskulpturierung nur unzulänglich möglich. Näherungsmethoden zur Flächenerfassung dreidimensionaler Hartbodenstrukturen (Dahl, 1973; Pichon, 1978) erscheinen daher nur für bestimmte, geometrisch regelmäßige Wuchsformen sinnvoll, die sich jedoch in der vielgestaltigen Rifflandschaft nur ausnahmsweise finden. Sofern allerdings die Frage nach der Artendiversität und -zusammensetzung im Vordergrund steht, ist folgendes Verfahren anwendbar, wonach lediglich die Projektion der dreidimensionalen Strukturen in ihre Grundebene berücksichtigt wird. Bei dieser vielfach gebrauchten Methode wird in Kauf genommen, daß die resultierende Flächenmaßzahl kleiner als die tatsächliche Oberfläche ist. Die Bedeckungsrate läßt sich – wie auch von Bohnsack (1979) bestätigt – photographisch hinreichend genau und vor allem rasch erfassen, was gerade hinsichtlich der begrenzten Tauchzeiten von Bedeutung ist.

Zur genauen Lokalisierung aller Strukturen und Flächenberechnung der kolonial wachsenden Arten wurde das Testareal mit einem 5 × 5 m-Netz aus Perlonleinen von 1 m Maschenweite überspannt und für die Flächenprojektion jedes der 25 Teilquadrate von 1 m² Fläche zentrisch aus gleichem Abstand (2 m) mit einer Unterwasserkamera (Nikonos "Calypso", 28 mm Brennweite) und Elektronenblitz photographiert (Abb. 5a). Die photographische Erfassung des Testareals und eine erste Aufsammlung von Belegexemplaren fanden im Februar 1976 statt; im September 1977 wurden von M. Mastaller weitere Belegstücke entnommen und dabei auch die inzwischen erfolgten Veränderungen im Besiedlungsbild registriert.

Die Einzelquadrate wurden dann zeichnerisch zusammengefaßt und ihre Korallenkolonien nach Photographien und Belegstücken determiniert. Durch Kartieren der Einzelkolonien ergab sich schließlich ein fast lückenloses Bild von der Besiedlungsstruktur der Cnidarier im Testareal. Um den relativen Anteil der jeweiligen Bodensub-

strate und Sedentierarten an der gesamten Arealfläche zu ermitteln, wurden in der Kartenzeichnung die Einzelflächen und Einzelkolonien entlang ihrer Umrisse ausgeschnitten und ihr Gewicht zu dem der Gesamtfläche in Beziehung gesetzt.

Zur Berechnung der Artendiversität und zahlenmäßigen Abundanz wurde der Shannon-Index (vgl. Pielou, 1969) verwendet:

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \cdot \ln p_i$$

Dabei bedeuten N die Artenzahl und p_i die gemessene Individuenrate.

ERGEBNISSE

Die zeichnerische Auswertung der gesamten Photoserie gibt zunächst einen Eindruck von der strukturellen Gliederung des Untersuchungsareals (Abb. 2). Die Korallenaufbauten erheben sich in diesem Bereich nicht mehr als 0,6 m über den sandbedeckten Boden. Auffällig hochragende oder weit vorkragende Skelettstrukturen, wie sie für den Riffhang charakteristisch sind, fehlen hier. Das Bodenprofil ist vielmehr durch niedrige, hauptsächlich buckelig-krustige Erhebungen und eingesprengte Sandflächen mit eingeschwemmtem Korallenschutt gekennzeichnet. Im Gegensatz zu den steiler abfallenden Abschnitten des unteren Vorriffes steht im mittleren Vorriff kein gewachsener Fels sichtbar an.

Die artenmäßige Zusammensetzung des Cnidarierbestandes im untersuchten Ausschnitt U-7 wird auf Abb. 2 und 3 bei senkrechter Projektion lagerichtig und flächentreu wiedergegeben. Diese Karte ist Grundlage für verschiedene quantitative Auswertungen (Tab. 1 und 2): Danach sind fast 43 % der Bodenfläche von lebenden sessilen Organismen bedeckt, und zwar fast ausschließlich von Cnidaria (42,31 % der Gesamtfläche). Dagegen sind Kalkrotalgen (0,20 %), Porifera (0,17 %), Polychaeta sedentaria, Bryozoa und Tunicata, die in manchen Riffgebieten neben den Cnidaria noch eine gewisse Rolle bei der Zusammensetzung des sessilen Benthos spielen, in nur geringem Maße vertreten – und wenn, dann unter Korallenkolonien verborgen. Eine Analyse der Cnidaria-Population zeigt, daß unter dieser die Scleractinia mit 21,49 % und die Alcyonaria mit 20,62 % der Gesamtfläche, bzw. mit 50,86 % und 48,61 % an der Cnidaria-Bedeckung, nahezu gleichgroße Areale besiedeln. Dabei stellen die Xenidiidae mit 15,21 % an der Gesamtfläche (35,81 % an der Cnidaria-Bedeckung) den überragenden Anteil. Alle anderen Cnidaria-Gruppen (Hydroidea 0,09 % der Gesamtfläche, Rhizostomeae 0,03 %, Stolonifera 0,02 % und Zoantharia 0,03 %) sind mit zusammen 0,17 % ohne Bedeutung. 30,27 % Korallenfels und Gerölle sowie 26,15 % Sand und Korallengrus bilden das leblose Substrat der Gesamtfläche.

Von Interesse sind auch Kolonienzahl, Größenverhältnisse und Zugehörigkeit der Scleractinia-Kolonien zu den verschiedenen Wuchstypen (Tab. 2): So beträgt der Anteil der Zweigkorallen (*Pocillopora*, *Seriatopora*, *Stylophora* und *Acropora*) mit 12,37 % (220 Kolonien) aller lebenden Cnidarier einerseits und der der krustenbildenden Korallen (*Psammocora*, *Montipora*, *Pavona*, *Echinophyllia*, *Mycedium*, *Turbinaria*) mit 14,18 % (323 Kolonien) andererseits zusammen nur etwa so viel wie derjenige der massig wach-

Tab. 1. Quantitative tabellarische Analyse der Cnidariergemeinschaft aus Testareal U-7

Nr.	Order, Genus, Species	Anzahl der Kolonien	Anteil der Art an der Gesamtfläche in % (25 m ²)	Anteil der Art an der Gesamtfläche in cm ² (25 m ²)	Durchschnittsgröße der einzelnen Kolonie in cm ²	Größe der jeweils größten Kolonie in cm ²	Anteil der Art an der Gesamtfläche der lebenden Cnidarier in %
	Hydroidea	16	0.09	241.94			0.23
1	<i>Millepora exaesa</i>	16	0.09	241.94	15.12	4 338	0.23
	Rhizostomeae	2	0.03	83.18			0.08
	<i>Cassiopea andromeda</i>	2	0.03	83.18	41.59	58.13	0.08
	Stolonifera	2	0.02	43.38			0.04
2	<i>Tubipora musica</i>	2	0.02	43.38	21.69	22.80	0.04
	Alcyonaria	749	20.62	51631.28			48.61
3	<i>Cladiella pachyclados</i>	12	0.14	393.89	28.32	54.11	0.32
4	<i>Lobophytum</i> sp.	1	0.01	25.04	25.04	25.04	0.02
5	<i>Parerythropodium fulvum</i>	92	1.02	2557.69	27.80	120.75	2.41
6	<i>Sarcophyton ehrenbergi</i>	28	3.26	8161.89	291.49	1451.69	7.69
7	<i>Sinularia leptoclados</i>	2	0.04	109.12	54.56	90.78	0.10
8	<i>Sinularia polydactyla</i> + sp.	2	0.03	63.95	31.97	44.72	0.06
9	<i>Dendronephthya</i> sp.	3	0.02	474.0	158.0	344.3	0.05
10	<i>Nephthea albida</i>	1	0.03	80.50	80.50	80.50	0.08
11	<i>Lithophyton arboreum</i>	3	0.80	1997.76	665.92	809.92	1.88
12	<i>Paralemnalia thyrsoides</i>	4	0.06	161.44	40.36	58.13	0.15
13	<i>Heteroxenia fuscescens</i>	29	0.93	2333.18	80.45	315.74	2.20
14	<i>Xenia macrospiculata</i>	232	5.70	14239.70	61.37	363.59	13.41
15	<i>Xenia membranacea</i>	8	0.13	330.94	41.36	239.26	0.31
16	<i>Xenia obscuronata</i>	61	2.59	6463.77	105.96	516.99	6.09
17	<i>Xenia spec.</i>	69	0.73	1832.73	26.56	98.38	1.73
18	<i>Xenia umbellata</i>	202	5.13	12832.28	63.52	1024.15	12.11
	Scleractinia	1274	21.49	53905.19			50.86
19	<i>Psammocora superficialis</i>	4	0.07	173.07	43.26	90.33	0.16
20	<i>Pocillopora damicornis</i>	3	0.05	127.90	31.97	68.42	0.12
21	<i>Pocillopora danae</i>	2	0.05	124.32	62.16	56.79	0.12
22	<i>Seriatopora angulata</i>	5	0.13	318.87	63.77	176.65	0.30
23	<i>Seriatopora caliendrum</i>	1	0.01	17.88	17.88	17.88	0.02
24	<i>Seriatopora</i> sp.	2	0.02	47.85	23.92	33.54	0.05
25	<i>Stylophora pistillata</i>	94	1.61	4031.30	42.88	169.94	3.80
26	<i>Acropora clavigera</i>	13	0.14	357.33	27.48	122.98	0.34
27	<i>Acropora eurystroma</i>	1	0.23	569.31	569.31	569.31	0.54
28	<i>Acropora forskali</i>	1	0.01	30.41	30.41	30.41	0.03
29	<i>Acropora hemprichi</i>	6	0.09	221.37	36.89	71.55	0.21
30	<i>Acropora humilis</i>	4	0.09	229.42	57.35	137.74	0.22
31	<i>Acropora scandens</i>	2	0.06	150.26	75.13	76.92	0.14
32	<i>Acropora squarrosa</i>	44	1.79	4474.50	101.69	614.93	4.22

Tab. 1 (Fortsetzung)

Nr.	Order, Genus, Species	Anzahl der Kolonien	Anteil der Art an der Gesamtfläche in % (25 m ²)	Anteil der Art an der Gesamtfläche in cm ² (25 m ²)	Durchschnittsgröße der einzelnen Kolonie in cm ²	Größe der jeweils größten Kolonie in cm ²	Anteil der Art an der Gesamtfläche der lebenden Crustaceen in %
33	<i>Acropora variabilis</i>	32	0.92	2287.56	71.48	345.10	2.15
34	<i>Acropora</i> sp.	10	0.06	145.34	14.53	30.41	0.14
35	<i>Astreopora myriophthalma</i>	17	0.15	369.40	21.72	80.50	0.35
36	<i>Montipora danae</i>	11	0.10	256.26	23.29	83.63	0.24
37	<i>Montipora effusa</i>	2	0.11	279.06	139.53	142.21	0.26
38	<i>Montipora eilatensis</i>	3	0.04	99.73	33.24	47.85	0.09
39	<i>Montipora meandrina</i>	62	1.07	2686.93	43.33	275.93	2.53
40	<i>Montipora monasteriata</i>	23	0.35	873.43	37.97	92.57	0.82
41	<i>Montipora stilosa</i>	61	2.10	5257.60	86.19	322.00	4.95
42	<i>Montipora venosa</i>	4	0.10	245.52	61.38	68.42	0.23
43	<i>Montipora</i> sp.	84	0.94	2425.75	28.87	181.57	2.28
44	<i>Gardineroseris ponderosa</i>	4	0.11	281.75	70.43	123.43	0.27
45	<i>Leptoseris</i> sp.	8	0.10	237.92	29.74	68.42	0.22
46	<i>Pachyseris speciosa</i>	1	0.01	31.75	31.75	31.75	0.03
47	<i>Pavona danae</i>	5	0.06	148.03	29.60	63.95	0.14
48	<i>Pavona decussata</i>	4	0.04	110.46	27.61	49.64	0.10
49	<i>Pavona varians</i>	41	0.64	1605.54	39.15	231.21	1.51
50	<i>Coscinarea monile</i>	4	0.14	347.49	86.87	168.60	0.33
51	<i>Cycloseris doederleini</i>	2	0.02	61.71	30.85	38.90	0.06
52	<i>Cycloseris</i> sp.	1	0.01	23.25	23.25	23.25	0.02
53	<i>Fungia fungites</i>	7	0.08	188.72	26.96	55.00	0.18
54	<i>Fungia granulosa</i>	6	0.05	130.59	26.11	40.25	0.12
55	<i>Alveopora daedalea</i>	24	0.35	872.09	36.33	139.08	0.82
56	<i>Goniopora planulata</i>	34	2.03	5080.05	149.41	1301.43	4.78
57	<i>Goniopora</i> sp.	12	0.24	587.66	48.97	177.54	0.55
58	<i>Porites (Synarea) convexa</i>	4	0.11	281.75	70.43	111.80	0.27
59	<i>Porites lutea</i>	11	0.23	571.10	51.91	152.95	0.54
60	<i>Porites</i> sp.	23	0.15	385.95	16.78	52.32	0.36
61	<i>Caulastrea tumida</i>	2	0.31	770.57	385.29	354.65	0.73
62	<i>Cyphastrea chalcidicum</i>	16	0.17	429.33	26.83	96.60	0.40
63	<i>Cyphastrea microphthalma</i>	27	0.28	690.51	25.57	55.00	0.65
64	<i>Cyphastrea serailia</i>	2	0.02	49.19	24.59	35.77	0.05
65	<i>Cyphastrea</i> sp.	1	0.01	17.88	17.88	17.88	0.02
66	<i>Echinopora gemmacea</i>	24	0.32	812.16	33.84	138.64	0.76
67	<i>Echinopora gemmacea fruticulosa</i>	8	0.11	268.33	33.54	137.29	0.25
68	<i>Echinopora lamellosa</i>	1	0.02	50.08	50.08	50.08	0.05
69	<i>Favia amicorum</i>	5	0.07	162.79	32.55	42.93	0.15
70	<i>Favia fавus</i>	25	0.24	592.57	23.70	63.95	0.56

Tab. 1 (Fortsetzung)

Nr.	Order, Genus, Species	Anzahl der Kolonien	Anteil der Art an der Gesamtfläche in % (65 m ²)	Anteil der Art an der Gesamtfläche in cm ² (25 m ²)	Durchschnittsgröße der einzelnen Kolonie in cm ²	Größe der jeweils größten Kolonie in cm ²	Anteil der Art an der Gesamtfläche der lebenden Cnidarier in %
71	<i>Favia laxa</i>	7	0.07	330.50	47.21	45.16	0.31
72	<i>Favia pallida</i>	3	0.03	77.81	25.93	40.25	0.07
73	<i>Favia stelligera</i>	9	0.20	505.36	56.15	125.67	0.48
74	<i>Favia</i> sp.	16	0.09	234.79	14.67	49.19	0.22
75	<i>Favites abdita</i>	7	0.09	232.55	33.22	49.19	0.22
76	<i>Favites peresi</i>	65	0.50	1239.26	19.06	64.40	1.17
77	<i>Favites</i> sp.	25	0.17	436.94	17.47	65.74	0.41
78	<i>Goniastrea edwardsi</i>	1	0.01	12.52	12.52	12.52	0.01
79	<i>Goniastrea pectinata</i>	162	1.68	4195.43	25.89	308.13	3.95
80	<i>Goniastrea retiformis</i>	27	0.35	880.58	32.61	111.80	0.83
81	<i>Goniastrea</i> sp.	7	0.13	328.26	46.89	90.78	0.31
82	<i>Hydnophora exaesa</i>	4	0.05	112.70	28.17	51.87	0.11
83	<i>Leptastrea bottae</i>	58	0.63	1573.34	393.33	178.89	1.48
84	<i>Leptastrea purpurea</i>	3	0.01	33.09	11.03	13.86	0.03
85	<i>Leptastrea transversa</i>	11	0.10	242.39	22.03	46.51	0.23
86	<i>Montastrea forskaelana</i>	15	0.26	639.53	42.63	206.61	0.60
87	<i>Platygyra lamellina</i>	14	0.19	487.47	34.81	95.25	0.46
88	<i>Galaxea fascicularis</i>	6	0.06	160.10	26.68	37.11	0.15
89	<i>Merulina ampliata</i>	1	0.01	24.15	24.15	24.15	0.02
90	<i>Acanthastrea echinata</i>	5	0.02	40.69	8.13	12.52	0.08
91	<i>Lobophyllia corymbosa</i>	2	0.03	63.50	31.75	33.09	0.06
92	<i>Lobophyllia costata</i>	8	0.16	402.50	50.31	129.69	0.38
93	<i>Lobophyllia hemprichi</i>	2	0.01	10.28	5.14	4.91	0.01
94	<i>Echinophyllia aspera</i>	1	0.12	292.03	292.03	292.03	0.27
95	<i>Mycedium tubifex</i>	18	0.26	638.19	35.45	69.76	0.60
96	<i>Turbinaria mesenterina</i>	4	0.05	121.64	30.41	78.26	0.11
	Zoantharia	3	0.03	65.29			0.06
97	<i>Palythoa tuberculosa</i>	3	0.03	65.29	21.76	42.48	0.06
	Kalkalgen	25	0.20	494.18	19.76	87.20	
	Schwämme	7	0.17	429.33	61.33	211.98	
	Korallenfels u. Gerölle		30.27	76840.75			
	Sand und Korallengrus		26.15	65383.24			

Tab. 2. Quantitative tabellarische Gesamtanalyse der Cnidariergemeinschaft aus Testareal U-7 mit den wichtigsten systematischen Kategorien und Wuchstypen sowie der übrigen Bodenbedeckung

Kategorien der Bodenbedeckung	Anzahl der Kolonien	Gesamtfläche in m ²	Anteil in % am Untersuchungsareal (25 m ²)	Anteil in % an der Cnidaria-Bedeckung
<i>Anthozoa</i> , systematische Gruppen				
<i>Alcyonaria</i>	749	5.16	20.62	48.61
<i>Xeniidae</i>	601	3.80	15.21	35.81
<i>Scleractinia</i>	1274	5.39	21.57	50.86
<i>Astrocoeniina</i>	491	2.58	10.32	24.29
<i>Fungiina</i>	124	1.10	4.37	10.32
<i>Faviina</i>	569	1.70	6.57	16.04
<i>Anthozoa</i> , Gesamtzahl der Kolonien % Bedeckung	2028	10.60	42.24	99.88
Korallen, Wuchstypen				
Zweigkorallen	220	1.31	5.25	12.37
Krustige Formen (überwiegend <i>Montipora</i>)	323	1.50	6.00	14.18
Massig wachsende Kolonien (<i>Poritidae</i> + <i>Faviina</i>)	711	2.46	10.02	23.37
Andersartige Bodenbedeckung				
Lebende Bedeckung	32	0.09	0.37	-
Kalkrotalgen (<i>Lithothamnion</i> + <i>Porolithon</i>)	25	0.05	0.20	-
Porifera	7	0.04	0.17	-
Leblose Substrate	-	14.22	56.42	-
Korallenfels	-	7.63	30.05	-
Sand	-	6.54	26.15	-
Geröll	-	0.05	0.22	-
Gesamtfläche	-	24.98	99.07	99.88
Differenz zur Gesamtsumme	-	-0.02	-0.93	-0.12

Tab. 3. Quantitative tabellarische Analyse der Veränderungen im Cnidarierbestand des Testareals U-7 mit prozentualen und flächenmäßigen Anteilen der zwischen Frühjahr 1976 und September 1977 abgestorbenen Kolonien

Nr. aus Tabelle 1	Order, Genus, Species	Anzahl der Kolonien	Anteil an der Gesamtfläche in %	Anteil an der Gesamtfläche in cm ²	Durchschnittsgröße der einzelnen Kolonie in cm ²	Anteil an der Gesamtfläche der lebenden Cnidarier in %
	Alcyonaria	27	0.36	8 52.50	29.05	0.69
5	<i>Parerythropodium fulvum</i>	2	0.02	45.00	22.50	0.04
6	<i>Sarcophyton ehrenbergi</i>	2	0.02	45.00	22.50	0.04
14	<i>Xenia macrospiculata</i>	7	0.11	267.50	38.21	0.21
16	<i>Xenia obscuronata</i>	5	0.07	170.00	34.00	0.14
17	<i>Xenia spec.</i>	6	0.10	237.50	39.58	0.19
18	<i>Xenia umbellata</i>	5	0.04	87.50	17.50	0.07
	Scleractinia	53	0.81	1912.50	39.85	1.54
22	<i>Seriatopora angulata</i>	1	0.06	152.50	152.50	0.12
25	<i>Stylophora pistillata</i>	4	0.05	112.50	28.12	0.09
32	<i>Acropora squarrosa</i>	1	0.03	77.50	77.50	0.06
33	<i>Acropora variabilis</i>	1	0.01	5.00	5.00	0.01
35	<i>Astreopora myriophthalma</i>	2	0.01	32.50	16.25	0.03
39	<i>Montipora meandrina</i>	3	0.06	157.50	52.50	0.13
41	<i>Montipora stilosa</i>	4	0.11	267.50	66.87	0.21
43	<i>Montipora sp.</i>	2	0.01	20.00	10.00	0.02
45	<i>Leptoseris sp.</i>	1	0.02	40.00	40.00	0.03
49	<i>Pavona varians</i>	3	0.05	120.00	40.00	0.10
53	<i>Fungia fungites</i>	1	0.01	17.50	17.50	0.01
55	<i>Alveopora daedalea</i>	2	0.05	112.50	56.25	0.09
57	<i>Goniopora sp.</i>	2	0.01	32.50	16.25	0.03
58	<i>Porites (Synarea) convexa</i>	3	0.03	70.00	23.33	0.06
59	<i>Porites lutea</i>	1	0.01	12.50	12.50	0.01
60	<i>Porites sp.</i>	2	0.02	52.50	26.25	0.04
63	<i>Cyphastrea microphthalma</i>	1	0.01	17.50	17.50	0.01
66	<i>Echinopora gemmacea</i>	2	0.02	40.00	20.00	0.03
70	<i>Favia fava</i>	4	0.04	87.50	21.87	0.07
74	<i>Favia sp.</i>	1	0.04	95.00	95.00	0.08
76	<i>Favites peresi</i>	5	0.05	125.00	25.00	0.10
79	<i>Goniastrea pectinata</i>	6	0.08	202.50	33.75	0.16
83	<i>Leptastrea bottae</i>	1	0.03	62.50	62.50	0.05
	Alcyonaria + Scleractinia	80	1.17	2765.00	34.45	—
	Kalkalgen	6	0.03	62.50	10.41	0.05

senden Arten (*Astreopora*, *Gardineroseris*, *Leptoseris*, *Pachyseris*, *Coscinarea*, Poritidae und Faviina ohne Pectiniidae) mit 23,37 % (711 Kolonien). Die Einzelkorallen (*Cycloseris* und *Fungia*) stellen demgegenüber nur 0,16 % (16 Kolonien).

Insgesamt wurden 2028 Kolonien bzw. Individuen gezählt (Tab. 1). Hierbei muß aber eingeräumt werden, daß unmittelbar benachbarte Kolonien der gleichen Art – so bei *Goniopora planulata* – nicht immer eindeutig unterschieden werden konnten. Vor allem die aus vielen Einzelkolonien bestehenden *Xenia*-Rasen konnten naturgemäß nicht aufgelöst werden; hingegen werden zwei getrennte, lebende Partien einer alten, teilweise abgestorbenen Korallenkolonie als zwei Einheiten gewertet. Angesichts der hohen Anzahl von Cnidarier-Kolonien auf einer Fläche von 10,63 m² ist die durchschnittliche Koloniegroße gering; nur bei den wenigen (ausgewachsenen) Weichkorallen *Sarcophyton ehrenbergi* und *Lithophyton arboreum* ergeben sich Abweichungen nach oben. Die meisten Steinkorallen bleiben hingegen weit unter der Koloniegroße, die von ihren Arten am Riffhang erreicht werden. Dies gilt vor allem für *Hydnophora exesa*, *Platygyra lamellina*, verschiedene *Favia*-Arten und *Porites* spp. Hingegen erreichen *Acropora squarrosa*, *Montipora effusa* und *Goniopora planulata* im Vorriff ihre maximale Größe. Bei genauerer Prüfung zeigt es sich allerdings oft, daß Einzelkolonien

Tab. 4. Liste der veröffentlichten (Mergner & Schuhmacher, 1974; Mergner & Wedler, 1977; Mergner, 1979), nicht in Tab. 1 aufgeführten Cnidaria-Arten

Hydroidea:	Scleractinia:
<i>Dynamena cornicina</i> *	<i>Acropora corymbosa</i>
<i>Gymnangium eximium</i>	<i>Balanophyllia gemmifera</i>
<i>Halocordyle disticha</i> *	<i>Favia matthai</i>
<i>Millepora dichotoma</i>	<i>Favia speciosa</i>
<i>Millepora platyphylla</i>	<i>Favites chinensis</i>
<i>Solanderia secunda</i> *	<i>Favites complanata</i>
Alcyonaria:	<i>Favites pentagona</i>
<i>Dendronephthya hemprichi</i>	<i>Favites melicerum</i> **
<i>Sarcophyton glaucum</i>	<i>Favites virens</i>
<i>Sinularia gardineri</i>	<i>Fungia scutaria</i>
<i>Sinularia querciformis</i>	<i>Gyrosmlia interrupta</i>
<i>Xenia mayi</i>	<i>Herpolitha limax</i>
Gorgonaria:	<i>Hydnophora microconos</i>
<i>Acabaria pulchra</i>	<i>Leptastrea solida</i>
Actiniaria:	<i>Montipora erythraea</i>
<i>Bolocerooides mc murrichi</i>	<i>Montipora granulata</i>
<i>Cryptodendrum adhesivum</i>	<i>Montipora tuberculosa</i>
<i>Megalactis hemprichi</i>	<i>Plerogyra sinuosa</i>
<i>Triactis producta</i>	<i>Podabacia crustacea</i>
Ceriantharia:	<i>Pocillopora hemprichi</i>
<i>Cerianthus</i> sp.**	<i>Porites solida</i>
	<i>Porites somaliensis</i>
	<i>Dendrophyllia micranthus</i>
* Angaben nach Mergner & Wedler (1977)	
** Angaben nach Mergner (1979)	

die lebenden Reste einer einzigen, erheblich größeren Kolonie darstellen (z. B. *Montipora stilosa* in Einzelquadrat Ia, *Favia stelligera* in IId–IIId). Die geringe Größe dieser Einzelkolonien täuscht ein geringes Alter vor. Tatsächlich handelt es sich aber um alte Kolonien, deren Oberseiten größtenteils abgestorben, erodiert und von anderen Kolonien besiedelt sind. Hughes & Jackson (1980) haben auf diese Problematik am Beispiel karibischer Korallen hingewiesen.

Die beiden Untersuchungen über den Cnidaria-Bestand des Testareals U-7 im Februar 1976 und im September 1977 erbrachten insgesamt 104 Arten: zu den in Tab. 1 aufgeführten 98 Arten kommen noch die drei *Xenia*-Arten: *X. crassa*, *X. hicksoni* und *X. impulsatilla*, die als winzige Einzelfunde nicht in die Karte, Abb. 3, eingetragen bzw. in Tab. 1 ausgewertet werden konnten, und die drei Aktinien *Gyrostoma helianthus*, *G. quadricolor* und *Radianthus koseirensis*, die zwar in der Karte, aber nicht in Tabelle 1 verzeichnet sind.

Im Gesamtbestand der determinierten Cnidaria-Arten fanden sich 78 Scleractinia-Arten aus 34 Gattungen, 19 Alcyonaria-Arten aus 11 Gattungen, 3 Actiniaria-Arten aus 2 Gattungen und je eine Art der Hydroidea, Rhizostomeae, Stolonifera und Zoantharia. Eine derartig hohe Arten- und Gattungsdichte von Weich- und Steinkorallen wurde unseres Wissens noch in keinem Riffareal von nur 5×5 m Fläche festgestellt. Für das Rote Meer bedeutet das etwa ein Drittel bis ein Viertel aller bisher bekannten Arten und 34 der 55 Gattungen.

Zusammen mit den schon früher (Mergner & Schuhmacher, 1974; Mergner & Wedler, 1977; Mergner, 1979) zusätzlich veröffentlichten Cnidarierfunden (Tab. 4) ergibt sich für die Riffe der jordanischen Küste des Golfes von Aqaba ein Bestand von 7 Hydroidenarten, 7 Aktinienarten, 101 Skleraktinienarten und 24 Alcyonarienarten, zusammen 139 Arten. Ihnen stehen von der Sinaiseite Listen mit u. a. 97 Skleraktinienarten (Loya & Slobodkin, 1971) bzw. 99 Skleraktinienarten und 16 Oktokorallenarten (Benayahu & Loya, 1977) gegenüber. Dazu kommen auch die von Schmidt (1972) veröffentlichten 18 Hydroidenarten.

Eine mehrtägig durchgeführte Kontrolle des Untersuchungsareales nach eineinhalb Jahren im September 1977 ergab gegenüber dem in den Abb. 2 und 3 dargestellten Zustand vom Februar 1976 eine Anzahl von Veränderungen im Besiedlungsbild der Cnidaria (Abb. 4). Neben der Neuansiedlung kleinster Jungkolonien, deren Anzahl auch nicht annäherungsweise festgestellt werden konnte (vgl. L-1; Mergner, 1979), waren inzwischen 27 Alcyonarienkolonien (0,69 %) und 53 Skleraktinienkolonien (1,54 %) abgestorben mit zusammen 2,23 % der Gesamtfläche der Cnidarierbedeckung und 1,11 % des Gesamtareales (Tab. 3). Die eingetretenen Verluste betrafen unter den Weichkorallen vor allem die *Xenia*-Arten (23 Kolonien von 572) und unter den Steinkorallen *Stylophora pistillata* (4 Kolonien von 94), *Montipora stilosa* (4 von 61), *Favia fava* (4 von 25), *Favites peresi* (5 von 65) und *Goniastrea pectinata* (6 von 162), bei allen übrigen Arten nur jeweils 1–3 Kolonien. Im ungünstigsten Fall (*Porites [Synarea] convexa*) waren 3 von 4 Kolonien (75 %) abgestorben, bei *Seriatopora angulata* 1 von 5 (20 %), bei 4 weiteren Arten 12–15 % und sonst durchweg unter 10 %, meist unter 1–3 %.

Die große Zahl sessiler Cnidaria-Arten mit insgesamt 104 Arten, zusammen mit der Zahl ihrer 2070 Einzelkolonien, begründet eine hohe Diversität. Ihr Index *H* (Pielou, 1969) beträgt auf der Basis der Koloniezahl berechnet 3,67; auf der Basis der jeweiligen Siedlungsfläche 3,42.

DISKUSSION

Alle Beobachtungen und Meßergebnisse zur Einflußnahme der abiotischen Faktoren auf Zusammensetzung und Besiedlungsdichte des Korallenbestandes im Testareal U-7 weisen, miteinander kombiniert, auf ein ausgeglichenes "ökologisches Klima" im Bereich des mittleren Vorriffes hin: Hier unterliegen Wasserbewegung, Temperatur, Salinität, Sauerstoffgehalt und Beleuchtungsintensität nur geringen Schwankungen, und Extremwerte sind selten. Die hier gebotenen Lebensbedingungen sind daher für ein breites Spektrum ökologischer Ansprüche noch erträglich; für eine beträchtliche Zahl von Arten erscheinen sie sogar optimal. Hinsichtlich der Produktivität von Steinkorallen und ihrer Lichtansprüche hat Svoboda (1978) bei einigen der untersuchten Arten (*Fungia*, *Acropora*, *Stylophora* spp.) in dieser Tiefenstufe sogar die höchsten Werte im Vertikalvergleich gemessen.

Der Tiefenbereich des mittleren Vorriffes, in dem das Testareal U-7 liegt, ist die Übergangszone zwischen Arten, die im Seichtwasser, d. h. am oberen Riffhang und auf dem Riffdach, dominieren, und solchen, die hauptsächlich erst in größerer Tiefe vorkommen. Zur ersten Gruppe offensichtlich photophiler Arten gehören in den Riffen bei Aqaba: *Millepora exesa*, *Tubipora musica*, *Lithophyton arboreum*, *Xenia macrospiculata*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*, *Acropora* spp., *Goniastrea retiformis* und *Platygyra lamellina*. Geringere Lichtansprüche haben hingegen offensichtlich: *Dendronephthya* sp., *Nephthea albida*, *Leptoseris* sp., *Pachyseris speciosa*, *Alveopora daedalea*, *Caulastrea tumida* und *Echinophyllia aspera*, weshalb diese vermutlich sciaphilen Arten erst im tieferen Vorriff häufig sind. Eine bevorzugte Verbreitung im mittleren Vorriff scheinen zu haben: *Parerythropodium fulvum*, *Sarcophyton ehrenbergi*, *Heteroxenia fuscescens*, *Xenia* spp., *Seriatopora* spp., *Montipora* spp., *Pavona* spp., *Goniopora* spp., *Favites peresi*, *Goniastrea pectinata*, *Leptastrea* spp., *Galaxea fascicularis* und *Lobophyllia corymbosa*. Hingegen sind *Porites*-Kolonien vom Riffdach bis in das tiefere Vorriff (50 m) gleichmäßig vertreten. Für den größten Teil der festgestellten Arten reichen die Funddaten allerdings noch nicht aus, um eine mögliche Zuordnung zu einer bestimmten Tiefenstufe feststellen zu können.

Eine ähnliche Selektionswirkung wie von der Beleuchtungsintensität geht auch von der Häufigkeit des Wasseraustausches pro Zeit- und Volumeneinheit aus: Vor allem die Hydrokoralle *Millepora dichotoma*, aber auch verschiedene Steinkorallen (*Acropora* spp. sowie massig wachsende Poritidae und Faviidae) sind mit ihren größten Kolonien in der Zone heftigster Wasserbewegung (Riffkante und oberer Riffhang) vertreten. Hier ist zwar einerseits die Zufuhr von O₂ und planktischer Nahrung sowie der rasche Abtransport schädlicher Sedimente und CO₂-Ansammlungen maximal gewährleistet, andererseits ist aber auch die Gefährdung durch die unmittelbar zerstörende Wirkung der Wasserkräfte am größten. Der mit zunehmender Tiefe deutliche Rückgang im Auftreten dieser Arten (insbesondere von *Millepora dichotoma*) weist darauf hin, daß sie als photophil-rheophil zu charakterisieren sind. Im Gegensatz hierzu sind die Korallenarten *Dendrophyllia micranthus* und *Balanophyllia* spp. aus den Schattenhöhlen des oberen Riffhanges als sciaphil-rheophil zu bezeichnen.

An den Riffen von Aqaba lassen sich im allgemeinen drei Tiefenstufen unterscheiden, die nicht unbedingt mit der Einteilung des Vorriffes übereinstimmen, aber durch das gehäufte Vorkommen bestimmter Korallenarten charakterisiert werden (Einzelhei-

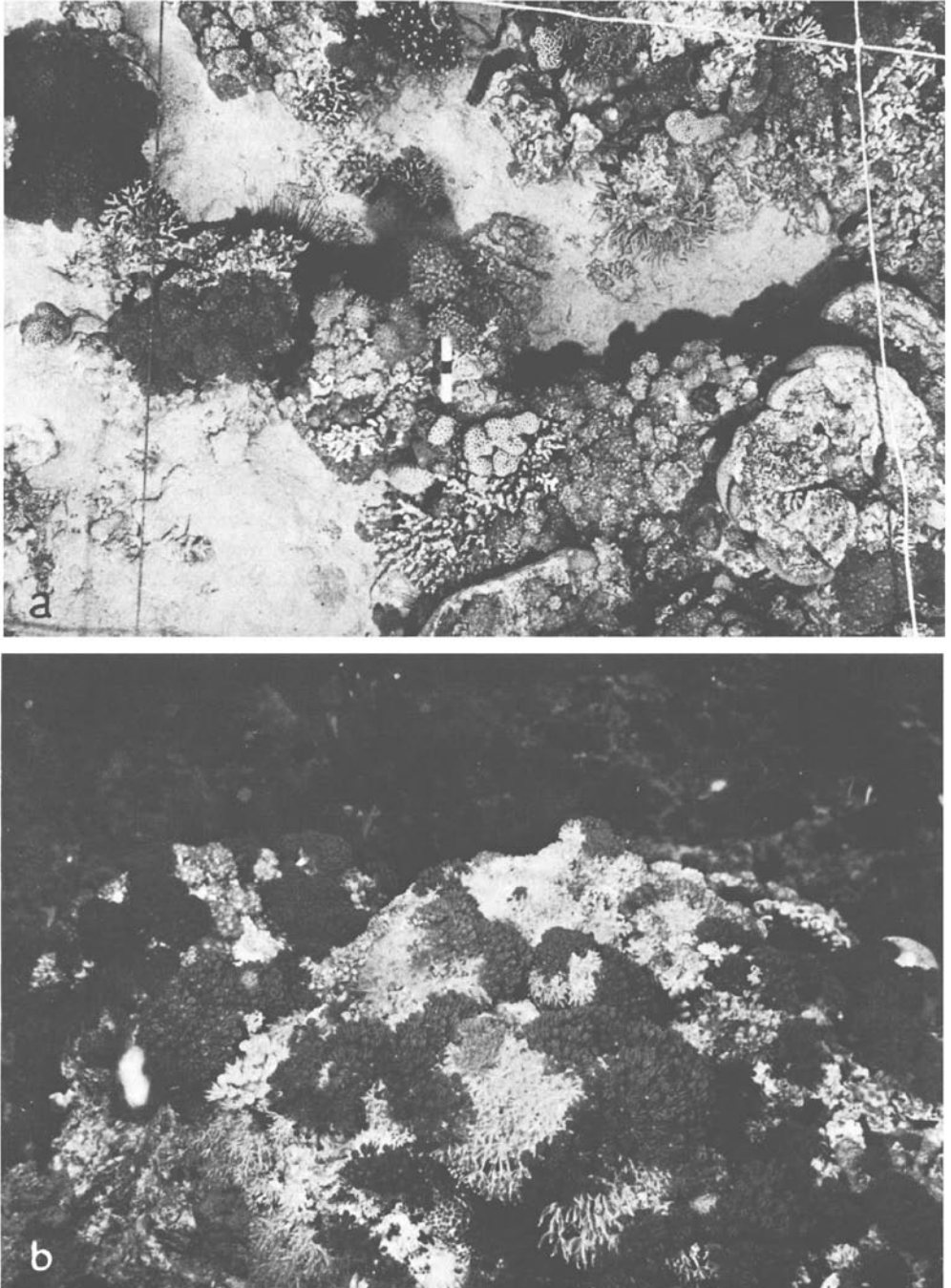


Abb. 5. Ausschnitte aus Testareal U-7. a. Unterwasserphotographie des Einzelquadrates IId. Aufnahme­richtung senkrecht von oben aus 2 m Höhe. b. Dichte Besiedlung einer großen abgestorbenen Steinkorallenkolonie durch verschiedene *Xenia*-Arten

ten vgl. Mergner, 1980): Danach sind von den insgesamt 104 Cnidarierarten, die im Testareal U-7 festgestellt wurden, 50 % in der obersten Tiefenstufe von 1–5 m häufig, 80 % im mittleren Bereich von 5–15 m und ca. 40 % in der unteren Tiefenstufe von 15–40 m. 10 % haben eine ungefähr gleichmäßige Verbreitung über alle Tiefenstufen hinweg. Inwieweit die beobachteten Häufigkeitsverteilungen an den verschiedenen Standorten tatsächlich bevorzugten Lebensbedingungen der einzelnen Arten entsprechen oder aber zusätzlich das Resultat von (Raum-)Konkurrenzen widerspiegeln, können nur autökologisch-experimentelle Untersuchungen klarlegen.

Aus dem Charakter als Übergangszone ohne ökologische Extrembedingungen erklärt es sich, daß das mittlere Vorriff einem breiten Spektrum ökologischer Ansprüche (noch) gerecht wird. So kommt es zu der enormen Artenfülle der Korallengemeinschaft in dieser Zone, die von keinem anderen Riffabschnitt bzw. Tiefenstufe erreicht wird.

Die geringe Koloniegroße bei den meisten im Testareal vertretenen Arten deutet freilich auf suboptimale Lebensbedingungen hin und läßt auf zwei ganz unterschiedliche Ursachen dafür schließen: (1) Schädwirkungen, die zugleich auch der Grund für die kahlen Korallenfelsflächen sind, und (2) interspezifische Konkurrenz um Siedlungsraum zwischen offenbar gleichwertigen Sedentariarten.

Als lebensfeindlicher abiotischer Faktor kommt in dieser Tiefenregion nur die Sedimentation in Betracht. Wengleich während des Untersuchungszeitraumes keine kritisch hohen Sedimentationsraten festzustellen waren, so muß aus dem Vorhandensein abgestorbener Scheitel bei vielen massigen Kolonien (so von *Cyphastrea microphthalmia*, *Favia* spp., *Favites peresi*, *Goniopora* spp., *Goniastrea pectinata* u. a.) auf gelegentliche umfangreiche Sedimentablagerungen geschlossen werden. Sie können im nördlichen Golf von Aqaba vorkommen, wenn während der seltenen Südstürme ein mehrere Meter hoher Wellengang sich bis in diese Tiefen auswirkt und den Sand aus den Bodenmulden aufwirbelt.

Diademseeigel (*Diadema setosum*), die im Testquadrat häufig sind – die tagsüber versteckt sitzenden Tiere sind auf Abb. 2 z. B. in den Einzelquadraten Ia–c, IIb und IIIc gut zu erkennen –, erschweren durch ihre Weidetätigkeit die Wiederbesiedlung dieser kahlen Hartbodenflächen (zum Einfluß von *Diadema setosum* auf benachbarte Korallengemeinschaften vgl. auch Schuhmacher, 1974; Mergner, 1979; Mastaller, 1979; Mergner & Mastaller, 1980). Eine weitere Ursache für das Vorkommen partiell abgestorbener Steinkorallenkolonien stellt die Raumkonkurrenz der üppig entwickelten Weichkorallenbestände dar, vor allem der Xeniiden, deren Anteil an der Cnidarierbedeckung mit über 600 Kolonien 35,81 % ausmacht. Durch Abschatten und Behindern der Wasserzufuhr bringen sie die vergleichsweise kleinen Steinkorallenpolypen zum Absterben (Schuhmacher, 1975). Abb. 5b gibt einen guten Eindruck von einer derartigen, auf ehemaligen Korallenköpfen siedelnden *Xenia*-Ansammlung im Bereich des Testareals. Aus noch ungeklärten Gründen können die *Xenia*-Rasen aber auch binnen weniger Wochen wieder zurückgehen oder gänzlich verschwinden und hinterlassen dann freie Korallenfelsflächen für die sukzessive Wiederbesiedlung durch sessile Organismen.

Die aufgezeigten, ständigen Veränderungen im Besiedlungsbild, führen zugleich zu einer Erhöhung der Zahl der Einzelkolonien. Zusammen mit der zuvor begründeten eindrucksvollen Artendichte im Untersuchungsgebiet ergibt sich so der hohe Diversitätsindex von $H = 3,67$ (bezogen auf die Koloniezahl) bzw. 3,42 (bezogen auf die Siedlungsflächen jeder Art). Er ist zugleich auch ein Hinweis dafür, daß die dicht

zusammenlebenden und um Raum konkurrierenden Arten dennoch auf Dauer koexistieren können und die Inanspruchnahme der Siedlungsfläche durch eine oder wenige Arten hingegen unwahrscheinlich ist.

Die Befunde aus dem mittleren Vorriff zeigen, wie dies nicht anders zu erwarten war, wesentliche Unterschiede zu denen, die im gleichen Zeitraum (Frühjahr 1976) im Testareal L-1 der Rifflagune erhoben wurden (Mergner & Svoboda, 1977; Mergner, 1979; Mergner & Mastaller, 1980). Während im mittleren Vorriff Cnidaria 42,36 % der Gesamtarealfläche bedecken, sind es im Rifflagunenareal nur 6,60 %. Außerdem stehen den 104 Cnidarierarten des Vorriffareales mit ihren 2046 Einzelkolonien nur 18 Arten mit 354 Kolonien im Lagunenareal gegenüber und den Diversitätsindices $H = 3,67$ bzw. 3,42 im Vorriff ein solcher von $H = 1,75$ in der Rifflagune. Im sessilen Benthos des mittleren Vorriffes dominieren eindeutig Cnidaria, im Bereich des Riffdaches dagegen Makroalgen mit 22 Arten und 2037 Kolonien bzw. Thalli, 26,07 % Flächenbedeckung und einem Diversitätsindex $H = 1,14$. Im Prinzip entsprechende Unterschiede zwischen Riffdach und Vorriff wurden von Benayahu & Loya (1977) auf Grund von Transektzonierungen an verschiedenen Riffen der Sinaiküste des Golfes von Aqaba festgestellt.

Der Bewuchs der tiefer gelegenen Vorriffstufen wurde nur während gelegentlicher Tauchabstiege bis zu 50 m Tiefe abgeschätzt. Dabei sinkt die Rate lebender Bedeckung (im wesentlichen Cnidaria) deutlich ab. Hierfür ist neben den sich verschlechternden Lichtverhältnissen vor allem auch der steilere Neigungswinkel des Untergrundes verantwortlich. Von besonderem Interesse ist weiterhin ein Vergleich des untersuchten Vorriffabschnittes mit einem entsprechenden Abschnitt der gegenüberliegenden Sinaiküste des Golfes von Aqaba südlich Eilat. Dort hatten Loya & Slobodkin (1971) und Loya (1972) die Korallenassoziationen verschiedener Tiefenzonen mit Hilfe der Transektmethode ermittelt und den mittleren Durchmesser verschiedener Korallenarten angegeben (Loya, 1972; Tab. 8). Unter der Annahme, daß dabei kreisförmige Projektionsflächen gemeint sind, ist ein Vergleich mit den Flächenangaben aus dem Testareal U-7 durchaus möglich. Dabei zeigt sich, daß die Kolonien der genannten Arten auf der östlichen Golfseite größer sind. Bei gleichem Bedeckungsanteil durch Cnidaria errechnet Loya (1972) allerdings einen niedrigeren Diversitätsindex, nämlich $H = 2,83$. Doch sollte der Vergleich nicht zu weit getrieben werden, da bei der Testquadratmethode, wie sie bei Aqaba verwendet wurde, wesentlich mehr Kolonien ausgewertet werden als bei der von Loya angewandten Transektmethode. Immerhin zeichnet sich aber schon bei diesem Vergleich der Korallengemeinschaften aus etwa 10 m Tiefe ab, daß die ökologischen Bedingungen auf der Ostseite offensichtlich etwas besser sind. Diesen Befund hatten schon Mergner & Schuhmacher (1974) auf Grund eines Vergleiches der ganzen Riffe erhoben.

Schließlich verdienen die hohe Artenzahl und Diversität auf engstem Raum auch unter dem Aspekt Beachtung, daß es sich bei dem untersuchten Standort um einen der nördlichsten Vorposten des Riffgürtels überhaupt handelt. Weltweit ist nämlich ganz allgemein eine beträchtliche Abnahme der Anzahl der Korallenarten zum Rand des Riffgürtels hin zu beobachten (z. B.: Stehli & Wells, 1971; Schuhmacher, 1976). Offensichtlich macht aber der nördliche Golf von Aqaba, dessen Korallen-Inventar nur unwesentlich geringer ist als das des mittleren Roten Meeres, eine Ausnahme von dieser Erscheinung. Der Grund für die nachweisliche Artenfülle des Golfes von Aqaba ist in seinen besonderen hydrographischen Bedingungen zu suchen (Mergner & Schuhma-

cher, 1974; Klinker et al., 1976). Wir erwarten in dieser Hinsicht von unseren Vergleichsuntersuchungen an Riffen der sudanesischen Küste weitere Aufschlüsse.

Danksagungen. Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung unseres Aqaba-Projektes, der University of Jordan, Amman, für ihre Gastfreundschaft an der Marine Science Station Aqaba und den Herren Dr. M. Mastaller, F. Nobbe und Dr. A. Svoboda für ihre Hilfe bei der Anfertigung der Unterwasser-Photoserien bzw. bei der Aufsammlung von Belegstücken nicht unmittelbar ansprechbarer Korallenarten. Besonderer Dank gebührt auch den Kollegen, die taxonomisch schwierige Belegexemplare bestimmten: Dr. J. Versefeldt (Alcyonaria), Dr. G. Scheer und Dr. M. Wijsman-Best (Scleractinia). Schließlich dürfen wir Herrn H. Löseke für die rechnerischen Unterlagen der Tabellen und Herrn F. Theissen für die bewährte graphische Gestaltung unserer Abbildungsentwürfe danken. Herr Dr. M. Mastaller hat dankenswerterweise die Diversitätsindices berechnet. Der Farbdruck wurde aus Titel 52394, RUB, finanziert.

ZITIERTE LITERATUR

- Benayahu, Y. & Loya, Y., 1977. Space partitioning by stony corals, soft corals and benthic algae on the coral reefs of the northern Gulf of Eilat (Red Sea). – *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 30, 362–382.
- Bohnsack, J. A., 1979. Photographic quantitative sampling of hardbottom benthic communities. – *Bull. mar. Sci.* 29, 242–252.
- Dahl, A. L., 1973. Surface area in ecological analysis: Quantification of benthic coral reef algae. – *Mar. Biol.* 23, 239–249.
- Davies, S. P., Stoddart, D. R. & Sigee, D. C., 1971. Reef forms of Addu Atoll, Maldives Islands. – *Symp. zool. Soc. Lond.* 28, 217–259.
- Dinesen, Z. D., 1977. The coral fauna of the Chagos Archipelago. – *Proc. 3rd int. Coral Reef Symp. Miami* 1, 155–161.
- Goodwin, M. H., Cole, M. J. C., Stewart, W. E. & Zimmerman, B. L., 1976. Species density and associations in Caribbean reef corals. – *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 24, 19–31.
- Hughes, T. P. & Jackson, J. B. C., 1980. Do corals lie about their age? Some demographic consequences of partial mortality, fission, and fusion. – *Science N. Y.* 209, 713–715.
- Klinker, J., Reiss, Z., Kropach, C., Levanon, I., Harpaz, H., Halicz, E. & Assaf, G., 1976. Observations on the circulation pattern in the Gulf of Eilat (–Aqaba), Red Sea. – *Israel J. Earth Sci.* 25, 85–103.
- Loya, Y., 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. – *Mar. Biol.* 13, 100–123.
- Loya, Y. & Slobodkin, L. B., 1971. The coral reefs of Eilat (Gulf of Eilat, Red Sea). – *Symp. zool. Soc. Lond.* 28, 117–139.
- Maragos, J. E., 1974. Coral communities on a seaward reef slope, Fanning Islands. – *Pacif. Sci.* 28, 257–278.
- Mastaller, M., 1979. Beiträge zur Faunistik und Ökologie der Korallenriffe bei Aqaba, Rotes Meer, unter besonderer Berücksichtigung der Mollusken und Echinodermen. – *Diss. Bochum*, 337 pp.
- Mergner, H., 1979. Quantitative ökologische Analyse eines Rifflagunenareals bei Aqaba (Golf von Aqaba, Rotes Meer). – *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 32, 476–507.
- Mergner, H., 1980. Ecology of a fore reef area near Aqaba (Red Sea). – *Symp. coast. mar. Envir. Red Sea, Gulf of Aden and Tropical Western Indian Ocean, Karthoum (im Druck)*.
- Mergner, H. & Mastaller, M., 1980. Ecology of a reef lagoon near Aqaba (Red Sea). – *Symp. coast. mar. Envir. Red Sea, Gulf of Aden and Tropical Western Indian Ocean, Karthoum (im Druck)*.
- Mergner, H. & Schuhmacher, H., 1974. Morphologie, Ökologie und Zonierung von Korallenriffen bei Aqaba (Golf von Aqaba, Rotes Meer). – *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 26, 238–358.
- Mergner, H. & Svoboda, A., 1977. Productivity and seasonal changes in selected reef areas in the Gulf of Aqaba (Red Sea). – *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 30, 383–399.
- Mergner, H. & Wedler, E., 1977. Über die Hydroidpolypenfauna des Roten Meeres und seiner Ausgänge. – *Meteor Forsch.-Ergebn. (D)* 24, 1–32.
- Morton, J., 1974. The coral reefs of the British Salomon Islands; a comparative study of their composition and ecology. – *Proc. 2nd int. Coral Reef Symp. Brisbane* 2, 31–54.

- Neudecker, S., 1976. Effects of thermal effluent on the coral reef community at Tanguisson. – Univ. Guam Mar. Lab. Techn. Rep. 30, 1–55.
- Ott, B. & Auclair, A. N., 1977. Cluster analytic definition of species ecological groups for a submerged barrier reef in Barbados, West Indies. – *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 62, 41–51.
- Pichon, M., 1978. Problems of measuring and mapping coral reef colonies. In: *Coral reefs: Research methods*. Ed. by D. R. Stoddart & R. E. Johannes. Unesco, Paris 219–230. (Monographs on oceanographic methodology. 5).
- Pielou, E. C., 1969. *An introduction to mathematical ecology*. New York, Wiley-Interscience, 286 pp.
- Salvat, B., 1972. La faune benthique du lagon de l'atoll de Reao (Tuamotu, Pol. franç.). – *Cah. Pacif.* 16, 31–110.
- Schmidt, H. E., 1972. Some new records of hydroids from the Gulf of Aqaba with zoogeographical remarks on the Red Sea area. – *J. mar. biol. Ass. India* 13, 27–51.
- Schuhmacher, H., 1974. On the conditions accompanying the first settlement of corals on artificial reefs with special reference to the influence of grazing sea urchins (Eilat, Red Sea). – *Proc. 2nd int. Coral Reef Symp. Brisbane* 1, 257–267.
- Schuhmacher, H., 1975. Die Rolle der Weichkorallen (Alcyonacea, Octocorallia) innerhalb der Riffbiozöosen des Roten Meeres und des australischen Großen Barriereriffes. – *Verh. dt. zool. Ges.* 67, 380–384.
- Schuhmacher, H., 1976. *Korallenriffe*. – BLV, München, 275 pp.
- Stehli, F. G. & Wells, J. W., 1971. Diversity and age patterns in hermatypic corals. – *Syst. Zool.* 20, 115–127.
- Svoboda, A., 1978. In situ monitoring of oxygen production and respiration in Cnidaria with and without zooxanthellae. In: *Physiology and behaviour of marine organisms*. Ed. by D. S. McLusky & A. J. Berry. Pergamon Press, Oxford, 75–82.