

# Quantitative Analyse von Korallengemeinschaften des Sanganeb-Atolls (mittleres Rotes Meer).

## I. Die Besiedlungsstruktur hydrodynamisch unterschiedlich exponierter Außen- und Innenriffe

H. Mergner<sup>1</sup> & H. Schuhmacher<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Spezielle Zoologie;  
Postfach 10 21 48, D-4630 Bochum, Bundesrepublik Deutschland

<sup>2</sup> Universität GHS Essen, Lehrstuhl für Hydrobiologie;  
Postfach 10 37 64, D-4300 Essen, Bundesrepublik Deutschland

**ABSTRACT: Quantitative analysis of coral communities of Sanganeb-Atoll (central Red Sea). I. The community structure of outer and inner reefs exposed to different hydrodynamic regimes.** The Sanganeb-Atoll off Port Sudan is an elongate annular reef which rests on a probably raised block in the fracture zone along the Red Sea-graben. Its gross morphology was most likely formed by sub-aerial erosion during low sealevel conditions. Features of its topography and hydrography are described. The prevailing wind waves are from NE. Hence, the outer and inner reef slopes are exposed to different hydrodynamic conditions. The sessile benthos was analysed using the quadrat method. Four test quadrats (5 × 5 m each) were selected on the outer and inner slopes at a depth of 10 m along a SSW-NNE transect across the atoll. Cnidaria were by far the most dominating group; coralline algae, Porifera, Bryozoa and Ascidia, however, counted for just under 3 % living cover. Light and temperature intensities did not differ significantly at the sites studied; water movement, however, decreased in the following order: TQ IV (outer NE side of the reef ring) was exposed to strong swell and surf; TQ II (inner side of the SW-ring) was met by a strong longreef current; TQ I was situated on the outer lee of the SW-atoll ring and TQ III in the inner lee of the NE-side. This hydrodynamic gradient correlates with the composition of the coral communities from predominantly branching Scleractinia (staghorn-like and other *Acropora* species and *Pocillopora*) in TQ IV, through a *Lobophyllia*, *Porites* and *Xenia*-dominated community in TQ II, and a mixed community with an increasing percentage of xeniid and alcyoniid soft corals in TQ I, to a community in TQ III which is dominated by the soft corals *Sinularia* and *Dendronephthya*. The cnidarian cover ranged between 42.4 and 56.6 % whereby the two exposed test quadrats had a higher living coverage than the protected ones. In total, 2649 colonies comprising 124 species of stony, soft and hydrocorals were recorded by an elaborate method of accurate in-situ mapping. The 90 scleractinian species found include 3 species new to the Red Sea and 11 hitherto unknown species from its central part. Only 7 cnidarian species covered large areas, forming a *Xenia macrospiculata*-zone in TQ I, a *Lobophyllia corymbosa*-zone in TQ II, a *Sinularia-Dendronephthya*-zone in TQ III and an *Acropora-Pocillopora verrucosa*-zone in TQ IV. Hydrodynamic exposition and ratio of genus abundance *Acropora* : *Montipora* are closely correlated: on the windward side (TQ IV) it is 943 : 4, but on the leeward side (TQ I) 18 : 208. Apart from the taxonomic and quantitative distribution of species and colonies, types of growth form and categories of the dead substrate are given. Since soft corals do not contribute to the reef framework, the distribution of Scleractinia and Alcyonaria indicates that at Sanganeb-Atoll reef substance is mainly generated on the windward side.

## EINLEITUNG

Das Atoll ist von anderen Rifftypen dadurch unterschieden, daß das Riff ringförmig eine Lagune umschließt (Darwin, 1842) und keinerlei Überwasseranteile des zugrunde liegenden Felssockels aufweist (u. a. Cloud, 1957; McNeil, 1972). Falls Inseln den Wasserspiegel überragen, bestehen sie ausschließlich aus biogenem Riffsediment. Im Gegensatz zum Saumriff, welches Landmassen unmittelbar vorgelagert ist, und auch zum Barriereriff, das sich meist noch im Bereich von Landeinflüssen befindet, bleibt also das Atoll von terrigenen Einwirkungen unberührt. Hochwasserschübe und Schlammzufuhr aus Flußmündungen, gelegentliche oder chronische Landabschwemmungen und andere durch Küstennähe bedingte Faktoren können beim Atoll unberücksichtigt bleiben, wenn die maßgeblichen Umwelteinflüsse für seine Riffgemeinschaften analysiert werden sollen.

Wie in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen, spielen Lage und Ausrichtung eines Riffabschnittes zur vorherrschenden Wasserbewegung eine herausragende Rolle für seine Besiedlung (z. B. Wood-Jones, 1910; Marshall, 1931; Hiatt, 1957; Mergner, 1985; speziell für das Rote Meer: Mergner, 1967; Mergner & Schuhmacher, 1974). Ein Atoll bietet mit seinen vier unterschiedlich exponierten Riffseiten die Möglichkeit, den Einfluß der Wasserbewegung vergleichend zu studieren. Qualitative Untersuchungen zur Besiedlung der luv- und leeseitigen Riffpartien finden sich daher auch schon unter frühen Riffzonierungsarbeiten (vgl. Wells, 1957; Stoddart, 1969). Sie bezogen sich freilich fast ausnahmslos auf das Riffdach. Nur Wells (1954) schloß in seiner klassischen Arbeit über das Bikini-Atoll auch den Riffaußenhang (inkl. Vorriff) sowie die Lagunenseite mit ein. Ausgenommen blieb lediglich der obere Riffhang unterhalb der Riffaußenkante. Die hier fast immer starke Brandung machte bei Bikini – wie auch an anderen ozeanischen Riffen – diesen Riffabschnitt einer näheren Untersuchung unzugänglich, weshalb er von Wells auch als "mare incognita" bezeichnet wurde.

Die vorliegende Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, gerade diesen wenig bekannten Riffabschnitt hinsichtlich seiner Besiedlungsstrukturen – je nach Lage am Außen- und Innenhang sowie seiner Orientierung zur Luv- und Leeseite – an exemplarischen Ausschnitten quantitativ zu analysieren. Dabei ist noch folgende Überlegung für die Auswahl der Tiefenstufe von etwa 10 m bedeutsam: Die Besiedlungsabfolgen bisheriger Transektuntersuchungen über das Riffdach lassen sich zwar gut mit einem Gradienten der Wasserbewegung korrelieren; sie sind gleichzeitig aber auch täglichen und saisonalen Temperatur- und Salinitätsschwankungen unterworfen und können außerdem durch gelegentliches Trockenfallen bzw. Aussüßen durch Regenfälle erheblich beeinflußt werden. Kurzum, der Einfluß der Wasserbewegung kann durch unvorhersehbare andere abiotische Einflüsse überlagert und somit nicht mehr eindeutig erkennbar sein. In einer Tiefe von 10 m ist hingegen die Wahrscheinlichkeit dafür wesentlich geringer; hier darf angenommen werden, daß vorgefundene Besiedlungsstrukturen das langfristig herrschende Wirkungsgefüge aus abiotischen Faktoren, wie Beleuchtung und Wasserbewegung, sowie biotischen Parametern widerspiegeln.

Als zu Europa nächstgelegenes Atoll wurde das Sanganeb-Atoll nordostwärts von Port Sudan für die quantitative Analyse der Besiedlungsstruktur ausgewählt. Damit wird gleichzeitig der Versuch unternommen, zur Kenntnis dieses einzigen Atolls im Roten Meer und seiner Korallengemeinschaften beizutragen.

Die ersten riffbiologischen Untersuchungen vor der sudanesischen Küste wurden

von Crossland (1907, 1911, 1913) durchgeführt. Mergner (1967) gibt eine Einführung in die topographischen, klimatischen und hydrographischen Verhältnisse dieser Riffregion, während sich eine orientierende Übersicht über Morphologie und Besiedlung ihrer Riffe durch Korallen und Fische bei Vine & Vine (1980) findet. Scheer (1964) und Kühlmann (1983) berichten über Korallenaufsammlungen insbesondere vom Wingate-Barriereriff, und Head (1980) untersucht detailliert die Korallenassoziationen im North Towartit-Bereich. Weitere Untersuchungen aus der sudanesischen Region werden bei den Darstellungen der riffbiologischen Erforschung des Roten Meeres durch Scheer & Pillai (1983), Mergner (1984), und Scheer (1984) genannt. Über einen Vergleich der Korallenbesiedlung in den Sanganeb-Arealen mit der eines Vorriffareals bei Aqaba berichtet der II. Teil der Gesamtarbeit (Schuhmacher & Mergner, 1985).

#### UNTERSUCHUNGSREGION UND NATURVERHÄLTNISSE

Das Rote Meer ist, zusammen mit dem Golf von Suez, 2270 km lang und maximal 350 km breit. Seine größte Tiefe liegt bei 2605 m, nach Wong & Degens (1980) bei 2920 m, und nach Nawab (1984) bei 2850 m. Es ist ein trogartiger Graben mit einem medianen Spaltenbruch (Rift), der sich durch Auseinanderweichen der präkambrischen afrikanischen und arabischen Platten ständig verbreitert. Dabei führt "sea-floor-spreading" zur Bildung junger ozeanischer Kruste; das Rote Meer stellt somit einen Ozean "in statu nascendi" dar (u. a. Krenkel, 1925; Gohar, 1954; Girdler, 1969; Schilling, 1969; zusammenfassende Übersicht bei Wong & Degens, 1980).

Der Schelfsockel des Roten Meeres, besonders seine ausgedehnten Flachwassergebiete vor der sudanesischen Küste, haben die Entwicklung und Vielfalt üppiger Korallenriffe begünstigt. Dieses Schelfgebiet ist seit Entstehung des arabisch-ostafrikanischen Bruchgrabensystems und den anschließenden, o. g. Bewegungen der Erdkruste großen tektonischen Spannungen und Verschiebungen ausgesetzt. Dabei wurden offensichtlich Teile des Schelfsockels durch küstenparallele Verwerfungen und querlaufende Klüfte in Schollen zerlegt. Sie wurden teilweise als Horste emporgehoben oder in Senken hinabgedrückt. Anders lassen sich die blockartigen Horste und Rippen, Mulden und Schluchten nicht erklären, die mit fast senkrechten Wänden aneinander grenzen und – sofern sie vor die heutige Schelfkante versetzt sind – aus Tiefen von oft 800 m unvermittelt bis zur Wasseroberfläche hochragen (Abb. 1). Von Korallenriffen überwachsen, stellen sie sich heute als atollartige Riffe (Sanganeb-Atoll), als mächtige Plattformriffe (Shaab Rumi, Shaab Anber) oder als annähernd küstenparallele Barriereriffe (Wingate-Riff, North Towartit-Riff) dar. Detaillierte geomorphologische Untersuchungen stehen noch aus; doch weisen Brandungskehlen und Abrasionsterrassen darauf hin, daß spätere epirogenetische Bewegungen des Untergrundes sowie eustatische Meeresspiegelschwankungen den Korallenüberzug und Kalkaufbau entsprechend begrenzt oder erweitert haben. Die wenigen geomorphologischen Arbeiten aus diesem Raum werden von Braithwaite (1982) resümiert.

#### Das Sanganeb-Atoll

Das Sanganeb-Atoll liegt mit 19°45'N und 37°26'0' etwa 23 km östlich der sudanesischen Küste, 28 km nordöstlich der Hafenstadt Port Sudan (Abb. 1). Sein Sockel steigt

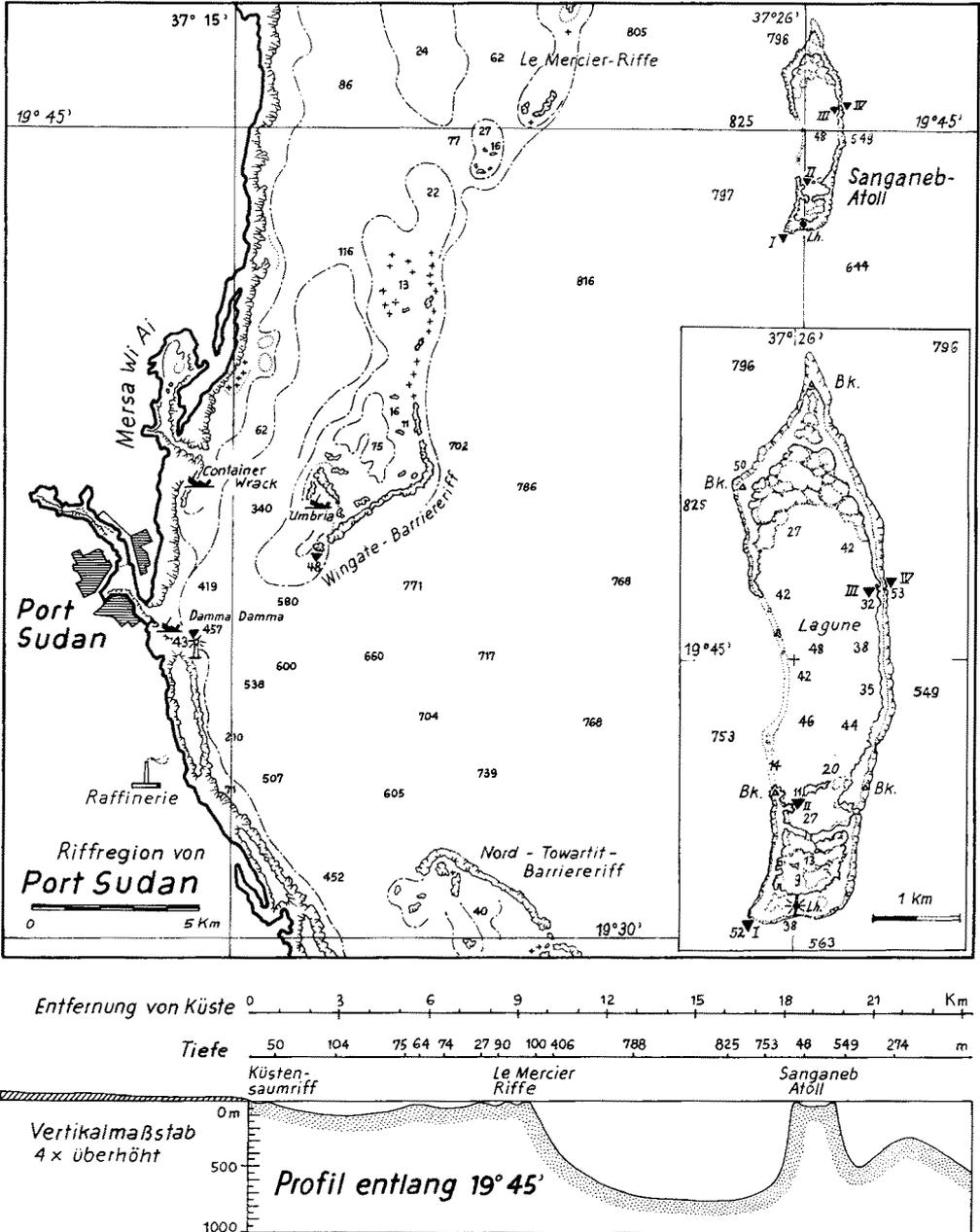


Abb. 1. Karte der Riffregion von Port Sudan. Darunter Profil entlang 19°45' Nord von der Küste zum Sanganeb-Atoll. Nebenkarte nach Luftbild Abbildung 2 mit den Testarealen I-IV des Sanganeb-Atolls

aus Tiefen von 550–750 m mit annähernd 60° Neigung, auf den letzten 20–25 m mit etwa 80° bis zur Riffkrone auf. Offensichtlich gründet sich das Riff auf einen einzelstehenden, vor die Schelfkante versetzten Horst. Der Riffotyp Atoll ist definiert durch die eingangs genannten morphologischen Kriterien – seine Genese bleibt hiervon unberührt. Frühere Versuche, den Begriff Atoll nur auf Ringriffe, die nach Darwins Subsidence-Theorie (1842) entstanden sind, anzuwenden (z. B. durch Molengraaff, 1930), haben sich nicht durchgesetzt. Eine evtl. die Atollform beeinflussende Konfiguration des Untergrundes ("Antecedent Karst Theory"; Purdy, 1974) müßte im Falle des Sanganeb-Riffs noch durch Bohrungen erhärtet werden.

Das lang-oval geformte Riff erstreckt sich in nordsüdlicher Richtung über 6 km, in ostwestlicher Richtung maximal über 2 km. Vor allem im Osten und Westen ist der Riffiring nur knapp 100 m breit, während er sich im Süden auf nahezu 300 m verbreitert (Abb. 1 und 2). Neben einer breiten schiffbaren Passage auf der Westseite führen nur wenige flache Kanäle über das Riffdach, das an keiner Stelle die Wasseroberfläche überragt. Der Verlauf des Riffes verrät sich jedoch, von der offenen Westpassage abgesehen, überall durch die weiße Gischlinie des Brandungssaumes (Abb. 2). Zur Lagune hin fällt das Riff zunächst unvermittelt über steile Innenränder und dann allmählich über sandigen Untergrund bis auf 48 m Tiefe ab. Von der Lagune wird durch eine schmale Korallenriffrippe nach Süden hin eine kleine flachere Wanne abgetrennt, die durch einen Bootskanal mit dem nördlichen tiefen Basin verbunden ist.

Der 38 m hohe Leuchtturm erhebt sich von der Mitte des südlichen breiten Riffdaches (Abb. 3a). Er ist von einer ca. 40 × 40 m großen Betonplattform umgeben, von der aus je ein Bootssteg nach Norden zur Lagune und nach Süden zum offenen Meer führt. Auf der Plattform befindet sich die kleine Außenstelle des Institute of Oceanography, Port Sudan, von der aus die Untersuchungen durchgeführt wurden (15. Februar – 15. März 1980).

### Klima, Wetter und hydrographische Faktoren

Nach Angaben im Handbuch für das Rote Meer und den Golf von Aden Nr. 2034 (1963) und bei Mergner (1967) liegt die Mittelregion des Roten Meeres im Übergangsbereich zwischen den recht beständigen NW-Winden des nördlichen Meeresteiles und den jahreszeitlich regelmäßig wechselnden Monsunwinden des Sütteils, d. h. im Nordwinter dem über der Straße von Bab el Mandeb auf SO abgelenkten NO-Monsun. Die mittleren Windstärken für Februar und März mit 3,2 Bft wurden während des Untersuchungszeitraumes mit durchschnittlich 4,27 Bft deutlich übertroffen. Am Sanganeb-Atoll kam der Wind von Mitte Februar bis Mitte März 1980 aus nördlichen Richtungen (96 % der Beobachtungen) und wechselte nur kurzfristig, wie im langjährigen Mittel, auf SO. Diese allgemeinen Luftbewegungen werden von täglich regelmäßig wechselnden nächtlichen Landwinden aus N bis NW (Nordwinter) und tagsüber von kräftigen Seebrisen aus NO bis O überlagert. Sie alle nehmen einen entscheidenden Einfluß auf die Bewegungen des Oberflächenwassers. Außer den durch Monsune verursachten, großräumigen Bewegungen des Oberflächenwassers zieht ganzjährig eine beständige, annähernd aus SO kommende Oberflächenströmung gegen Port Sudan. Daneben setzen andere starke, aber mehr lokale Strömungen mit Geschwindigkeiten von 0,75 bis  $1 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$  nahe dem Sanganeb-Atoll im Winter süd- und ostwärts, im Sommer in



Abb. 2. Luftbild des Sanganeb-Atolls, aus den Einzelaufnahmen Nr. S38, 152 bis 157, der Serie SAgII 2003 88,33 zusammengesetzt. Veröffentlichung mit Genehmigung des Survey Department, Khartoum (Aufnahmen aus 5500 ft. [1676 m] Höhe). I-IV Testareale

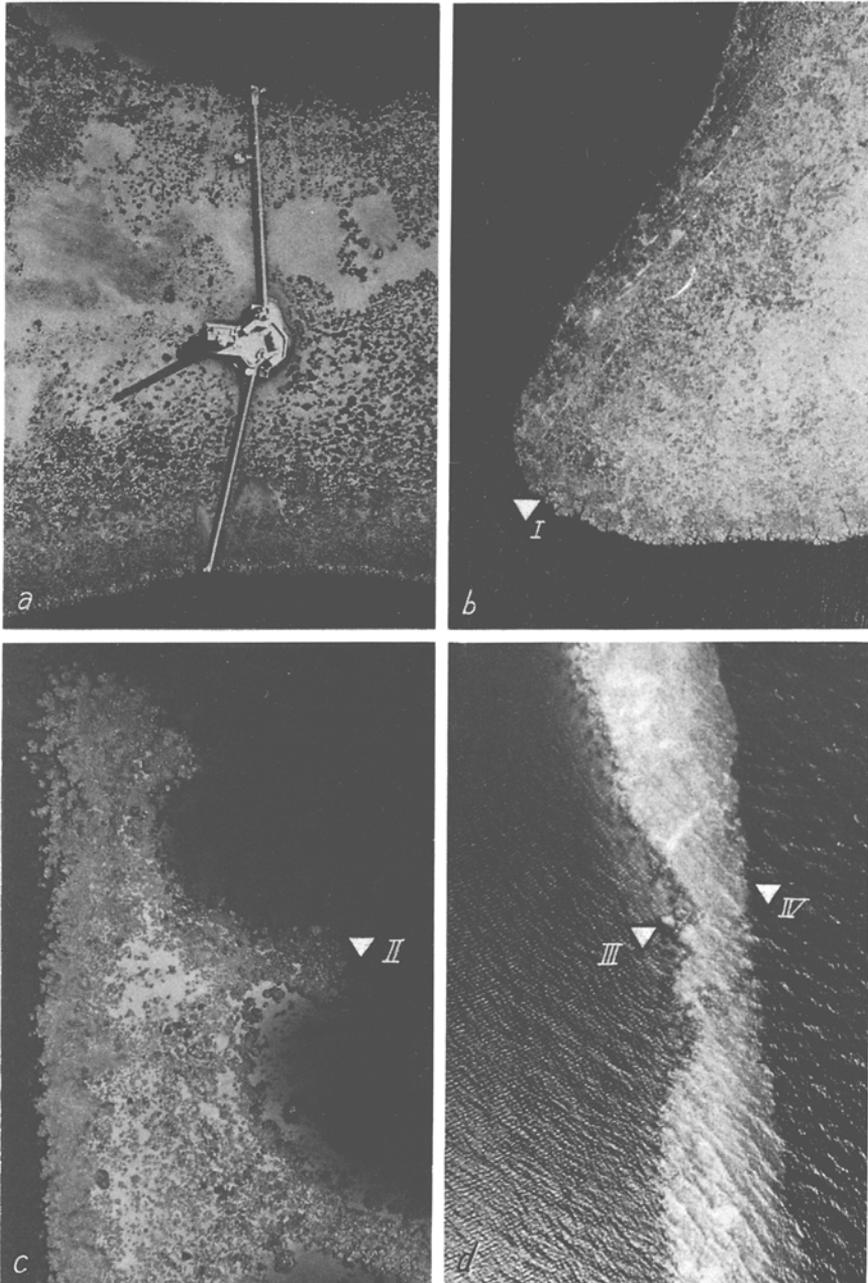


Abb. 3. Einzelluftbilder vom Sanganeb-Atoll mit Lage der Testareale I–IV. Aufnahmeserie SAgII 2003, 88,33; Einzelaufnahmen Nr. S38, 164 und 182 sowie V37, 62, 76 und 80 (Aufnahmen aus 2000 ft. [610 m] Höhe). (a) Südliche Riffplattform mit Leuchtturm, Anlegestegen und Außenstelle des Institute of Oceanography, Port Sudan. (b) SW-Ecke des Atolls mit Testareal I am Außenriff. (c) Westriff südlich der Westpassage (oben) mit Testareal II am Innenriff. (d) NO-Riff mit Testareal III am Innenriff und IV am Außenriff

umgekehrte Richtung. Beide jahreszeitlichen Varianten drehen dann beim Wingate-Barriereriff landeinwärts. Dazu verläuft im März eine starke küstenparallele Strömung zwischen Port Sudan und Mersa Wi Ai nordwärts, die für die Entwicklung der dort liegenden Saumriffe von Bedeutung sein dürfte.

Während der Bearbeitung der einzelnen Testareale am Sanganeb-Atoll ergaben sich aus Messungen und Schätzungen die in Tabelle 1 angegebenen Mittelwerte für

Tab. 1. Mittelwerte von Wind, Bewölkung und Oberflächenwasser an den vier Testarealen des Sanganeb-Atolls (16. Febr. – 13. März 1980)

TQ-Nr.	Wind		Bewölkung (°/10)	Oberflächenwasser					
	Richtung aus	Geschwindigkeit (Bft)		Richtung nach	Geschw. (cm·s <sup>-1</sup> )	Seegang (m)	Brandung	UW-Sicht (m)	Temperatur (°C)
I	NNW-N	4,3	1,2	SSO-O	10–14	0,65	2	26,3	25,6
II	NNW-N	5,6	1,4	SO	10–14	1,05	3	9,2	25,3
III	NNW-N	3,7	0,3	SO-SSO	5– 9	1,04	3	17,9	25,5
IV	N	2,7	2,6	N-SO	10–14	1,11	3	31,7	26,0

Wind, Bewölkung und Oberflächenwasser. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß das Testquadrat IV an der brandungsexponierten NO-Seite des Atolls nur bei relativ ruhigem Seegang bearbeitet werden konnte. Selbst an diesen Tagen wurde die Seegangshöhe noch auf reichlich 1 m geschätzt. Fast während der Hälfte des Aufenthaltes waren die Wellen jedoch höher und verwehrten den Zugang mit dem Boot. Während eines kurzen Inspektionstauchganges bei fast sturmartigem Wind und ca. 2,5 m Seegangshöhe wurde u. a. beobachtet, wie noch in 10 m Tiefe eine 30 cm lange *Fungia echinata* regelmäßig von den Oszillationsbewegungen der anlaufenden Wellen umgewendet wurde.

Die Lichtverhältnisse wurden unmittelbar an den Testquadraten jeweils zur Mittagszeit bei wolkenlosem Himmel senkrecht zur Wasseroberfläche gemessen. Im Mittel wurden am TQ I 15 %, am TQ II 17 %, am TQ III 7 % und am TQ IV 13 % der Helligkeit am Wasserspiegel ermittelt. Der vergleichsweise niedrige Wert am TQ III ist durch die Lage an einer senkrechten, teilweise überhängenden Wand bedingt.

## METHODIK

Zur quantitativen Erfassung von Besiedlungsstrukturen des sessilen Benthos stehen grundsätzlich die Quadrat- und Transektmethode zur Verfügung (Stoddart, 1969). Für eine realitätsgetreue Wiedergabe der Artenzusammensetzung und Kolonienanzahl in einer Zone ist erstere besonders geeignet (Mergner, 1979; Mergner & Schuhmacher, 1981; Weinberg, 1981). Falls die graphische Wiedergabe der Quadrate naturgetreu erfolgt, kann sie zu jeder Zeit als Grundlage für statistische Erhebungen spezieller Art dienen. So ist auch die hier vorgelegte Kartierung der Testquadrate für weitere Auswertungen vorgesehen.

Bei der Quadratmethode wird gegenüber der Transektmethode gelegentlich der

hohe Zeitaufwand für die Bestandsaufnahme unter Wasser als nachteilig empfunden (Bouchon, 1981). Daher wurde schon frühzeitig die photographische Erfassung der Artzusammensetzung und Bedeckungsrate zu Hilfe genommen (Drew: in Barnes et al., 1971; Bohnsack, 1979; Mergner & Schuhmacher, 1981; Weinberg, 1981) und als schnelle und zuverlässige Methode anerkannt (Littler, 1971). Bei komplizierter Oberflächenstruktur und großer Artenvielfalt ist allerdings die Auswertung allein nach Photographien nicht hinreichend. Von uns wurde daher die photographische Erfassung mit anschließender Kartierung und Kontrolle in situ kombiniert.

Die Quadratmethode projiziert dreidimensionale Wuchsgebilde in eine Ebene; sie gibt also (ebenso wie die Transektmethode) die tatsächliche Oberfläche nicht wieder. Falls diese gefragt ist, muß mit Faktoren – je nach Annäherung der Wuchsform an einfache dreidimensionale geometrische Körper – gerechnet werden (Dahl, 1973; Pichon, 1978a).

Unter den Formen der Wasserbewegung beeinflussen insbesondere die Brandung mit ihren Brechern, Restwellen und Rücklaufströmen, aber auch einseitig gerichtete Riff längsströmungen die Struktur, Entwicklung und Ausrichtung der Korallengemeinschaften. Wenn also dieser Einfluß analysiert werden soll, müssen zweckmäßigerweise Testflächen teils gegen die gemittelte Hauptrichtung der Wasserbewegung, teils von ihr abgewandt ausgesucht und die jeweiligen Unterschiede der Besiedlungsstruktur verdeutlicht werden.

Ein instruktives Beispiel liefert der Vergleich von Korallengemeinschaften auf den vier Riffhängen eines Atollprofiles, vor allem wenn dieses möglichst genau der gemittelten Hauptrichtung aller wesentlichen Wasserversetzungen folgt. Im Falle des Sanganeb-Atolls ist das die Winkelhalbierende zwischen den Richtungen der monsunbedingten Meeresströmungen, der vorherrschenden Winde und der Tag-Nachtbrise. Sie verläuft von SSW nach NNO. In ihrer Verlängerung zur Küste schneidet sie den SW-Pfeiler des Wingate-Barriereriffes und trifft auf das Küstensaumriff am Leuchtturm südostwärts der Hafeneinfahrt von Port Sudan (Abb. 1). Dabei werden von der gedachten Linie wechselweise gegen die Hauptwasserbewegung gestellte und von ihr abgekehrte Riffhänge getroffen, auf denen die Testareale ausgewählt wurden. Von den insgesamt sechs Probestellen wurden für die vorliegende Untersuchung jedoch nur die vier Sanganeb-Areale näher analysiert. Jedes Areal sollte ein charakteristisches Teilstück des betreffenden Riffhanges repräsentieren. Hierzu wurde zunächst ein gewisser Abschnitt des Riffhanges überprüft, dann aber das Areal selbst in ca. 10 m Tiefe eher zufallsmäßig aus diesem ausgewählt und abgesteckt.

Die Abgrenzung mit Hilfe je eines 5 × 5 m Netzes aus Nylonleinen mit 25 "Maschen" à 1 m<sup>2</sup> erfolgte wie bei Mergner & Schuhmacher (1981) beschrieben. Jedes Einzelquadrat wurde zentrisch photographiert (Nikonos III, 28 mm Objektiv). Neu gegenüber der herkömmlichen photographischen Erfassung war die anschließende Verifizierung vor dem Objekt unter Wasser: Die Aufnahmen der Einzelquadrate wurden auf wasserfestes Papier (18 × 18 cm) abgezogen. Ein solcher Papierabzug eines jeden Einzelquadrates wurde zwischen zwei Kunststoffplatten geklemmt (Abb. 6b), von denen die obere als transparente Unterwasserschreibtafel diente. Die Umrisse der Korallenkolonien wurden auf der transparenten Schreibtafel gemäß dem darunterliegenden Photo nachgefahren – so konnten in der Photographie undeutliche Stellen sofort in situ geklärt werden. Gleichzeitig erfolgte die Identifizierung der einzelnen sessilen Organismen.

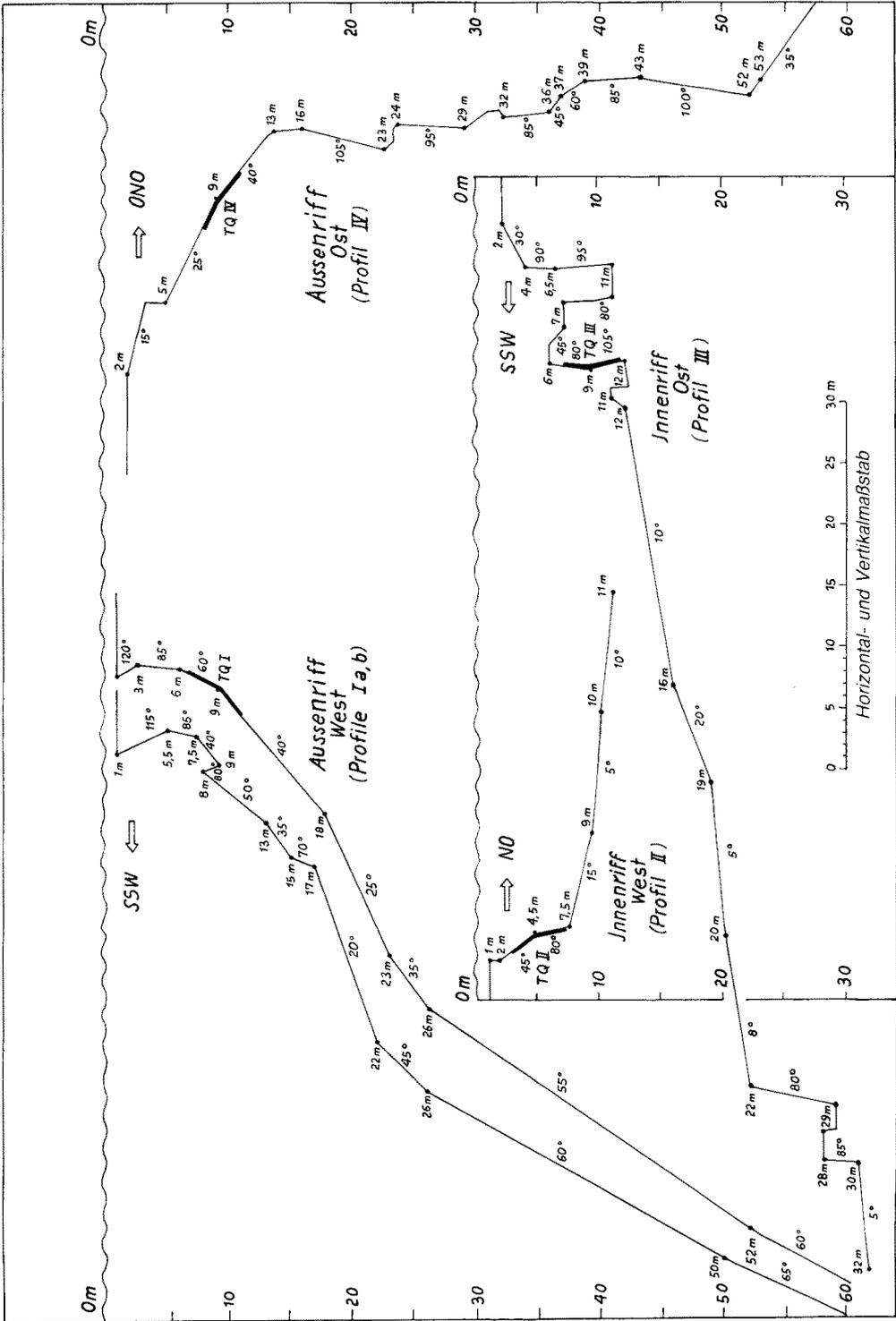


Abb. 4. Riffprofile entlang eines SW-NO-Transsekts durch das Sanganeb-Atoll mit Lage der Testareale I-IV. Meßstrecken mit Winkel- und Tiefenangaben an den Ausserriffen von 52 m Tiefe bis zum Rifdach, an den Innenriffen vom Lagunenboden zur Riffrante

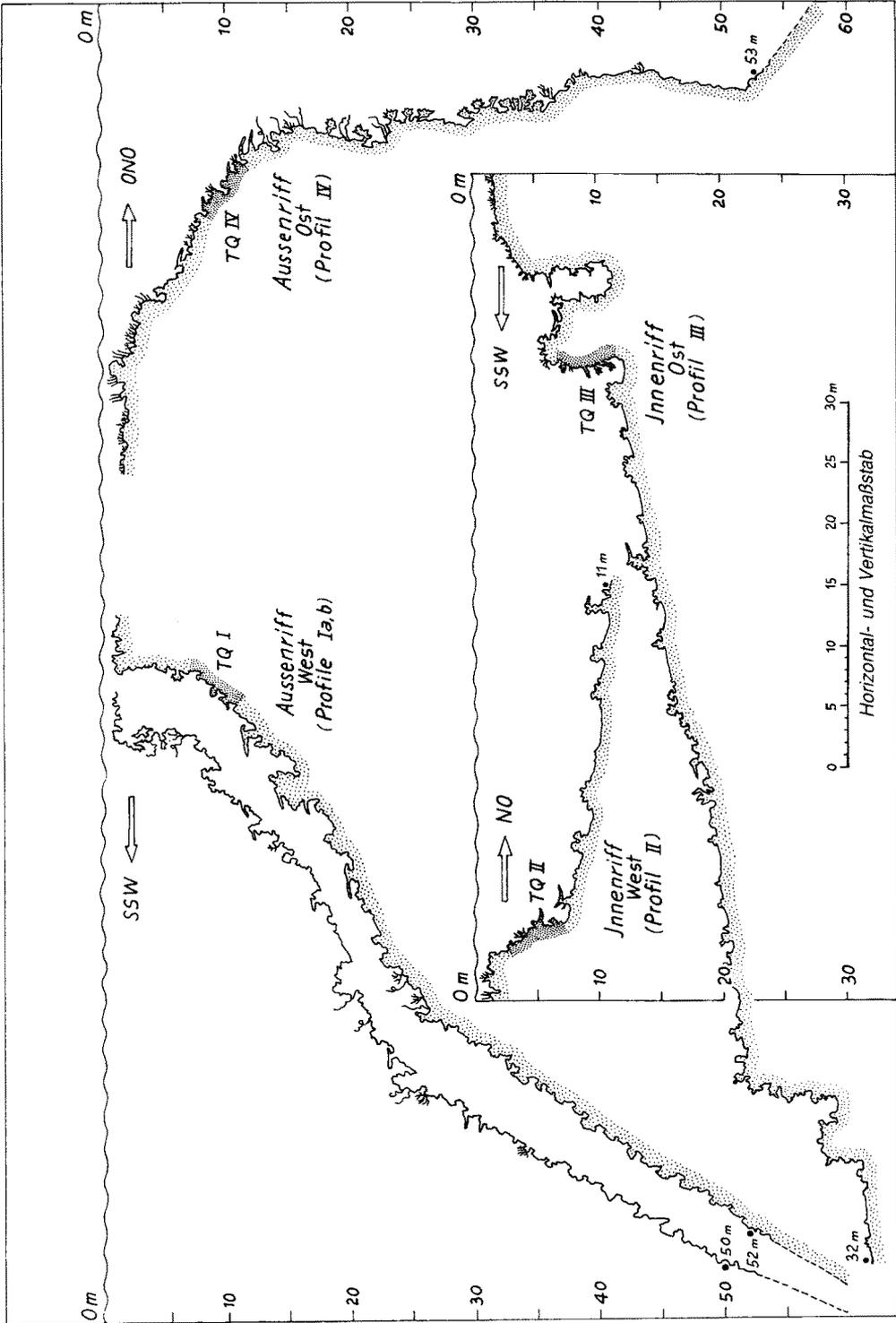
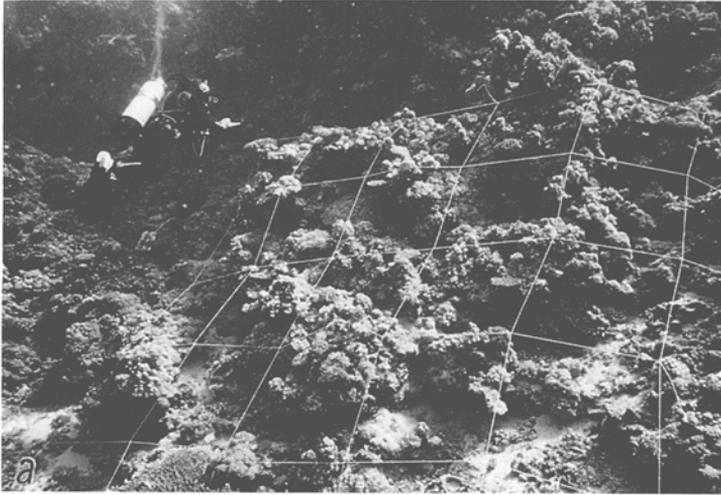


Abb. 5. Riffprofile aus Abbildung 4 mit den natürlichen Umrissen, aus lückelosen UW-Photoserien übertragen. Lage der Testareale I-IV dicht punktiert

Falls das nicht möglich war, wurden nummerierte Proben für eine spätere taxonomische Bearbeitung genommen.

Die auf diese Weise kartierten 25 Einzelquadrate wurden anschließend zeichnerisch zusammengefaßt. Der relative Anteil der jeweiligen sessilen Arten an der projizierten Grundfläche wurde ermittelt, indem in der Kartenzeichnung die Einzelkolonien



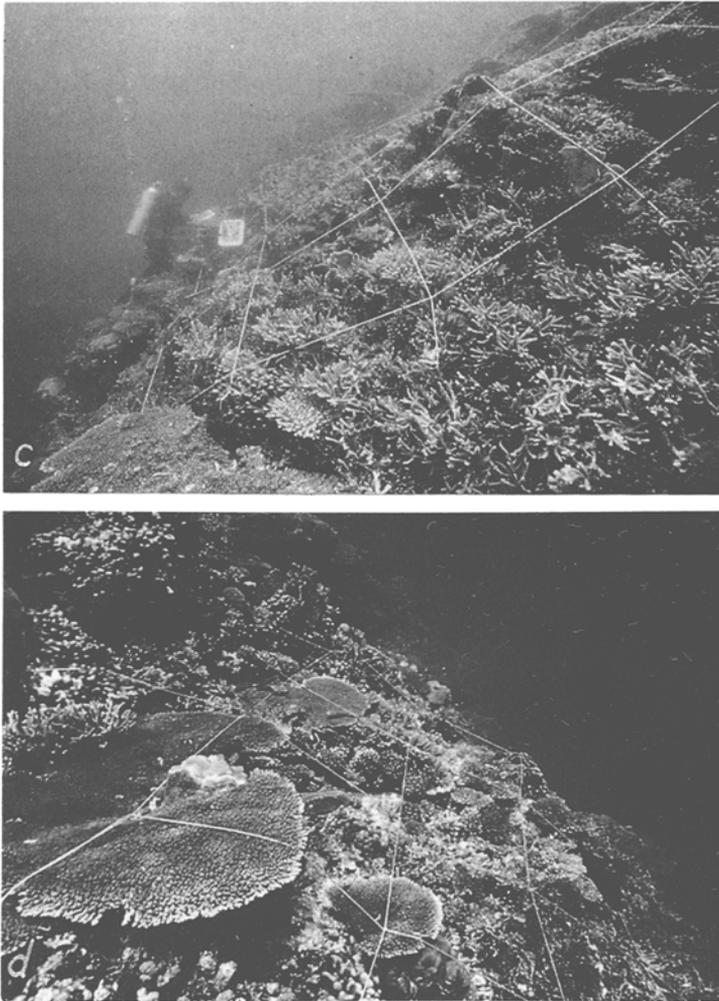


Abb. 6. UW-Photographien der Testareale I, III und IV. (a) TQ I am SW-Außenriff (Blick von SO). (b) TQ III am NO-Innenriff (Blick von S). (c) TQ IV am NO-Außenriff (Blick von N). (d) TQ IV am NO-Außenriff (Blick von S)

bzw. Einzelflächen entlang ihrer Umrisse ausgeschnitten und ihr Gewicht zu dem der Gesamtfläche in Beziehung gesetzt wurde. Die anschließende Auswertung betraf Artenzahl, Koloniezahl je Art und Koloniegröße (Projektion in die Ebene). Die Artendiversität wurde nach dem Index von Shannon und Wiener  $H' = -\sum_{i=1}^N p_i \cdot \ln p_i$  und die Eveness nach Pielou (1966) als  $I = \frac{H'}{\ln N}$  berechnet.

## ERGEBNISSE

### Topographische und strukturelle Charakterisierung der Testquadrate

Das in nordnordöstlicher Richtung (genau: mit 23° über Nord) durch das Sanganeb-Atoll gelegte Profil (Abb. 1 und 2) beginnt an der SW-Ecke und zieht zur Mitte der Ostseite. In seinem Verlauf finden sich auf den Außen- und Innenhängen des Atolls nacheinander die vier Testquadrate, deren Aufbau und Struktur im folgenden charakterisiert werden sollen:

**Testquadrat (TQ) I** ist nahe der Südwestecke des Atolls in 6,5 bis 11 m Tiefe (Mittelwert: 8,75 m) auf dem Außenhang gelegen und gegen SSW ausgerichtet (Abb. 3b). Seine Hangneigung beträgt zwischen 6,5 und 9 m Tiefe etwa 60°, zwischen 9 und 11 m 40° (Abb. 4 und 5). Darunter verflacht der Riffhang, von kleineren Steilstufen unterbrochen, noch weiter auf 25 bis 20°. Erst bei 23 bis 26 m Tiefe fällt er mit einem deutlichen Knick und 55 bis 65° Hangneigung steil in eine auch bei 52 m nicht mehr einzusehende Tiefe. Die oberen Steilhänge des Riffprofils bestehen vorwiegend aus stark erodiertem Korallenfels, die tiefer gelegenen aus Blockhalden, deren mächtige Korallenfelstrümmer mit zunehmender Tiefe einen immer spärlicheren Lebendwuchs aufweisen. Zwischen die Blöcke sind kleine Sandinseln und Sandrinnen eingesprengt, und nur in den flacheren mittleren Tiefen des Hanges (18 bis 26 m) finden sich auch größere Flächen mit Grob- und Mittelsand, in die einzelne große, meist üppig besiedelte Korallenfelshorste und Trümmer eingelagert sind.

Die Übersichtsaufnahme Abbildung 6a zeigt die Lage des Testquadrates I im oberen Bereich dieses Riffprofils, während Abbildung 7 einen Eindruck von seinem strukturellen Aufbau gibt: Im oberen, steileren Teil des Areals finden sich zahlreiche lichtsuchende und daher in den freien Raum vorkragende Korallenkolonien als lebender Überzug stark gegliederter Korallenfelsbauten, mit denen sie infolge dieser Wuchsweise mehrfach übereinander breite, horizontale Simse bilden. In den tief beschatteten Höhlungen darunter zeigen Kalkrotalgen und Schwämme oft ausgedehnte Bewuchsflächen. Im unteren flacheren Teil des Untersuchungsareals treten dagegen die dicht besiedelten Querbänder etwas zurück zugunsten nunmehr eingesprengter Korallenschutthaldden und Sandrutschen. In ihrem Bereich können nur wenige hochragende Korallenkolonien überleben, unter ihnen eine fast einen Quadratmeter große *Acropora pharaonis*-Kolonie.

**Testareal II**, nach NO ausgerichtet, ist in 3,5 bis 7,5 m Tiefe (Mittelwert: 5,5 m) auf dem westlichen Innenhang gelegen, dicht südlich der bis 14 m tiefen Westpassage des Atolls (Abb. 3c). Die Hangneigung in TQ II beträgt im oberen Teil 45°, ab 5 m Tiefe 80°. Vom Fußende des Areals fällt der Lagunenboden zunächst mit 15° Neigung und ab 9 m Tiefe nur noch mit 5° sehr allmählich gegen die Lagunenmitte hin ab (Abb. 4 und 5). Er besteht unmittelbar unter dem Testareal aus erodiertem, von Sandinseln und Schutt bedecktem Korallenfels, geht aber bald darauf in eine zusammenhängende, tief von Feinsand und Mulm überlagerte, wellige Ebene über. Aus ihr ragen nurmehr vereinzelte Korallenfelshorste bis 2 m Höhe mit meist üppigem Lebendbewuchs empor. Über die Nord-Süd-Erstreckung der Atollagune hinweg und durch die offene Westpassage können die meist nördlichen Winde im Untersuchungsbereich eine kräftige Südostströmung und Brandung verursachen. Infolgedessen ist das feinsandige Sediment des hier

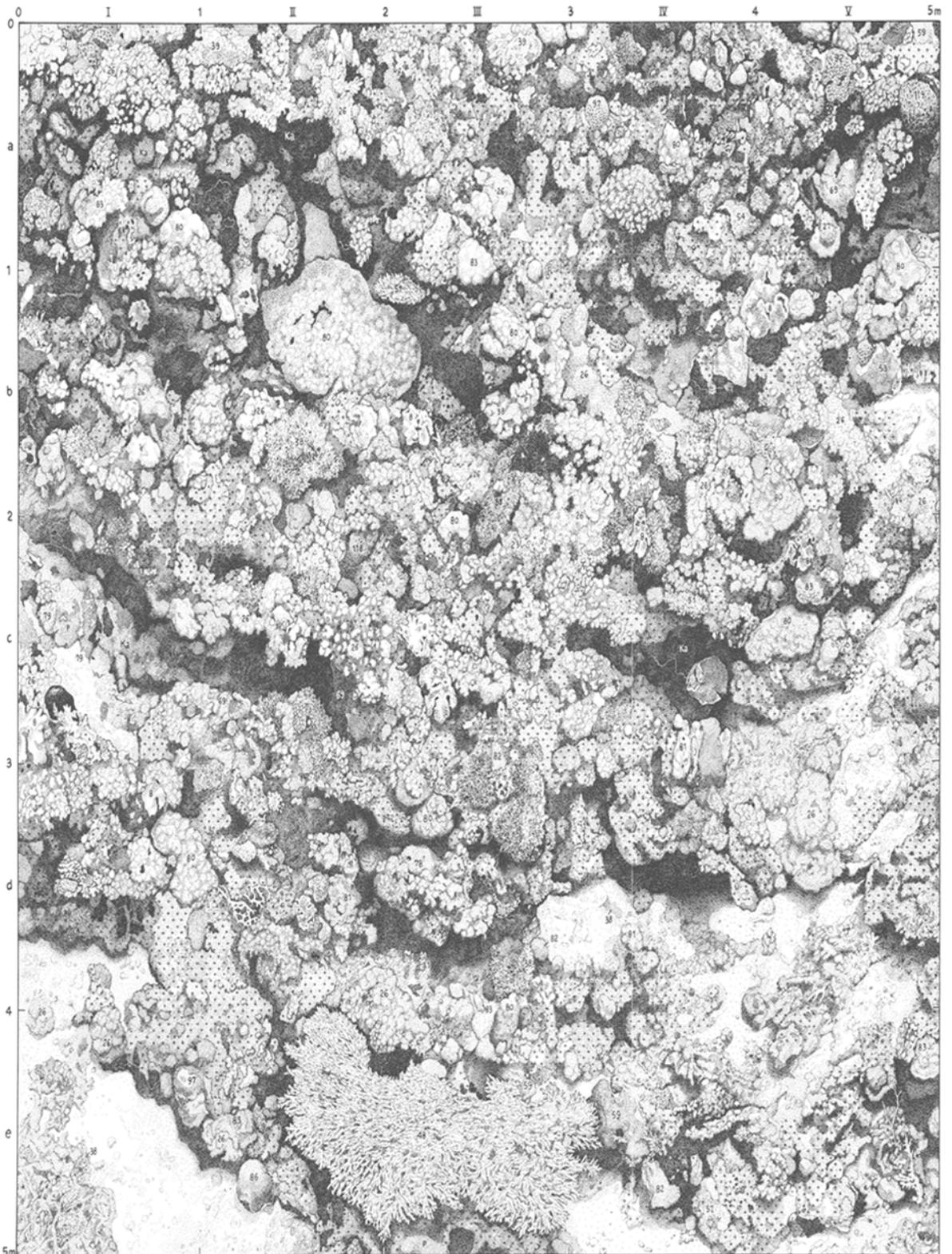


Abb. 7. Struktureller Aufbau der Korallengemeinschaft in Testareal I am Sanganeb-Atoll.  
 Maßstab 1:25. Die angegebenen Artnummern beziehen sich auf Tab. 2

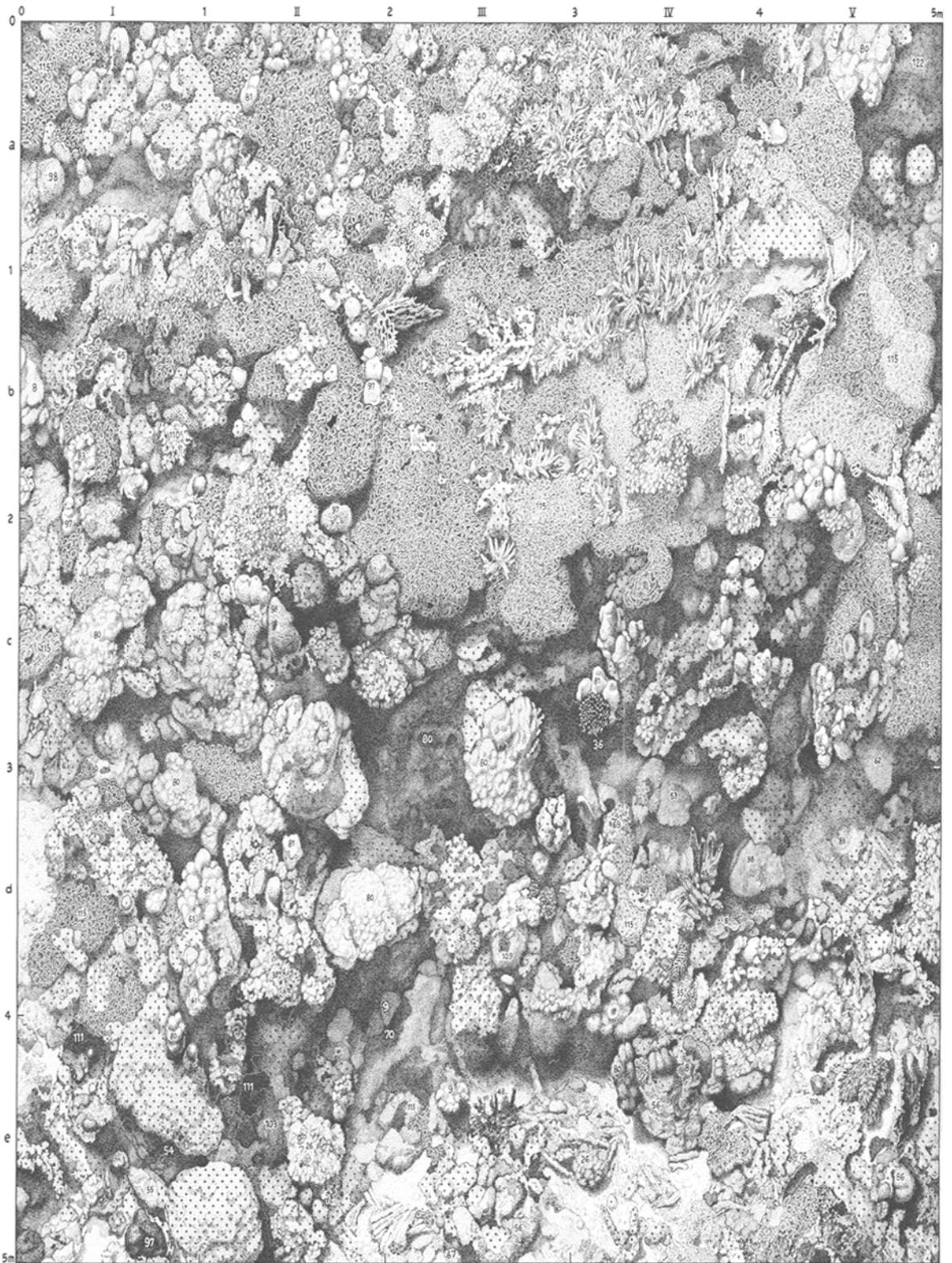


Abb. 8. Struktureller Aufbau der Korallengemeinschaft in Testareal II am Sanganeb-Atoll.  
Maßstab 1:25. Die angegebenen Artnummern beziehen sich auf Tab. 2



Abb. 9. Struktureller Aufbau der Korallengemeinschaft in Testareal III am Sanganeb-Atoll.  
 Maßstab 1:25. Die angegebenen Artnummern beziehen sich auf Tab. 2

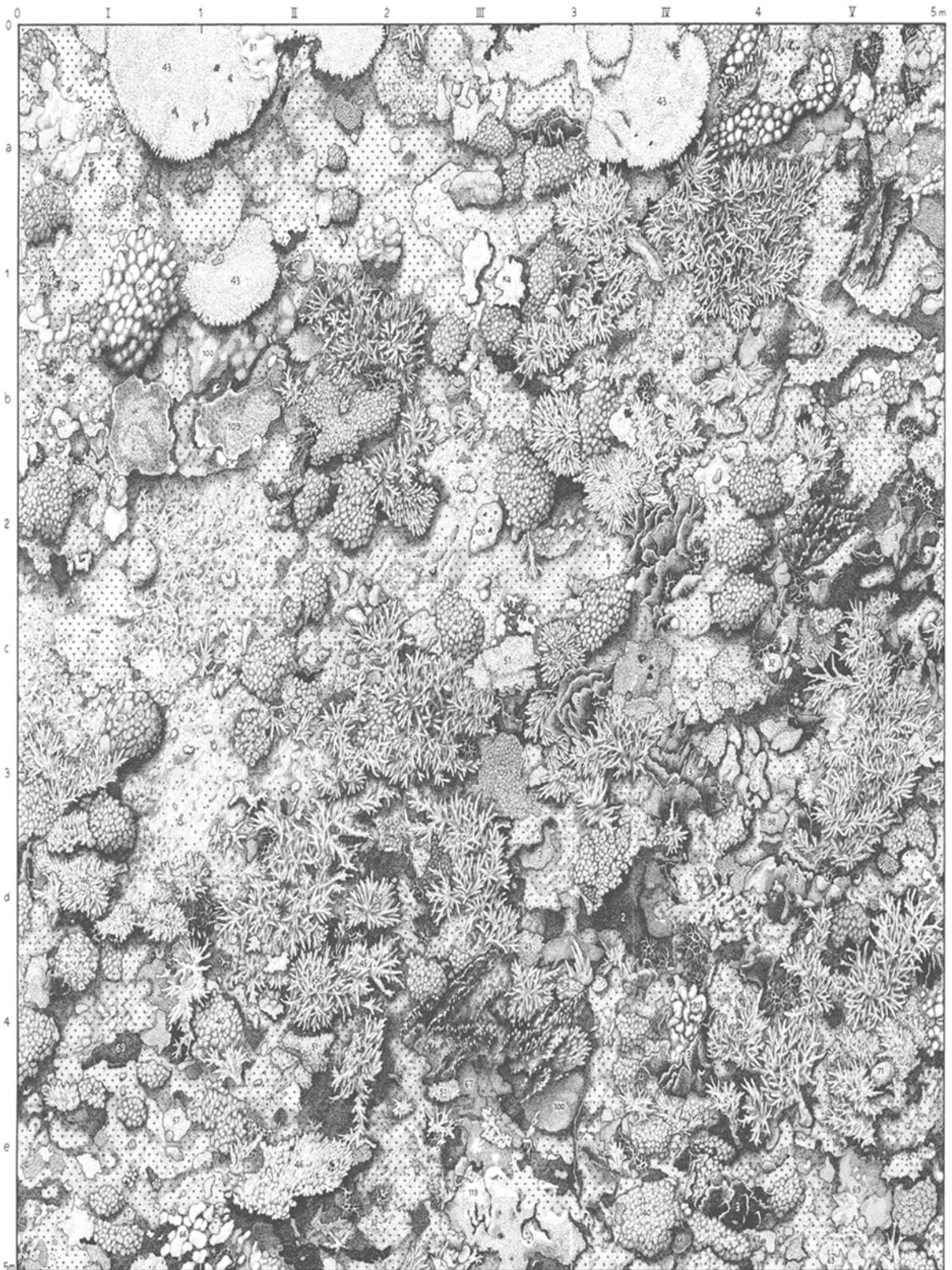


Abb. 10. Struktureller Aufbau der Korallengemeinschaft in Testareal IV am Sanganeb-Atoll.  
 Maßstab 1:25. Die angegebenen Artnummern beziehen sich auf Tab. 2

bis 10 m tiefen Lagunenbodens fast immer etwas aufgewühlt und die mittlere Sichtweite unter Wasser beträgt nur etwa 9 m.

Noch deutlicher als bei TQ I zeigt die zeichnerische Strukturanalyse von Testareal II (Abb. 8) zwei unterschiedlich geneigte Bereiche, deren oberer Teil mit 45° Hangneigung wesentlich flacher ist als der untere mit 80°. Dieser Unterschied manifestiert sich auch in der Korallenbesiedlung: Die flachere, besser beleuchtete und der Wasserbewegung stärker ausgesetzte, obere Hälfte wird durch ausgedehnte, oft lückenlos zusammengewachsene Kolonien von *Lobophyllia corymbosa* gekennzeichnet (Abb. 11c). Dazwischen finden sich im wesentlichen nur zahlreiche, gegen die Längsströmung gestellte Fächer der *Millepora dichotoma* und Bestände von *Acropora hemprichi*. Unterhalb der *Lobophyllia*-Flächen öffnen sich im steilen Abschnitt des Areals umfangreiche und tiefe Höhlungen mit einzelnen weit in den freien Raum vordringenden Korallenbauten (Abb. 11d), die vor allem von *Porites lutea* und *P. solida*-Blöcken gebildet und oft von *Montipora effusa* und *M. meandrina* überkrustet sind. Am Fuß des Steilhanges breiten sich wiederum Sandflächen mit Korallenschutt aus, vor allem mit den charakteristischen Bruchstücken der *Lobophyllia*-Kolonien. Bei keinem anderen Testareal lassen sich zwei so deutlich gegeneinander abgegrenzte Zonen unterscheiden (Abb. 8).

An den beiden Ausgängen einer schmalen Passage auf der Ostseite des Atolls, die kleinen Booten das Queren des Riffdaches erlaubt, wurden die restlichen Testquadrate festgelegt, TQ IV auf der Außenseite und TQ III auf der Lagunenseite (Abb. 1, 2 und 3d).

Testareal III, nach SSW ausgerichtet, ist in 7 bis 11,5 m Tiefe (Mittelwert: 9,25 m) auf dem lagunenseitigen Riffhang der Ostseite, etwas nördlich ihrer Mitte, gelegen (Abb. 3d und 6b). In dieser Region bleiben auf mehr als 150 m Länge Riffdach und Riffkante 1–2 m unter der Wasseroberfläche und branden deshalb nur bei hohem Seegang. Infolge der Vertiefung wird bei den vorherrschenden Nordwinden größeren Windwellen der Durchzug vom offenen Meer der Außenseite in die Atollagune ermöglicht.

Zum Lagunenboden fällt die östliche Riffbarriere im weiteren Untersuchungsbereich meist senkrecht auf 10 und mehr Meter Tiefe ab (Abb. 4 und 5), wobei die Korallenfelswände oft stark zerklüftet oder sogar, wie im TQ III, pfeilerartig abgetrennt sein können. Vor allem im Nordostteil der Atollagune finden sich schluchtartig tiefeingeschnittene und weitverzweigte Canyonsysteme. Am Testareal III weist der bearbeitete Innenhang zwischen 7 und 9 m Tiefe 80° Hangneigung auf und darunter bis zum Fußende in 11,5 m Tiefe 105°. Von hier ab neigt sich der Lagunenboden mit 10 bis 5° nur noch sehr geringfügig zur Lagunenmitte hin. Er besteht teils aus Grob- und Mittelsanden mit einzelnen Korallenfelshorsten, welche mit ihrem Lebendbewuchs die weiten Sandflächen mit bis zu 0,8 m Höhe überragen, teils aus Korallenfelsflächen mit eingelagerten kleinen Sandinseln. Bei etwa 60 m Entfernung von TQ III zur Lagunenmitte und 22 bis 23 m Tiefe fällt der Korallenfelsboden abrupt über eine arenaförmig-halbrund angeordnete, mehrfach gegliederte und tief zerklüftete Steilstufe mit 80 bis 85° Hangneigung auf 31 m Tiefe ab. Erst dann setzt sich der Lagunenboden wieder mit geringem Gefälle (bis 5°) als feinsandige Ebene fort.

Die zeichnerische Strukturanalyse des Testareals III (Abb. 9) läßt seinen gegenüber den übrigen TQs deutlich abweichenden strukturellen Aufbau sofort erkennen: Zwar bestimmen im oberen Drittel der Untersuchungsfläche bis etwa 8,5 m Tiefe, vor allem im östlichen (rechten) Teil, der dem Einfluß der über das Riffdach hinweglaufenden

Windwellen (und des von ihnen erzeugten vertikalen Wasseraustausches) am stärksten ausgesetzt ist, zumeist Steinkorallen diesen Aufbau: Größere Bestände von *Acropora hemprichi*, umfangreiche Krusten von *Echinopora gemmacea*, *Symphyllia erythraea*, Fächerkolonien von *Millepora dichotoma* u. a. Aber im größten Teil des Testareals herrschen Weichkorallen mit  $\frac{2}{3}$  des gesamten Cnidaria-Bestandes vor, darunter allein *Sinularia polydactyla* mit einem Drittel dieses Bestandes und *Dendronephthya hemprichi* mit einem Zehntel. Dazu kommen noch weitere *Sinularia*-Arten (mit fast 15 %) und *Parerythropodium fulvum* (mit 4 % des Bestandes). Vor allem am senkrechten Riffhang links oben und in den ganzen unteren Zweidritteln der hier überhängenden Riffwand dominieren fast nur Weichkorallen. Unaufgepumpt hängen vor allem die großlappigen *Dendronephthya*-Stöcke schlaff herab und überdecken z. T. andere sedentäre Besiedler der Riffwand. Zusammen mit den ebenfalls bei Tag stark kontrahierten *Sinularia*-Kolonien (Abb. 11e) "verschleiern" sie den Hartstrukturcharakter der Riffwand, so daß sich dieses Testareal nur schwer mit den Strukturbesonderheiten der drei übrigen vergleichen läßt. Trotzdem treten wie bei TQ I auch hier mehrere, von den wenigen Steinkorallen aufgebaute Querrippen hervor, wenn auch nicht so ausgeprägt simsartig wie im ersten Beispiel und vorwiegend aus totem Korallenfels bestehend. Sand- und Schutthalden sind an dieser größtenteils überhängenden Riffwand natürlich nicht zu finden, sondern nur an ihrer Basis in 12 m Tiefe. Die Übersichtsaufnahme Abbildung 6b gibt nochmals einen Eindruck von der besonderen Lage und Struktur des Testareals III.

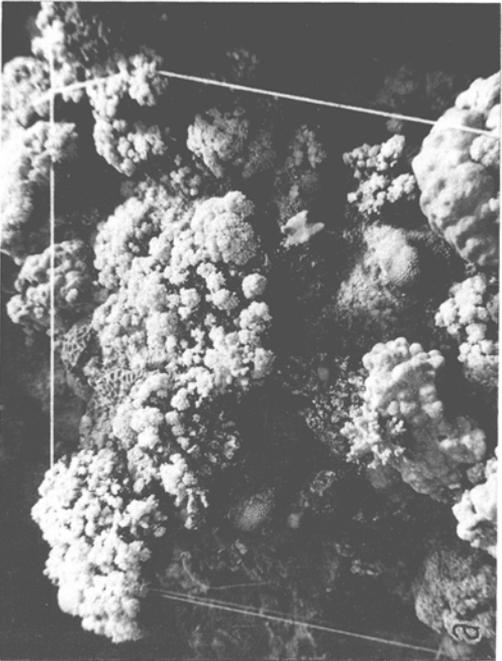
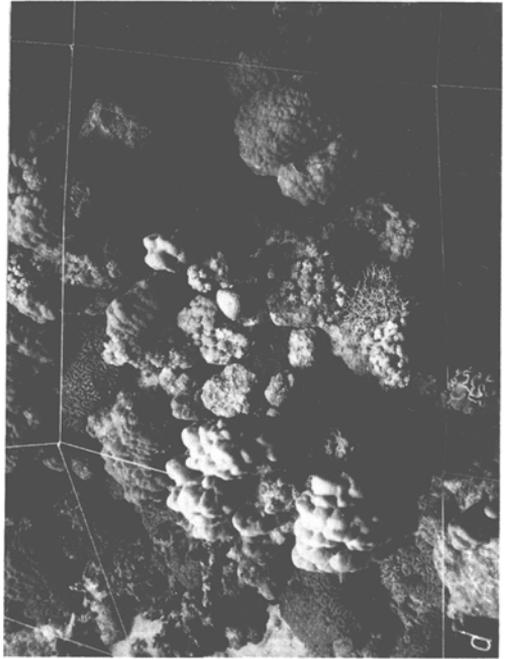
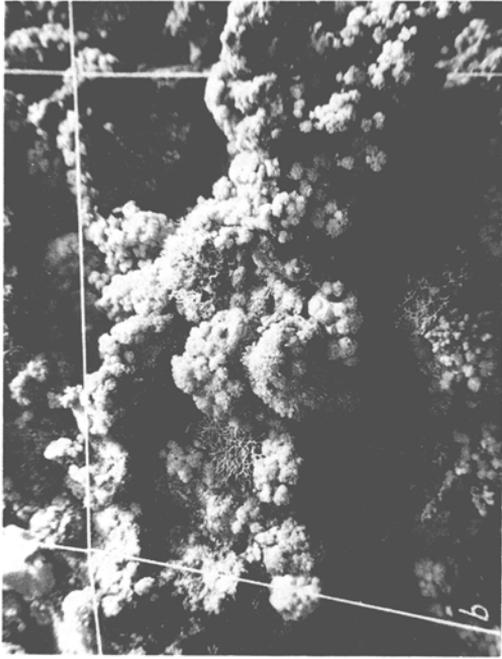
Testareal IV ist zwischen 8 und 11,5 m Tiefe (Mittelwert: 9,75 m) auf dem Außenhang der Ostseite gelegen, ungefähr am Ostende der vom TQ III ostnordostwärts über das Riffdach führenden Bootspassage und etwa 120 m von diesem entfernt (Abb. 3d). Im engeren Untersuchungsbereich zeigt der nach ONO ausgerichtete Riffhang oben eine Neigung von nur 25°, unten jedoch von 40° (Abb. 6c). Ab 13 m Tiefe fällt das Riff bei nur 2,5 m horizontaler Abweichung auf 52 m Tiefe ab. Von dort ist das untere Ende des 35° geneigten Schutthanges aus Grobsand, Korallenbruch und Muschelschill trotz einer UW-Sichtweite von mehr als 35 m nicht mehr zu erkennen. Der riesige Steilabfall (Abb. 4) selbst besteht aus drei großen Überhängen, nämlich zwischen 16 und 23 m Tiefe mit 105° Neigung, zwischen 24 und 29 m mit 95° und zwischen 43 und 52 m mit 100°. Die Zwischenstrecken weisen eine Hangneigung von jeweils 85° auf, nur von schmalen Korallenfelsbändern und schrägen Sims unterbrochen. Bei 23 bis 24 m Tiefe zeigt der eindrucksvolle Riffabsturz eine 2 m breite Stufe, möglicherweise eine Brandungsterrasse bei eiszeitlichem Meerestiefstand.

Das oben beschriebene Riffprofil zum Testareal IV (Abb. 5) zeigt deutliche biophysigraphische Zonenbildungen (Begriffserläuterung bei Mergner & Schuhmacher, 1974): Die Sedimenthalde unterhalb 52 m Tiefe läßt kaum Lebendbewuchs erkennen. Auf der Korallenfelswand darüber bis etwa 39 m findet sich nur eine lückenhafte Besiedlung durch krustenförmig wachsende Kalkrotalgen, lappig-flächige *Montipora*- und *Echinopora*-Arten, Xeniidien, Poriferen und feinfiederige Antipatharien. Weiter oben bis annähernd 24 m bilden Gorgonarien (wahrscheinlich *Acabaria* spp.) mit ihren gegen die Riffflängsströmung gestellten Fächern dichte Wälder. Zu ihnen kommen wiederum Antipatharien, während die Riffwand selbst mit ausgedehnten Krusten von Rotalgen, Schwämmen und Steinkorallen bedeckt ist. Darüber treten bis 16 m vermehrt die auffallenden *Cirripathes*-Peitschen auf, aber auch schon oft kandelaberartige Kolonien von *Acropora*, *Pocillopora*, *Porites*, mehrere Weichkorallenarten wie *Sinularia* und

Xeniiden und erste *Millepora*-Fächer. Zwischen 16 und 7 m Tiefe überwiegen umfangreiche Tische von *Acropora corymbosa* und *A. hyacinthus* sowie ausgedehnte Bestände von *A. hemprichi* und *A. superba*. Letztere wurde mit gewisser Zurückhaltung so identifiziert; denn seit Klunzinger (1879) wurde die Art nicht mehr nachgewiesen (vgl. Scheer & Pillai, 1983). Außerdem charakterisieren auch zahlreiche *Pocillopora verrucosa*-Kolonien und *Millepora*-Stöcke diesen Tiefenbereich. Den obersten Riffhang und die Riffkante beherrschen *Porites lutea*, *Pocillopora verrucosa*, geweihförmig verzweigte *Acropora*-Arten wie *A. hemprichi* und *A. superba* und vor allem mehrfach gestaffelte Barrieren gegen die Brandung gestellter *Millepora dichotoma*-Fächer. Derart zusammengesetzte Korallengemeinschaften begleiten auch die von kräftigen Strömungen durchzogene und von oft hohen Windwellen überlaufene, 1 bis 3 m tiefe Bootspassage über das Riffdach. Sie gehen fast lückenlos über in die dicht ineinander verfilzten *Acropora*-Gebüsche des obersten Riffinnenhangs oberhalb von Testareal III und können geradezu als Indikator gelten für Bereiche ausgiebiger, aber nur selten zerstörender Wasserbewegung.

Einen ersten Eindruck von dieser charakteristischen Zweigkorallenlandschaft und der Lage des Testareals IV in ihr gibt die Übersichtsaufnahme Abb. 6c. Sie zeigt vor allem die dichte Erfüllung des Siedlungsraumes mit verzweigten *Acropora*-Arten auf dem hell beleuchteten oberen Außenhang des Ostriffs, unmittelbar über seinem Absturz auf 52 m Tiefe. Die zeichnerische Strukturanalyse (Abb. 10) des TQ IV macht offenbar, daß 75 % aller hier siedelnden Steinkorallen zu den Zweigkorallen gehören, insbesondere zu tisch-, kandelaber- und geweihförmigen *Acropora*-Arten (Abb. 11f), blumenkohlartig gedrungenen *Pocillopora*-Stöcken (Abb. 11g) und in Reihen stehenden bzw. ineinander geschachtelten *Millepora*-Kolonien (Abb. 11h). Erst bei genauerem Studium lassen sich Anzeichen einer wenigstens teilweise gesetzmäßigen Anordnung des Bewuchses erkennen: Ein leichter Knick in der Hangneigung zwischen einem oberen flacheren Teil (25°) und einem unteren steileren Teil (40°) zieht sich schräg durch das Areal von rechts oben nach links unten. Er trennt zwei unterschiedlich helle Bereiche voneinander und wird zusätzlich markiert durch Konzentrationen parallel stehender *Millepora*-Fächer, deren Breitseite nach rechts unten gegen die Hauptwasserbewegungsrichtung aus NNO gewendet ist. Sie bestätigen damit die Ausrichtung der Profillinie, längs der die Testquadrate festgelegt wurden, durch das Atoll von SSW nach NNO. Von allen vier Testquadraten finden sich in diesem die geringsten Flächenanteile an unbelebtem Substrat, also totem Korallenfels und Sediment. Lediglich im oberen Teil gibt es einige zusammenhängende Korallenfelspartien mit kleineren Korallenschutt-Ansammlungen.

Bei allen Riffprofilen des Sanganeb-Atolls wurden mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Knickstellen oder Stufen in ungefähr 23 m Tiefe festgestellt. Geringe Tiefendifferenzen von höchstens 2 m sind wahrscheinlich nur in der unterschiedlichen Genauigkeit des verwendeten Tiefenmessers begründet. Möglicherweise sind alle diese auffälligen Marken im Unterwasserprofil als Brandungshohlkehlen bzw. Brandungsterassen eines eiszeitlichen Tiefstandes des Meeresspiegels zu deuten. Oder sie sind eine Folge späterterterter epirogenetischer Bewegungen des Untergrundes bzw. der bei der Bildung des sog. "Erythräischen Grabens" entstandenen Horste. Auch am SW-Pfeiler des Wingate-Barriereriffs wurde ein deutlicher Profilknick in gleicher Tiefe gefunden.



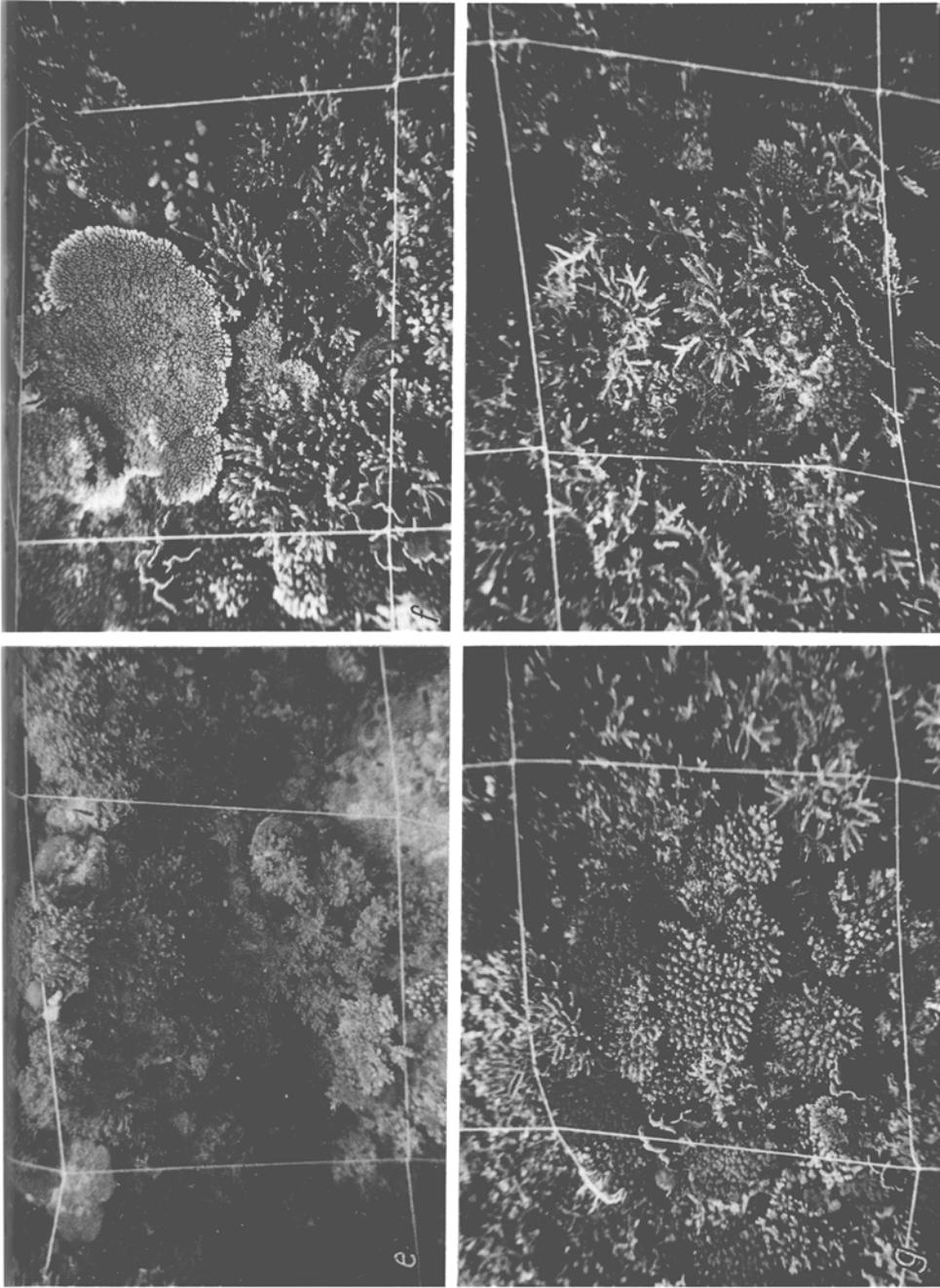


Abb. 11. UW-Photographien einzelner Teilquadrate aus den Testarealen mit charakteristischen Korallengemeinschaften. (a) Testareal I (Einzelquadrat la mit *Xenia macrospiculata*). (b) TQ I (EQ IIc mit *X. macrospiculata* und *Seriatorpora hystrix*). (c) TQ II (EQ IVb mit ausgedehnten *Lobophyllia corymbosa*-Kolonien, *Acropora hemprichi* und senkrecht zur Längsströmung stehenden *Millepora dichotoma*-Fächern). (d) TQ II (EQ IIc mit *Porites* spp.-Gemeinschaft in der unteren Arealhälfte). (e) TQ III (EQ IIIc mit *Simulania* spp.-Gemeinschaft). (f) TQ IV (EQ IVa mit *Acropora corymbosa*, *A. hemprichi*, *Millepora dichotoma* und *M. platyphylla*). (g) TQ IV (EQ Id mit *Pocillopora verrucosa* und *Acropora humilis*). (h) TQ IV (EQ IIIId mit *Acropora superba* und senkrecht zur Brandungsbewegung stehenden Fächerkolonien der *Millepora dichotoma*)

## Quantitative Analyse der Cnidaria-Besiedlung in den Testarealen

Im vorangegangenen Abschnitt der topographischen und physiographischen Charakterisierung der vier Testareale entlang des Sanganeb-Profiles wurde ein Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Verlauf des Wasseraustausches und dem Vorherrschen bestimmter Stein- und Weichkorallen deutlich. Das nachfolgende Zahlenmaterial betrifft die sehr unterschiedliche Zusammensetzung und Diversität der Artenbestände, ihre Wuchsformen-Dominanz, ihre Verteilung und Bestandsbildung, das Hervortreten von Leitarten und biophysiographischen Zonen sowie Angaben zur Wuchsfläche einiger Gruppen der sedentären Begleitfauna und -flora wie Kalkrotalgen, Porifera und Bivalvia. Von über 3800 ausgewerteten Daten enthalten die Tabellen in beiden Teilarbeiten über 2600, anhand derer sich die quantitativen Analysen fast immer eindeutig absichern lassen.

### Artenbestand und Artenaufteilung

Insgesamt wurden in den vier Testarealen 124\* Cnidaria-Arten aus 54 Gattungen festgestellt, nämlich 4 Arten (aus 2 Gattungen) der Hydrocorallia, 28 (15) der Octocorallia und 92 (37) der Hexacorallia (Tab. 2 und 3). Unter letzteren befinden sich allein 90 Arten der Scleractinia aus 35 Gattungen. Dazu kamen in unmittelbarer Umgebung der Testareale fast regelmäßig noch folgende Steinkorallen vor, die in keiner der tabellari-schen Übersichten enthalten sind: hermatypisch: *Plerogyra sinuosa*, *Turbinaria mesenterina*, ahermatypisch: *Balanophyllia gemmifera*, *Tubastraea aurea*, *Tubastraea micranthus*.

Unter den riffbildenden Scleractinia fanden sich, verglichen mit den Angaben von Head (1980), Kühlmann (1983) und Scheer & Pillai (1983), für das mittlere Rote Meer 11 sichere und 2 fragliche Neufunde von Arten und der einer Varietät. Für das gesamte Rote Meer waren 3 Arten und die Varietät neu (vgl. Tab. 2).

Die 124 Arten der Cnidaria waren auf 2649 Kolonien bzw. Individuen verteilt. Von ihnen entfielen auf die einzelnen Testareale:

- TQ I: 847 Kolonien mit 10,57 m<sup>2</sup> Fläche = 42,4 % von 25 m<sup>2</sup>;  
 TQ II: 652 Kolonien mit 14,15 m<sup>2</sup> Fläche = 56,6 % von 25 m<sup>2</sup>;  
 TQ III: 530 Kolonien mit 12,27 m<sup>2</sup> Fläche = 49,1 % von 25 m<sup>2</sup>;  
 TQ IV: 620 Kolonien mit 13,15 m<sup>2</sup> Fläche = 52,8 % von 25 m<sup>2</sup>.

Diese Kolonien verteilen sich in den Testarealen auf die wichtigsten Cnidaria-Gruppen (Scleractinia, Alcyonaria, sonstige Cnidaria) wie in Tabelle 4 dargelegt.

### Begleitfauna und -flora

Cnidaria bilden also mit einer mittleren Bestandsdichte von 662 Kolonien pro Testareal, einer mittleren Bodenbedeckung von 12,54 m<sup>2</sup> und einem mittleren Gesamtflächenanteil von 50,2% das absolut überwiegende Element des Lebendbewuchses. Daneben spielt die sedentäre Begleitfauna und -flora zumeist eine vergleichsweise geringe Rolle: So konnten nur gelegentlich auftretende kleine Kolonien von Ascidien,

\* Unter den 124 Arten werden die Nominatform der Steinkorallenart *Echinopora gemmacea* und ihre Varietät *E. gemmacea fruticulosa* gesondert aufgeführt und gezählt, weil sie unterschiedlichen Kategorien von Wuchsformen, krustig-massigen bzw. verzweigten, angehören. Bei Angaben zur Gesamtartenzahl von Scleractinia und umfassenderen Taxa ist diese Doppelzählung zu berücksichtigen.

Tab. 2. Besiedlung der Testareale des Sanganeb-Atolls durch Cnidaria

<b>HYDROZOA</b>	<b>ANTHOZOA, HEXACORALLIA</b>
Hydroida	Scleractinia
Milleporidae	Thamnasteriidae
1 <i>Millepora dichotoma</i> Forskål	33 <i>Psammocora haimeana</i>
2 <i>Millepora exaesa</i> Forskål	Milne Edwards & Haime
3 <i>Millepora platyphylla</i> Ehrenberg	34 <i>Psammocora nierstraszi</i> v. d. Horst*
Stylasteridae	Astrocoeniidae
4 <i>Distichopora violacea</i> (Pallas)	35 <i>Stylocoeniella armata</i> (Ehrenberg)*
<b>ANTHOZOA, OCTOCORALLIA</b>	Pocilloporidae
Stolonifera	36 <i>Stylophora pistillata</i> (Esper)
Tubiporidae	37 <i>Seriatopora caliendrum</i> Ehrenberg*
5 <i>Tubipora musica</i> Linnaeus	38 <i>Seriatopora hystrix</i> Dana
Alcyonaria	39 <i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus)
Alcyoniidae	40 <i>Pocillopora verrucosa</i> (Ellis & Solander)
6 <i>Lobophytum pauciflorum</i> (Ehrenberg)	Acroporidae
7 <i>Parerythropodium fulvum</i> (Forskål)	41 <i>Astraeopora myriophthalma</i> (Lamarck)
8 <i>Sarcophyton ehrenbergi</i> v. Marenzeller	42 <i>Acropora capillaris</i> (Klunzinger)
9 <i>Sarcophyton elegans</i> Moser	43 <i>Acropora corymbosa</i> (Lamarck)
10 <i>Sinularia candidula</i>	44 <i>Acropora</i> cf. <i>haime</i>
Verseveldt & Benayahu	(Milne Edwards & Haime)
11 <i>Sinularia dactyloclados</i>	45 <i>Acropora hemprichi</i> (Ehrenberg)
Verseveldt & Benayahu	46 <i>Acropora humilis</i> (Dana)
12 <i>Sinularia flabellilavata</i>	47 <i>Acropora hyacinthus</i> (Dana)
Verseveldt & Benayahu	48 <i>Acropora pharaonis</i>
13 <i>Sinularia gardineri</i> (Pratt)	(Milne Edwards & Haime)
14 <i>Sinularia leptocladus</i> (Ehrenberg)	49 <i>Acropora squarrosa</i> (Ehrenberg)*
15 <i>Sinularia minima</i> Verseveldt	50 <i>Acropora superba</i> (Klunzinger)
16 <i>Sinularia notanda</i> Tixier-Durivault	51 <i>Acropora variabilis</i> (Klunzinger)
17 <i>Sinularia polydactyla</i> (Ehrenberg)	52 <i>Acropora</i> sp.
18 <i>Sinularia querciformis</i> (Pratt)	53 <i>Montipora effusa</i> (Dana)
19 <i>Sinularia schuhmacheri</i>	54 <i>Montipora ehrenbergi</i> Verrill
Verseveldt & Benayahu	55 <i>Montipora granulosa</i> Bernard
Nephtheidae	56 <i>Montipora meandrina</i> (Ehrenberg)
20 <i>Nephthea laevis</i> Kükenthal	57 <i>Montipora monasteriata</i> (Forskål)
21 <i>Dendronephthya hemprichi</i>	58 <i>Montipora stilosa</i> (Ehrenberg)
(Klunzinger)	59 <i>Montipora tuberculosa</i> (Lamarck)
22 <i>Stereonephthya cundabuluensis</i>	60 <i>Montipora venosa</i> (Ehrenberg)*
Verseveldt	61 <i>Montipora verrucosa</i> (Lamarck)*
23 <i>Lithophyton arboreum</i> Kükenthal	62 <i>Montipora</i> sp.
24 <i>Paralemnalia eburnea</i> Kükenthal	Agariciidae
25 <i>Paralemnalia thyrsoides</i> (Ehrenberg)	63 <i>Pavona clavus</i> (Dana)
Xeniidae	64 <i>Pavona divaricata</i> Lamarck
26 <i>Xenia macrospiculata</i> Gohar	65 <i>Pavona explanulata</i> (Lamarck)
27 <i>Xenia umbellata</i> Lamarck	66 <i>Pavona maldivensis</i> (Gardiner)
28 <i>Heteroxenia fuscescens</i> (Ehrenberg)	67 <i>Pavona varians</i> Verrill
29 <i>Anthelia fishelsoni</i> Verseveldt	68 <i>Leptoseris mycetoseroides</i> Wells
30 <i>Anthelia glauca</i> Lamarck	69 <i>Gardineroseris planulata</i> (Dana)
31 <i>Sympodium caeruleum</i> Ehrenberg	Siderastreidae
Gorgonaria	70 <i>Coscinaraea monile</i> (Forskål)
Gorgoniidae	Fungiidae
32 <i>Clathraria rubrinodis</i> Gray	71 <i>Fungia echinata</i> (Pallas)
	72 <i>Fungia fungites</i> (Linnaeus)

Tab. 2. (Fortsetzung)

73 <i>Fungia klunzingeri</i> Doederlein	101 <i>Oulophyllia crispa</i> (Lamarck)
74 <i>Fungia scutaria</i> Lamarck	102 <i>Hydnophora microconus</i> (Lamarck)
75 <i>Herpolitha limax</i> (Esper)	103 <i>Leptastrea bottae</i> (Milne Edwards & Haime)
Poritidae	104 <i>Leptastrea purpurea</i> (Dana)
76 <i>Alveopora daedalea</i> (Forskål)	105 <i>Leptastrea transversa</i> Klunzinger
77 <i>Goniopora minor</i> Crossland*	106 <i>Cyphastrea chalcidicum</i> (Forskål)
78 <i>Goniopora tenuidens</i> Quelch**	107 <i>Cyphastrea microphthalma</i> (Lamarck)
79 <i>Porites echinulata</i> Klunzinger	108 <i>Cyphastrea serailia</i> (Forskål)
80 <i>Porites lutea</i> Milne Edwards & Haime	109 <i>Echinopora gemmacea</i> (Lamarck)
81 <i>Porites solida</i> (Forskål)	110 <i>Echinopora gemmacea</i> var. <i>fruticulosa</i>
82 <i>Porites (Synarea) undulata</i> Klunzinger	111 <i>Echinopora lamellosa</i> (Esper)
83 <i>Porites</i> sp.	Oculinidae
Faviidae	112 <i>Galaxea astreata</i> (Lamarck)
84 <i>Favia amicorum</i> (Milne Edwards & Haime)*	113 <i>Galaxea fascicularis</i> (Linnaeus)
85 <i>Favia fava</i> (Forskål)	Mussidae
86 <i>Favia laxa</i> (Klunzinger)	114 <i>Scolymia vitiensis</i> Brueggemann
87 <i>Favia pallida</i> (Dana)	115 <i>Lobophyllia corymbosa</i> (Forskål)
88 <i>Favia rotumana</i> (Gardiner)**	116 <i>Lobophyllia hemprichii</i> (Ehrenberg)
89 <i>Favia speciosa</i> (Dana)	117 <i>Lobophyllia pachysepta</i> Chevalier**
90 <i>Favia stelligera</i> (Dana)	118 <i>Acanthastrea echinata</i> (Dana)
91 <i>Favites complanata</i> (Ehrenberg)	119 <i>Symphyllia erythraea</i> (Klunzinger)
92 <i>Favites flexuosa</i> (Dana)	Pectiniidae
93 <i>Favites halicora</i> (Ehrenberg)	120 <i>Mycedium elephantotus</i> (Pallas)
94 <i>Favites pentagona</i> (Esper)	121 <i>Echinophyllia aspera</i> (Ellis & Solander)
95 <i>Favites rotundata</i> Veron, Pichon & Wijsman-Best	122 <i>Oxypora lacera</i> (Verrill)
96 <i>Goniastrea edwardsi</i> Chevalier	Zoantharia
97 <i>Goniastrea pectinata</i> (Ehrenberg)	Zoanthidae
98 <i>Goniastrea retiformis</i> (Lamarck)	123 <i>Palythoa tuberculosa</i> Esper
99 <i>Platygyra daedalea</i> (Ellis & Solander)	Antipatharia
100 <i>Leptoria phrygia</i> (Ellis & Solander)	Antipathidae
	124 <i>Cirripathes</i> sp.

\*\* Erstnachweis für das Rote Meer  
\* Erstnachweis für das mittlere Rote Meer

vor allem aus der Familie Didemnidae, und Bryozoen sowie vereinzelte Thalli von Braun- und Rottangen vernachlässigt werden. Eher schon besetzen Kalkkrotalgen (Coralinaceae) sowie eine Anzahl von Poriferen-Arten besonders an lichtabgewandten Flächen wie in dunkleren Höhlungen, an den Seiten von Korallenkolonien und unter Quersimsen Areale, die in die Gesamtrechnung mit einbezogen werden müssen. Sie verteilen sich auf die Testquadrate entsprechend Tab. 5.

Schließlich fallen in den Testarealen II und IV einige Bivalvia flächenmäßig ins Gewicht, nämlich in TQ II 1 *Ostrea* sp. und 3 *Tridacna maxima* mit zusammen  $0,03 \text{ m}^2 = 0,14 \%$  von  $25 \text{ m}^2$  sowie in TQ IV 1 *Tridacna maxima* mit  $0,02 \text{ m}^2 = 0,08 \%.$

Tab. 3. Quantitative Analyse der Korallengemeinschaften in den vier Testarealen des Sanganeb-Atolls

Nr.	Systematische Kategorie Genus / Species	Anzahl der Kolonien				Ges.	Anteil an Gesamtfläche (in %)				Anteil an Cnidaria-Fläche (in %)					
		TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV		TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV	TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV	Mittel	
	<b>HYDROZOA</b>	15	40	13	89	157	0,24	1,89	0,70	5,16	2,00	0,57	3,36	1,44	9,82	3,80
	<b>Milleporidae</b>	15	40	13	85	153	0,24	1,89	0,70	5,14	1,99	0,57	3,36	1,44	9,79	3,79
1	<i>Millepora dichotoma</i>	11	22	8	19	60	0,14	1,26	0,53	1,13	0,77	0,33	2,23	1,09	2,14	1,45
2	<i>Millepora exaesa</i>	4	11	2	16	33	0,10	0,29	0,11	0,64	0,29	0,24	0,52	0,22	1,21	0,55
3	<i>Millepora platyphylla</i>	-	7	3	50	60	-	0,34	0,06	3,39	0,95	-	0,61	0,13	6,44	1,80
	<b>Stylasteridae</b>	-	-	-	4	4	-	-	-	0,02	0,01	-	-	-	0,03	0,01
4	<i>Distichopora violacea</i>	-	-	-	4	4	-	-	-	0,02	0,01	-	-	-	0,03	0,01
	<b>ANTHOZOA, Octocorallia</b>	491	171	312	140	1114	20,84	6,51	31,99	2,39	15,43	49,50	11,52	65,04	4,60	32,67
	<b>Stolonifera, Tubiporidae</b>	6	2	2	-	10	0,05	0,01	0,24	-	0,08	0,12	0,02	0,49	-	0,16
5	<i>Tubipora musca</i>	6	2	2	-	10	0,05	0,01	0,24	-	0,08	0,12	0,02	0,49	-	0,16
	<b>Alcyonaria</b>	484	169	310	77	1040	20,78	6,50	31,75	1,03	15,02	49,37	11,50	64,55	1,94	31,84
6	<i>Alcyonaria</i>	123	41	243	1	408	2,92	1,71	26,21	0,01	7,71	6,95	3,03	53,47	0,01	15,87
	<b>Lobophytum pauciflorum</b>	-	7	6	1	14	-	0,18	0,23	0,01	0,10	-	0,32	0,47	0,01	0,20
7	<i>Lobophytum pauciflorum</i>	25	5	65	-	95	0,36	0,07	1,96	-	0,60	0,86	0,12	3,99	-	1,24
8	<i>Pareyrophodium fulvum</i>	16	20	6	-	42	1,16	0,98	0,41	-	0,64	2,75	1,74	0,84	-	1,33
9	<i>Sarcophyton ehrenbergi</i>	2	6	2	-	10	0,04	0,35	0,21	-	0,15	0,10	0,62	0,42	-	0,29
10	<i>Sarcophyton elegans</i>	4	-	-	-	4	0,22	-	-	-	0,06	0,53	-	-	-	0,13
	<b>Sinularia candidula</b>	-	1	10	-	11	-	0,01	1,21	-	0,31	-	0,01	2,47	-	0,62
11	<i>Sinularia candidula</i>	-	1	10	-	11	-	0,12	-	-	0,03	-	0,22	-	-	0,06
12	<i>Sinularia flabelliclavata</i>	-	2	-	-	2	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	0,15
13	<i>Sinularia gardineri</i>	11	-	1	-	12	0,13	-	0,13	-	0,07	0,31	-	0,27	-	0,15
14	<i>Sinularia leptoclados</i>	39	-	16	-	55	0,75	-	2,53	-	0,82	1,78	-	5,16	-	1,74
15	<i>Sinularia minima</i>	-	-	2	-	2	-	-	0,43	-	0,11	-	-	0,88	-	0,22
16	<i>Sinularia notanda</i>	-	-	12	-	12	-	-	2,86	-	0,72	-	-	5,84	-	1,46
17	<i>Sinularia polydactyla</i>	10	-	123	-	133	0,15	-	16,24	-	4,10	0,36	-	33,13	-	8,37
18	<i>Sinularia querciformis</i>	11	-	-	-	11	0,07	-	-	-	0,02	0,16	-	-	-	0,04
19	<i>Sinularia schuhmacheri</i>	5	-	-	-	5	0,04	-	-	-	0,01	0,10	-	-	-	0,03
	<b>Nephtheidae</b>	105	-	63	-	168	1,59	-	5,36	-	1,74	3,76	-	10,71	-	3,62
20	<i>Nephthea laevis</i>	1	-	-	-	1	0,01	-	-	-	0,01	0,01	-	-	-	0,01
21	<i>Dendronephthya hemprichi</i>	-	-	49	-	49	-	-	5,20	-	1,30	-	-	10,61	-	2,65
22	<i>Stereonephthya cundabituensis</i>	47	-	1	-	48	0,61	-	0,05	-	0,17	1,45	-	0,10	-	0,39
23	<i>Lithophyton arboreum</i>	7	-	-	-	7	0,14	-	-	-	0,04	0,34	-	-	-	0,09
24	<i>Paralemnalia eburnea</i>	49	-	13	-	62	0,82	-	0,11	-	0,23	1,95	-	-	-	0,49
25	<i>Paralemnalia thyrsoides</i>	1	-	-	-	1	0,01	-	-	-	0,01	0,01	-	-	-	0,01
	<b>Xenitidae</b>	256	128	4	76	464	16,27	4,79	0,18	1,02	5,57	38,66	8,47	0,37	1,93	12,36
26	<i>Xenia macropiculata</i>	216	127	2	61	406	15,60	4,78	0,08	0,93	5,35	37,10	8,46	0,17	1,76	11,87
27	<i>Xenia umbellata</i>	32	-	-	-	32	0,53	-	-	-	0,13	1,25	-	-	-	0,31
28	<i>Heteroxenia fuscescens</i>	3	-	-	-	3	0,05	-	-	-	0,01	0,11	-	-	-	0,03

Tab. 3 (Fortsetzung)

Nr.	Systematische Kategorie Genus / Species	Anzahl der Kolonien				Ges.	Anteil an Gesamtfläche (in %)				Anteil an Cnidaria-Fläche (in %)				
		TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV		TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV	TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV	Mittel
29	<i>Anthelia fishelsoni</i>	1	1	-	-	2	0,01	0,01	-	-	0,01	0,01	-	-	0,01
30	<i>Anthelia glauca</i>	2	-	2	-	4	0,05	-	0,10	-	0,04	0,12	0,20	-	0,08
31	<i>Sympodium caeruleum</i>	2	-	-	15	17	0,03	-	-	0,09	0,03	0,07	-	0,17	0,06
32	<i>Gorgonaria, Gorgoniidae</i>	1	-	-	63	64	0,01	-	-	1,36	0,34	0,01	-	2,66	0,67
	<i>Clathraria rubrinodis</i>	1	-	-	63	64	0,01	-	-	1,35	0,34	0,01	-	2,66	0,67
34	<b>ANTHOZOA, Hexacorallia</b>	341	441	205	391	1378	21,28	48,23	16,41	45,20	32,78	50,57	85,29	33,40	85,65
	<i>Scleractinia</i>	322	441	192	390	1345	21,20	48,23	16,24	45,15	32,71	50,38	85,29	33,06	85,56
33	<i>Thamasteriidae</i>	3	1	-	5	9	0,07	0,02	-	0,02	0,03	0,17	0,04	-	0,02
	<i>Psammocora halmiana</i>	2	1	-	4	7	0,02	0,02	-	0,01	0,01	0,04	0,04	-	0,01
34	<i>Psammocora nierstraszi</i>	1	-	-	1	2	0,05	-	-	0,01	0,02	0,13	-	-	0,01
35	<i>Astrocoeniidae</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	0,01	0,01	-	-	0,01
	<i>Stylocoeniella armata</i>	-	-	-	1	1	-	-	-	0,01	0,01	-	-	-	0,01
36	<i>Pocilloporidae</i>	51	38	12	119	220	3,48	3,52	0,87	8,93	4,20	8,28	6,20	1,77	16,93
	<i>Stylophora pistillata</i>	-	4	1	28	33	-	0,20	0,01	0,57	0,20	0,46	0,35	0,02	1,08
37	<i>Seriatorpora calliendrum</i>	7	1	-	1	9	0,19	0,21	-	0,01	0,10	0,46	0,36	-	0,01
38	<i>Seriatorpora hystrix</i>	34	21	-	55	109	2,33	0,84	-	0,79	0,10	5,54	1,48	-	1,76
39	<i>Pocillopora damicornis</i>	10	-	4	-	14	0,96	-	0,22	0,64	0,30	2,28	0,44	-	0,68
40	<i>Pocillopora verrucosa</i>	-	12	7	90	109	-	2,27	0,64	8,35	2,82	-	4,01	1,31	15,84
	<i>Acroporidae</i>	32	57	46	109	244	5,39	6,82	6,24	24,98	10,86	12,81	12,04	12,69	47,39
41	<i>Astraeopora myriophthalma</i>	-	-	4	-	4	-	-	0,16	-	0,04	-	0,32	-	0,08
42	<i>Acropora capillaris</i>	-	1	-	1	1	-	0,19	-	0,05	0,05	-	0,33	-	0,08
43	<i>Acropora corymbosa</i>	-	-	1	10	11	-	-	0,04	4,55	1,15	-	-	0,08	8,64
44	<i>Acropora cf. halmi</i>	-	-	6	6	6	-	-	-	0,39	0,10	-	-	0,74	0,19
45	<i>Acropora hemprichi</i>	1	17	8	24	50	0,01	3,09	3,88	3,77	2,69	0,03	5,47	7,91	7,15
46	<i>Acropora humilis</i>	-	4	4	8	16	-	0,69	0,45	1,82	0,74	-	1,22	0,92	3,44
47	<i>Acropora hyacinthus</i>	-	-	1	-	1	-	-	0,15	-	0,04	-	-	0,31	0,40
48	<i>Acropora pharaonis</i>	1	1	-	5	7	3,77	0,16	-	0,16	1,02	8,97	0,28	-	0,31
49	<i>Acropora squarrosa</i>	-	-	-	1	1	-	-	-	0,08	0,02	-	-	-	0,16
50	<i>Acropora superba</i>	-	-	-	46	46	-	-	-	12,80	3,20	-	-	24,29	6,07
51	<i>Acropora variabilis</i>	4	1	8	6	19	0,29	0,04	0,37	1,24	0,49	0,68	0,06	0,75	2,35
52	<i>Acropora sp.</i>	-	-	3	1	4	-	-	0,19	0,01	0,05	-	-	0,38	0,01
53	<i>Montipora effusa</i>	4	6	-	10	16	0,16	1,03	-	0,30	0,30	0,39	1,82	-	0,55
54	<i>Montipora ehrenbergi</i>	3	4	10	-	17	0,26	0,11	0,72	-	0,27	0,61	0,20	1,47	-
55	<i>Montipora granulosa</i>	4	4	-	4	4	-	0,14	-	0,04	0,04	-	0,24	-	0,06
56	<i>Montipora meandrina</i>	2	6	-	8	8	0,11	0,64	-	0,19	0,08	0,26	1,12	-	0,35
57	<i>Montipora monasteriata</i>	1	2	-	1	4	0,14	0,10	-	0,08	0,08	0,33	0,18	-	0,14
58	<i>Montipora stilosia</i>	1	2	-	3	3	0,05	0,06	-	0,03	0,03	0,11	0,10	-	0,05
59	<i>Montipora tuberculosa</i>	7	-	2	1	10	0,47	-	0,06	0,08	0,15	1,12	-	0,11	0,16

Tab. 3 (Fortsetzung)

Nr.	Systematische Kategorie Genus / Species	Anzahl der Kolonien				Anteil an Gesamtfläche (in %)				Anteil an Cnidaria-Fläche (in %)						
		TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV	Ges.	TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV	Mittel	TQ I	TQ II	TQ III	TQ IV	Mittel
60	<i>Montipora venosa</i>	2	4	4	—	6	0,02	—	0,20	—	0,06	0,05	—	0,40	—	0,11
61	<i>Montipora verrucosa</i>	—	5	—	—	5	—	0,28	—	—	0,07	—	0,50	—	—	0,13
62	<i>Montipora</i> sp.	6	4	1	—	11	0,11	0,29	0,02	—	0,11	0,26	0,52	0,04	—	0,21
63	Agariciidae	55	4	22	43	124	2,25	0,19	1,02	2,30	1,44	5,34	0,35	2,07	4,37	3,03
64	<i>Pavona clavus</i>	—	—	—	5	5	—	—	—	0,16	0,04	—	—	—	0,31	0,08
65	<i>Pavona divaricata</i>	—	—	—	1	1	—	—	—	0,10	0,03	—	—	—	0,19	0,05
66	<i>Pavona explanulata</i>	—	1	—	—	1	—	0,04	—	—	0,01	—	0,08	—	—	0,02
67	<i>Pavona maldivensis</i>	2	—	6	12	20	0,10	—	0,33	0,71	0,29	0,24	—	0,68	1,34	0,57
68	<i>Pavona varians</i>	28	7	16	51	51	0,84	—	0,16	0,55	0,39	1,99	—	0,32	1,04	0,84
69	<i>Leptoseris mycetoseroides</i>	—	1	2	—	3	—	0,08	0,07	—	0,04	—	0,14	0,14	—	0,07
70	<i>Gardineroseris planulata</i>	25	2	7	9	43	1,31	0,07	0,46	0,78	0,66	3,11	0,13	0,93	1,49	1,40
71	Siderastreaeidae	—	1	2	—	3	—	0,91	0,38	—	0,32	—	1,60	0,78	—	0,60
72	<i>Coscinaraea monile</i>	—	1	2	—	3	—	0,15	0,10	0,96	0,30	—	0,25	0,21	1,81	0,57
73	Fungidae	—	7	2	36	45	—	—	0,06	0,49	0,14	—	—	0,13	0,91	0,26
74	<i>Fungia echinata</i>	—	5	1	6	7	—	0,08	0,04	0,19	0,08	—	0,14	0,08	0,36	0,15
75	<i>Fungia fungites</i>	—	1	—	11	17	—	0,03	—	—	0,01	—	0,05	—	—	0,01
76	<i>Fungia klunzingeri</i>	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
77	<i>Fungia scutaria</i>	—	—	—	19	19	—	0,04	—	0,28	0,07	—	—	—	0,54	0,16
78	<i>Herpolitha limax</i>	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0,06	—	—	0,02
79	Poritidae	136	81	58	11	286	8,28	7,20	3,22	0,71	4,85	19,70	12,78	6,57	1,32	10,09
80	<i>Alveopora daedalea</i>	1	—	1	—	1	—	—	0,09	—	0,02	0,14	—	0,19	—	0,05
81	<i>Goniopora minor</i>	1	—	—	1	2	0,06	—	—	0,10	0,04	—	—	—	0,19	0,08
82	<i>Goniopora tenuidens</i>	7	—	—	—	7	0,26	—	—	—	0,07	0,62	—	—	—	0,16
83	<i>Porites echinulata</i>	10	—	5	—	15	0,37	—	0,46	—	0,21	0,89	—	0,96	—	0,46
84	<i>Porites lutea</i>	39	29	5	4	77	4,22	4,61	0,40	0,32	2,39	10,03	8,15	0,81	0,60	4,90
85	<i>Porites solida</i>	9	24	13	5	51	0,38	1,56	0,48	0,28	0,68	0,89	2,75	0,98	0,52	1,29
86	<i>Porites (Synarea) undulata</i>	17	1	1	—	19	0,69	0,08	0,11	—	0,22	1,65	0,14	0,21	—	0,30
87	<i>Porites</i> sp.	53	27	33	1	114	2,30	0,95	1,68	0,01	1,24	5,48	1,74	3,42	0,01	2,66
88	Favitidae	36	161	36	46	279	1,27	6,93	3,35	5,56	4,31	3,01	12,25	6,82	10,52	8,15
89	<i>Favia amicornum</i>	1	—	—	—	1	0,01	—	—	—	0,01	0,03	—	—	—	0,01
90	<i>Favia fava</i>	—	3	—	—	3	—	0,12	—	—	0,03	—	0,21	—	—	0,05
91	<i>Favia laxa</i>	1	4	—	—	5	0,11	0,12	—	—	0,06	0,26	0,22	—	—	0,12
92	<i>Favia pallida</i>	3	—	1	1	5	0,01	—	0,03	0,02	0,02	0,02	—	0,05	0,04	0,03
93	<i>Favia rotumana</i>	—	—	—	1	1	—	—	—	0,10	0,03	—	—	—	0,19	0,05
94	<i>Favia speciosa</i>	—	—	1	1	2	—	—	0,03	0,02	0,01	—	—	0,07	0,03	0,03
95	<i>Favia stelligera</i>	—	6	—	9	15	—	0,35	—	2,25	0,65	—	0,62	—	4,26	1,22
96	<i>Favites complanata</i>	2	2	2	—	6	0,28	0,08	0,03	—	0,10	0,70	0,14	0,05	—	0,22
97	<i>Favites flexuosa</i>	1	—	2	1	4	0,13	—	0,07	0,01	0,05	0,32	—	0,13	0,02	0,12



Tab. 4. Besiedlung der vier Testareale des Sanganeb-Atolls durch Scleractinia, Alcyonaria und sonstige Cnidaria (\* inkl. 1 Varietät)

TQ-Nr.	Kategorie	Anzahl der			Bodenbedeckung (in m <sup>2</sup> )	Prozentanteil von	
		Arten	Gattungen	Kolonien		Testareal- Fläche	Cnidaria- Fläche
I	Scleractinia	44	19	322	5,29	21,2	50,4
	Alcyonaria	20	11	484	5,19	20,8	49,4
	Sonstige	5	4	41	0,09	0,4	0,9
II	Scleractinia*	55	26	441	12,05	48,2	85,3
	Alcyonaria	8	6	169	1,62	6,5	11,5
	Sonstige	4	2	42	0,48	1,9	3,4
III	Scleractinia	41	22	192	4,06	16,2	33,1
	Alcyonaria	15	9	310	7,94	31,8	64,6
	Sonstige	5	3	28	0,28	1,1	2,3
IV	Scleractinia	43	21	390	11,25	45,2	85,6
	Alcyonaria	3	3	77	0,26	1,0	1,9
	Sonstige	6	4	153	1,64	6,6	12,6

Tab. 5. Besiedlung der vier Testareale des Sanganeb-Atolls durch Kalkrotalgen (Co) und Poriferen (Po)

TQ-Nr.	Anzahl der Kolonien bzw. Bewuchsflächen		Bodenbedeckung (in m <sup>2</sup> )		Anteil an Gesamtfläche (in %)	
	Co	Po	Co	Po	Co	Po
	I	38	87	0,84	0,31	3,4
II	17	105	0,09	0,18	0,3	0,7
III	20	214	0,53	0,25	2,1	1,0
IV	53	149	0,47	0,13	1,9	0,5

### Bodenbedeckung

Insgesamt besteht die lebende Bodenbedeckung der vier Testareale aus 3337 Kolonien bzw. Bewuchsflächen, die sich gemäß Tabelle 6a aufteilen.

Der Bodenbedeckung der Testareale mit lebenden Kolonien und Bewuchsflächen steht ihr Anteil an toten Substratflächen gegenüber. Hierhin gehören einerseits tote Korallenkolonien bzw. Kolonieteile, deren Artzugehörigkeit aber noch eindeutig zu erkennen ist, Korallenfelsflächen und grobes Korallenfelsgeröll, andererseits Sedimente wie abgebrochene Korallenästchen, Korallenfeinschutt, Korallensand und Kalkmulm. Für die unbelebten Substratflächen wurden die in Tabelle 6b ausgewiesenen Anteile errechnet.

Die Gesamtarealbedeckung aus Lebendbewuchs und unbelebtem Substrat sollte pro Testareal 25 m<sup>2</sup> Fläche und 100 % ausmachen (Tab. 6c). Abweichungen davon müssen als Ungenauigkeit bei der Arealerfassung durch Ausmessen bzw. bei der Auswertung angesehen werden.

Tab. 6. Lebendbewuchs und unbelebtes Substrat in den vier Testarealen des Sanganeb-Atolls

Bodenbedeckung	Testquadrate				Mittelwert
	I	II	III	IV	
(a) Lebendbewuchs:					
Anzahl der Kolonien	972	774	764	822	833
Bodenbedeckung (m <sup>2</sup> )	11,72	14,42	13,05	13,75	13,24
Prozent von Areal	46,96	57,63	52,20	55,15	52,99
(b) Unbelebtes Substrat:					
Bodenbedeckung (m <sup>2</sup> )	13,33	11,28	11,32	10,97	11,73
Prozent von Areal	53,33	45,12	45,26	43,88	46,89
(c) Lebendbewuchs + unbelebtes Substrat:					
Bodenbedeckung (m <sup>2</sup> )	25,05	25,70	24,37	24,72	24,97
Prozent von Areal	100,29	102,75	97,46	99,03	99,88

### Diversität

Aus der vorgefundenen großen Zahl von Cnidaria-Arten und Kolonien leitet sich eine hohe Diversität her. Diese wurde für die vier Testquadrate in derselben Weise ermittelt, wie von Mergner & Schuhmacher (1981) für ein Vorriffareal bei Aqaba. Ein Vergleich der Diversitätswerte vom Sanganeb-Atoll mit den sehr hohen Werten von Aqaba wird von Schuhmacher & Mergner (1985) angestellt. Hier werden zunächst die Diversität und Evenness der vier Sanganeb-Quadrate angegeben (Tab. 7).

### Wuchsformen und Riffbildner

Unter den riffbildenden Cnidaria lassen sich im wesentlichen drei Wuchsformen unterscheiden, nämlich verzweigte, krustenförmige und massige. Zu den sich verzweigenden Steinkorallen zählen u. a. alle Pocilloporidae und *Acropora*, zu den krustenför-

Tab. 7. Diversität (H') und Evenness (J) der Cnidaria-Gruppen in den vier Testarealen des Sanganeb-Atolls

Diversität	Testquadrate				Mittelwert
	I	II	II	IV	
	Diversität				
Hydrocorallia	0,69	0,87	0,72	0,89	0,79
Octocorallia	1,19	0,92	1,64	0,82	1,14
Hexacorallia	2,60	2,25	2,66	2,50	2,50
Cnidaria gesamt	2,34	2,55	2,64	2,77	2,58
	Evenness				
Hydrocorallia	0,63	0,79	0,65	0,64	0,68
Octocorallia	0,39	0,42	0,61	0,59	0,50
Hexacorallia	0,70	0,57	0,74	0,66	0,67
Cnidaria gesamt	0,56	0,62	0,66	0,70	0,64

mig wachsenden besonders *Psammocora*, *Montipora*, *Pavona*, *Coscinaraea*, *Echinopora* und die Pectiniidae und zu den massig wachsenden *Gardineroseris*, alle Poritidae, Faviidae (ohne *Echinopora*), Oculinidae und Mussidae (ohne *Scolymia*). Diesen Riffbildnern stehen als wichtigste Nichtriffbildner die Alcyonaria gegenüber. Im einzelnen verteilen sich die Wuchsformen in den vier Testarealen wie in Tabelle 8 angegeben.

Tab. 8. Wuchsformen, riffbildende und nicht-riffbildende Cnidaria in den vier Testarealen des Sanganeb-Atolls

Besiedlungsstruktur in TQ-Nr.:	I	II	III	IV	Mittelwert
(a) Verzweigte Riffbildner:					
Anzahl der Kolonien	68	96	48	299	128
Flächenanteil (m <sup>2</sup> )	1,92	2,55	1,64	9,55	3,92
Flächenanteil (%)	7,7	10,2	6,5	38,3	15,7
Anteil an Cnidaria (%)	18,8	18,1	13,3	72,7	30,7
(b) Massige Riffbildner:					
Anzahl der Kolonien	210	293	99	66	167
Flächenanteil (m <sup>2</sup> )	2,83	8,59	1,39	1,60	3,60
Flächenanteil (%)	11,4	34,3	5,6	6,3	14,4
Anteil an Cnidaria (%)	27,0	60,7	10,4	12,2	27,6
(c) Krustenförmige Riffbildner:					
Anzahl der Kolonien	84	94	60	115	88
Flächenanteil (m <sup>2</sup> )	0,65	1,40	1,27	1,41	1,19
Flächenanteil (%)	2,5	5,6	5,1	5,6	4,7
Anteil an Cnidaria (%)	5,6	9,9	10,3	10,6	9,1
(d) Riffbildende Cnidaria:					
Anzahl der Kolonien	362	483	207	480	383
Flächenanteil (m <sup>2</sup> )	5,40	12,54	4,30	12,56	8,70
Flächenanteil (%)	21,6	50,1	17,2	50,2	34,8
Anteil an Cnidaria (%)	51,7	88,7	35,0	95,5	67,4
(e) Nicht-riffbildende Cnidaria:					
Anzahl der Kolonien	485	169	323	140	279
Flächenanteil (m <sup>2</sup> )	5,20	1,62	7,98	0,61	3,85
Flächenanteil (%)	20,8	6,5	31,9	2,4	15,4
Anteil an Cnidaria (%)	49,4	11,5	64,9	4,7	32,6

Über den Zusammenhang zwischen Wuchsformenverteilung einerseits und den Einzelfaktoren der Wasserbewegung andererseits wird an späterer Stelle noch berichtet.

### Bestandsbildner, Leit- und Indikatorarten, biophysiographische Zonen

Das Hervortreten von Leitarten durch quantitatives oder (und) optisches Überwiegen über andere Arten des gleichen Areals und die Bildung biophysiographischer Zonen durch lokal umschriebene Bestände dieser Leitarten wurden ermittelt, indem aus Tabelle 3 die Arten mit den höchsten Koloniezahlen pro Testareal und der größten Flächenbedeckung in m<sup>2</sup>, vor allem aber mit den größten Prozentanteilen an der durch Cnidaria besiedelten Fläche herausgezogen werden. Die hierbei gewonnene Artenauswahl (Tab. 9) tritt auch optisch in den Abbildungen 12–15 hervor.

Tab. 9. Bestandsbildende Cnidaria-Arten in den vier Testarealen des Sanganeb-Atolls (mit Artnummern von Tabelle 2)

TQ-Nr.	Gattung, Art (Art-Nr.)	Kolonieanzahl	Bodenbedeckung (m <sup>2</sup> )	%-Anteil von Cnidaria-Fläche
I	<i>Xenia macrospiculata</i> (26)	216	3,90	37,1
	<i>Porites lutea</i> (80)	39	1,05	10,0
II	<i>Xenia macrospiculata</i> (26)	127	1,20	8,5
	<i>Acropora hemprichi</i> (45)	17	0,77	5,5
	<i>Porites lutea</i> (80)	29	1,15	8,2
	<i>Lobophyllia corymbosa</i> (115)	82	5,50	38,9
III	<i>Sinularia leptoclados</i> (14)	16	0,63	5,2
	<i>Sinularia notanda</i> (16)	12	0,72	5,8
	<i>Sinularia polydactyla</i> (17)	123	4,06	33,1
	<i>Dendronephthya hemprichi</i> (21)	49	1,30	10,6
	<i>Acropora hemprichi</i> (45)	8	0,97	7,9
	<i>Echinopora gemmacea</i> (109)	15	0,66	5,4
IV	<i>Millepora platyphylla</i> (3)	50	0,85	6,4
	<i>Pocillopora verrucosa</i> (40)	90	2,09	15,8
	<i>Acropora corymbosa</i> (43)	10	1,14	8,6
	<i>Acropora hemprichi</i> (45)	24	0,94	7,2
	<i>Acropora superba</i> (50)	46	3,20	24,3
	<i>Echinopora gemmacea</i> (109)	19	0,56	4,2

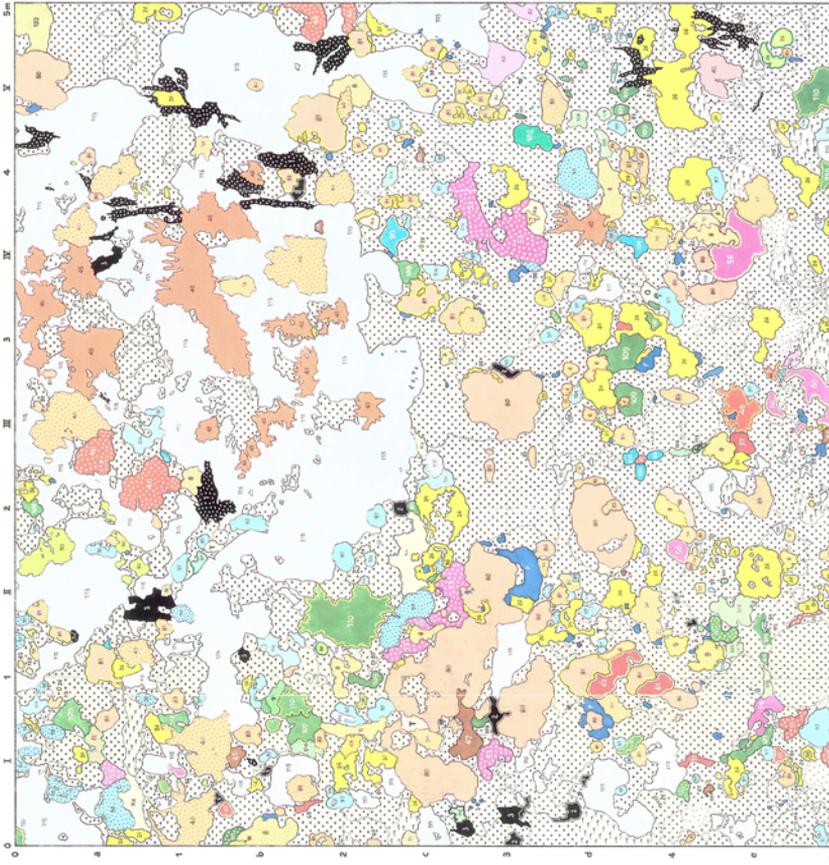
Einige Arten bilden also Bestände in mehreren Testarealen, wie etwa *Acropora hemprichi* in 3 Testquadraten sowie *Xenia macrospiculata*, *Porites lutea* und *Echinopora gemmacea* in je 2. Außer den oben aufgeführten 13 bestandsbildenden Arten können noch einige andere erwähnt werden, die in größerer Koloniezahl auftreten oder kleinere Arealflächen bedecken. Doch bilden sie keine Bestände wie die vorgenannten Arten. Es sind: *Millepora dichotoma* (1) in den Testarealen II und IV, *Parerythropodium fulvum* (7) in Testareal III, *Seriatopora hystrix* (38) in Testareal I, *Porites* sp. (83) in Testareal I sowie *Favia stelligera* (90) in Testareal IV.

Als Leitarten mit hohen Prozentanteilen an der gesamten Siedlungsfläche der Cnidaria treten in den einzelnen Testarealen hervor: TQ I: *Xenia macrospiculata* (+) mit über 37 %, *Porites lutea* mit 10 %; TQ II: *Lobophyllia corymbosa* (+) mit fast 39 %, *Porites lutea* mit über 8 %; TQ III: *Sinularia polydactyla* (+) mit über 33 %, *Dendronephthya hemprichi* mit fast 11 %; TQ IV: *Acropora superba* (+) mit über 24 %, *Pocillopora verrucosa* mit fast 16 %.

In jedem der vier Testareale dominiert also eine Art (+) eindeutig über alle anderen, und zwei Arten bedecken zusammen stets schon über 40 % der gesamten von Cnidariern besiedelten Arealfläche, obwohl doch in dieser zwischen 51 und 68 Arten vorkommen.

Inwieweit die Leitarten auch Indikatorarten für bestimmte Umweltbedingungen darstellen, etwa für die Häufigkeit des Wasseraustausches oder gewisser Wasserbewegungsformen, soll später noch untersucht werden. Auffallend ist zumindest, daß in

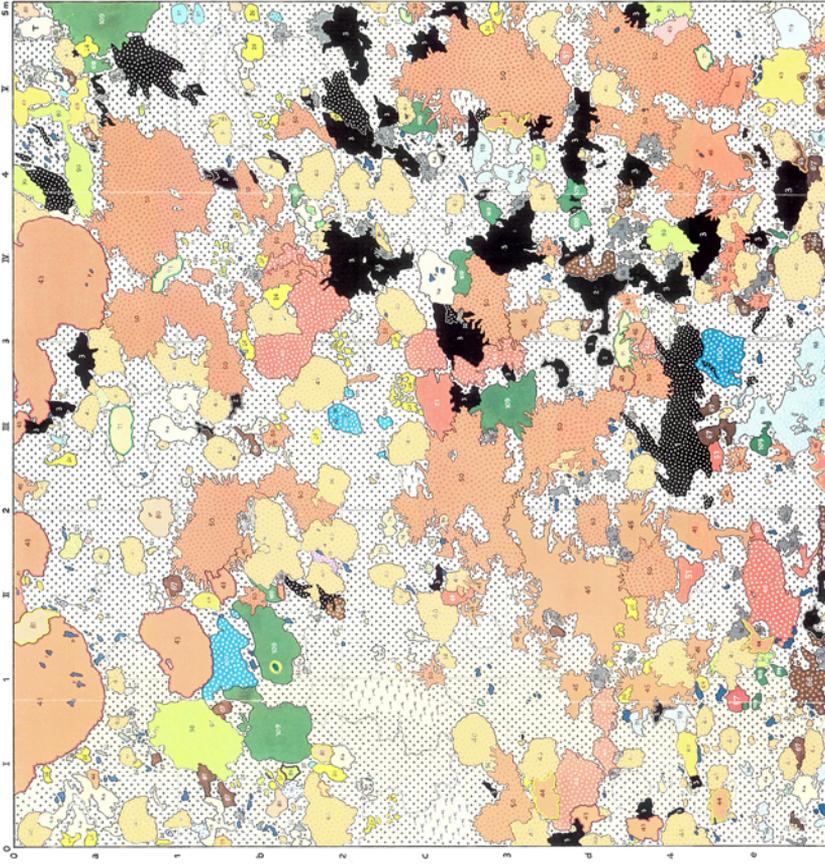




<b>Substrata = tabularia</b>	<b>Porolithothamnion</b>	<b>Favosites</b>
1.3 Korallenfels - coral rock	38 Scleropsora lyrata	105.52 Ptilia linae
1.4 Korallenring - coral ribs	41.0 Pocillopora verrucosa	86.1 Aina lina
1.5 Korallenwand - sand	<b>Acroporidae</b>	90.1 Aina affligens
<b>Non-Cladophora</b>	42.2 Acropora capillata	91.10 Ptilia complanata
1.6 Corallitellus	45 Acropora neuroptera	96 Goniatrea efferata
2.0 Pochina	50.1 Acropora humilis	97 Goniatrea pectinata
2.1 Beckeln (Tilapia maui)	51.1 Acropora plukensis	98 Goniatrea rotiformis
2.2 Otrera (S)	51.2 Acropora variabilis	99.1 Polysiphonia subulata
<b>Cladophora</b>	53.1 Acropora affinis	101 Oculophylla crispata
Hydrozoa	54.1 Melipora affinis	102.1 Myrtilophora micromaculata
1.10 Cladophora	54.2 Melipora affinis	103.1 Lophosiphonia taylori
2.10 Cladophora	55.1 Melipora granulata	104.1 Lophosiphonia taylori
3.1 Cladophora	56.1 Melipora granulata	105.1 Lophosiphonia taylori
3.2 Cladophora	57.1 Melipora granulata	106.1 Lophosiphonia taylori
3.3 Cladophora	58.1 Melipora granulata	107.1 Lophosiphonia taylori
3.4 Cladophora	59.1 Melipora granulata	108.1 Lophosiphonia taylori
3.5 Cladophora	60.1 Melipora granulata	109.1 Lophosiphonia taylori
3.6 Cladophora	61.1 Melipora granulata	110.1 Lophosiphonia taylori
3.7 Cladophora	62.1 Melipora granulata	111.1 Lophosiphonia taylori
3.8 Cladophora	63.1 Melipora granulata	112.1 Lophosiphonia taylori
3.9 Cladophora	64.1 Melipora granulata	113.1 Lophosiphonia taylori
3.10 Cladophora	65.1 Melipora granulata	114.1 Lophosiphonia taylori
3.11 Cladophora	66.1 Melipora granulata	115.1 Lophosiphonia taylori
3.12 Cladophora	67.1 Melipora granulata	116.1 Lophosiphonia taylori
3.13 Cladophora	68.1 Melipora granulata	117.1 Lophosiphonia taylori
3.14 Cladophora	69.1 Melipora granulata	118.1 Lophosiphonia taylori
3.15 Cladophora	70.1 Melipora granulata	119.1 Lophosiphonia taylori
3.16 Cladophora	71.1 Melipora granulata	120.1 Lophosiphonia taylori
3.17 Cladophora	72.1 Melipora granulata	121.1 Lophosiphonia taylori
3.18 Cladophora	73.1 Melipora granulata	122.1 Lophosiphonia taylori
3.19 Cladophora	74.1 Melipora granulata	123.1 Lophosiphonia taylori
3.20 Cladophora	75.1 Melipora granulata	124.1 Lophosiphonia taylori
3.21 Cladophora	76.1 Melipora granulata	125.1 Lophosiphonia taylori
3.22 Cladophora	77.1 Melipora granulata	126.1 Lophosiphonia taylori
3.23 Cladophora	78.1 Melipora granulata	127.1 Lophosiphonia taylori
3.24 Cladophora	79.1 Melipora granulata	128.1 Lophosiphonia taylori
3.25 Cladophora	80.1 Melipora granulata	129.1 Lophosiphonia taylori
3.26 Cladophora	81.1 Melipora granulata	130.1 Lophosiphonia taylori
3.27 Cladophora	82.1 Melipora granulata	131.1 Lophosiphonia taylori
3.28 Cladophora	83.1 Melipora granulata	132.1 Lophosiphonia taylori
3.29 Cladophora	84.1 Melipora granulata	133.1 Lophosiphonia taylori
3.30 Cladophora	85.1 Melipora granulata	134.1 Lophosiphonia taylori
3.31 Cladophora	86.1 Melipora granulata	135.1 Lophosiphonia taylori
3.32 Cladophora	87.1 Melipora granulata	136.1 Lophosiphonia taylori
3.33 Cladophora	88.1 Melipora granulata	137.1 Lophosiphonia taylori
3.34 Cladophora	89.1 Melipora granulata	138.1 Lophosiphonia taylori
3.35 Cladophora	90.1 Melipora granulata	139.1 Lophosiphonia taylori
3.36 Cladophora	91.1 Melipora granulata	140.1 Lophosiphonia taylori
3.37 Cladophora	92.1 Melipora granulata	141.1 Lophosiphonia taylori
3.38 Cladophora	93.1 Melipora granulata	142.1 Lophosiphonia taylori
3.39 Cladophora	94.1 Melipora granulata	143.1 Lophosiphonia taylori
3.40 Cladophora	95.1 Melipora granulata	144.1 Lophosiphonia taylori
3.41 Cladophora	96.1 Melipora granulata	145.1 Lophosiphonia taylori
3.42 Cladophora	97.1 Melipora granulata	146.1 Lophosiphonia taylori
3.43 Cladophora	98.1 Melipora granulata	147.1 Lophosiphonia taylori
3.44 Cladophora	99.1 Melipora granulata	148.1 Lophosiphonia taylori
3.45 Cladophora	100.1 Melipora granulata	149.1 Lophosiphonia taylori
3.46 Cladophora	101.1 Melipora granulata	150.1 Lophosiphonia taylori
3.47 Cladophora	102.1 Melipora granulata	151.1 Lophosiphonia taylori
3.48 Cladophora	103.1 Melipora granulata	152.1 Lophosiphonia taylori
3.49 Cladophora	104.1 Melipora granulata	153.1 Lophosiphonia taylori
3.50 Cladophora	105.1 Melipora granulata	154.1 Lophosiphonia taylori
3.51 Cladophora	106.1 Melipora granulata	155.1 Lophosiphonia taylori
3.52 Cladophora	107.1 Melipora granulata	156.1 Lophosiphonia taylori
3.53 Cladophora	108.1 Melipora granulata	157.1 Lophosiphonia taylori
3.54 Cladophora	109.1 Melipora granulata	158.1 Lophosiphonia taylori
3.55 Cladophora	110.1 Melipora granulata	159.1 Lophosiphonia taylori
3.56 Cladophora	111.1 Melipora granulata	160.1 Lophosiphonia taylori
3.57 Cladophora	112.1 Melipora granulata	161.1 Lophosiphonia taylori
3.58 Cladophora	113.1 Melipora granulata	162.1 Lophosiphonia taylori
3.59 Cladophora	114.1 Melipora granulata	163.1 Lophosiphonia taylori
3.60 Cladophora	115.1 Melipora granulata	164.1 Lophosiphonia taylori
3.61 Cladophora	116.1 Melipora granulata	165.1 Lophosiphonia taylori
3.62 Cladophora	117.1 Melipora granulata	166.1 Lophosiphonia taylori
3.63 Cladophora	118.1 Melipora granulata	167.1 Lophosiphonia taylori
3.64 Cladophora	119.1 Melipora granulata	168.1 Lophosiphonia taylori
3.65 Cladophora	120.1 Melipora granulata	169.1 Lophosiphonia taylori
3.66 Cladophora	121.1 Melipora granulata	170.1 Lophosiphonia taylori
3.67 Cladophora	122.1 Melipora granulata	171.1 Lophosiphonia taylori
3.68 Cladophora	123.1 Melipora granulata	172.1 Lophosiphonia taylori
3.69 Cladophora	124.1 Melipora granulata	173.1 Lophosiphonia taylori
3.70 Cladophora	125.1 Melipora granulata	174.1 Lophosiphonia taylori
3.71 Cladophora	126.1 Melipora granulata	175.1 Lophosiphonia taylori
3.72 Cladophora	127.1 Melipora granulata	176.1 Lophosiphonia taylori
3.73 Cladophora	128.1 Melipora granulata	177.1 Lophosiphonia taylori
3.74 Cladophora	129.1 Melipora granulata	178.1 Lophosiphonia taylori
3.75 Cladophora	130.1 Melipora granulata	179.1 Lophosiphonia taylori
3.76 Cladophora	131.1 Melipora granulata	180.1 Lophosiphonia taylori
3.77 Cladophora	132.1 Melipora granulata	181.1 Lophosiphonia taylori
3.78 Cladophora	133.1 Melipora granulata	182.1 Lophosiphonia taylori
3.79 Cladophora	134.1 Melipora granulata	183.1 Lophosiphonia taylori
3.80 Cladophora	135.1 Melipora granulata	184.1 Lophosiphonia taylori
3.81 Cladophora	136.1 Melipora granulata	185.1 Lophosiphonia taylori
3.82 Cladophora	137.1 Melipora granulata	186.1 Lophosiphonia taylori
3.83 Cladophora	138.1 Melipora granulata	187.1 Lophosiphonia taylori
3.84 Cladophora	139.1 Melipora granulata	188.1 Lophosiphonia taylori
3.85 Cladophora	140.1 Melipora granulata	189.1 Lophosiphonia taylori
3.86 Cladophora	141.1 Melipora granulata	190.1 Lophosiphonia taylori
3.87 Cladophora	142.1 Melipora granulata	191.1 Lophosiphonia taylori
3.88 Cladophora	143.1 Melipora granulata	192.1 Lophosiphonia taylori
3.89 Cladophora	144.1 Melipora granulata	193.1 Lophosiphonia taylori
3.90 Cladophora	145.1 Melipora granulata	194.1 Lophosiphonia taylori
3.91 Cladophora	146.1 Melipora granulata	195.1 Lophosiphonia taylori
3.92 Cladophora	147.1 Melipora granulata	196.1 Lophosiphonia taylori
3.93 Cladophora	148.1 Melipora granulata	197.1 Lophosiphonia taylori
3.94 Cladophora	149.1 Melipora granulata	198.1 Lophosiphonia taylori
3.95 Cladophora	150.1 Melipora granulata	199.1 Lophosiphonia taylori
3.96 Cladophora	151.1 Melipora granulata	200.1 Lophosiphonia taylori
3.97 Cladophora	152.1 Melipora granulata	201.1 Lophosiphonia taylori
3.98 Cladophora	153.1 Melipora granulata	202.1 Lophosiphonia taylori
3.99 Cladophora	154.1 Melipora granulata	203.1 Lophosiphonia taylori
3.100 Cladophora	155.1 Melipora granulata	204.1 Lophosiphonia taylori

Abb. 13. Artenbestand und Artenvielfalt der Korallengemeinschaft in Testquadrat II am Sanganeb-Aoili





<b>Substrate – substrate</b>	<b>Alismaceae</b>	<b>Poridae</b>
<b>Korallen – coral rock</b>	3.5 Sycocaulis amata	77 Goniopora ruber
<b>Korallengras – coral debris</b>	3.6 Stylogorgia alabata	82 Pteris lutea
<b>New-Caldesia</b>	3.7 Svergepora calcitrans	83 Pteris sp.
1.8 Coniopsis	4.0 Podagracea venusta	<b>Feridae</b>
5. Profira	<b>Acroporidae</b>	97 Favia pallida
<b>T</b> <i>Balanus (Tidona reeveyi)</i>	4.3 Acropora corymbosa	98 Favia sumatrana
<b>Cnidaria</b>	4.4 Acropora cf. tubifer	99 Favia pacifica
<i>Hydrozoa</i>	4.5 Acropora hemprichii	100 Favia senegalensis
<i>Mollusca</i>	4.6 Acropora furcata	101 Favia rostrata
2 <i>Milnesa aichonema</i>	4.7 Acropora phaneros	102 Goniastrea punctata
3 <i>Milnesa polypifera</i>	4.8 Acropora aquarum	103 Goniastrea setiformis
<i>Synalaxis</i>	5.0 Acropora spicata	104 Lophosoria phryga
4 <i>Dichogorgia solitaria</i>	5.1 Acropora variabilis	105 Echinogorgia gemmacea
<b>Anthozoa – Octocorallia</b>	5.2 Acropora sp.	<b>Ovarineae</b>
<b>Ascydacea</b>	5.3 <i>Molgopora monasterialis</i>	113 Gibbula fasciculata
6 <i>Lobophora pauciflorum</i>	5.4 <i>Molgopora microcarpa</i>	<b>Mussidae</b>
<b>Xenidae</b>	<b>Agaricidae</b>	114 Acornuthea echinata
24 <i>Solen macrocephala</i>	6.3 <i>Pirena olivacea</i>	119 <i>Spiraphylla erythraea</i>
31 <i>Symptodem canaliculatum</i>	6.4 <i>Pirena delicatula</i>	<b>Penicillidae</b>
<b>Coralliophila</b>	6.5 <i>Pirena maldivensis</i>	121 <i>Ectocarpus filiformis</i>
32 <i>Dimeraria rubromaculata</i>	6.7 <i>Pirena exilis</i>	<b>Anguillidae</b>
<b>Anthozoa – Hexacorallia</b>	6.8 <i>Goniastrea planulata</i>	124 <i>Chrysipterus</i> sp.
<b>Thamnocorallidae</b>	<b>Fungidae</b>	
33 <i>Paramonocora halmensis</i>	71 <i>Fungia echinata</i>	
34 <i>Paramonocora reinhardtii</i>	72 <i>Fungia longifolia</i>	
	74 <i>Fungia rubra</i>	

Artenbestand der Riffkorallen im Testquadrat IV (Mittelpunkt des Riffkorallenfeldes) am Sanganeb-Atoll (NE-Ostsee nord of the Sanganeb-Atoll). Scale 1:25

Abb. 15. Artenbestand und Artenvielfalt der Korallengemeinschaft im Testquadrat IV am Sanganeb-Atoll

jedem einzelnen Testareal, d. h. auf jedem der vier Riffhänge des Sanganeb-Atolls, andere Leitarten bzw. -kombinationen auftreten.

Schließlich ist zu prüfen, ob die Leitarten in den einzelnen Testarealen auch bestimmte biophysiographische Zonen charakterisieren und ob diese die ganze Arealfläche oder nur Teilbereiche davon erfassen (Tab. 9).

In Testareal I (Abb. 12) bildet *Xenia macrospiculata* mit ihren 216 Kolonien und 37,1% Anteil an der von Cnidariern bedeckten Arealfläche die unbestrittene Leitart. Doch sind ihre niedrig-rasenwüchsigen Bestände nur locker und unregelmäßig über die ganze Arealfläche verteilt und fügen sich auch optisch nicht zu einer klar umschriebenen Zone zusammen. Vornehmlich in der unteren Arealhälfte finden sich 5 *Porites*-Arten (*P. echinulata*, *P. lutea*, *P. solida*, *P. undulata* und *P. sp.*) mit zusammen 128 Kolonien und 18,9% Anteil an der Cnidaria-Fläche. Sie könnten – aber nur mit Vorbehalt – eine freilich stark mit *Xenia macrospiculata* durchsetzte *Porites*-Zone charakterisieren.

In Testareal II (Abb. 13) stellt *Lobophyllia corymbosa* mit 82 meist großen Kolonien und 38,9% Anteil an der Cnidaria-Fläche eindeutig die Leitart und bildet auch in der oberen Arealhälfte eine geschlossene biophysiographische Zone gleichen Namens. In der unteren Hälfte bestimmen dagegen wieder 3 *Porites*-Arten (*P. lutea*, *P. solida* und *P. sp.*) die Zonierung und bilden mit 80 Kolonien und 12,6% Anteil an der Cnidaria-Fläche eine – wenn auch nicht eindeutig charakterisierte und klar umschriebene – *Porites*-Zone.

Leitarten des Testareals III (Abb. 14) sind *Sinularia polydactyla* und *Dendronephthya hemprichi* mit zusammen 172 Kolonien und 43,6% Anteil an der von Cnidariern besiedelten Arealfläche. Wegen der starken Untermischung von *S. polydactyla* mit äußerlich ähnlichen anderen *Sinularia*-Arten (*S. dactyloclados*, *S. leptoclados* und *S. notanda*) mit zusammen 38 Kolonien und 13,5% Flächenanteil sollte jedoch nur allgemein von einer *Sinularia-Dendronephthya hemprichi*-Zone gesprochen werden. Sie tritt vor allem im linken (nordwestlichen) oberen und mittleren Tiefenbereich des Areals hervor.

In Testareal IV (Abb. 15) stellen die beiden Leitarten *Acropora superba* und *Pocillopora verrucosa* mit zusammen 136 Kolonien 40,1% der Cnidaria-Fläche. Zu ihnen gesellen sich 8 andere, teilweise ähnliche *Acropora*-Arten (*A. corymbosa*, cf. *haimei*, *hemprichi*, *humilis*, *pharaonis*, *squarrosa*, *variabilis* und sp.) mit zusammen 61 Kolonien und 22,8% Flächenanteil. Daher sollte diese biophysiographische Zone als *Acropora-Pocillopora verrucosa*-Zone bezeichnet werden.

## DISKUSSION

Wie in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen, darunter bei Wood-Jones (1910), Marshall (1931), Hiatt (1957), Bradbury & Young (1981) und speziell für das Rote Meer bei Mergner (1967) und später ausführlich bei Mergner & Schuhmacher (1974), spielen Lage und Ausrichtung eines Riffareals zur vorherrschenden Wasserbewegung eine bedeutende Rolle für seine Besiedlungsstruktur. Vor allem werden durch die Intensität der Wasserbewegung (Häufigkeit des Wasseraustausches pro Volumen- und Zeiteinheit) und ihre Formen (Brandung, Restwellen, Rücklauf, Vertikaloszillation, Riff längsströmung und Horizontaloszillation) sowie durch beider Kombination entschei-

dende Einflüsse auf die jeweilige Riffbiozönose ausgeübt. Sie betreffen ihre Artenzusammensetzung, ihre Diversität, ihre horizontale und – zusammen mit Einflüssen der Beleuchtung – ihre vertikale Zonierung sowie ihre kurz- und langfristigen Veränderungen im Gefolge des Auf-, Um- und Abbaues des Riffs. Bei Berücksichtigung dieser Erkenntnisse durch Auswahl möglichst genau gegen die Hauptwasserbewegungsrichtung gelegener Untersuchungsareale sind also auch entsprechend differenzierte Beobachtungsergebnisse zur Besiedlungsstruktur zu erwarten.

Als besonders geeignet für eine vergleichende Diskussion bieten sich die Korallengemeinschaften der vier Riffhänge eines Atollprofiles an, wenn dieses der genannten Hauptrichtung folgt. Hierzu können nunmehr die Ergebnisse der strukturellen und der quantitativen Analyse der Korallengemeinschaften in den vier Testarealen entlang eines SSW-NNO-Profiles durch das Sanganeb-Atoll herangezogen werden. Dabei soll die Frage im Vordergrund stehen, inwieweit die Wasserbewegung als Verursacher bestimmter Besiedlungsstrukturen nachzuweisen ist.

Schon bei kurzer Beurteilung lassen sich je zwei Testquadrate zusammenordnen, nämlich TQ II und TQ IV sowie TQ I und TQ III. Die beiden mit ihrer Fläche gegen Nordnordosten und damit gegen die gemittelte Hauptrichtung der Wasserbewegung gestellten Testquadrate II und IV fallen sofort durch das eindeutige Überwiegen der charakteristischen Hartstrukturen riffbildender Cnidaria gegenüber den Weichkorallen auf. So treten auf den zeichnerischen Strukturdarstellungen (Abb. 8 und 10) wie auch auf den farbigen Bestandsplänen (Abb. 13 und 15) bestimmte Hydrokorallen und Steinkorallen als Leitarten schon optisch hervor und die riffbildenden Cnidaria insgesamt als dominierendes Element. Die quantitative Analyse bestätigt diesen Eindruck:

In TQ II stellen 441 Kolonien von 54 Scleractinia-Arten auf 12,05 m<sup>2</sup> Bodenfläche 85,3 % aller hier siedelnder Cnidaria, während nur 11,5 % den 169 Kolonien von 8 Alcyonaria-Arten mit 1,62 m<sup>2</sup> Fläche zuzurechnen sind. Leitart ist *Lobophyllia corymbosa* mit fast 39 %.

In TQ IV bedecken 390 Kolonien von 42 Scleractinia-Arten 11,25 m<sup>2</sup> Fläche und stellen auch 85,6 % aller Cnidaria. Demgegenüber spielen nur 3 Alcyonaria-Arten mit 77 Kolonien auf 0,26 m<sup>2</sup> Fläche und einem Anteil von nur 1,9 % des Cnidaria-Bestandes kaum eine Rolle. Als Leitarten sind hier *Acropora superba* mit über 24 % und *Pocillopora verrucosa* mit fast 16 % Anteil zu nennen.

Ganz anders liegen die Strukturverhältnisse in den beiden gegen SSW ausgerichteten und von der Hauptrichtung der Wasserbewegung abgewandten Testarealen I und III. Weichkorallen bestimmen schon optisch beim Betrachten der Strukturzeichnungen (Abb. 7 und 9) und farbigen Pläne (Abb. 12 und 14) das Bild der Cnidariergemeinschaft. Dieser Eindruck wird durch die Ergebnisse der quantitativen Analyse unterstrichen:

In TQ I sind die Anteile beider Cnidaria-Ordnungen weitgehend ausgeglichen. Hier stellen nämlich 20 Alcyonaria-Arten mit 484 Kolonien auf 5,19 m<sup>2</sup> Bodenfläche 49,4 % aller Cnidaria, während der Anteil von 43 Scleractinia-Arten mit 322 Kolonien auf 5,29 m<sup>2</sup> Fläche 50,4 % ihres Bestandes erreicht. Leitart ist mit über 37 % die Alcyonarie *Xenia macrospiculata*.

In TQ III überwiegen jedoch die Weichkorallen eindeutig. So stehen den 15 Alcyonaria-Arten mit 310 Kolonien auf fast 8 m<sup>2</sup> Bodenfläche und einem Anteil von 64,6 % des Cnidaria-Bestandes nur 33,1 % von 39 Scleractinia-Arten mit 192 Kolonien auf 4,06 m<sup>2</sup> Fläche gegenüber. Leitarten sind die beiden Alcyonarien *Sinularia polydactyla* mit über

33 % aller von Cnidariern besiedelten Flächen und *Dendronephthya hemprichi* mit fast 11 %.

Insgesamt unterscheiden sich also jeweils zwei Testareale mit einem überwiegenden Anteil von Steinkorallen von zwei anderen mit einem solchen von Weichkorallen. Die Ursache für den Unterschied muß zunächst bei den maßgeblichen abiotischen Faktoren gesucht werden: Beleuchtung und Wasserbewegung. In einer Wassertiefe von 5 bis 10 m erbringen zooxanthellenhaltige Korallen ihre höchste Produktivität im Vertikalvergleich (z. B. Barnes & Taylor, 1973; Mergner & Svoboda, 1977; Svoboda, 1978). Selbst unter Berücksichtigung dessen, daß die Beleuchtung an den vier Testquadraten leicht differiert – die beiden nach NO gerichteten TQII und TQIV erhalten bei niedrigem Sonnenstand mehr streifendes Licht, die beiden nach SW gerichteten TQI und TQIII hingegen liegen steiler, was vor allem bei dem teilweise überhängenden TQIII bei hohem Sonnenstand zu einem ausgeprägten Licht-Schatten-Muster führt –, ist aus diesen Unterschieden allein keinesfalls die differierende Besiedlung abzuleiten. Mit Ausnahme von *Dendronephthya hemprichi* sind im übrigen alle bestandsbildenden Hydro-, Stein- und Weichkorallen mit Zooxanthellen assoziiert und daher prinzipiell gleichermaßen auf Licht angewiesen.

Hieraus ist zu schließen, daß die entscheidenden Einflußnahmen auf Artenzusammensetzung und Bestandsbildung in den vier Testarealen von der Wasserbewegung (und den hiervon abhängenden Parametern Temperatur, Sauerstoffgehalt, Planktonzufuhr und Sedimentation) ausgehen.

Das an der Außenseite des Sanganeb-Ostriffes gelegene Testareal IV ist am stärksten gegen den vorherrschenden Seegang aus Nordost exponiert. Dieser war im Untersuchungszeitraum mit einer durchschnittlichen Mindesthöhe von 1,1 m stärker als in allen anderen Testarealen. Dem entspricht auch die Besiedlungsstruktur der hier vorgefundenen Korallengemeinschaft: Wie an allen ähnlich stark exponierten Riffabschnitten in der Region um Port Sudan, etwa nach den Beobachtungen von Mergner in den Jahren 1975 und 1979 an der Nordostfront des North Towartit-Barriereriffes und des Wingate-Barriereriffes, überwiegen auch in Areal IV verzweigte Wuchsformen.

Unter den riffbildenden Cnidaria nehmen sie mit fast 300 Kolonien (von 480) auf 9,55 m<sup>2</sup> Bodenfläche (von 12,56 m<sup>2</sup>) einen Anteil von 72,7 % ein (von 95,5 %). Demgegenüber stellen nicht-riffbildende Cnidaria nur 140 Kolonien auf 0,61 m<sup>2</sup> mit einem Anteil von 4,7 %. Unter den verzweigten Steinkorallen fallen wiederum die großen Bestände geweihförmig wachsender *Acropora*-Arten auf (Abb. 6c, 10, 11h, 15). Allein *A. hemprichi* und *A. superba* bilden zusammen 70 Kolonien auf 4,14 m<sup>2</sup> Bodenfläche mit einem Anteil von 31,5 % aller Cnidaria dieses Areals. Untermischt sind die *Acropora*-Bestände mit nicht weniger als 90 Kolonien von *Pocillopora verrucosa* auf 2,1 m<sup>2</sup> mit einem Anteil von 15,8 % der Cnidaria (Abb. 11g). Aber auch die verzweigten *Millepora dichotoma* und *M. platyphylla* spielen mit zusammen 69 Kolonien auf 1,13 m<sup>2</sup> Fläche und 8,6 % Anteil noch eine wichtige Rolle.

Hinzuweisen ist auch auf eine Besonderheit des Steinkorallenbestandes in Testareal IV (Tab. 10): Von insgesamt 11 am Sanganeb-Atoll gesammelten *Acropora*-Arten kommen hier nicht weniger als 9 mit zusammen 107 Kolonien vor, aber von 10 *Montipora*-Arten nur 2 mit je zwei Kolonien. Das Verhältnis der Gattungsabundanz (Artenzahl × Koloniezahl) zwischen *Acropora* und *Montipora* beträgt also 963 : 4. Schon jetzt sei festgestellt, daß sich dieses Verhältnis am Testareal I mit seinem viel geringeren

Wasseraustausch umkehrt. Dieser Befund ist geradezu charakteristisch für den Steinkorallenbewuchs in Areal IV: Gegenüber den verzweigten Wuchsformen treten die krustenförmig wachsenden Arten mit insgesamt nur 115 Kolonien auf 1,41 m<sup>2</sup> Bodenfläche mit einem Anteil von 10,6 % aller Cnidaria und die massig wachsenden Arten mit nur 66 Kolonien auf 1,6 m<sup>2</sup> und einem Anteil von 12,2 % weit zurück.

Tab. 10. Vorkommen der 11 *Acropora*- und 10 *Montipora*-Arten in den vier Testarealen des Sanganeb-Atolls (mit Gattungsabundanz)

TQ-Nr.	I	II	III	IV	Mittelwert
<i>Acropora</i>					
Anzahl der Arten	3	5	6	9	5,75
Anzahl der Kolonien	6	24	25	107	40,5
Gattungsabundanz	18	120	150	963	312,75
<i>Montipora</i>					
Anzahl der Arten	8	8	4	2	5,5
Anzahl der Kolonien	26	33	17	2	19,5
Gattungsabundanz	208	264	68	4	136,0
<i>Acropora:Montipora</i>					
Gattungsabundanz	18:208	120:264	150:68	963:4	312,75:136,0

Offensichtlich begünstigt die starke Wasserbewegung in Testareal IV die raschwüchsigen *Acropora*-Arten durch ihren ausgiebigen Wasseraustausch, mit dem eine reichlichere Sauerstoff- und Nahrungsversorgung gewährleistet wird, aber auch ein rascherer Abtransport des anfallenden Sediments als an den anderen Untersuchungsstellen. Vom senkrecht hängenden Areal III abgesehen, in dem sich natürlich kein Sediment ansammeln kann, weist nämlich TQ IV mit nur 1,42 % Anteil am Gesamtareal die kleinsten Sand- und Feinschuttflächen auf. Dabei ist die Arealneigung mit durchschnittlich 32° gegenüber der anderer Areale (I und II je 62°, III über 90°) weitaus geringer und sollte daher noch am ehesten Sedimentablagerungen begünstigen. Insgesamt ist der Anteil unbelebter Substratflächen (abgestorbene Korallenstöcke, Korallenfelsflächen, Grobschutt und Feinsedimente) mit 10,97 m<sup>2</sup> = 43,9 % unter allen Arealen am geringsten und der des lebenden Bewuchses nach TQ II (57,6 %) mit 55,2 % am zweithöchsten. Beide Werte zusammengenommen sprechen dafür, daß in TQ IV die ökologischen Bedingungen für riffbildende Cnidaria besser sind als in den anderen Arealen. Entsprechend ist die Diversität riffbildender Hydro- und Hexakorallen hoch, die der Oktokorallen hingegen sehr gering (Tab. 7).

Auch Leitarten sind nur unter den verzweigten Steinkorallen zu finden: So erreichen in TQ IV die 9 Arten der Gattung *Acropora* zusammen 47,1 % des gesamten Cnidaria-Bestandes, darunter allein *A. superba* 24,3 %, und *Pocillopora verrucosa* fast 16 %. Diese beiden Steinkorallen treten als Leitarten klar hervor und spielen auch an anderen Riffabschnitten in der Umgebung von Port Sudan mit ähnlich intensiver, aber nur selten zerstörender Wasserbewegung eine bedeutende Rolle. So dominieren *A. superba* in 8 bis 12 m Tiefe am North Towartit-Barriereriff und *P. verrucosa* am Küsten-

saumriff unmittelbar nördlich des Hafens, wo gerade diese Art die Struktur der Riffkante über weite Strecken hinweg bestimmt.

Auch auf Entstehung und Umfang biophysiographischer Zonen übt die Intensität der Wasserbewegung entscheidenden Einfluß aus. Natürlich charakterisieren in Testareal IV die beiden dominierenden Leitarten *Acropora superba* und *Pocillopora verrucosa* auch eine entsprechende biophysiographische Zone. Jedoch müssen zusätzlich noch die beiden *Acropora*-Arten *corymbosa* und *hemprichi* mit einbezogen werden, um eine klar umgrenzte *Acropora-Pocillopora verrucosa*-Zone (Abb. 6c, 10 und 15) mit nunmehr zusammen 56 % Anteil am Gesamtbestand der Cnidaria zu erhalten.

Der hohe Anteil von *Pocillopora verrucosa* kennzeichnet stark brandungsexponierte Riffe ("rough water type" – Pichon, 1978b). Im sudanesischen Küstenbereich tritt diese Zone nur an besonders weit vorgelagerten Riffen (Sanganeb-Atoll, North Towartit-Barriereriff) auf, nach Beobachtungen von Mergner aus den Jahren 1975 und 1979 aber auch an vorspringenden Abschnitten des Küstensaumriffs nördlich der Hafeneinfahrt von Port Sudan. Von Head (1980), der weniger exponierte, küstennahe Riffe (vor allem das Harvey-Riff) untersucht hatte, wurde diese Zone nicht angetroffen. Nur in den rein ozeanischen Riffen der pazifischen Atolle findet sich eine Zone noch höherer Brandungsbelastung, hier werden Korallen durch einen Kalkalgenrücken ("algal ridge", hauptsächlich aus *Porolithon*) ersetzt.

Schließlich ist noch die Frage nach typischen Indikatorarten für bestimmte Wasserbewegungsfaktoren zu stellen. Wie schon erwähnt, können die geweihartigen Kolonien einiger *Acropora*-Arten, etwa von *A. hemprichi* und *A. superba*, als Indikatoren für einen ausgiebigen Wasseraustausch ohne zerstörerische Brandungsdrucke an exponierten Stellen des Riffhanges in 5 bis 15 m Tiefe gelten. Tatsächlich herrschen in diesen Riffregionen nur selten ruhige Pendelbewegungen, aber auch keine verheerenden Brandungsbrecher. Denselben Wuchstyp ("staghorn-corals") gehören *Acropora formosa* und *A. cervicornis* an, die im Pazifik bzw. in der Karibik die entsprechenden strömungs-exponierten Riffzonen beherrschen. Im Gegensatz zum Roten Meer können dort jedoch die "staghorn"-Bestände durch gelegentliche schwere Wirbelstürme zerstört werden (Stoddart, 1963; Maragos et al., 1973; Woodley et al., 1981).

Während also geweihförmig wachsende *Acropora*-Arten oft auf eine bestimmte Intensität der Wasserbewegung schließen lassen, sind als Indikatoren der Wasserbewegungsrichtung vor allem die fächerförmigen Kolonien von *Millepora dichotoma* bekannt geworden (u. a. Mergner, 1967, 1971, 1977; Mergner & Schuhmacher, 1974). Stets stehen sie mit ihrer Breitseite gegen die Hauptwasserbewegungsrichtung, unabhängig davon, ob diese von Rifflängsströmungen, auftreffenden Windwellen oder dem Brandungsrücklauf bestimmt wird. Daher zeigen sie auch an Tagen mit ruhiger Wasserbewegung deren Ausrichtung an. So bilden in Testareal IV Kolonien von *Millepora dichotoma* und mit Einschränkung auch von *M. platyphylla* eine mehrfach gestaffelte Barriere schräg durch die Testfläche und genau rechtwinkelig zur Nordnordostrichtung, aus der die Hauptwasserbewegung auftritt (Abb. 10).

In der Diskussion wurde zunächst die überragende Bedeutung der Wasserbewegung für die einzelnen Aspekte der Besiedlungsstruktur erkannt und am Beispiel des Testareals IV präzisiert. Damit lassen sich nun Vergleiche zu den entsprechenden Verhältnissen in den übrigen Testquadraten ziehen, zunächst zum anderen "Steinkorallenareal" II und anschließend zu den beiden "Weichkorallenarealen" I und III.

War Testareal IV auf dem östlichen Außenriff des Atolls am stärksten gegen die Hauptrichtung der Wasserbewegung aus NNO exponiert, so ist ihr Testareal II weit weniger ausgesetzt. Zwar ist seine Fläche auf dem südwestlichen Innenriff ebenfalls gegen Nordosten gerichtet, aber wegen der kurzen Anlaufstrecke innerhalb der Atollagune nur Windwellen mittlerer Höhe ausgesetzt. So betrug die Seegangshöhe während der Untersuchungszeit 1,05 m und dürfte in den Sommermonaten bei etwa der Hälfte liegen. Da das TQ II nicht so tief liegt wie TQ IV, unterliegt es im oberen Bereich teilweise noch einem vertikalen Wasseraustausch, obwohl Brandung und Brandungsrücklauf geringer als am TQ IV sind. Hinzu kommt eine kräftige Längsströmung, die durch die tiefe Westpassage des Atolls hindurch am Testareal entlang nach Südosten zieht. Diese Strömungssituation ist wiederum durch verzweigte *Acropora*-Kolonien charakterisiert, die sich bezeichnenderweise alle im obersten Bereich des Testquadrates befinden: 5 *Acropora*-Arten mit 7,4 % Anteil an der Cnidaria-Fläche, darunter allein 17 Kolonien von *A. hemprichi* mit 5,5 %. Daneben und darunter anschließend herrscht jedoch *Lobophyllia corymbosa* mit 82 Kolonien und 39 % Anteil an der Cnidaria-Fläche vor (Abb. 8, 11c und 13). Diese Art kennzeichnet Standorte mit meist kräftiger Längsströmung, wie seit Crossland (1938) und Mergner (1984) von den monospezifischen *Lobophyllia corymbosa*-Beständen ("harbour reefs") im Uferkanal zwischen der Biologischen Station von Al-Ghardaqa und den vorgelagerten Plattformriffen bekannt ist. In der unteren Hälfte des Sanganeb-Areals II überwiegen die drei *Porites*-Arten *lutea*, *solida* und sp. mit zusammen 80 Kolonien und 12,64 % Anteil am Cnidaria-Bewuchs. Dazu kommen innerhalb des Areals 33 *Millepora dichotoma*- und *M. platyphylla*-Kolonien mit zusammen 2,84 % Anteil.

Im Gegensatz zu Testareal IV, wo verzweigte Arten das beherrschende Element unter den riffbildenden Cnidariern darstellen, machen sie in TQ II mit 96 Kolonien (von 483) auf 2,55 m<sup>2</sup> Bodenfläche (von 12,54 m<sup>2</sup>) und 18,1 % Anteil nur etwa ein Fünftel der 87 % Riffbildner aus. Das weist auf einen schon herabgesetzten Vertikalaustausch der Wasserbewegung hin. Andererseits herrschen massig wachsende Arten vor, vor allem die Leitarten *Lobophyllia corymbosa* und *Porites* mit zusammen 293 Kolonien auf 8,59 m<sup>2</sup> und einem Anteil von 60,7 %. Sie wiederum belegen die Bedeutung der kräftigen Längsströmung für den horizontalen Wasseraustausch. Das wird auch durch die stets senkrechte Ausrichtung der *Millepora dichotoma*-Fächer unterstrichen, die auch hier ein guter Indikator für die Hauptrichtung der Wasserbewegung sind (Abb. 11d). Den weit überwiegenden riffbildenden Cnidaria stehen, ähnlich wie in TQ IV, sehr viel weniger Nichtriffbildner gegenüber, nämlich nur 169 Kolonien auf 1,62 m<sup>2</sup> Fläche, was 11,5 % Anteil an der Cnidaria-Fläche entspricht. Davon spielt lediglich *Xenia macropiculata* mit 127 Kolonien auf 1,2 m<sup>2</sup> und mit 8,5 % Anteil im unteren Bereich des Areals eine gewisse Rolle. Bezeichnend für den herabgesetzten vertikalen Wasseraustausch und seinen Ersatz durch horizontale Komponenten scheint auch das völlig umgekehrte Verhältnis zwischen *Acropora* und *Montipora* zu sein (Tab. 10), das sich mit 120 : 264 schon dem in TQ I annähert.

Im Verhältnis von Lebendbewuchs zu totem Substrat erweist sich Testareal II als ähnlich günstig wie TQ IV: 57,6 % der Fläche sind mit lebenden Kalkrotalgen, Porifereen, Cnidariern und Muscheln bewachsen, während 45,1 % unbelebten Substraten angehören. Vor allem in der unteren Arealhälfte machen toter Korallenfels und Grobschutt mit nur 38,83 % den geringsten Anteil von allen Arealen aus. Erst an der

Arealbasis sind mit 6,3 % Anteil auch Feinschutt und Sandflächen zu finden. Diese Befunde für Bewuchs und Substrat machen deutlich, daß auch von einer leicht herabgesetzten vertikalen, aber kräftigen horizontalen Wasserbewegung ausgehende Einflüsse für den Steinkorallenbewuchs immer noch günstig sind, nicht zuletzt auch für sein Dominieren über die nicht-riffbildenden Weichkorallen.

Diese Feststellung wird auch durch die zugehörigen Diversitätswerte belegt, die für Steinkorallen und Weichkorallen ähnlich weit auseinanderliegen wie bei TQ IV. Das verdeutlicht einerseits die Vergleichbarkeit der Lebensbedingungen in den Testarealen II und IV, andererseits den geringen Stellenwert der Weichkorallenbesiedlung in beiden Arealen gegenüber dem der Steinkorallen.

Auf die überragende Stellung von *Lobophyllia corymbosa* und einigen *Porites*-Arten wurde bereits hingewiesen. Sie zeigt sich in deren Auftreten als Leitarten entsprechender biophysographischer Zonen und, zumindest bei *Lobophyllia*, als Indikator für vorherrschende starke Längsströmung. Insgesamt erweist sich Testareal II im Vergleich mit TQ IV bei ausgiebigem Wasseraustausch als nahezu ähnlich günstig für riffbildende Steinkorallen, wenn auch deren Wuchsformen, Leitarten und Zonenbildner infolge der differierenden Wasserbewegungsformen andere als in TQ IV sind.

Deutlich abweichende Wasserbewegungsverhältnisse werden an den beiden "Weichkorallenarealen" I und III angetroffen, deren Front von der Hauptrichtung aus Nordnordost abgewandt und gegen Südsüdwest gerichtet ist:

So treten im Testareal I nur gelegentlich hohe Windwellen aus Südwesten und Brandungsbrecher mit starkem Rücklauf auf; meist überwiegt Riff längsströmung nach Südost bis Süd. Auch im Untersuchungszeitraum war der Seegang mit 0,65 m Höhe schwächer als an den übrigen Testarealen, und gelegentlich erwies sich die Südwestecke des Sanganeb-Atolls als der Bereich mit der ruhigsten Wasserbewegung. Das wird schon aus dem fast völligen Fehlen von Indikatorarten für vertikale Wasserbewegungsformen (wie Brandung und Brandungsrücklauf) offensichtlich: So bedeuten insgesamt 6 Kolonien von nur 3 *Acropora*-Arten für ein 25-m<sup>2</sup>-Testareal das Minimum, und selbst die im Brandungsbereich sonst weithin verbreitete *A. hemprichi* ist nur mit einer einzigen Kolonie vertreten.

Insgesamt bedecken in TQ I riffbildende Steinkorallen mit 322 Kolonien auf 5,29 m<sup>2</sup> und einem Anteil von 50,4 % nur noch reichlich die Hälfte der Cnidaria-Siedlungsfläche, während Weichkorallen mit 484 Kolonien auf 5,19 m<sup>2</sup> Fläche und mit 49,4 % Anteil fast ebenso stark vertreten sind. Die Bestände riffbildender und nicht-riffbildender Arten sind also in TQ I ausgeglichen. Unter den Riffbildnern finden sich wiederum, wie schon in TQ II, mehr massig wachsende als verzweigte Scleractinia, nämlich 210 Kolonien der massigen Wuchsform auf 2,83 m<sup>2</sup> mit einem Anteil von 27 % gegenüber 68 Kolonien der verzweigten Arten auf 1,92 m<sup>2</sup> mit 18,8 % Anteil.

Dazu fehlen wichtige Riffbildner aus Bereichen mit kräftiger Wasserbewegung völlig, wie etwa *Pocillopora verrucosa*, oder weitgehend, wie *Millepora dichotoma*. Dagegen kommt ein sicherer Anzeiger für Bereiche ruhiger Wasserbewegung, die zartgliedrig verzweigte *Seriatopora*, allein in diesem Testquadrat mit zwei Drittel aller in den vier Arealen festgestellten Kolonien vor. Auch andere, gleichermaßen ausgerichtete Indikatorarten sind in TQ I zahlreich vertreten: So stellen die beiden *Xenia*-Arten *macrospiculata* und *umbellata* zusammen mehr als die Hälfte aller Weichkorallen und bedecken 1/3 ihrer Grundfläche (Abb. 7, 11a, 12). *X. macrospiculata* bildet zugleich die

hauptsächliche Leitart des Areals mit 216 Kolonien auf 3,9 m<sup>2</sup> Fläche und einem Anteil von 37,1 % der Cnidaria-Fläche. Alle diese Befunde weisen auf eine gegenüber TQ IV und II geringere hydrodynamische Beanspruchung in Testareal I hin.

Auch im Verhältnis zwischen der Häufigkeit von *Acropora* und der von *Montipora* hat sich mit 18 : 208 gegenüber den beiden anderen Arealen eine weitere Verschiebung ergeben (Tab. 10). Ein zusätzlicher Hinweis auf die veränderten Lebensbedingungen infolge der spezifischen Wasserbewegungsverhältnisse in Testareal I ist das ungünstigere Verhältnis zwischen lebender Bedeckung und unbelebtem Substrat: Obwohl die Zahl der Kolonien und lebenden Bewuchsflächen mit 972 unter allen Arealen am höchsten ist (darunter auch die Cnidaria mit 847 Kolonien), ist ihr Anteil mit 11,72 m<sup>2</sup> und knapp 47 % der Gesamtfläche doch der geringste. Das bedeutet durchschnittlich kleinere Einzelflächen pro Kolonie, offensichtlich als Folge verschlechterter Lebensbedingungen. Als Ursachen werden verringerter Wasseraustausch, Sedimentationsbelastung und auch Überwachsen durch *Xenia*-Kolonien angesehen. Dementsprechend größer ist der Anteil des unbelebten Substrates: Mit 13,33 m<sup>2</sup> und 53,33 % übertrifft er den aller anderen Areale. An den toten Flächen sind Korallenfels und Grobschutt mit 45,73 % sowie Feinschutt und Sand mit 7,6 % beteiligt. Beide Anteile stellen wiederum Höchstwerte dar.

Die große Anzahl von Kolonien (847) und Arten (68) in Testareal I sollte für die Cnidaria insgesamt eine hohe Diversität ergeben (Tab. 7). Tatsächlich ist der Index *H'* mit 3,19 auch der höchste unter allen Arealen. Vielleicht wird hiervon sogar die Bildung biophysigraphischer Zonen beeinflusst; denn trotz eines umfangreichen Bestandes von 216 Kolonien auf 3,9 m<sup>2</sup> und eines Anteils von immerhin 37,1 % an der Siedlungsfläche der Cnidaria formiert *Xenia macrospiculata* doch keine klar umgrenzte und in sich homogene Zone (Abb. 12).

Auch am zweiten "Weichkorallenareal", Testareal III, erscheint der Wasseraustausch insgesamt reduziert. Zwar laufen bei hohem Seegang von der Riffaußenseite her größere Windwellen über das Riffdach und erzeugen am Innenriff oberhalb des Testquadrats vertikale Pendelbewegungen. Doch liegt dieses mit 9,25 m mittlerer Tiefe so weit darunter, daß nur seine obersten Teile von der verstärkten Wasserbewegung profitieren. Tatsächlich finden sich dort auch nahezu alle *Millepora dichotoma*-Fächer und die meisten der 25 *Acropora*-Kolonien von 6 Arten, darunter vor allem sämtliche 8 *A. hemprichi*-Kolonien (auf 0,97 m<sup>2</sup> und fast 8 % der Cnidaria-Siedlungsfläche). Beide Arten können stets als Indikator kräftiger vertikaler Wasserbewegung dienen, *Millepora* außerdem noch deren Hauptrichtung anzeigen.

Noch klarer als in Testareal I dominieren in TQ III die Weichkorallen (Abb. 9 und 14). Dies spricht für das Vorherrschen meist ruhiger Strömungsbewegung. Während hier von den riffbildenden Cnidaria, in erster Linie den Scleractinia, nur 207 Kolonien auf 4,3 m<sup>2</sup> mit einem Anteil von 35,0 % an der Siedlungsfläche aller Cnidaria festgestellt werden können, sind es bei den nichtriffbildenden Arten, zumeist Alcyonaria, 323 Kolonien auf fast 8 m<sup>2</sup> mit nahezu 65 % Anteil, also knapp doppelt so viele. Allein die wichtigste Leitart, die Alcyonarie *Sinularia polydactyla*, nimmt mit 123 Kolonien auf 4,1 m<sup>2</sup> und 33 % Anteil die Hälfte der von Weichkorallen bedeckten Fläche ein. Zusammen mit den beiden anderen häufigen Arten *S. leptocladus* und *S. notanda* besiedelt sie sogar 44 % (Abb. 11e). Gemeinsam mit der zweiten Leitart, *Dendronephthya hemprichi*, stellen diese vier Arten insgesamt 200 Kolonien auf 6,7 m<sup>2</sup> und einen Anteil von fast

54 % aller Cnidaria. Weichkorallen erreichen in diesem Areal ihre höchste Diversität von allen (Tab. 7).

Das Auftreten von *Dendronephthya hemprichi* an einem seichten, voll belichteten Standort ist ungewöhnlich. Die azooxanthellaten (zooxanthellenfreien) *Dendronephthya*-Arten finden sich gewöhnlich in Schattenbereichen, in geringer Tiefe unter Überhängen und im tieferen Vorriff auch freistehend. Der in TQ III vorgefundene *Dendronephthya*-Bestand dürfte demnach einen metastabilen Zustand darstellen. Unabhängig von seiner Entstehung verdankt er seinen Erhalt höchstwahrscheinlich den vergleichsweise guten Ernährungsbedingungen an diesem Standort. Dieser erlaubt nämlich den ausschließlich heterotrophen Kolonien das Plankton aufzufangen, das nachts vom Riffdach aufsteigt und herangeschwemmt wird. Die Kolonien, die verzweigten Schläuchen ähneln, ragen dann weit in den freien Wasserraum hinaus. Tagsüber hängen sie hingegen schlaff herab, schatten den Korallenfelsuntergrund ab und verhindern das Aufwachsen von zooxanthellaten Raumkonkurrenten.

Unter den Steinkorallen sind die Wuchsformen ziemlich gleichmäßig verteilt: So treffen auf verzweigte Arten 48 Kolonien auf 1,6 m<sup>2</sup> Fläche mit einem Anteil von etwa 13 % an der Cnidaria-Fläche, auf krustenförmige Arten 60 Kolonien mit 1,27 m<sup>2</sup> Fläche und 10,3 % Anteil und auf massig wachsende Arten 99 Kolonien mit 1,4 m<sup>2</sup> Fläche und 10,4 % Anteil. Auch das Verhältnis *Acropora* zu *Montipora* (Tab. 10) ist mit 150:68 ausgeglichener als in den anderen Testarealen, vor allem in I und IV, und daher nicht so aussagekräftig.

Das gleiche gilt für das Verhältnis von lebenden Bewuchsflächen zu unbelebtem Substrat: Lebendbewuchs bedeckt mit 764 Einzelflächen und Kolonien, darunter nur 530 der Cnidaria, aber 149 der Porifera (beide Zahlen stellen Extremwerte dar), rund 13 m<sup>2</sup> und damit einen Anteil von 52,2 %. Ihnen stehen an unbelebtem Substrat 11,3 m<sup>2</sup> mit einem Anteil von 45,3 % gegenüber. Diese Fläche besteht ausschließlich aus Korallenfels, da sich in der teilweise überhängenden Wand Schutt und Sand natürlich nicht ansammeln können.

Faßt man die Ergebnisse noch einmal zusammen, so erscheinen die Innen- und Außenriffe auf den ersten Blick bemerkenswert ähnlich: Die Cnidaria-Bedeckung schwankt nur zwischen 42,4 und 56,6 %, und die Diversitätswerte liegen zwischen  $H' = 2,34$  und  $2,77$  beieinander. Die detaillierte quantitative Analyse ermöglicht jedoch eine genauere Auflösung dieses zunächst groben und daher unscharfen Bildes.

Differenziert in Hydro-, Stein- und Weichkorallen, ergeben sich nämlich aufschlußreiche Unterschiede: Bedeckungsrate und Diversität der hermatypischen (riffbildenden) Formen sind auf den hydrodynamisch exponierten Riffseiten deutlich größer als auf den geschützten Seiten. Dieser Befund stimmt mit dem Ergebnis der Computer-Simulation des Wirkungsspektrums abiotischer Faktoren in einem idealisierten Riff (Chappell, 1980) überein. Gleichzeitig bestätigen das zahlenmäßige Dominieren und die größere Diversität der Weichkorallen in hydrodynamisch geschützten Riffpartien die entsprechenden Aussagen von Schuhmacher (1975) und Dinesen (1983). Zu den wenigen Arbeiten zur Riffbesiedlung, die neben Steinkorallen auch Weichkorallen berücksichtigen, gehört die Untersuchung von 8 Vorriffabschnitten an der Nordwestküste des Golfes von Aqaba (Benayahu & Loya, 1977). Die Bedeckungsraten von Stein- und Weichkorallen wie auch das zugrunde liegende hydrodynamische Regime sind dort nicht so unterschiedlich ausgeprägt wie am Sanganeb-Atoll, weswegen wohl auch

der ursächliche Zusammenhang beider Erscheinungen in dieser Arbeit nicht zum Ausdruck kommt.

Die im wesentlichen hydrodynamisch begründete unterschiedliche Besiedlung durch Stein- und Weichkorallen zieht letztlich noch weitergehende Folgerungen nach sich: Da zum Riffwachstum definitionsgemäß nur hermatypische Formen beitragen, folgt hieraus, daß sich der Riffring des Sanganeb-Atolls gegen die vorherrschende Windrichtung verbreitern sollte. Diese Schlußfolgerung steht im Gegensatz zu Angaben von Davies & Kinsey (1977), die am One Tree-Reef (ein atollähnliches Plattformriff im südlichen Großen Barriereriff) eine Ansammlung von Kalk vornehmlich auf der Lee-seite, vor allem in der Lagune, festgestellt haben. Welchen Anteil hierbei Sedimente, die über das Riff gespült werden, haben, bleibt an beiden Orten noch zu untersuchen. Eine generalisierende Aussage zum bevorzugten lateralen Wachstum ozeanischer Riffe scheint demnach noch nicht möglich.

Die vorgelegte quantitative Auswertung der Testquadrate ist bei weitem nicht erschöpfend; sie soll vielmehr zunächst die charakteristischen Grundzüge der Besiedlungsgemeinschaften an den vier Riffhängen des einzigen Atolls im Roten Meer darstellen. Weitere Analysen des Karten- und Tabellenmaterials zu speziellen Aspekten der Besiedlungsstrukturen – insbesondere eine Vertiefung der statistischen Auswertung und deren Diskussion vor dem Hintergrund der vorliegenden biophysographischen Erfassung – werden noch folgen. Darüber hinaus kann das vorgelegte Material als Grundlage für populationsdynamische Untersuchungen über die Zeit hinweg dienen. Schließlich sind die mit der Quadratmethode gewonnenen Daten sehr gut für den Vergleich von Korallengemeinschaften verschiedener geographischer und topographischer Lagen geeignet. Dafür wird im II. Teil der Gesamtarbeit (Schuhmacher & Mergner, 1985) zum ersten Mal ein Beispiel vorgelegt.

*Danksagungen.* Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung unseres Sanganeb-Projektes, unseren beiden Mitarbeitern cand. rer. nat. F. Nobbe und L. Schillak (Ruhr-Universität Bochum) für ihren unermüdlichen Einsatz bei den Vor- und Nachbereitungen der Forschungsreise, bei der Erfassung der ökologischen Daten, beim Aufsammeln der Belegstücke und bei der täglichen Wartung und Instandhaltung des Gerätes sowie den sudanesischen Dienststellen für die Förderung unserer Untersuchungen, insbesondere dem National Council for Research and Technical Development für die Genehmigung des Forschungsprojektes und der erforderlichen Aufsammlungen, und dem Survey Department, Khartoum, für die Abgabe einer Anzahl von Luftbildern der interessierenden Riffregion und die Erlaubnis zu ihrer Veröffentlichung. Besonderer Dank gebührt dem Direktor des Institute of Oceanography Port Sudan, Professor Dr. J. Schroeder, und den Institutsangehörigen für ihre Hilfe bei den Zollformalitäten, bei der praktischen Durchführung des Projektes und der Ausstattung mit zusätzlich erforderlichem Gerät sowie der Besatzung des Sanganeb-Leuchtturmes für ihre freundliche Aufnahme und Gastlichkeit. Bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse haben in dankenswerter Weise vor allem Herr H. Löseke durch Erfassen des Datenmaterials in Tabellenform, cand. rer. nat. B. Dittrich durch Berechnen der Diversitätsindices und Herr J. Rawlinson durch Herstellen der Photounderlagen mitgewirkt. Unser herzlicher Dank gilt Herrn F. Theissen für die mit großer Sorgfalt und außerordentlichem Einfühlungsvermögen angefertigten Schwarzweiß-Zeichnungen der Besiedlungsstruktur und Farbpläne der Artenvielfalt in den Testarealen. Schließlich möchten wir den Kollegen unseren besonderen Dank aussprechen, die taxonomisch schwierige Belegexemplare bestimmten bzw. unsere Determinationen überprüfen: Dr. J. Verseveldt (Alcyonaria), Dr. G. Scheer und Dr. M. Wijsman-Best (Scleractinia). Die Herstellung der Farbdrucke wurde aus Titel 54794, RUB, finanziert.

## LITERATUR

- Barnes, D. J. & Taylor, D. L., 1973. In situ studies of calcification and photosynthetic carbon fixation in the coral *Montastrea annularis*. – Helgoländer wiss. Meeresunters. *24*, 284–291.
- Barnes, J., Bellamy, D. J., Jones, D. J., Whitton, B. A., Drew, E. A., Kenyon, L., Lythgoe, J. N. & Rosen, B. R., 1971. Morphology and ecology of the reef front of Aldabra. – Symp. zool. Soc. Lond. *28*, 87–114.
- 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 hard-bottom benthic communities. – Bull. mar. Sci. *29*, 241–252.
- Bouchon, C., 1981. Quantitative study of the scleractinian coral communities of a fringing reef of Réunion Island. – Mar. Ecol. Prog. Ser. *4*, 273–288.
- Bradbury, R. H. & Young, P. C., 1981. The effects of a major forcing function, wave energy, on a coral reef ecosystem. – Mar. Ecol. Prog. Ser. *5*, 229–241.
- Braithwaite, C. J. R., 1982. Patterns of accretion of reefs in the Sudanese Red Sea. – Mar. Geol. *46*, 297–325.
- Chappell, J., 1980. Coral morphology, diversity and reef growth. – Nature, Lond. *286*, 249–252.
- Cloud, P. E., 1957. Nature and origin of atolls. – Proc. 8th Pacif. Sci. Congr. *3a*, 1009–1036.
- Crossland, C., 1907. Reports on the marine biology of the Sudanese Red Sea. IV. The recent history of the coral reefs of the mid-west shores of the Red Sea. – J. Linn. Soc. *31*, 14–30.
- Crossland, C., 1911. Reports on the marine biology of the Sudanese Red Sea. XVIII. A physical description of Khor Dongonab, Red Sea. – J. Linn. Soc. *31*, 265–286.
- Crossland, C., 1913. Desert and water gardens of the Red Sea. Univ. Press Cambridge, 158 pp.
- Dahl, A. L., 1973. Surface area in ecological analysis: quantification of benthic coral-reef algae. – Mar. Biol. *23*, 239–249.
- Darwin, C., 1842. The structure and distribution of coral reefs. Smith, Elder & Co., London, 214 pp.
- Davies, P. J. & Kinsey, D. W., 1977. Holocene reef growth – One Tree Island, Great Barrier Reef. – Mar. Geol. *24*, M1–M11.
- Dinesen, Z. D., 1983. Patterns in the distribution of soft corals across the central Great Barrier Reef. – Coral Reefs *1*, 229–236.
- Girdler, R. W., 1969. The Red Sea – a geophysical background. In: Hot brines and recent heavy metal deposits in the Red Sea. Ed. by E. T. Degens & D. A. Ross. Springer, Heidelberg, 38–58.
- Gohar, H. A. F., 1954. The place of the Red Sea between the Indian Ocean and the Mediterranean. – Hidrobiol. Publ. Fak. Sci. Univ. Istanbul (B) *2*, 47–82.
- Handbuch für das Rote Meer und den Golf von Aden, 1963. Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg, 2034, 1–569.
- Head, S. M., 1980. The ecology of corals in the Sudanese Red Sea. Thesis, Cambridge Univ., 471 pp.
- Hiatt, R. W., 1957. Factors affecting the distribution of corals on the reefs of Arno Atoll, Marshall Islands. – Proc. 8th Pacif. Sci. Congr. *3 A*, 929–970.
- Klunzinger, C. B., 1879. Die Korallthiere des Rothen Meeres. 2: Die Steinkorallen. 1. Die Madreporaceen und Oculinaceen. Gutmann, Berlin, 88 pp.
- Krenkel, E., 1925. Geologie Afrikas. 1: Geologie und Bodenschätze Afrikas. Borntraeger, Berlin, 471 pp.
- Kühlmann, D. H. H., 1983. Composition and ecology of deep-water coral associations. – Helgoländer Meeresunters. *36*, 183–204.
- Littler, M. M., 1971. Standing stock measurements of crustose coralline algae (Rhodophyta) and other saxicolous organisms. – J. exp. mar. Biol. Ecol. *6*, 91–99.
- Maragos, J. E., Baines, G. B. K. & Beveridge, P. J., 1973. Tropical cyclone Bebe creates a new formation on Funafuti Atoll. – Science, N. Y. *181*, 1161–1164.
- Marshall, P., 1931. Coral reefs – rough water and calm water types. – Rep. Gt Barrier Reef Comm. *8*, 64–72.
- McNeil, F. S., 1972. Physical and biological aspects of atolls in the northern Marshalls. – Proc. Symp. Corals and Coral Reefs *1969*, 507–567.

- Mergner, H., 1967. Über den Hydroidenbewuchs einiger Korallenriffe des Roten Meeres. – Z. Morph. Ökol. Tiere 60, 35–104.
- Mergner, H., 1971. Structure, ecology and zonation of Red Sea coral reefs (in comparison with South Indian and Jamaican reefs). – Symp. zool. Soc. Lond. 28, 141–161.
- Mergner, H., 1977. Hydroids as indicator species for ecological parameters in Caribbean and Red Sea coral reefs. – Proc. 3rd int. Coral Reef Symp., Miami 1, 119–125.
- Mergner, H., 1979. Quantitative ökologische Analyse eines Rifflagunenareals bei Aqaba (Golf von Aqaba, Rotes Meer). – Helgoländer wiss. Meeresunters. 32, 476–507.
- Mergner, H., 1984. The ecological research on coral reefs of the Red Sea. – Deep Sea Res. (A) 31, 855–884.
- Mergner, H., 1985. Initial recolonization of Funafuti Atoll coral reefs devastated by hurricane „Bebe“. – Atoll Res. Bull. 284, 1–30.
- 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. & Schuhmacher, H., 1981. Quantitative Analyse der Korallenbesiedlung eines Vorriffareals bei Aqaba (Rotes Meer). – Helgoländer Meeresunters. 34, 337–354.
- 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.
- Molengraaf, G. A. F., 1930. The coral reefs in the East Indian Archipelago, their distribution and mode of development. – Proc. 4th Pacif. Sci. Congr. 2a, 55–89.
- Nawab, Z. A., 1984. Red Sea mining: A new era. – Deep-Sea Res. (A) 31, 813–822.
- Pichon, M., 1978a. 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.
- Pichon, M., 1978b. Recherches sur les peuplements à dominance d'anthozoaires dans les récifs coralliens de Tuléar (Madagascar). – Atoll Res. Bull. 222, 1–447.
- Pielou, E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. – J. theor. Biol. 13, 131–144.
- Purdy, E. G., 1974. Reef configurations: Cause and effect. – SEPM Spec. Publ. 18, 9–76.
- Scheer, G., 1964. Bemerkenswerte Korallen aus dem Roten Meer. – Senckenberg. biol. 45, 612–620.
- Scheer, G., 1984. The distribution of reef-corals in the Indian Ocean with a historical review of its investigation. – Deep Sea Res. (A) 31, 885–900.
- Scheer, G. & Pillai, C. S. G., 1983. Report on the stony corals from the Red Sea. – Zoologica, Stuttgart 133, 1–198.
- Schilling, J. G., 1969. Red Sea floor origin: rare-earth evidence. – Science, N. Y. 165, 1357–1360.
- Schuhmacher, H., 1975. Die Rolle der Weichkorallen (Alcyonacea, Octocorallia) innerhalb der Riffbiozöosen des Roten Meeres und des australischen Großen Barriereriffs. – Verh. dt. zool. Ges. 67, 380–384.
- Schuhmacher, H. & Mergner, H., 1985. Quantitative Analyse von Korallengemeinschaften des Sanganeb-Atolls (mittleres Rotes Meer) – II. Vergleich mit einem Riffareal bei Aqaba (nördliches Rotes Meer) am Nordrande des indopazifischen Riffgürtels. – Helgoländer Meeresunters. 39, 419–440.
- Stoddart, D. R., 1963. Effects of hurricane Hattie on the British Honduras reefs and cays, October 30–31, 1961. – Atoll Res. Bull. 95, 1–142.
- Stoddart, D. R., 1969. Ecology and morphology of recent coral reefs. – Biol. Rev. 44, 433–498.
- 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.
- Vine, P. J. & Vine, M. P., 1980. Ecology of Sudanese coral reefs with particular reference to reef morphology and distribution of fishes. – Proc. Symp. Coastal and Marine Environment of the Red Sea, Gulf of Aden and Tropical Western Indian Ocean, Khartoum 1, 88–140.
- Weinberg, S., 1981. A comparison of coral reef survey methods. – Bijdr. Dierk. 51, 199–218.
- Wells, J. W., 1954. Recent corals of the Marshall Islands. – Prof. Pap. U.S. geol. Surv. 260-I, 385–486.
- Wells, J. W., 1957. Coral reefs. – Mem. Geol. Soc. Am. 67, 600–631.
- Wong, K. H. W. & Degens, E. T., 1980. The Red Sea and the Gulf of Aden: a review. – Proc. Symp. Coastal and Marine Environment of the Red Sea, Gulf of Aden and Tropical Western Indian Ocean, Khartoum 3, 213–266.

Wood-Jones, F., 1910. Coral and atolls. Reeve, London, 392 pp.

Woodley, J. D. et al., 1981. Hurricane Allen's impact on Jamaican coral reefs. – Science, N. Y. 214, 749–755.

### ERRATA

(Farbtafeln und Legenden)

In allen Legenden muß in den Farbkästchen für Porifera nur P (nicht Po) stehen.

Die wechselnde Verwendung schwarzer oder weißer Artnummern in den Legenden und Kartenplänen je nach Untergrund ist in jedem Fall gleichrangig.

In den Legenden fehlen einzelne Artnummern, die als Artflächen in den Kartenplänen ausgewiesen, aber nicht in Tabelle 3 enthalten sind, so: in Legende zu Abb. 12 Nr. 61 (in Einzelquadrat IIIc, Mitte links); in Legende zu Abb. 13 Nr. 67 (in Ic und IVb, unten rechts); in Legende zu Abb. 14 Nr. 117 (in IIe, oben Mitte); in Legende zu Abb. 15 Nr. 103 (in Ie, unten links), Nr. 106 (in IIIa, oben Mitte).

In Kartenplänen fehlen einzelne Artflächen, die in den Legenden und in Tabelle 3 aufgeführt sind, so: auf Karte zu Abb. 13 Nr. 117; auf Karte zu Abb. 15 Nr. 124 (als Linie entlang Grenze III/IVe vorhanden, aber nicht farbig ausgeführt).

In Kartenplänen unvollständige oder falsche Darstellung einzelner Artflächen, so auf Karte zu Abb. 13: Auf Artfläche 12 in Ib/c, Mitte, fehlt rote Punktierung; auf Karte zu Abb. 15: Um Artfläche 119 in Ve, unten rechts, fehlt der dunkelviolette Rand; auf Artfläche 37 in Ib, unten links, fehlt die Artnummer 37; Artfläche 36 in IIc, Mitte links, muß die Artnummer 34 erhalten; Artflächen 4 in Ia, unten links; IIa, oben Mitte, und Va, oben links, sind blau mit schwarzer Punktierung, in der Legende jedoch mit weißer Punktierung dargestellt.