

Studie zum Zustand der Riffe in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Ägypten

Durchgeführt von Reef Check e.V.

Im Auftrag von SUBEX Red Sea Diving Centers

Mit Unterstützung durch Mövenpick Resort El Quseir

Im Oktober 2005



MÖVENPICK
Hotels & Resorts

Durchgeführt von:

Dr. Georg Heiss
(Leitung)

Dr. Marc Kochzius

Dipl.-Biologe Christian Alter

M.Sc. Cornelia Roder

Reef Check e.V.

Wachmannstr. 25

28209 Bremen

Fax: 030-484981805

E-mail: info@reefcheck.de

<http://www.reefcheck.de>

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	5
2. Zusammenfassung.....	7
3. Ziel der Studie	9
4. Einleitung.....	10
4.1. Riffnutzen.....	10
4.2. Riffbedrohungen	10
4.2.1. Globaler Klimawandel.....	10
4.2.2. Krankheiten und Plagen.....	10
4.2.3. Schiffstransport, Erdöl und andere Kohlenwasserstoffe	10
4.2.4. Küstenentwicklung.....	11
4.3. Umweltschutzaktivitäten in Ägypten.....	13
4.3.1. Regierungsmaßnahmen Ägyptens	13
4.3.2. Nichtregierungsaktivitäten.....	13
4.4. Studie über den Zustand der Riffe der El Quadim-Bucht.....	13
4.5. Arbeitsgebiet	14
5. Ergebnisse	16
5.1. Reef Check – Surveys	16
5.1.1. Methoden – Reef Check – Surveys	16
5.1.2. Ergebnisse - Reef Check – Surveys.....	22
5.2. Diversität der Fischfauna.....	26
5.2.1. Methoden – Unterwasserzählung.....	26
5.2.2. Statistische Analysen.....	26
5.2.3. Ergebnisse – Fischfauna	27
5.2.4. Diskussion – Fischfauna	29
5.3. Diversität der Korallenfauna.....	31
5.3.1. Korallengemeinschaften.....	31
5.3.2. Methoden – Korallenfauna.....	32
5.3.3. Ergebnisse – Korallenfauna	33
5.3.4. Diskussion – Korallenfauna	41
6. Diskussion	42
6.1. Natürliche Einflussfaktoren	42
6.1.1. Sedimenteintrag	42
6.1.2. Natürliche Fraßfeinde.....	42
6.2. Einfluss von menschlichen Aktivitäten.....	42
6.2.1. Küstenentwicklung.....	42

6.2.2.	Fischerei	44
6.2.3.	Ankergebrauch	44
6.2.4.	Direkter Einfluss des Tourismus	44
7.	Empfehlungen	47
8.	Anhang	48
8.1.	Phototafeln	48
8.2.	Datentabellen	58
9.	Danksagung	67
10.	Literatur	67

Abkürzungen

EEAA – Egyptian Environmental Affairs Agency (Umweltbehörde der ägyptischen Regierung)

HEPCA – Hurgada Environmental Protection and Conservation Association

NRO – Nichtregierungsorganisation

RC – Reef Check

SCUBA – Self-Contained Underwater-Breathing Apparatus

1. Vorwort

Der deutsche Arzt und Naturwissenschaftler Carl Benjamin Klunzinger (1834 – 1914) erforschte während seiner Stationierung als Sanitätsarzt in El Quseir ab 1864 insgesamt 8 Jahre lang die Korallenriffe der Region.

Die Ergebnisse und Veröffentlichungen seiner Untersuchungen in El Quseir über Korallen, Krebse und Fische und auch über Dugongs sind noch heute maßgebliche Standardwerke für Systematiker und Ökologen, vor allem aber für Meeresbiologen.

Was er damals mit seinen bescheidenen Mitteln erforschte, entdeckte und detailliert beschrieb, legte den Grundstein zur Erforschung „der Auswirkungen des Zusammenlebens von Lebewesen im Korallenriff“. Er befasste sich als Erster auf wissenschaftlicher Basis mit der Thematik „Ökologie der Korallenriffe“ und gilt zu Recht als der Begründer der „deskriptiven Riffökologie“.

Wie jeden Naturwissenschaftler trieb ihn die Neugier an, mehr zu wissen und die vielfältigen Zusammenhänge zu erkennen, um so ein klein wenig mehr vom Wunder Korallenriff zu verstehen.

Er beobachtete, skizzierte, malte und beschrieb die Vielfalt, Farbenpracht und Einzigartigkeit von Korallen sowie die darin und darum existierenden Lebewesen. Unikate davon sind noch heute in vielen Museen in Europa, darunter auch im Staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart, der Heimat und dem späteren Arbeitsplatz von Carl Benjamin Klunzinger, zu sehen.

Das Wissen um die Ökologie der Korallenriffe wurde dadurch von El Quseir aus in die Welt exportiert.

Was damals noch niemand erahnen konnte: heute ist es umgekehrt! Anstelle des Exportes von Wissen um die Korallenriffe, findet, ökonomisch betrachtet, ein Import statt. Die Faszination der Korallenriffe lockt Millionen von Urlaubern ans Rote Meer. Der Bade-, Schnorchel- und Tauchtourismus hat sich in den vergangenen Jahren zu einer Haupteinnahmequelle der Republik Ägypten entwickelt. Die Korallenriffe sind damit ein erheblicher wirtschaftlicher Faktor.

Den ökonomischen Zweck mit dem ökologischen Wert des Korallenriffes in Einklang zu bringen und langfristig zu erhalten, das war die Anforderung, die sich die Investoren und Betreiber für ihre Anlage in der El Quadim-Bucht in El Quseir selbst auferlegt haben.

Als das Projekt Ende der 80er Jahre lanciert wurde, waren sich die drei Partner einig: Hotel Serena Beach Company als Investor, Mövenpick Hotels International als Resort-Manager und SUBEX als Tauchbasis setzten sich zum Ziel, das Projekt und das Betreiben der Anlage solle wirtschaftlich erfolgreich sein und gleichzeitig die vorhandenen natürlichen Ressourcen schützen und erhalten. Dieses von allen Partnern mitgetragene Ziel ermöglichte es uns von SUBEX, den Tauchbetrieb von Beginn an so zu organisieren, dass es dem Erhalt der Bucht und des Hausriffs der El Quadim-Bucht diene.

Nach 10-jähriger Betriebszeit wollten wir wissen, ob wir unser selbst auferlegtes Ziel, die nachhaltige Nutzung der Korallenriffe in der El Quadim-Bucht, durch unser Bade-, Schnorchel- und Tauchresort erreicht haben.

Deshalb haben wir diese Studie in Auftrag gegeben, welche auf der Grundlage von wissenschaftlich nachprüfbaren und weltweit vergleichbaren Daten den aktuellen Zustand „unseres“ Korallenriffs in der El Quadim-Bucht festhält.

Die vorliegende Studie gibt neben vielen äußerst interessanten Beobachtungen auch darüber Auskunft, ob es uns gelungen ist, das Wissen um die Wichtigkeit der Ökologie von Korallenriffen in Einklang mit der Ökonomie des Tourismus zu bringen.

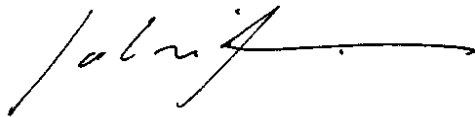
Die Studie richtet sich gleichermaßen an Urlauber, Schnorchler, Taucher, Resort-Manager, Investoren, Tourismusunternehmen, Tauchsportorganisationen, kommunale und nationale Behörden, Fachzeitschriften sowie nationale und internationale Umweltschutzorganisationen.

Kurz, sie richtet sich an all diejenigen, die ein Interesse daran haben, die Korallenriffe nachhaltig zu nutzen und somit als ökologisch intakten Lebensraum auch für nachfolgende Generationen zu erhalten.

Denn für uns alle gilt:

Was ich der Unterwasserwelt gebe, gibt sie mir auch zurück.

In dem Sinne danke ich Euch im Voraus für die Aufmerksamkeit an dieser Studie.



Johann Vifian

Director / Associate SUBEX Red Sea Diving Centers



El Quseir, im Dezember 2005

2. Zusammenfassung

Der Tourismussektor vieler Länder profitiert von der natürlichen Schönheit ihrer Strände und Korallenriffe, welche immer mehr Besucher anlocken. Die stetig steigende Anzahl Touristen birgt jedoch auch Gefahren für die Umwelt. Die Entwicklung von Küstengebieten geht einher mit dem Bau von Strassen, Flughäfen und Hotels, Klär- und Entsalzungsanlagen, Strandaufschüttungen, vermehrter Fischerei, sowie Müll- und Schadstoffproduktion. Auch die Touristen an sich können eine Bedrohung für diese sensiblen Ökosysteme bedeuten. Schwimmer, Schnorchler und Taucher verursachen oftmals lokale Schäden am Riff durch Trampeln auf dem Riffdach oder das mutwillige oder versehentliche Abbrechen von Korallen. So können Riffe, die häufig betaucht werden, durch Beschädigung an Attraktivität verlieren, was einen Rückgang des Tourismus zur Folge haben kann. Die Einnahmequelle Riff speziell für den Tauchtourismus zu nutzen, ohne ihr dabei in irreversiblen Maße zu schaden, ist die Grundlage für nachhaltigen und tragfähigen Tourismus.

Die vorliegende Studie zum Zustand der Riffe in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Ägypten wurde von der Tauchbasis SUBEX in Auftrag gegeben und im Oktober 2005 von Reef Check e.V. durchgeführt. Die Tauchbasis ist an das „Green Globe“ zertifizierte Mövenpick Resort El Quseir angeschlossen, das die Durchführung der Studie unterstützt hat. Die Untersuchungen wurden in zwei unterschiedliche Komponenten aufgeteilt, um die momentane Beschaffenheit der Riffe der Bucht zu erfassen: Grundlagenbegutachtungen wurden mit Reef Check - Methoden durchgeführt, die Basisdaten über Indikatorarten, Substratbeschaffenheit und allgemeine Riffqualität im Hinblick auf Verschmutzung, Beschädigung und Krankheiten erfassen. Detaillierte Begutachtungen der Fisch- und Korallenfauna wurden ausgeführt, um Aufschluss über die Diversität und die Strukturen der verschiedenen Riffpopulationen zu geben und Vergleiche zu anderen Riffgebieten zu ermöglichen.

Es galt, den Einfluss menschlicher Aktivitäten, besonders der Tauchaktivitäten, auf die Riffgemeinschaft zu bewerten. Die in vier Sektoren installierten und untersuchten Transekte werden zukünftig als dauerhafte Überwachungsstationen dienen und die gewonnenen Daten sollen die Grundlage für ein von der Tauchbasis selbstständig weitergeführtes Beobachtungsprogramm stellen. Anhand der Ergebnisse wurden Empfehlungen und Verbesserungsvorschläge für das Management der Tauchbasis erarbeitet.

Die Riffe der El Quadim-Bucht sind ökologisch gesehen in einem guten Zustand. Der Tauchtourismus stellt derzeit keine unmittelbare Gefährdung der Riffgesundheit dar. Die aufgenommenen Daten zeigen, dass der Zustand der El Quadim-Bucht mit Riffen in Schutzgebieten vergleichbar ist. Die Diversität der Fisch- und Korallenfauna ist hoch und die Populationsstrukturen ähneln in unberührten Gebieten vorherrschenden Gemeinschaften. Es wurden zwischen 3 m und 25 m Tiefe insgesamt 153 Fischarten aus 97 Gattungen und 40 Familien gezählt, wobei die Riffbarsche (Pomacentridae) die am häufigsten vorkommende Fischfamilie war. Die am häufigsten beobachtete Reef Check-Indikatorart waren die Falterfische (Chaetodontidae). Die Fischpopulationen der linken und rechten Seite der Bucht unterscheiden sich außerdem signifikant voneinander, was nicht ungewöhnlich ist und auf unterschiedliche Substratbeschaffenheit oder hydrodynamische Unterschiede zurückzuführen sein kann. Das Verbot der Fischerei in der El Quadim-Bucht scheint eine positive Auswirkung auf die Menge und Diversität der Fischfauna zu haben. Der Tauchtourismus hingegen zeigte keinen sichtbaren negativen Einfluss auf die Fischfauna.

Vom Riffdach bis in 30 m Tiefe konnten 144 Arten Steinkorallen, 4 Arten Hydrokorallen und 15 Gattungen Weichkorallen bestimmt werden. Die Korallengemeinschaften der Bucht sind heterogen, nur im inneren Teil der Bucht war *Porites nodifera* die dominierende Art. Dennoch gab es horizontale und vertikale Zonierungen, die aber rifftypisch sind und durch unterschiedliche Tiefe, Standortgegebenheiten

und Exposition hervorgerufen werden. Die mittlere Korallenbedeckung von 36,6% ist relativ hoch für Riffe, die an steilen Hängen wachsen und der Anteil kürzlich abgestorbener Korallen ist gering. Die häufigsten Schäden waren Bruchschäden an Korallen, die vermutlich durch Taucher und Schnorchler verursacht wurden. Diese wurden besonders häufig auf der südlichen (rechten) Seite der Bucht, an welcher der Tauchdruck am ausgeprägtesten ist, gezählt. Es ist wahrscheinlich, dass ein Teil dieser Bruchstellen im Flachwasser an der Riffkante durch Schnorchler verursacht wird, die an der Oberfläche dichter am Riff schwimmen und zusätzlich bei Wellengang an das Riff gedrückt werden.

Das Auftreten von Korallenkrankheiten ist nicht auffällig hoch, jedoch sind Fraßfeinde (v.a. korallenfressende Schnecken) relativ häufig. Es wurde erfreulicherweise kaum Feststoffabfall wie Plastikmüll oder Fischereiausrüstung gefunden. Einige Indikatorarten der Wirbellosengruppen konnten im Riff nicht beobachtet werden, was aber nicht notwendigerweise negativ zu bewerten ist. Abwässer und Schadstoffe aus Entsalzungsanlagen scheinen aufgrund der isolierten Lage der Bucht und der Abwasserbehandlung und -aufbereitung des Hotels keinen negativen Einfluss auf die Riffe der El Quadim-Bucht zu haben. Allerdings kommt es durch Sedimentation immer wieder zur Trübung des Wassers im inneren Teil der Bucht. Im Rahmen dieser Studie konnte nicht festgestellt werden, welche Art von Sediment die Trübung verursacht und ob es sich hierbei um eine natürliche Tatsache oder einen anthropogenen Einfluss handelt.

Der Ausschluss der Fischerei, die Kontrolle der Sporttaucher durch das Basispersonal und die Topographie des Riffes tragen maßgeblich zum gesunden Zustand der Riffe in der El Quadim-Bucht bei. Der Schlüssel zur Bewahrung intakter Riffe liegt in einem nachhaltigen Management, einer Überwachung des Tauchverhaltens, sowie in der Ausbildung und Information aller Basismitarbeiter und Gäste. Durch die Weitergabe des Wissens über ökologische Zusammenhänge und menschlichen Einfluss an Sporttaucher und Schnorchler und durch das Vorleben eines umweltfreundlichen und korrekten Verhaltens unter Wasser kann der gute Zustand des Ökosystems in der El Quadim-Bucht auch in der Zukunft gewährleistet werden.

3. Ziel der Studie

Ziele der vorliegenden Studie sind:

- 1) Die Aufnahme der momentanen Beschaffenheit der Riffe in der El Quadim – Bucht;
- 2) Die Erfassung der Biodiversität von Fischpopulationen und Korallenfauna;
- 3) Die Bewertung des Einflusses menschlicher Aktivitäten auf die Riffgemeinschaft,
- 4) speziell die Bewertung des Einflusses von Tauchaktivitäten;
- 5) Das Erstellen einer Grundlage für weiterführende Überwachung;
- 6) Die Einrichtung von dauerhaften Überwachungsstationen/-gebieten, welche von den Mitarbeitern der Tauchbasis zukünftig benutzt werden, um *a)* die Wirkung des Tauchgebiet-managements und *b)* Veränderungen des Zustands des Riffs über die Zeit zu kontrollieren;
- 7) Die Informationsweitergabe an das Management und gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge.

Zur erfolgreichen Durchführung wurde beschlossen, das Projekt in zwei Komponenten zu gliedern:

- 1) Durchführung von Reef Check - Überwachungen (Grundlagenbegutachtung);
- 2) Durchführung von präzisen Begutachtungen der Diversität der Fisch- und Korallenfauna.

Die Ergebnisse dieses Projekts werden dem Reef Check - Hauptsitz zugeführt, wo sie für die regelmäßige Berichterstattung (z.B. „The Global Coral Reef Crisis: trends and solutions“) über den Zustand der Riffe regional und global genutzt werden. Diese Berichte werden weltweit verbreitet und sind zusätzlich auf der Reef Check - Internetseite zu erhalten. Auf Landesebene wird Reef Check Ägypten die Ergebnisse nutzen, um den Zustand der Riffe im Roten Meer zu beschreiben. Die Daten werden in die Reef Check - Datenbank aufgenommen und mit der Zeit, wenn weitere Studien durchgeführt werden, werden diese Daten als Frühwarnsystem für Veränderungen dienen können.

Auf lokaler Ebene werden die Ergebnisse benutzt, um den Gesundheitszustand der El Quadim-Bucht zu beschreiben, um so dem dortigen Management eine Grundlage zu bieten, den Tourismus umwelt-schonend und nachhaltig zu handhaben.

Langfristig soll das Projekt genutzt werden, um ein Modell zu erstellen, welches den Dienstleistungssektor in den Korallenriffschutz einbezieht und auf andere Gebiete im Roten Meer übertragen werden kann.

4. Einleitung

4.1. Riffnutzen

Korallenriffe gehören zu den facettenreichsten Ökosystemen der Erde. Sie bauen Inseln und Atolle, dienen als Küstenschutz und stellen den Lebensraum für viele Fische und Wirbellose, welche als Nahrung und im Aquarienhandel genutzt werden oder eine wichtige Rolle in der Medizin spielen. Das Rote Meer beherbergt mehr als 200 Steinkorallenarten, ungefähr 2000 Mollusken- und rund 1270 Fischarten (NOAA 1997). Aufgrund ihres biologischen Reichtums und ihrer Schönheit sind Riffe eine wichtige Einnahmequelle für den Tourismussektor vieler Länder. Der Tauchtourismus ist ein schnell wachsender Geschäftszweig und Korallenriffe ziehen jährlich mehr Taucher und Schnorchler an (Ruppert & Barnes 1994, Wolanski et al. 2003, Barker & Roberts 2004).

4.2. Riffbedrohungen

Korallenriffe sind weltweit bedroht. Hauptsächlich aufgrund vielfältiger anthropogener Einflüsse verschlechtert sich ihr Zustand mit Besorgnis erregender Geschwindigkeit (ISRS 2004). Schätzungsweise 20% aller Korallenriffe der Welt sind bereits gänzlich zerstört, 24% stehen unmittelbar vor dem Zusammenbruch. Weitere 26% sind mittel- bis langfristig bedroht (Wilkinson 2004).

4.2.1. Globaler Klimawandel

Ansteigende Meerwassertemperaturen und CO₂-Konzentrationen sind ein klarer Hinweis auf den globalen Klimawandel. Der Treibhauseffekt erhöht die Häufigkeit und Schwere von Korallenbleichen (Goldberg & Wilkinson 2004). Das weltweite Korallenbleichen von 1998 betraf etwa 16% aller Korallenriffe weltweit und nur ein Drittel von ihnen hat sich bis heute erholt (Wilkinson 2004).

4.2.2. Krankheiten und Plagen

Krankheiten, wie z.B. die „Weißbandkrankheit“, die „Schwarzbandkrankheit“ oder Plagen, wie z.B. das Massenaufreten von Fraßfeinden wie Dornenkronenseesternen (*Acanthaster planci*) oder *Drupella*-Schnecken, vermindern die Anzahl gesunder und lebender Korallen im Riff. Im Persisch-Arabischen Golf betrifft eine neuentdeckte „Gelbbandkrankheit“ bis zu 75% der Korallenkolonien mancher Riffe (ISRS 2005).

4.2.3. Schiffstransport, Erdöl und andere Kohlenwasserstoffe

Das Rote Meer ist ein Schifffahrtsweg von globaler Bedeutung, auf dem etwa 7% des weltweiten Seetransports stattfinden. Ein großer Teil des Transports von Erdöl- und Ölprodukten durchquert das Rote Meer. Jährlich passieren ca. 20.000 Schiffe die Strasse von Bab al-Mandab (Abduljalil 2005) und schätzungsweise 25.000 bis 30.000 Schiffe das Rote Meer (Stand 2000). Abgesehen von den Verschmutzungsrisiken durch Schiffe (z.B. Entleerung von Müll und ölverschmutztem Wasser; Betanken), stellen Unfälle mit Tankern und Freisetzung beim Be- und Entladen ein ernsthaftes Verschmutzungsrisiko dar.

Die Gefahr durch Ölverschmutzung besteht nicht nur bei der Ölgewinnung, sondern auch im Öltransport. Jährlich werden Millionen von Tonnen Erdöl und Ölprodukte durch das Rote Meer transportiert. Seit 1982 gab es bereits über 20 Tankerunglücke in den ägyptischen Teilen des Roten Meeres. Die Ölteppiche enthalten verschiedene Schadstoffe, die die Korallen bedecken und Rifforganismen vergiften. Die Ölexploration durch Sprengseismik ist ebenfalls eine Bedrohung für Riffe. Kleinere Ölteppiche können Strände verschmutzen und küstenbewohnende Tiere schädigen. Sie werden

oft durch das Ablassen von Ballastwasser oder Ölresten verursacht. Darüber hinaus erhöhen fehlende Kontrolle, schlechte Ausrüstung und schlecht ausgebildetes Personal das Risiko. Große Ölunfälle können zu weitreichender Verschmutzung führen und offene Gewässer sowie Küstengebiete und deren Bewohner bedrohen.

4.2.4. Küstenentwicklung

4.2.4.1. Hotelbau

Da die Entwicklung des Tourismus in Ägypten häufig in abgelegenen und infrastrukturell schlecht erschlossenen Teilen des Landes stattfindet, müssen Hotels ihre eigenen Klär- und Entsalzungsanlagen bauen, sowie ihren eigenen Strom erzeugen. Heiße Laugen aus Entsalzungsanlagen und Kühlwasser aus den Generatoren können lokale Schäden an nahe gelegenen Riffen verursachen (Hawkins & Roberts 1994). In Ägypten steigt nicht nur die Anzahl der Ferienorte und Hotels, sondern auch der Tauchtourismus erfreut sich immer größerer Beliebtheit (Shalan 2005). Daher ist nachhaltiges Management für alle Zweige der Tourismusbranche unabdingbar und es müssen Regelungen gefunden und durchgesetzt werden, um eine vertretbare Basis zu schaffen, die ökonomischen Gewinn durch Tourismus möglich macht, ohne dabei das Ökosystem Korallenriff zu schädigen.

4.2.4.2. Nährstoffe, Sedimente, Schwebstoffe und Schadstoffe

Landwirtschaftliche, industrielle und städtische Abwässer tragen hohe Konzentrationen an Schweb- und Schadstoffen in die küstennahen Gewässer. Sedimenteinträge von Strandaufschüttungen oder von Baustellen für Strassen, Häfen, Flughäfen oder Gebäude trüben das Wasser, reduzieren somit die Lichtintensität und ersticken beim Absinken die Korallenpolypen (Goldberg & Wilkinson 2004).

Die Hauptauswirkungen von terrigenem Eintrag auf Korallenriffe sind verminderte Fortpflanzungsfähigkeit, verringerte Kalzifizierung, eingeschränktes Wachstum in tieferem Wasser, Veränderung der Artenzusammensetzung (Verschiebung der phototrophen zu einer eher heterotrophen Fauna) und eine Verminderung der Biodiversität (ISRS 2004). Erhöhter Nährstoffeintrag führt zu vermehrtem Algenwachstum und Trübung der Wassersäule. Da Korallenriffe üblicherweise in klarem, nährstoffarmem Wasser wachsen, wo sie durch Photosynthese Energie produzieren, können diese menschlichen Aktivitäten oftmals Riffe schädigen (Cortés & Risk 1985, Guzmán & Jiménez 1992, West & van Woesik 2001).

4.2.4.3. Feststoffabfall

Feststoffabfall ist ein ernstes Problem, wenn Städte und Touristenzentren wachsen und keine adäquaten Müllbeseitigungsanlagen errichtet werden. Feststoffabfall verschmutzt die Küsten vieler Länder und ist besonders in bevölkerungsreichen Gegenden ein Problem. Einwegflaschen und Plastiktüten sind allgegenwärtig und verschmutzen sowohl die terrestrische als auch die marine Umwelt. Beispielsweise können Plastiktüten von Schildkröten mit Quallen, die Teil ihrer Nahrung sind, verwechselt und verschluckt werden, Korallen bedecken und ersticken und somit das Riff beschädigen (Hawkins & Roberts 1994).

4.2.4.4. Fischerei

Das ständige Wachstum des Tourismus in Küsten- und Riffgebieten generiert eine ständig steigende Nachfrage nach frischen Meeresfrüchten, was einen zunehmenden Druck auf die Bestände, hauptsächlich hochpreisiger Arten, zur Folge hat. Die Bestände von Langusten und anderen gefragten Arten wie Zackenbarschen, Straßenkehrern und Schnappern werden mehr und mehr ausgebeutet und sind oft stark überfischt (Hawkins & Roberts 1994).

4.2.4.5. Direkte Einflüsse des Tourismus

Direkter Einfluss von Schwimmern, Schnorchlern und Tauchern

Wachsender Tourismus führt zu lokalen Schädigungen an häufig betauchten oder beschnorchelten Riffen. Schwimmen, Schnorcheln und Tauchen können durch Berühren, Trampeln und Abbrechen von Korallen eine direkte Belastung für ein Riff darstellen. Mehrere Studien haben gezeigt, dass Riffe, die häufig betaucht werden, einen höheren Prozentsatz abgebrochener Korallen aufweisen als seltener aufgesuchte Riffe.

Herumtrampeln auf dem Riffdach führt zur Abnahme in der Anzahl der Korallenkolonien und der Korallenbedeckung und erhöht die Anteile von Geröll und nacktem Fels an der Riffoberfläche. Zusätzlich kann sich die Artenzusammensetzung im Riff durch eine Abnahme von verzweigten Korallenarten ändern (Hawkins & Roberts 1992b). Diese negativen Effekte können z.B. durch Stege, die auf Stelzen im Riff stehen und einen einfachen Zugang zur Riffkante und zum tieferem Wasser ermöglichen, vermieden werden (Ormond et al. 1997).

Insbesondere unerfahrene Schnorchler und Taucher verursachen Korallenschäden. Wenn sie erschöpft sind oder ihre Maske beschlägt oder flutet, benutzen sie oft das Riff als Stütze, um sich auszuruhen oder die Ausrüstung in Ordnung zu bringen. Selbst Schnorchler mit Schwimmwesten werden oftmals beobachtet, wie sie sich an Korallen festhalten, um sich an einer Stelle oder über Wasser zu halten. Das Berühren von Korallen kann zur Verletzung des Gewebes führen und macht sie anfälliger für Algenüberwuchs (Riegl & Velimirov 1991) oder Krankheiten (Harriott 1997). Die Einflüsse des Sporttauchens finden sich vor allem in den oberen 10 m Wassertiefe, in welchen überwiegend getaucht wird (Riegl & Velimirov 1991, Hawkins et al. 1999, Tratalos & Austin 2001, Hawkins et al. 2005). Neben der direkten Beschädigung von Korallen kann auch die Resuspension von Sediment durch Flossenschläge Stress auf Korallen ausüben (Hawkins & Roberts 1992a). Jedoch konnte keine der durchgeführten Studien über Sporttauchen und seine Auswirkungen auf das Riff (Riegl & Velimirov 1991, Hawkins & Roberts 1992a, Harriott et al. 1997, Rouphael & Inglis 1997) wesentliche Belastungen auf ein Korallenriffökosystem nachweisen, was aber auf unzureichende Beobachtungen oder fehlende Langzeitstudien zurückzuführen sein könnte. Hawkins & Roberts (1992a) bezeichneten den Einfluss des Tauchens auf Korallenriffe sogar als „...eher ein ästhetisches als ein biologisches Problem“. Dennoch kamen alle Studien zu dem Schluss, dass eine steigende Zahl von Tauchgängen zur ernsthaften Riffbeschädigung führen könnte und dass Langzeitstudien und regelmäßige Beobachtungen unabdingbar seien.

Die Probleme sind besonders in Ägypten drängend, da es eines der beliebtesten Tauchziele der Welt ist, welches hauptsächlich von europäischen Sporttauchern aufgesucht wird (Bryant et al. 1998).

Souvenirhandel

Obwohl durch das ägyptische Gesetz 4 von 1994 verboten, blieb das Sammeln von und der Handel mit Andenken aus dem Meer ein großes Problem, vor allem in der Gegend um Hurghada. Eine große Auswahl an Korallenskeletten, Muscheln, Seesternen, Seeigeln, getrockneten Fischen, Schildkröten und Haizähnen wurde vielerorts angeboten (Hawkins & Roberts 1994). Nahezu alles wurde in den Korallenriffen um Hurghada gesammelt, was einige Arten besonders, aber auch das Ökosystem im Allgemeinen bedrohte. Die verbesserte Durchsetzung des Gesetzes führte zum praktisch vollkommenen Verschwinden dieses Handels in den letzten Jahren.

Bootsverkehr und Ankergebrauch

Der größte Schaden im Zusammenhang mit Tauchtourismus war bisher das Auswerfen von Ankern (Tilmant 1987, Harriott et al. 1997). Hauptsächlich die Riffe um Hurghada haben in der Vergangenheit unter der Beschädigung durch Anker stark gelitten. Ankerschäden zerstören die Karbonatbasis des Riffes

und erzeugen Geröll, welches als Substrat für die Ansiedlung neuer Korallenlarven nicht geeignet ist (Riegl & Velimirov 1991). Das Ankern in Schutzgebieten Ägyptens wurde durch Artikel 2 des Gesetzes 102/1983 untersagt.

4.3. Umweltschutzaktivitäten in Ägypten

4.3.1. Regierungsmaßnahmen Ägyptens

Im Juni 1997 wurde durch den Erlass 275/1997 des Präsidenten zum ersten Mal ein Umweltministerium in Ägypten eingerichtet. Seither hat sich das neue Ministerium in enger Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern auf das Erarbeiten von Umweltstrategien, Prioritätensetzung und Umsetzung von Initiativen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung konzentriert. Die 1982 gegründete ägyptische Umweltbehörde (Egyptian Environmental Affairs Agency – EEAA) wurde durch das Gesetz 4/1994 zum Schutze der Umwelt restrukturiert und mit einem neuen Mandat versehen. Die EEAA ist die ausführende Behörde des Umweltministeriums (EEAA, 2005, www.eeaa.gov.eg).

Drei grundlegende Umweltgesetze sind von Relevanz für die ägyptischen Korallenriffe. Das Gesetz 102 vom Juli 1983, welches knapp und präzise formuliert ist und auf Schutzgebiete zielt. Das Gesetz 124 von 1983 über Fischerei, aquatische Lebewesen, und Aquakultur enthält u.a. das Verbot des Gebrauchs von giftigen und explosiven Substanzen in der Fischerei. Allgemeiner ausgelegt ist das Gesetz 4 vom Januar 1994, welches das Sammeln von Korallen, Schalentieren und anderen Meereslebewesen verbietet.

Die meisten Regelungen, die heute im Roten Meer gelten, basieren auf einem Protokoll, das vom Roten Meer - Distrikt, der EEAA und der HEPCA (Hurghada Environmental Protection and Conservation Association) unterzeichnet wurde. In einem Erlass des Gouverneurs aus dem Jahr 2000 wurde festgelegt, dass jede Verletzung der internen Regelungen des Roten Meer - Distrikts entsprechend der Schwere der Beschädigung bestraft wird. Diese Regelungen werden von der Nationalparkbehörde formuliert, die auch das Ausmaß eventueller Schäden feststellt (pers. Mitt. HEPCA).

4.3.2. Nichtregierungsaktivitäten

Am 21. September 1992 wurde auf Initiative von Johann Vifian von rund vierzig lokalen Tauchbasen in Safaga und Hurghada die HEPCA (Hurghada Environmental Protection and Conservation Association) gegründet. Die Gründungsmitglieder beschlossen, dem Problem des Ankerwerfens durch die Befestigung von 100 Ankerbojen und fest installierten Leinen entgegenzutreten, um weiteren Schaden an einigen der beliebtesten Riffe zu verhindern. 1995 wurde HEPCA vom Roten Meer - Distrikt und dem Ministerium für soziale Angelegenheiten als eine gemeinnützige Nichtregierungsorganisation eingetragen.

Die Aktivitäten von HEPCA umfassen die Installation und Wartung von Bojensystemen, Aus- und Weiterbildung der Schiffsbesatzungen, Herausgabe von Informationsmaterial, Bewusstseinsbildung an Schulen, sowie Säuberungskampagnen (beach clean-up, reef clean-up). HEPCA wurde kürzlich als zentrale NRO anerkannt, was ihr Tätigkeiten im gesamten ägyptischen Roten Meer ermöglicht.

4.4. Studie über den Zustand der Riffe der El Quadim-Bucht

Im Sommer 2005 wurde Reef Check e.V. von SUBEX Diving Centers Red Sea damit beauftragt, eine Studie über den Zustand des „Hausriffes“ in der El Quadim-Bucht in El Quseir, Ägypten, durchzuführen. Die SUBEX Tauchbasis ist an das „Green Globe“ zertifizierte Mövenpick El Quseir Resort angeschlossen, welches umweltschonend geplant und erbaut wurde.

4.5. Arbeitsgebiet

Die ägyptische Küstenstadt El Quseir liegt ca. 120 km südlich des touristisch erschlossenen Landstreifens um die Stadt Hurghada am nördlichen Roten Meer (Abb. 1). Die umliegenden Riffe sind bisher nur geringem Tauchdruck ausgesetzt. Die El Quadim-Bucht (Abb. 1) ist ein Überrest eines fossilen Flusstales und heute die Mündung eines Wadis (Trockentales), das in unregelmäßigen Abständen Wasser führt, welches aus den Bergen der östlichen Wüste in Folge der seltenen Regenfälle flutartig abfließt. Das Untersuchungsgebiet umfasst die gesamte Bucht und das benachbarte Außenriff und erstreckt sich von N 26°09'40,98" und O 034°14'48,24" bis N 26°09'25,32" und O 034°14'58,86" (Abb. 1).

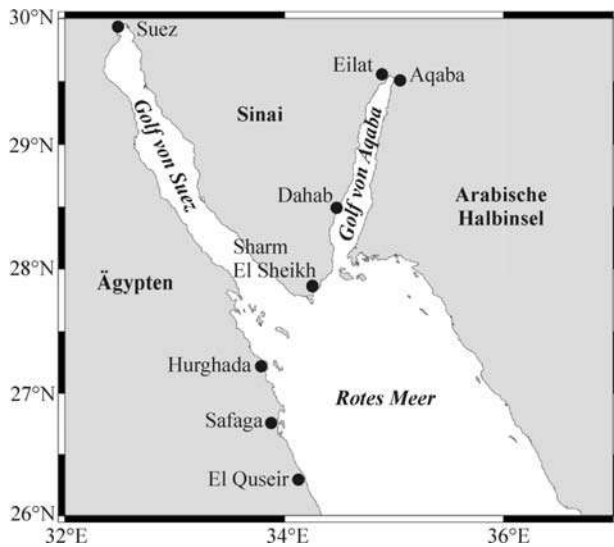


Abb. 1: Karte des nördlichen Roten Meeres mit dem Untersuchungsgebiet El Quseir (Satellitenbild zur Verfügung gestellt von HEPCA).

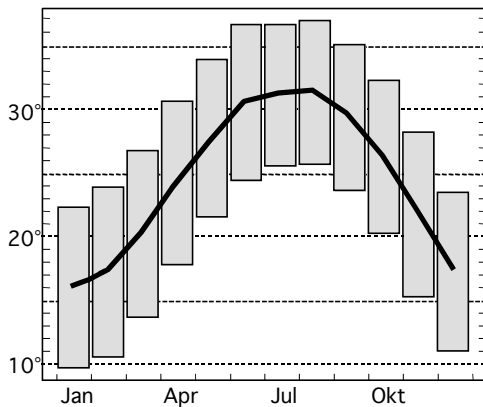


Abb. 2: Monatliche Lufttemperatur der Jahre 1961-1990 in El Quseir (schwarze Linie: Durchschnitt). Die täglichen Maxima und Minima sind durch die Balken gekennzeichnet. Der Durchschnitt wird über ein Gebiet von 0,5°x0,5° berechnet, mit dem Zentrum bei 26,25°N und 34,25°O. Datenquelle: University of East Anglia (1961-1990 Monthly Climatology), verfügbar unter: <http://ingrid.ldeo.columbia.edu/maproom>

Das warme und aride Klima in El Quseir ist typisch für die Küste des nördlichen Roten Meeres. Seltene, oft jedoch starke Niederschläge in den nahe gelegenen Bergen der östlichen Wüste führen zu heftigen Regenwasserabflüssen. Zum Beispiel wurde das Wadi der El Quadim-Bucht im Jahr 1994 so stark überflutet, dass die asphaltierte Strasse, die an der Bucht entlang führt, weggespült wurde. Der letzte größere Regenfall wurde im Winter 1996/97 datiert. Da es keine regelmäßige Klimaüberwachung in El Quseir gibt, sind von Satelliten erfasste Daten die beste Informationsquelle. Durchschnittliche Monats-temperaturen der Luft liegen zwischen 16°C im Januar und 31,5°C im August (Abb. 2).

Die Oberflächenwassertemperatur des Roten Meeres vor El Quseir erreicht mit durchschnittlich 21°C ihre niedrigsten Werte im Februar, während die Höchsttemperaturen im August zwischen 28°C und 29°C liegen (Abb. 3). Die

Oberflächenwassertemperatur weist über den Zeitraum, für den Satellitendaten vorliegen, also die letzten 23 Jahre, einen klar ausgeprägten Jahresgang auf, wobei die Jahre 1984/85 und 1997/98 relativ kalte Perioden waren (Abb. 4). Die Daten deuten auf einen jährlichen Oberflächenwasseranstieg von $0,4^{\circ}\text{C}$ über diesen Zeitraum hin (Abb. 5).

Die Oberflächenwassertemperaturen in El Quseir liegen im Optimalbereich für Korallenwachstum. Das verheerende weltweite Korallenbleichen im Jahre 1998, welches einem sehr starken El Niño folgte, erreichte das zentrale und nördliche Rote Meer nicht (Wilkinson 2000).

Abb. 3: Mittlere monatliche Oberflächenwassertemperatur der Jahre 1983-2004 in der Region El Quseir, berechnet aus Satellitendaten über eine Fläche von $1 \times 1^{\circ}$. Quelle: Reynolds et al. (2002).

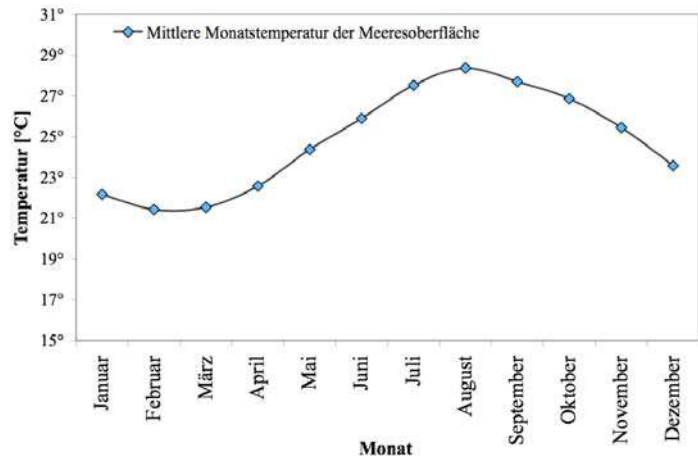


Abb. 4: Jährliche mittlere Oberflächenwassertemperatur in der Region El Quseir, berechnet aus Satellitendaten über eine Fläche von $1 \times 1^{\circ}$. Quelle: Reynolds et al. (2002).

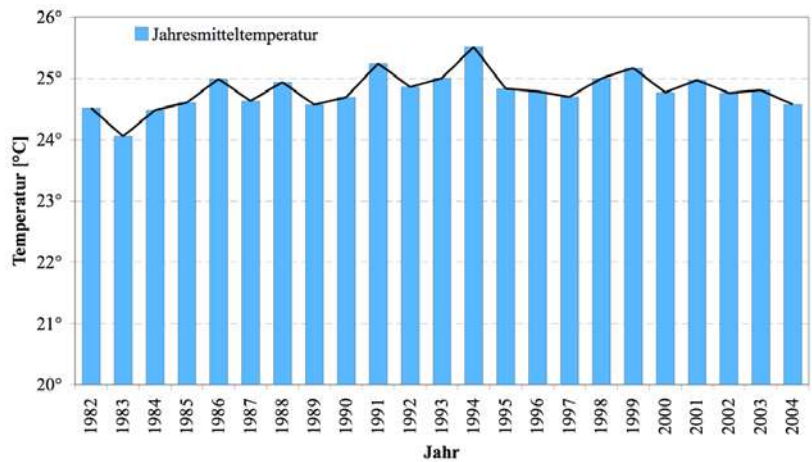
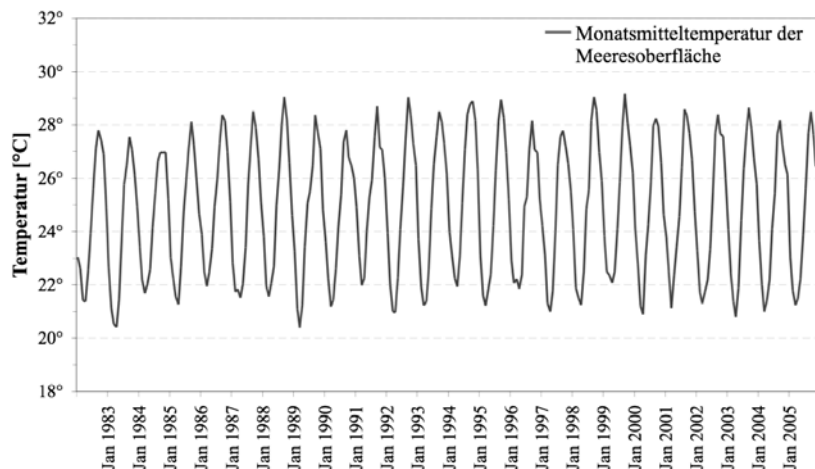


Abb. 5: Mittlere monatliche Oberflächenwassertemperatur von Dezember 1981 bis Oktober 2005 in der Region El Quseir, berechnet aus Satellitendaten über eine Fläche von $1 \times 1^{\circ}$. Quelle: Reynolds et al. (2002).



5. Ergebnisse

5.1. Reef Check – Surveys

Es wurden vier Sektoren im Gebiet der El Quadim-Bucht in Bezug auf menschlichen Einfluss, Bodenbedeckung mit verschiedenen Substratkategorien, Häufigkeit verschiedener Indikatoren von Fischen und Wirbellosen, sowie Beschädigungen der Korallen untersucht. Die Ergebnisse sind in Kapitel 5.1.2 beschrieben und in Tabelle 5 aufgelistet.

5.1.1. Methoden – Reef Check – Surveys

In dieser Studie wurden die Methoden des Reef Check - Programms verwendet. Reef Check (RC) ist ein bewährtes, standardisiertes Programm zur Bewertung der Riffgesundheit. Die Methodik wurde von einer Gruppe von Meereswissenschaftlern um Dr. Gregor Hodgson (Reef Check Foundation) im Jahr 1996 entwickelt und von anderen Wissenschaftlern begutachtet. Seither wurden die Methoden regelmäßig aktualisiert und das Reef Check-Handbuch kontinuierlich verbessert (Hodgson et al. 2004, www.reefcheck.org). Das RC-Protokoll wurde mit dem Ziel entwickelt, eine wissenschaftlich fundierte, aber auch für Nicht-Wissenschaftler einfach zu verstehende und durchzuführende Methodik bereitzustellen.

Die Reef Check Erhebungen konzentrieren sich auf das quantitative Vorkommen bestimmter, auch von Laien leicht zu identifizierender Korallenrifforganismen, welche den Zustand des Riffes bestmöglich widerspiegeln. Tabelle 2 listet die Indikatorarten der Fische und Wirbellosen im Roten Meer, Photos sind in Tafel 1 und 2 abgebildet.

Diese Organismen wurden ausgewählt, weil sie wegen ihres ökonomischen und ökologischen Wertes, ihrer Empfindlichkeit gegenüber menschlichen Einflüssen (Überfischung, Aquarienhandel) und ihrer leichten Identifizierbarkeit geeignete Indikatoren sind. Sechzehn globale und acht regionale Indikatorarten dienen als Maßstab für menschliche Einflüsse auf Korallenriffe. Reef Check - Indikatoren sind teilweise auf Artniveau, aber auch auf höheren taxonomischen Ebenen definiert.

Die Reef Check - Studie beginnt mit der Begutachtung des Arbeitsgebietes, wobei die Ausdehnung des Riffes und die Bodenbeschaffenheit hinsichtlich Substrattyps und Korallenbedeckung (lebend und abgestorben) in Betracht gezogen werden. Die eigentliche Begutachtung (Abb. 6) besteht aus vier je zwanzig Meter langen Transekten, welche in zwei Tiefen (flach, 2-6 m, und mittlere Tiefe, 6-12 m) untersucht werden. Jeder 20 m - Transekt wird ausgewertet bezüglich 1) Indikatorfischen, welche üblicherweise von Fischern, Aquarienhändlern und anderen gezielt entfernt werden, 2) Indikatorarten der Wirbellosen, welche für Verzehr, Souvenir- oder Aquarienhandel befischt werden, 3) Substratbeschaffenheit, z.B. Lebendbedeckung mit Steinkorallen, unlängst abgestorbene Korallen, nährstoffanzeigende Algen und andere inerte Substrattypen, und 4) jegliche Zeichen von Beschädigung und Krankheiten, z.B. abgebrochene und gebleichte Korallen, Müll, Fischernetze und -leinen, Parasiten etc..

Tabelle 1. Reef Check Indikatoren für das Rote Meer.

Fische	Wirbellose
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Falterfische (Chaetodontidae) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Aquarienhandel ✦ mehr als 30 Arten von Falterfischen werden für den Aquarienhandel gefangen ✦ manchmal auch zum Verzehr gefangen (überwiegend im Pazifik) ➤ Süsslippen (Haemulidae) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ 150 verschiedene Arten ✦ beliebte Speisefische ➤ Schnapper (Lutjanidae) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ beliebter Speisefisch ✦ Indikator für Fischerei ➤ Besenschwanzlippfisch (<i>Cheilinus lunulatus</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ➤ Napoleonlippfisch (<i>Cheilinus undulatus</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Lebendfischhandel ✦ aufgrund seiner Größe sehr wertvoll ✦ wichtiger Raubfisch und Fraßfeind des Dornenkronenseesterns ➤ Büffelkopfpapageifisch (<i>Bolbometopon muricatum</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ stellen einen großen Teil der gesamten Riffbiomasse ➤ Muränen (Muraenidae) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ aufgrund ihrer Größe und leichten Auffindbarkeit gefischt ➤ Zackenbarsche (Serranidae) > 30 cm Länge <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ häufiger Speisefisch, einfach zu fangen ➤ Papageifische (Scaridae) > 20 cm Länge <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ großer Fisch, welcher sich durch das Abgrasen von Algen vom Riff ernährt ✦ bei geringem Vorkommen → Algenüberwuchs 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gebänderte Korallengarnele (<i>Stenopus hispidus</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Aquarienhandel ➤ Langstachelige Seeigel (<i>Diadema</i> spp., <i>Echinotrix</i> spp.) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für unzureichende Raubfischmenge (Bioerodierer: während des Fressens wird Kalziumkarbonat vom Riff abgekratzt und dieses somit destabilisiert; bei häufigem Vorkommen (wenn – aufgrund von Überfischung – nicht genügend Raubfische vorhanden sind, oder die Nährstoffkonzentration, welche Algenwuchs begünstigt, zu hoch ist) → Rifferosion) ✦ Indikator für Fischerei (vermindern die Algenbedeckung durch Abweiden; bei zu geringem Vorkommen (aufgrund von Überfischung oder Krankheiten) → Algenüberwuchs) ➤ Griffelseeigel (<i>Heterocentrotus mammilatus</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Souvenirhandelindikator ✦ Schmuckwaren etc ➤ Pfaffenhutseeigel (<i>Triploneustes</i> spp.) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ➤ Seegurke (<i>Thekenota</i> spp., <i>Stichopus</i> spp.) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ essbar, einfach zu sammeln ✦ Verdauung von Sand, Formung von Sedimentpellets → Riff- und Substratbildung ➤ Dornenkronenseestern (<i>Acanthaster planci</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Korallenfresser ✦ in hoher Anzahl eine Plage → Riffzerstörung ✦ Massenvermehrungen von Dornenkronenseestern sind möglicherweise die Folge menschlicher Einflüsse (erhöhte Nährstoffeinträge durch Abwässer oder landwirtschaftliche Abfälle begünstigen das Wachstum der Dornenkronenseesternlarven) ➤ Riesenmuschel (<i>Tridacna</i> spp.) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ✦ Souvenirhandel ✦ Aquarienhandel ➤ Tritonshornschnecke (<i>Charonia tritonis</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Souvenirhandel ✦ Fressfeind von Dornenkronenseestern ➤ Langusten (Malacostraca) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Indikator für Fischerei ➤ Kreiselschnecke (<i>Tectus</i> spp./<i>Trochus</i>) <ul style="list-style-type: none"> ✦ Souvenirhandel

Auswahl des Gebietes:

Band- und Leinentransekte werden entlang einer 100m langen Leine erfasst, die 2 mal in zwei Tiefenstufen (2-6m und 6-12m) parallel zur Küstenlinie verlegt wird. Dies soll auf der dem Meer zugewandten Seite an der Stelle mit der höchsten Korallenbedeckung erfolgen.

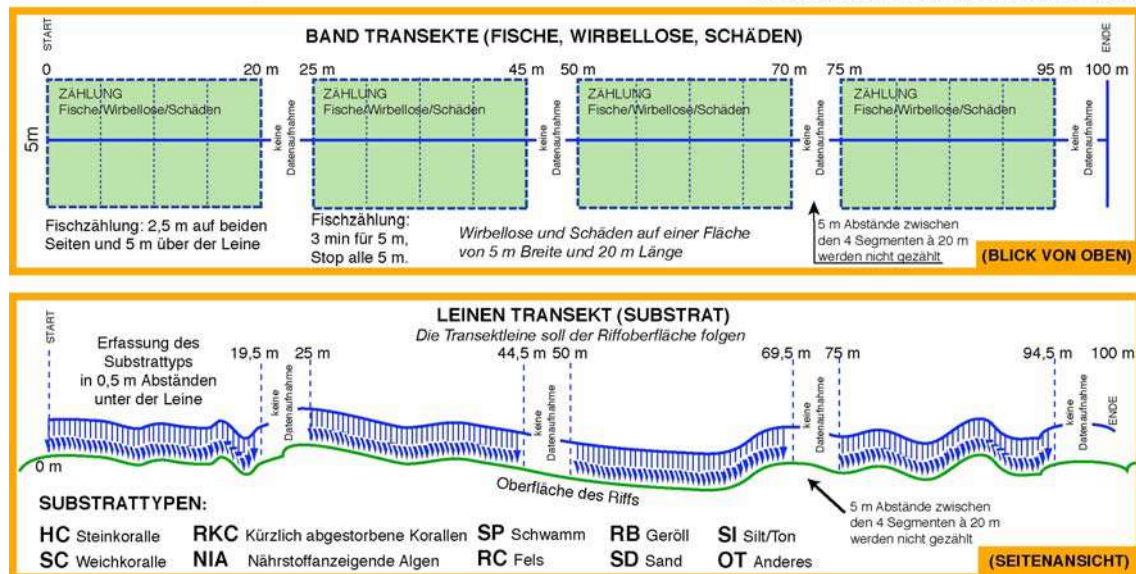


Abb. 6: Reef Check Untersuchungsmethode, Zusammenfassung

Der Untersuchungsraum für die Fischtransekte ist jeweils 5 m breit und 5 m hoch, die Transekte für Wirbellose und Beschädigungen 5 m breit, während die Substratbeschaffenheit in 0,5 m Intervallen („point-intercept“-Methode) ausgewertet wird. Hierfür werden entlang der Messleine alle 50 cm mit Hilfe eines kleinen Lots (zur Vermeidung von systematischen Fehlern) die Substrattypen erfasst. Die Substrattypen sind in Tabelle 2 beschrieben.

Zusätzlich werden Informationen über mehr als dreißig verschiedene Umweltparameter und die Experteneinschätzung menschlicher Einflüsse bei der Beschreibung des Arbeitsgebiets aufgenommen (Hodgson et al. 2004, www.reefcheck.org).

Die Standorte für die Stationen wurden so ausgewählt, dass sie die üblicherweise in einem Tauchgang besuchten Gebiete repräsentieren. Das Tauchgebiet wurde vom Management der Tauchbasis in 5 Sektoren unterteilt (Abb. 7): Je ein Riff links (nördlich) und rechts (südlich) außerhalb der Bucht, ein Riff links und rechts innerhalb der Bucht, sowie ein Riff in der Mitte der Bucht.

Tabelle 2: Beschreibung der Reef Check Substrattypen

Substrattypen
➤ Steinkorallen (Hard coral - HC): beinhaltet neben Scleractinia auch Feuerkorallen (<i>Millepora</i>), Blaue Korallen (<i>Heliopora</i>) und Orgelkorallen (<i>Tubipora</i>), da diese zur Riffbildung beitragen
➤ Weichkorallen (Soft coral - SC): beinhaltet Zoanthiden, aber nicht Seeanemonen (diese gehören zur Gruppe „Andere“)
➤ Unlängst abgestorbene Koralle (Recently killed coral - RKC): Korallen, die im vergangenen Jahr abgestorben sind. Die Koralle ist zerbrochen oder noch befestigt, sieht jedoch noch frisch und weiß mit gut erkennbaren Korallitenstrukturen aus und ist nur teilweise mit überkrustenden Algen bewachsen.

-
- Nährstoffindikatoralgen (Nutrient indicating algae - NIA): verschiedene blaugrüne Algen, *Ulva* und Bläschenalgen, welche auf hohe Nährstoffkonzentrationen im Wasser hinweisen. Algen wie *Sargassum* und *Halimeda* werden als Teil eines gesunden Riffes gesehen und daher nicht unter dieser Kategorie festgehalten
 - Schwämme (Sponge - SP): alle Schwämme (aber nicht Tunikaten), um mögliche Schwammblüten zu erkennen, welche die Antwort auf Störung des Ökosystems sein könnten
 - Fels (Rock - RC): jedes harte Substrat, sei es mit Turf- oder überkrustenden Algen, Rankenfusskrebse, Austern oder ähnlichem bewachsen und alle Korallen, die länger als ein Jahr abgestorben sind
 - Geröll (Rubble - RB): Steine und Korallenbruchstücke mit einem Durchmesser von 0,5 – 15 cm (alles > 15 cm wird als Fels bezeichnet)
 - Sand (Sand - SD): Sediment kleiner als 0,5 cm im Durchmesser, welche, wenn aufgewirbelt, schnell zu Boden sinken
 - Silt/Ton (Silt - SI): Sediment, welches in Suspension bleibt, wenn aufgewirbelt
 - Andere (Other - OT): alle anderen sessilen Organismen einschließlich Seeanemonen, Tunikaten, Gorgonien oder nicht-lebendes Substrat
-

Für die Untersuchungen mit der Reef Check-Methode eignen sich nicht alle Riffotypen. Steilwände, Tiefen von mehr als 12 m oder Bereiche mit großen Sandflächen sind ungeeignet und würden zu irreführenden Ergebnissen führen, da sie einige Organismen begünstigen, während andere kaum vorkommen. In einem überwiegend mit Sand bedecktem Gebiet würde z.B. eine hohe Dichte an Seegurken erwartet, während der Anteil der Lebendbedeckung mit Korallen gering wäre. Ein Steilhang hingegen ließe eine geringe Seegurkendichte erwarten. Steilhänge eignen sich außerdem nicht, da in fünf Metern Untersuchungsweite die Tiefenunterschiede bereits sehr schwanken würden. Zudem bergen sie weniger Habitate für Fische; die Korallendichte ist aufgrund der Neigung und daraus erfolgenden verschlechterten Lichteinstrahlung und Befestigungsmöglichkeiten für Korallen geringer. Die zur Untersuchung ausgewählten Riffe sollten daher im Wesentlichen das gesamte Riff bestmöglich repräsentieren, nicht nur im Bezug auf die Art und physischer Beschaffenheit des Riffes, sondern für die Zwecke dieser Studie auch bezüglich ihrer Taucherdichte und Nutzung. Im Rahmen dieser Studie wurden vier Bereiche ausgewählt: Die beiden Riffe außerhalb der Bucht (Abb. 8, links außen [QUAE01] und rechts außen [QUAE04]) mit ähnlichen hydrodynamischen Eigenschaften wie stärkerem Wellengang und stärkerer Strömung und die

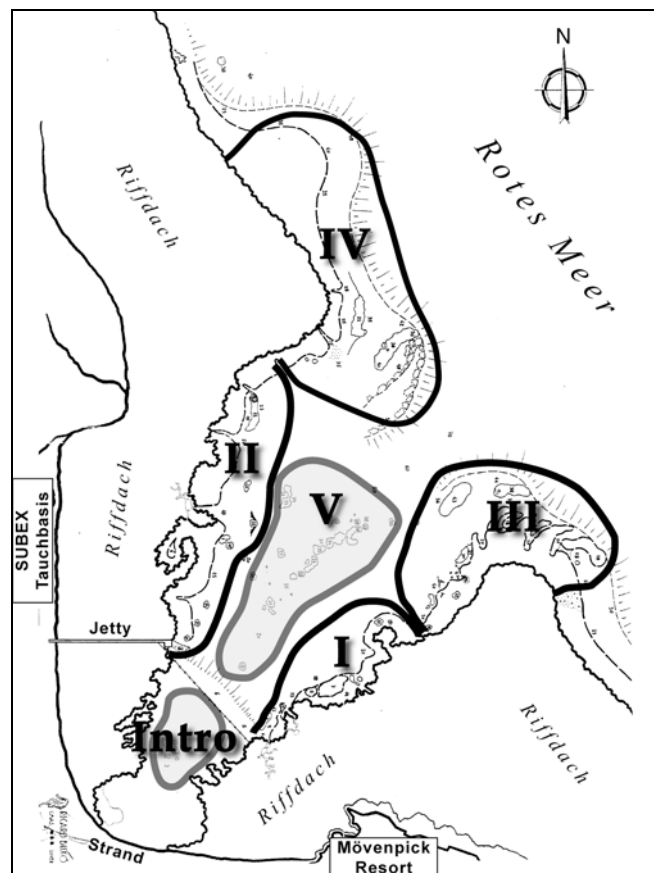


Abb. 7: Karte der El Quadim-Bucht mit den von SUBEX definierten Tauchsektoren.

beiden Riffe innerhalb der Bucht (Abb. 8, links innen [QUAE02] und rechts innen [QUAE03]) mit ebenfalls ähnlichen hydrodynamischen Eigenschaften, nämlich geringerer Strömung, geringerer Wellenexposition und erhöhter Trübung. Das Tauchgebiet in der Mitte der Bucht wurde nicht in die Reef Check - Untersuchungen eingeschlossen, da es keine zusammenhängende Korallenbedeckung aufweist und in einer Tiefe von mehr als 17 m liegt. Da in der El Quadim-Bucht überwiegend die Rifffänge betaucht werden (die Riffdächer sind in sehr seichtem Wasser und daher nur bei Hochwasser für Schnorchler geeignet), wurden für die Reef Check - Studie weniger steile Bereiche ausgewählt. Da vor allem die Riffe innerhalb der Bucht teilweise stark zerklüftet sind, wurden die sonst üblicherweise zusammenhängenden Transekte (4x20 m mit 5 m Zwischenabständen) aufgeteilt. Auch bezüglich der Tauchdichte spiegeln die Riffe im Schnitt das Gebiet wieder: während der überwiegende Teil der Taucher (>60%) nur die Riffe innerhalb der Bucht betaucht, werden die äußeren Riffe von den restlichen <30% besucht, die dann zusätzlich an den inneren Riffen entlang zum Ausstieg zurückschwimmen.

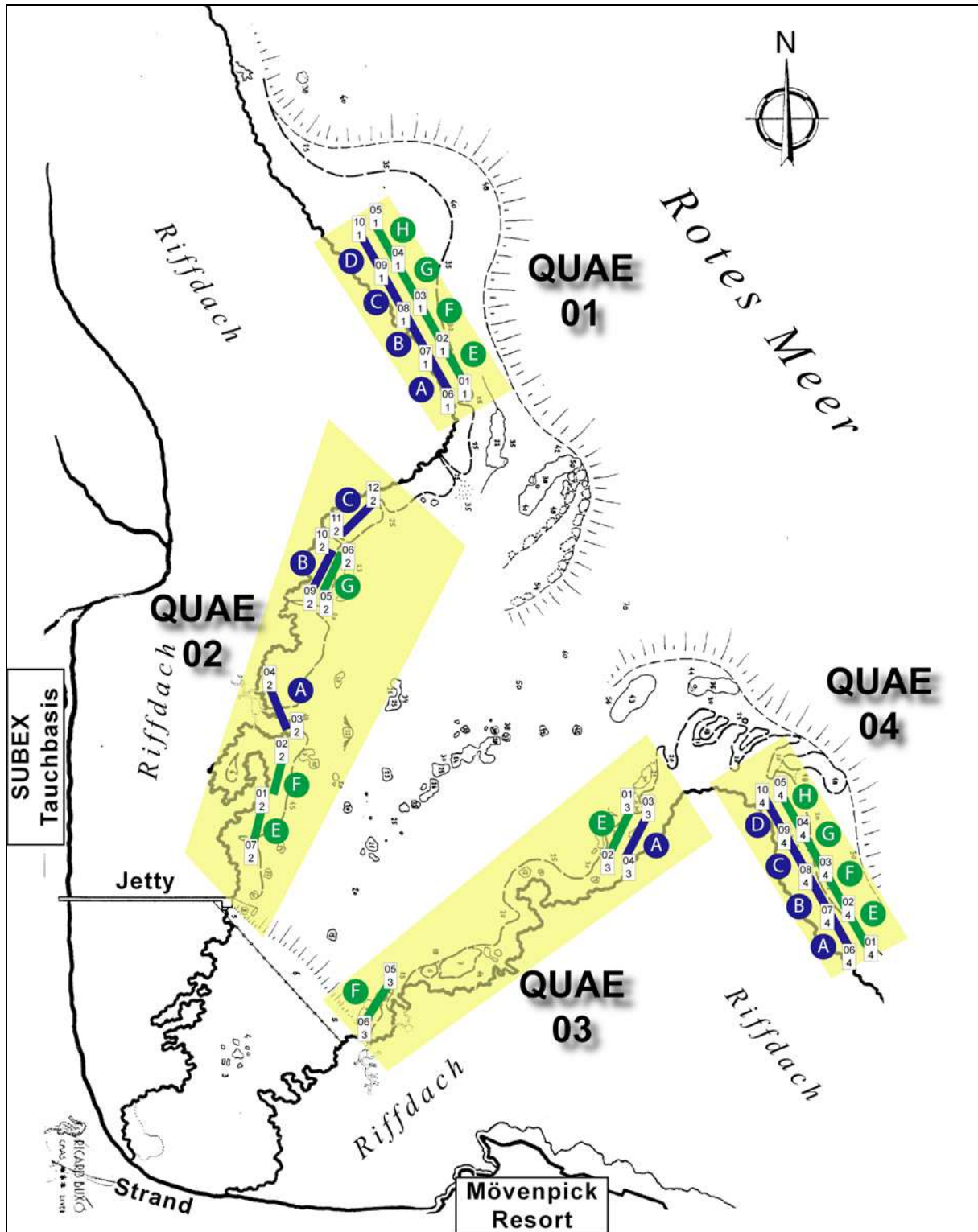


Abb. 8: Karte der El Quadim-Bucht mit Positionen der Reef Check Transekte.

5.1.2. Ergebnisse – Reef Check – Surveys

5.1.2.1. Fische

Die Fischzählungen nach dem Reef Check - Protokoll zeigen, dass die Falterfische mit einer durchschnittlichen Häufigkeit von 12,8 Exemplaren pro 100m² die am häufigsten vorkommende der Fischindikatorklassen sind (Tabelle 5). Die Abundanz der Falterfische ist etwas über dem Durchschnitt im Vergleich zu anderen Riffen im Roten Meer, die Anzahl an Papageifischen, Zackenbarschen, Süßlippen und Schnappern ist hingegen ähnlich. Muränen, Büffelkopfpapageifische und Napoleonlippfische waren zu selten, um einen Vergleich zu ermöglichen.

Die Cluster-Analyse der Fischgemeinschaften zeigt zwei Hauptgruppen, die die Transekte nach der Wassertiefe zuordnen (Abb. 9). Die Gruppierung der Transekte aus 10 m Wassertiefe enthält außerdem fast ausschließlich Transekte, die den nördlichen Winden bzw. Wellen ausgesetzt sind. Obwohl im Dendrogramm keine eindeutige Gruppierung der geschützten Standorte zu erkennen ist, zeigt der ANOSIM-Signifikanztest einen eindeutigen Unterschied zwischen den geschützten und ungeschützten Bereichen. Der ANOSIM-Test zeigt auch einen signifikanten Unterschied der Fischgemeinschaften in 5 m und 10 m Wassertiefe (Tabelle 3).

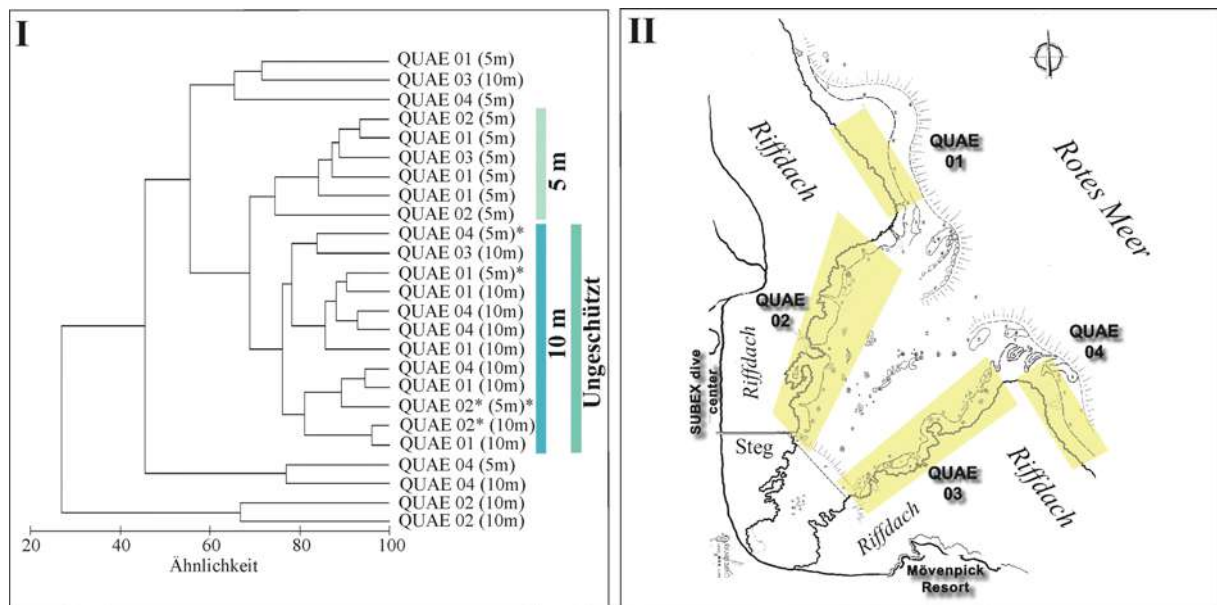


Abb. 9: (I) Dendrogramm der Beziehungen zwischen Fischgemeinschaften (Bray-Curtis-Ähnlichkeit) an verschiedenen Transekten und (II) eine Karte der El Quadim-Bucht, El Quseir, ägyptische Küste des Roten Meeres; fehlerhafte Zuordnungen bezüglich Gruppierung der Transekte bzw. Wassertiefe sind mit folgendem Zeichen kenntlich gemacht: *.

Tabelle 3: ANOSIM-Signifikanztest (Bray-Curtis-Ähnlichkeit) der Beziehungen zwischen den Fischgemeinschaften in verschiedenen Tiefen und an verschiedenen Probenahmeorten (geschützt und ungeschützt) in der El Quadim-Bucht, El Quseir, ägyptische Küste des Roten Meeres (* $0,05 \geq p \geq 0,01$, ** $0,01 > p \geq 0,001$, *** $p < 0,001$).

	5 m : 10 m	geschützt : ungeschützt
Globales R	0.364	0.350
P	0.001	0.028
Signifikanzniveau	**	*

Eine detaillierte Analyse der Fischgemeinschaft befindet sich in Kapitel 5.2.3.

5.1.2.2. Substrat

Die Bedeckung mit lebenden Hartkorallen beträgt durchschnittlich 37% (34 - 40%) an den beobachteten Sektoren. Der Anteil kürzlich abgestorbener Korallen ist sehr niedrig (durchschnittlich 0,5%), aber fast die Hälfte der Riffoberfläche fällt in die Kategorie "Fels" (RC, hauptsächlich altes Korallenkarbonat, 49%). Dies ist ein natürlicher Effekt der relativ steilen Hangneigung im Vorriff von El Quadim, die einen größeren Anteil von lebenden Korallen verhindert. Weichkorallen (SC) bedecken etwa 9% der Riffoberfläche, nur wenige Schwämme wurden gezählt (SP, 0,1%).

Das auf der Bray-Curtis-Ähnlichkeit basierende Dendrogramm zeigt eine Gruppierung der Transekte in Bereiche, die geschützt sind, bzw. den hauptsächlich nördlichen Winden und Wellen ausgesetzt sind. Diese Hauptgruppen repräsentieren entweder Transekte einer der beiden Wassertiefen oder beinhalten Untergruppen dieser beiden Tiefen (Abb. 10). Diese Differenzierungen des benthischen Habitats zwischen 5 m und 10 m Tiefe, sowie vor der Welleneinwirkung geschützten und ungeschützten Bereichen wird durch einen ANOSIM-Signifikanztest bestätigt (Tabelle 4).

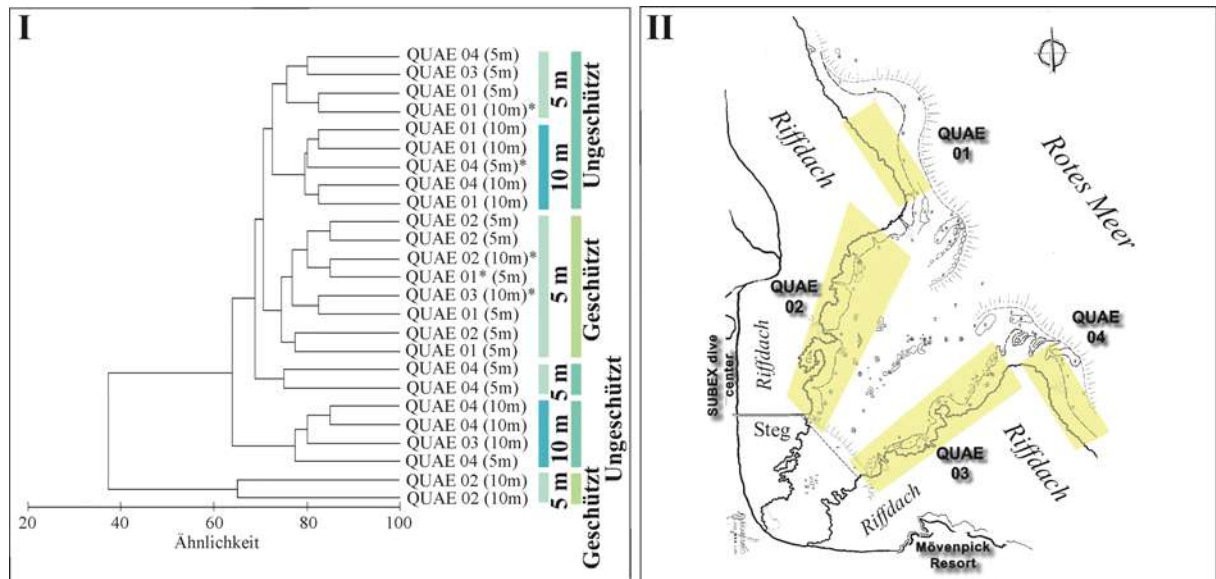


Abb. 10: (I) Dendrogramm der Beziehungen zwischen Bodenbedeckung (Bray-Curtis-Ähnlichkeit) an verschiedenen Transekten. (II) Karte der El Quadim-Bucht, El Quseir, ägyptische Küste des Roten Meeres; fehlerhafte Zuordnungen bezüglich Gruppierung der Transekte bzw. Wassertiefe sind mit folgendem Zeichen kenntlich gemacht: *.

Tabelle 4: ANOSIM-Signifikanztest (Bray-Curtis-Ähnlichkeit) der Beziehungen zwischen den Bodenbedeckungen in verschiedenen Tiefen und an verschiedenen Probenahmeorten (geschützt und ungeschützt) in der El Quadim-Bucht, El Quseir, ägyptische Küste des Roten Meeres (* $0,05 \geq p \geq 0,01$, ** $0,01 > p \geq 0,001$, *** $p < 0,001$).

	5 m : 10 m	geschützt : ungeschützt
Globales R	0.269	0.494
P	0.004	0.001
Signifikanzniveau	**	**

Eine detaillierte Analyse der Korallengemeinschaft befindet sich in Kapitel 5.3.

5.1.2.3. Wirbellose

Die durchschnittliche Häufigkeit langstacheliger Seeigel (*Diadema, Echinotrix*) liegt bei 1,7 Exemplaren pro 100 m² und ist damit relativ niedrig für das Rote Meer (Durchschnitt von 5,6 in 190 Riffen des ägyptischen Roten Meeres). Das Vorkommen im Flachwasser (5 m) war höher als im tieferen Bereich (10 m).

Da Seeigel nachtaktive Tiere sind, sind sie während des Tages, wenn sie sich in Höhlen und unter Überhängen verstecken, schwer zu entdecken. Es kann angenommen werden, dass die tatsächliche Anzahl von Seeigeln im Riff weitaus höher ist als in dieser Studie erfasst. Diese Annahme wird gestützt durch Beobachtungen bei Nachttauchgängen, bei welchen große Anzahlen von Seeigeln gesichtet wurden.

Weder Seegurken, Tritonshornschncken, noch Dornenkronenseesterne wurden in den untersuchten Sektoren angetroffen. Die Häufigkeit der Griffelseeigel ist etwas höher als im Durchschnitt des Roten Meeres, während die Zahl von Riesenmuscheln niedriger liegt (5,9 zu 8,4).

Es wurden keine Langusten während dieser Studie beobachtet, jedoch wurden leere Panzer gefunden. Dies weist darauf hin, dass es in der El Quadim-Bucht Langusten gibt, welche aber aufgrund ihrer Nachtaktivität und ihrer Vorliebe für Höhlen und Felsspalten als Aufenthaltsorte während des Tages nicht gezählt werden konnten. Berichten von alten Fischern aus El Quseir zufolge waren noch vor wenigen Jahrzehnten so große Mengen von Langusten auf den Rifffächern vorhanden, dass ein guter Fang innerhalb weniger Stunden gemacht werden konnte.

Auch Korallengarnelen verstecken sich tagsüber in Ritzen und Spalten. Dass während der Reef Check-Untersuchungen keine Korallengarnelen gezählt wurden, bedeutet daher nicht, dass es keine in der El Quadim-Bucht gibt. Auch sie konnten während eines Nachttauchgangs beobachtet werden.

Dennoch verlangt das Reef Check Protokoll, dass alle Studien bei Tageslicht, zwischen 8 und 17 Uhr, durchgeführt werden. Es handelt sich hier um einen systematischen Fehler und Vergleiche mit anderen RC-Gebieten sind daher möglich.

5.1.2.4. Schäden

In den meisten Sektoren wurden abgebrochene Korallen beobachtet, die vermutlich durch Taucher beschädigt wurden. In den Untersuchungstransekten wurde wenig Müll gezählt, und insgesamt wird der Schaden durch direkten menschlichen Einfluss als relativ gering angesehen.

Korallenfressende Schnecken der Gattungen *Drupella* sp. und *Coralliophila* sp. kamen in allen Transekten vor. Korallenbleichen wurde nicht beobachtet.

Tabelle 5: Mittelwerte der Reef Check – Indikatoren in El Quadim Bay, El Quseir (SA – Standardabweichung). HC – hard coral, SC – soft coral, RKC – recently killed coral, NIA – Nutrient indicating algae, SP – sponge, RC – rock, RB – rubble, SD – sand, SI – silt, OT – other.

Indikator	Mittelwert	SA	Indikator	Mittelwert	SA	Indikator	Mittelwert	SA
Fische			Wirbellose			Substrat		
Falterfische	12,8	0,9	Korallengarnelen	0,0	0,0	HC	37,3	3,2
Süsslippen	0,0	-	Langstachelige Seeigel	1,7	1,1	SC	9,2	3,4
Besenschwanzlippfische	0,7	0,4	Griffelseeigel	2,1	2,2	RKC	0,5	0,2
Zackenbarsche	1,0	0,6	Seegurken	0,0	0,0	NIA	0,0	0,0
Büffelkopfpapageifische	0,0	0,0	Dornenkronenseesterne	0,0	0,0	SP	0,1	0,2
Napoleonlippfische	0,0	0,0	Riesenmuscheln	5,9	3,4	RC	48,6	11,8
Papageifische	4,6	3,3	Tritonshornschncken	0,0	0,0	RB	0,5	0,9
Schnapper	1,2	1,4	Pfaffenhutseeigel	0,0	0,0	SD	3,3	6,7
Muränen	0,0	-	Langusten	0,0	0,0	SI	0,0	0,0
			Kreiselschnecken	0,2	0,1	OT	0,5	0,6

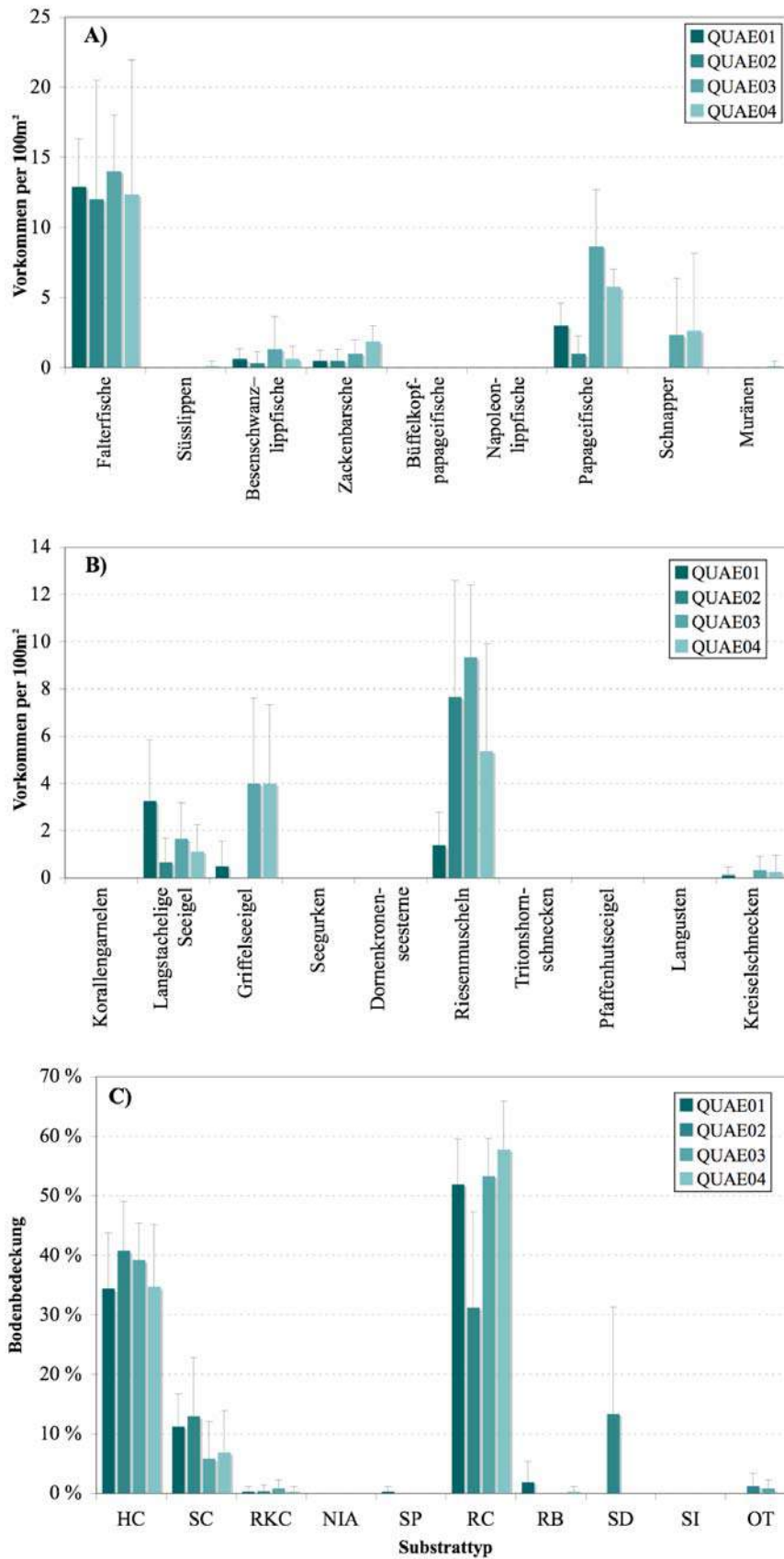


Abb. 11: Ergebnisse der Reef Check – Untersuchungen in den vier Sektoren der El Quadim-Bucht. A) Häufigkeit der Fischindikatoren, B) Häufigkeit der Indikatoren der Wirbellosen, C) Bodenbedeckung. (HC – hard coral, SC – soft coral, RKC – recently killed coral, NIA – nutrient indicating algae, SP – sponge, RC – rock, RB – rubble, SD – sand, SI – silt, OT – other).

5.2. Diversität der Fischfauna

In diesem Teil der Studie werden die Fischbestände in den Korallenriffen der El Quadim-Bucht untersucht, um zu beurteilen, ob das derzeitige Management des Tauchtourismus in dieser Gegend ausreicht, negativen Auswirkungen auf die Fischfauna vorzubeugen. Die Hauptziele der Untersuchung sind: 1) die Beschreibung der Fischbestandsstruktur, 2) der Vergleich dieser Struktur mit anderen Fischbeständen aus dem Roten Meer, um den Einfluss des Tauchtourismus einzuschätzen, und 3) die Erhebung von Basisdaten für regelmäßige Beobachtungen in der Zukunft.

5.2.1. Methoden – Unterwasserzählung

Die Fische wurden tauchend anhand der von English et al. (1994) beschriebenen Methode bestimmt und gezählt. Transekte von 50 m Länge und 5 m Breite (=250 m²) wurden in den Untersuchungsgebieten abgesteckt (Abb. 4). In jedem Untersuchungsareal wurden Unterwasserzählungen an je drei Transekten im flachen (5 m) und im tieferen Wasser (10 m) durchgeführt. Der Abstand zwischen den beiden Transekten betrug etwa 10 m. Nach dem Auslegen der Transekte wartete der Beobachter fünf Minuten, um den Fischen eine Wiederaufnahme ihres natürlichen Verhaltens zu ermöglichen. Anschließend schwamm der Taucher entlang des Transektes und erfasste alle Fische innerhalb von 2,5 m seitlichem und 5 m hohem Abstand zur Transekte. Die Zählung eines Transektes dauerte etwa 40-45 Minuten. Die Unterwasserzählung ist eine weitverbreitete und allgemein akzeptierte Methode für ökologische Studien über Riffische (English et al. 1994). Jedoch erlaubt diese Methode nur Schlussfolgerungen für tagaktive und nichtkryptische Arten (Brock 1982).

5.2.2. Statistische Analysen

Die Anzahl der Fische wurde als relative Abundanz (RA für „relative abundance“) und Erscheinungshäufigkeit (FA für „frequency of appearance“) beschrieben und wie folgt berechnet:

$$RA = \frac{\text{durchschnittliche Abundanz der Art } i \text{ aus jeder Tiefe und jedem Untersuchungsgebiet}}{\text{durchschnittliche Abundanz aller Arten aus jeder Tiefe und jedem Untersuchungsgebiet}} \times 100$$

$$FA = \frac{\text{Anzahl der Transekte mit Vorkommen der Art } i}{\text{Gesamte Anzahl der Transekte}} \times 100$$

Die relative Abundanz beschreibt den prozentualen Anteil einer Fischart am Gesamtbestand. Die Erscheinungshäufigkeit gibt an, aus wieviel Prozent der Transekte eine Fischart beobachtet wurde.

Bestandsindices wie die Shannon-Wiener Diversität (H'; basierend auf dem natürlichen Logarithmus), Artenreichtum (Anzahl der Arten) und Fischabundanz wurden zwischen den Untersuchungsgebieten und den Tiefen verglichen. Die Shannon-Wiener Diversität ist ein Index, in den sowohl die Anzahl der Arten, als auch die Anzahl der Fische jeder einzelnen Art einfließen.

Multivariate Analysen der Daten wie das MDS-Verfahren (multi-dimensional scaling) und der ANOSIM (analysis of similarities) Signifikanztest wurden mit Hilfe der PRIMER-5 Software (Primer-E 2000) durchgeführt. Das MDS beruhte auf Bray-Curtis-Ähnlichkeiten der Abundanzdaten. In hoher Zahl vorkommende Arten können im Gegensatz zu weniger abundanten Arten die Analyse stören. Deshalb wurde eine logarithmische Transformation ($\log(1+x)$) der Daten durchgeführt. Das MDS-Verfahren ist eine dreidimensionale Ordination der Proben, die zweidimensional dargestellt wird. Die Qualität der MDS-Darstellung wird durch den Stresswert angegeben. Werte $<0,2$ ergeben ein potenziell brauchbares zweidimensionales Bild, Stresswerte $<0,1$ entsprechen einer guten Darstellung und Stresswerte $<0,05$ ergeben eine exzellente Repräsentation.

Der ANOSIM Signifikanztest vergleicht Ähnlichkeiten zwischen Artenzusammensetzungen in verschiedenen Proben und kann Unterschiede statistisch nachweisen. Der ANOSIM Signifikanztest wurde mit den transformierten Daten durchgeführt. Zwei Begriffe sind in einem ANOSIM Signifikanztest wichtig: p (Signifikanzniveau) und Globales R . Das Globale R bezeichnet den Grad der Ähnlichkeit zwischen getesteten Gruppen mit Werten zwischen -1 und 1. Sind alle Replikate innerhalb eines beprobten Gebietes einander ähnlicher als irgendeinem anderen Replikat eines anderen Probennahmegebietes, so ist R 1. Werte nahe 0 deuten auf eine hohe Ähnlichkeit und somit geringe Unterschiede zwischen den Probennahmegebieten hin (Clarke & Warwick 1994).

5.2.3. Ergebnisse - Fischfauna

5.2.3.1. Fischgruppen und Bestandsindices

In dieser Studie wurden insgesamt 16.683 Fische aus 111 Flachwasserarten, zugehörig zu 47 Gattungen und 31 Familien, auf 12 Transekten in 5 m und 10 m Tiefe gezählt. Zusätzliche Beobachtungen zwischen 3 m und 25 m Tiefe ergaben eine Gesamtzahl von 153 Arten aus 97 Gattungen und 40 Familien. Die meisten Individuen, die entlang der Transekte beobachtet wurden, gehören zu den Familien Pomacentridae (Riffbarsche; 56,6%, 15 Arten), Anthiinae (Fahnenbarsche; 32,5%, 1 Art, Unterfamilie der Zackenbarsche), Acanthuridae (Doktorfische; 2,3 %, 9 Arten), Labridae (Lippfische; 2,3%, 27 Arten), Chaetodontidae (Falterfische; 1,3%, 8 Arten), Scaridae (Papageifische; 0,7%, 8 Arten), and Serranidae (Zackenbarsche; 0,6%, 14 Arten (

Abb. 12).

Im Hinblick auf den Artenreichtum nach Familien zeigte sich die folgende Rangfolge: Labridae (Lippfische; 17,5%), Pomacentridae (Riffbarsche; 9,7%), Serranidae (Zackenbarsche; 9,1%), Acanthuridae (Doktorfische; 5,8%), Chaetodontidae (Falterfische; 5,2%) und Scaridae (Papageifische; 5,2%) (Tabelle 6).

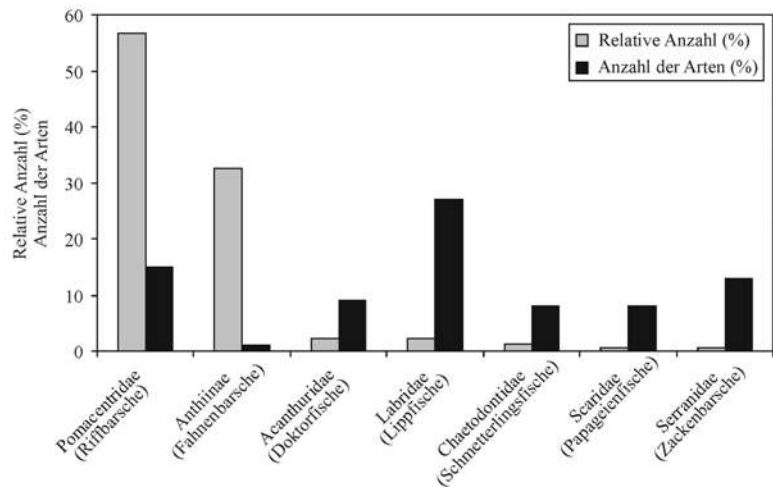


Abb. 12: Dominante Fischfamilien in der El Quadim-Bucht nach Unterwasserzählung entlang der Transekte (250 m²) in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Rotes Meer.

Tabelle 6: Prozentsatz der Arten der häufigsten Fischfamilien in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Rotes Meer, Ägypten im Vergleich zu anderen Fischbeständen in Riffen des Roten Meeres. ¹diese Studie (UZ), ² Khalaf & Kochzius (2002b) (UZ), ³Rilov & Benayahu (2000) (UZ), ⁴Zajonz et al. unveröffentl. Daten (UZ), ⁵Schraut (1995) (UZ), ⁶Krupp et al. (1993) (UZ+F). UZ Unterwasserzählung, F Fischen.

Ort	Labridae	Pomacentridae	Serranidae	Acanthuridae	Chaetodontidae	Scaridae
El Quadim-Bucht ¹ (Ägypten)	17,5	9,7	9,1	5,8	5,2	5,2
Aqaba ² (Jordanien)	19,2	9,1	3,5	3,0	4,0	5,1
Eilat ³ (Israel)	20,4	12,7	6,3	4,1	4,9	5,6
Dahab ⁴ (Ägypten)	13,7	11,9	7,7	5,4	5,4	3,6
Sharm El Sheikh ⁵ (Ägypten)	14,8	10,2	6,3	4,5	5,1	4,0
Sanganab Atoll ⁶ (Sudan)	12,4	9,6	5,2	4,0	4,8	3,6

Tabelle 7: Relative Abundanz der häufigsten Fischarten in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Rotes Meer, Ägypten im Vergleich zu anderen Fischbeständen in Meeresschutzgebieten des Roten Meeres. ¹diese Studie (UZ), ²Khalaf & Kochzius (2002b) (UZ), ³Krupp et al. (1993) (UZ+F). UZ Unterwasserzählung, F Fischen.

Art	El Quadim-Bucht ¹ (Ägypten)	Meeresbiologische Station ² (Jordanien)	Sanganeb Atoll ³ (Sudan)
<i>Chromis dimidiata</i>	44,9	5,6	19,5
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	32,5	24,1	43,6
<i>Chromis ternatensis</i>	5,8	4,0	5,2
<i>Chromis viridis</i>	3,6	1,6	2,6
<i>Amblyglyphidodon flavilatus</i>	0,8	1,0	1,1

Die häufigsten Arten waren *Chromis dimidiata* (Zweifarbendemoiselle; 44,9%), *Pseudanthias squamipinnis* (Juwelfahnenbarsch; 32,5%), *Chromis ternatensis* (Schwalbenschwanz; 5,8%), *Chromis viridis* (Grüner Schwalbenschwanz; 3,6%) und *Amblyglyphidodon flavilatus* (Gelbseitenriffbarsch; 0,8%), welche 87,6% aller Individuen ausmachten (Tabelle 6). Die häufigsten Arten bezogen auf die Erscheinungshäufigkeit waren *Chromis dimidiata* (Zweifarbendemoiselle), *Pseudanthias squamipinnis* (Juwelfahnenbarsch), *Chromis ternatensis* (Schwalbenschwanz), *Ctenochaetus striatus* (Längsstreifen-Borstenzahndoktorfisch), *Chaetodon austriacus* (Rotmeer-Rippenfalterfisch), *Siganus luridus* (Kaninchenfisch) und *Zebrasoma xanthurum* (Gelbschwanz-Segeldoktorfisch) (alle 100%; Bilder siehe Tafel 4).

Die Diversität nach Shannon-Wiener reichte von 1,3 bis 1,8, der Artenreichtum von 33 bis 49 Arten und die absolute Abundanz von 701 bis 2.029 Individuen. Bezüglich Diversität und Artenreichtum konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Tiefen und Untersuchungsgebieten gefunden werden (Abb. 13).

5.2.3.2. Multivariate Analyse des Fischgemeinschaft

Die auf der Bray-Curtis Ähnlichkeit basierende MDS Analyse machte zwei Hauptgruppen sichtbar (Abb. 14): das linksseitige (Transecte 1-6) und das rechtsseitige (Transecte 7-12) Untersuchungsgebiet der El Quadim-Bucht mit Untergruppen in 5 m und 10 m Tiefe für die rechte Seite der Bucht. Transect Nummer 4 stimmte nicht mit den Gruppen der MDS-Darstellung überein und für die Untersuchungsgebiete der linken Seite konnten keine Untergruppen bezüglich der Tiefe unterschieden werden. Ein ANOSIM-Signifikanztest

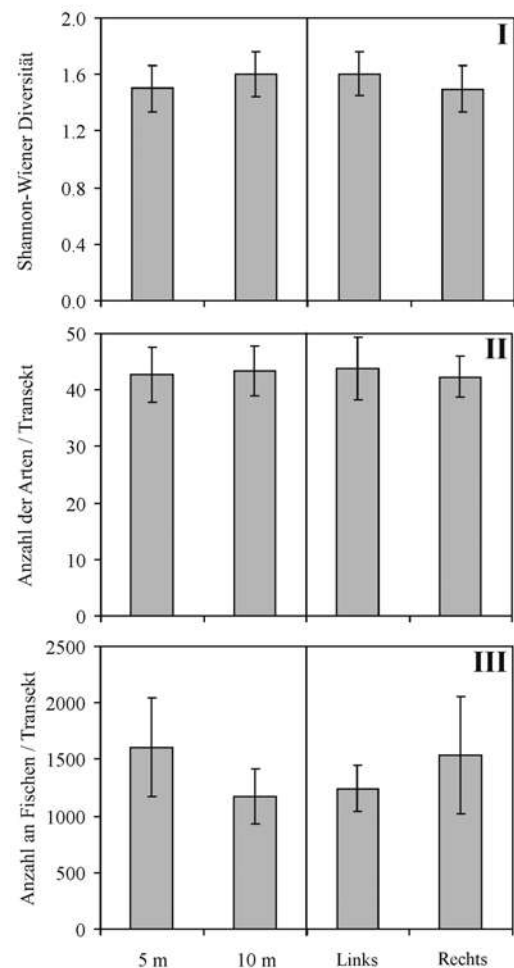


Abb. 13: Shannon-Wiener Diversität (I), Artenreichtum (II), und absolute Abundanz (III) in verschiedenen Tiefen und Untersuchungsgebieten (Links: Transecte 1-6; Rechts: Transecte 7-12) (Durchschnittswert \pm SA) in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Rotes Meer, Ägypten.

bestätigte den Unterschied zwischen den Untersuchungsgebieten der rechten und linken Seite ($p=0,01$) sowie auch zwischen 5 m und 10 m Tiefe ($p=0,05$) (Tabelle 8).

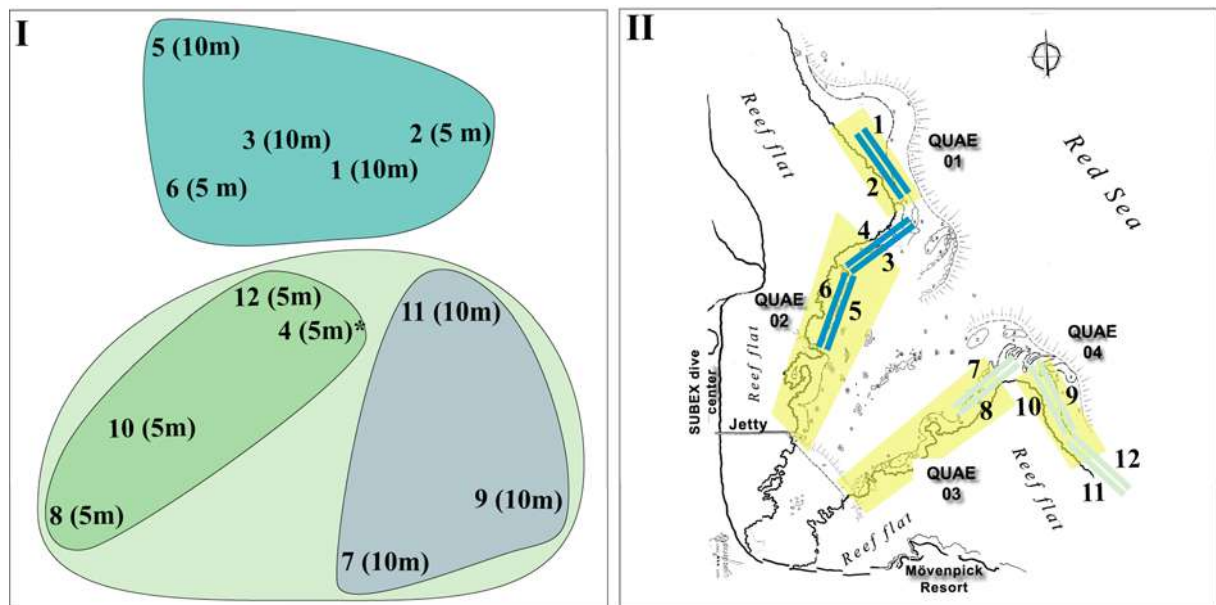


Abb. 14: (I) MDS-Darstellung der Beziehung zwischen Fischgemeinschaften (Bray-Curtis Ähnlichkeit, $\log(1+x)$ Transformation der Daten, Durchschnittswerte der Gruppen, Stress = 0,05). (II) Karte der El Quadim-Bucht, El Quseir, Rotes Meer, Ägypten mit Lage der 12 Transekte (gerade Transektnummern: 5 m Tiefe; ungerade Transektnummern: 10 m Tiefe)

Tabelle 8: ANOSIM Signifikanztest für die Bray-Curtis Ähnlichkeit der Beziehung zwischen Fischgemeinschaften in unterschiedlichen Tiefen und Untersuchungsgebieten in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Rotes Meer Ägypten (* $0,05 \geq p \geq 0,01$, ** $0,01 > p \geq 0,001$, *** $p < 0,001$).

	5 m : 10 m	linke Seite : rechte Seite
Globales R	0,426	0,500
P	0,05	0,01
Signifikanzniveau	*	*

5.2.4. Diskussion – Fischfauna

5.2.4.1. Dominante Arten und Parameter der Fischgemeinschaft

Chromis dimidiata (Zweifarb-Demoiselle) und *Pseudanthias squamipinnis* (Juwelenfahnenbarsch) sind die häufigsten Arten in der El Quadim-Bucht. In den Schutzgebieten der Meeresbiologischen Station Aqaba, Jordanien (Khalaf & Kochzius 2002b) und im Sanganeb-Atoll im Sudan (Krupp et al. 1993) (Tabelle 6), sowie in den Japanischen Gärten vor Eilat (Israel, Rilov & Benayahu 2000) und in Nuweiba (Ägypten, Ben-Tuvia et al. 1983) ist *P. squamipinnis* (Juwelenfahnenbarsch) die häufigste Art. Im Sanganeb-Atoll ist *C. dimidiata* (Zweifarb-Demoiselle) die am zweithäufigsten vorkommende Art (Tabelle 6); außerdem wird sie in hoher Anzahl auch in den Gewässern der Meeresbiologischen Station Aqaba, den Japanischen Gärten und Nuweiba angetroffen (Ben-Tuvia et al. 1983, Krupp et al. 1993, Rilov & Benayahu 2000, Khalaf & Kochzius 2002a). Vergleiche der relativen Abundanzen der in der El Quadim-Bucht am häufigsten angetroffenen Arten mit Daten aus den Schutzgebieten der Meeresbiologischen Station in

Jordanien und dem Sanganeb-Atoll im Sudan weisen eine hohe Ähnlichkeit auf. Die einzige Ausnahme ist die sehr hohe Abundanz von *C. dimidiata* (Zweifarb-Demoiselle) in der El Quadim-Bucht.

In Korallenriffen des Roten Meeres sind Lippfische und Riffbarsche die dominanten Fische. Lippfische (Labridae) stellen den höchsten Prozentsatz an Arten, gefolgt von den Riffbarschen (Pomacentridae). Verglichen mit anderen Korallenriffen gibt es in der El Quadim-Bucht eine hohe Anzahl Zackenbarsche (Serranidae). Die Anzahl von Doktorfischen (Acanthuridae), Falterfischen (Chaetodontidae) und Papageifischen (Scaridae) in der El Quadim-Bucht liegt im Bereich anderer Fischgemeinschaften des Roten Meeres (Tabelle 6).

Im Hinblick auf die relative Abundanz von Familien wird die Fischfauna der El Quadim-Bucht von Riffbarschen (Pomacentridae) dominiert, gefolgt von den Fahnenbarschen (Anthiinae; Unterfamilie der Serranidae), Doktorfischen (Acanthuridae) und Lippfischen (Labridae). Im Golf von Aqaba findet man an der jordanischen Küste beinahe dieselbe Struktur, mit dem einzigen Unterschied, dass Lippfische häufiger vorkommen als Doktorfische (Khalaf & Kochzius 2002b). Die Dominanz der Riffbarsche wurde ebenfalls durch Unterwasserzählungen von Fischgemeinschaften in Korallenriffen Neukaledoniens (Rossier & Kulbicki 2000) und dem Großen Barriereriff in Australien (Ackerman & Bellwood 2000) aufgezeigt.

Die Diversität nach Shannon-Wiener (H') unterschied sich nicht zwischen den Untersuchungsgebieten und verschiedenen Tiefen (Abb. 13). In Bezug auf die Wassertiefe ist der Einfluss auf die Diversität (H') nicht klar: Sowohl Khalaf & Kochzius (2002b) als auch Öhman & Rajasuriya (1998) fanden keine signifikanten Korrelationen zwischen Diversität (H') und Tiefe in Jordanien bzw. Sri Lanka. Dennoch haben Friedlander & Parrish (1998) auf eine schwache positive Korrelation hingewiesen. Es scheint, dass Veränderungen in der Diversität mit zunehmender Tiefe durch Umweltfaktoren verursacht werden, die sich zwischen den Riffen unterscheiden. Daher kann eine generelle Abhängigkeit der Diversität von der Tiefe nicht nachgewiesen werden.

Der Artenreichtum in den beiden untersuchten Tiefen der El Quadim-Bucht ist ähnlich, im Gegensatz zum allgemeinen Trend eines Anstiegs des Artenreichtums mit der Tiefe, der im Roten Meer (Edwards & Rosewell 1981, Roberts & Ormond 1987), in Hawaii (Friedlander & Parrish 1998) und Sri Lanka (Öhman & Rajasuriya 1998) gefunden wurde. Allerdings ist dieser Trend hauptsächlich zwischen 1 m und 6 m Tiefe sichtbar und die Unterschiede zwischen 6 m und 12 m sind gering bzw. nicht vorhanden (Roberts & Ormond 1987). Da diese Untersuchung die Fischfauna des Riffdaches nicht erfasst hat, konnte dieser Trend nicht beobachtet werden.

Das Gesamtbild zeigt eine höhere Fischabundanz in 5 m Tiefe als in 10 m Tiefe (Abb. 13, Tabelle 15). Dieser Befund steht im Widerspruch zu einer Studie von Khalaf & Kochzius (2002b) im Golf von Aqaba, welche ein gegenteiliges Ergebnis beschreibt. Eine Studie über pflanzenfressende Fische, wie den Acanthuridae (Doktorfische), Scaridae (Papageifische) und Siganidae (Kaninchenfische), im Golf von Aqaba weist auch auf eine höhere Abundanz in 10 m Tiefe als in 5 m Tiefe hin (Bouchon-Navaro & Harmelin-Vivien 1981). Diese Unterschiede können auf regionale Unterschiede zurückzuführen sein, wie z.B. Riffmorphologie und den Grad der Bedeckung mit Korallen. In Hawaii wurde keine Beziehung zwischen der gesamten Fischabundanz und Tiefe nachgewiesen (Friedlander & Parrish 1998).

Die Analyse der dominanten Arten und der Parameter der Fischbestände ergab folgende Ergebnisse: 1) Labridae (Lippfische) und Pomacentridae (Riffbarsche) waren die dominanten Familien im Hinblick auf Artenreichtum der Ichthyofauna in der El Quadim-Bucht, sowie auch in anderen Korallenriffen des Roten Meeres, 2) bezüglich der relativen Abundanz, waren die Riffbarsche (Pomacentridae) die dominante Familie, 3) Fischdiversität und Artenreichtum in der El Quadim-Bucht sind nicht abhängig von den in dieser Studie begutachteten Tiefen (5 m und 10 m), und 4) Fischabundanz war größer in 5 m Tiefe als in 10 m Tiefe.

5.2.4.2. Multivariate Analyse der Fischgemeinschaft

Multi-dimensionales Skalieren (MDS), sowie eine ANOSIM-Analyse weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Fischbeständen der beiden verschiedenen Untersuchungsgebiete (linke und rechte Seite der Bucht) und den unterschiedlichen Tiefen hin (Abb. 14, Tabelle 8). Solche habitat- und tiefenspezifischen Unterschiede in Fischgemeinschaften tropischer Korallenriffe werden auch von anderen Studien in Jordanien (Khalaf & Kochzius 2002b), Sri Lanka (Öhman & Rajasuriya 1998) und Hawaii (Friedlander & Parrish 1998) nachgewiesen. Diese Unterschiede können durch Veränderungen in der Korallenbedeckung, Strömung oder Wellenbewegung verursacht werden. Da die Bodenbedeckung auf den Transekten der Fischzählungen nicht erfasst wurde, können Unterschiede in der Fischgemeinschaft und dem Habitat nicht miteinander korreliert werden. Der Unterschied zwischen den Fischgemeinschaften auf der linken und rechten Seite der El Quadim-Bucht kann durch den unterschiedlich starken Einfluss der von Norden kommenden Wellenbewegung bedingt sein. Auf der linken Seite liegen die Transekte 3-6 geschützt in der Bucht, auf der rechten Seite hingegen sind alle Transekte direkt den Wellen ausgesetzt.

5.2.4.3. Der Einfluss des Sporttauchens auf die Fischgemeinschaft

Da keine Daten über die Fischbestände der El Quadim-Bucht aus Zeiten vor Beginn der Tauchaktivitäten vorhanden sind, kann der mögliche Einfluss des Tauchens auf die Fischgemeinschaft nur anhand eines Vergleiches mit anderen Gebieten des Roten Meeres, die nicht vom Sporttauchen betroffen sind, eingeschätzt werden. Die einzig verfügbaren Daten, die einen direkten Vergleich zulassen, wurden in Korallenriffen an der jordanischen Küste des Golfes von Aqaba erhoben (Khalaf & Kochzius 2002a, b). Ein Vergleich der absoluten Fischabundanz in der El Quadim-Bucht und ungestörten Riffen in Jordanien zeigt einen ähnlichen Durchschnittswert von ungefähr 1.400 Fischen/Transekt (250 m²) (Khalaf & Kochzius 2002a). Eine Studie von Hawkins et al. (1999) konnte in der Karibik keinen Einfluss des Tauchens an Tauchplätzen mit ungefähr 5.000 Tauchgängen pro Jahr feststellen, was vergleichbar zum durchschnittlichen Tauchdruck in der El Quadim-Bucht ist (Tabelle 13).

Der Vergleich dominanter Arten und Fischbestandsparameter zeigte keine wesentlichen Unterschiede zu anderen Korallenriffgemeinschaften im Roten Meer. Der Prozentsatz der Arten der häufigsten Familien war ähnlich dem anderer Riffe im Roten Meer, der prozentuale Anteil von Arten aus der Familie der Zackenbarsche (Serranidae) war in der El Quadim-Bucht aber erheblich höher als in anderen Untersuchungsgebieten (Tabelle 6). Die relative Abundanz der häufigsten Arten in der El Quadim-Bucht war der der Schutzgebiete Jordaniens und des Sudan sehr ähnlich (Tabelle 7).

Die Fischbestände der El Quadim-Bucht können demnach mit solchen ungestörter Riffe in Schutzgebieten des Roten Meeres verglichen werden. Die momentane Menge an Tauchgängen pro Tauchplatz hat offensichtlich keinen negativen Einfluss auf den Fischbestand in der El Quadim-Bucht.

5.3. Diversität der Korallenfauna

5.3.1. Korallengemeinschaften

Korallengemeinschaften definieren sich als ein Produkt aus Abundanz, Diversität und Identität dominanter Arten. Die dominante Art ist normalerweise namensgebend für die Gemeinschaft. Im Gegensatz zu nicht-kolonialen Organismen wird die Dominanz in Korallengemeinschaften nicht über die Abundanz, sondern über die eingenommene Substratfläche bzw. Bodenbedeckung bestimmt. Unterschiedliche Korallengemeinschaften können dieselbe dominante Art besitzen und äußerlich große Ähnlichkeiten zeigen, müssen aber nicht zwangsläufig dieselbe Artenzusammensetzung und ökologischen Ansprüche besitzen. Die Grenzen einer Korallengemeinschaft sind oft an dem Auftauchen neuer Arten

und auch an dem Verschwinden anderer Arten zu erkennen. Die Arten, an denen sich die Korallengemeinschaften unterscheiden, nennt man Differentialarten (differential species) (Scheer 1978). In Bezug auf Bewuchsdichte, räumliche Organisation, Diversität und Größenklassenverteilung variiert die Gemeinschaftsstruktur zwischen den Zonen. Dies beruht auf der Kombination von physikalischen Einflüssen und biologischen Interaktionen. Zu den physikalischen Einflüssen zählen die Hydrodynamik, Sedimentation, Illumination, Salinität und Temperatur. Die biologischen Faktoren sind neben der Bioerosion und den direkten Fraßfeinden (Korallen-/polypenfressende Fische und Mollusken) auch die Verteidigung oder Eroberung des Substrats gegenüber anderen Korallen (Sorokin 1993).

Sheppard & Salm (1988) und Sheppard & Sheppard (1991) analysierten Daten von 200 Stellen aus dem gesamten Roten Meer und zeigten die Existenz von 13 prinzipiellen Korallengemeinschaften. Einige konnte man in weitere Untereinheiten aufteilen. So kam man auf 22 mögliche Gemeinschaften. Acht der 13 Gemeinschaften sind auf das Nördliche, Zentrale bzw. Südliche Rote Meer beschränkt. Vier Gemeinschaften überspannen zwei dieser Bereiche und nur eine kommt im gesamten Roten Meer vor. Fünf der 13 Gemeinschaften kommen nach Sheppard & Sheppard (1991) im Nördlichen Roten Meer vor.

5.3.2. Methoden – Korallenfauna

5.3.2.1. Diversität

Die Identifizierung der Steinkorallen (Ordnung: Scleractinia) basiert primär auf den Software-Schlüsseln „Coral ID Version 1.1 – A key to the Scleractinian Corals of the World“ und „Staghorn Corals of the World – A Key to the Species of *Acropora*“. Des Weiteren wurden die Publikationen von Ditlev (1980), Scheer & Pillai (1983), Sheppard & Sheppard (1991), Wallace (1999) und Veron (2000) hinzugezogen. Der Identifizierung der Hydrokorallen (Ordnung: Milleporina) liegt die Arbeit von Ditlev (1980) zugrunde, für die Gruppe der Weichkorallen (Alcyoniina group) die Publikation von Fabricius & Alderslade (2001). Die Erhebung der Korallendiversität war nicht-invasiv, d.h. es fand keine Probennahme statt. Stattdessen wurden alle Korallen fotografisch dokumentiert und anhand ihrer Merkmale *in situ* bestimmt. So entstand eine Kollektion von über 500 digitalen Aufnahmen.

5.3.2.2. Populationsanalyse

Transekte

Für die qualitative Einschätzung der Korallengemeinschaften wurden so genannte „visual surveys“ (Kenchington 1978) in den vier Bereichen QUAE 01-04 von einer Tiefe von 20 m bis auf das Riffdach durchgeführt. Pro Bereich wurde der zeitliche Rahmen auf 2x30 Minuten festgelegt.

Indices

Neben der Korallenbedeckung in Prozent, die über den Anteil an den Messpunkten berechnet wird, wurden folgende Größen und Indices bestimmt:

Species Richness (nach Stirling & Wilsey 2001):

$$[S] = \text{Anzahl der Arten in einer Probe (n-fläche)}$$

Shannon-Wiener -Index H' (nach Loya 1976):

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \cdot \ln P_i)$$

n_i = Anzahl der Kolonien der Art i ($i=1,2,3, \dots$)
 N = Gesamtanzahl aller Kolonien der Probe
 $P_i = n_i / N$ = relative Abundanz

Der Shannon-Wiener Diversitäts-Index (H') konvergiert gegen Null, wenn alle Individuen (Kolonien) zu einer Art gehören und erreicht seinen maximalen Wert (H'_{\max}), wenn alle Arten eine ähnliche Anzahl Individuen (Kolonien) besitzen (Müller 1984).

Dominanz (Scheer 1978):

$$D = \frac{c_i}{C} \times 100$$

c_i = Bedeckung der Art i ($i=1,2,3, \dots$)
 C = absolute Bedeckung aller Arten

Evenness oder equitability (nach Stirling & Wilsey 2001):

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

H' = Shannon-Wiener –Index
 S = Species Richness

Dieser Index rangiert auf einer Skala von 0 bis 1, wobei kleine Werte einer geringen „Gleichförmigkeit“ (Evenness) und einer hohen Dominanz einer oder einzelner Arten entsprechen, und hohe Werte ein ausgeglichenes Verhältnis der Abundanzen und das Maximum der „Gleichförmigkeit“ (Evenness) anzeigen.

Margalef's index (Magguran 1988):

$$D' = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

N = Anzahl der Individuen (Kolonien)
 S = Anzahl der Arten

5.3.3. Ergebnisse – Korallenfauna

5.3.3.1. Diversität

Die Artenvielfalt an Steinkorallen (Klasse: Anthozoa, Unterklasse: Hexacorallia, Ordnung: Scleractinia) im gesamten Roten Meer umfasst 303 Arten mit einem Anteil von 35 Endemiten (Veron 2000). In dieser Studie konnten davon 144 Arten identifiziert werden, von welchen 9 endemisch für das Rote Meer sind. Die Familie Faviidae besaß die größte Artenvielfalt mit 44 Arten, gefolgt von den Acroporidae mit 28 Arten und den Agariciidae mit 14 Arten. Eine Liste der gefundenen Steinkorallenarten ist in Tabelle 17 wiedergegeben.

Hinzu kommen 4 Arten an Hydrokorallen (Klasse: Hydrozoa, Unterklasse: Anthoathecatae, Ordnung: Leptolida) und 15 Gattungen an Weichkorallen (Klasse: Anthozoa, Unterklasse: Octocorallia, Ordnung: Alcyonacea, Alcyoniina group). Diese sind in Tabelle 18 aufgelistet.

5.3.3.2. Korallengemeinschaften

Qualitative Einschätzung

QUAE 01

Riffhang

Der untere Riffhang zwischen 10 und 20 m ist heterogen. Die Bewuchsdichte wie auch die Diversität sind hoch, jedoch scheint keine der hier vorkommenden Korallenarten diesen Bereich zu dominieren. Mit einer Neigung von ca. 45° sind hier eine Vielzahl an Faviiden anzutreffen und die für diesen Bereich typischen Arten *Acropora valida*, *Acropora variolosa*, *Porites nodifera*, *Porites lutea* und *Pocillopora damicornis* verbuchen den höchsten Korallenbewuchs. Die Ergebnisse des QUAE 01m (10m) Transekts bekräftigen diese Feststellung. Hier hatte *Pocillopora damicornis* mit 14,3% den höchsten Anteil an Korallenbewuchs, gefolgt von *Acropora valida* und *Acropora variolosa* mit jeweils 9,5%. Der Anteil der verschiedenen Gattungen bzw. Familien an Korallenbewuchs für alle Transekte ist in Abb. 15 dargestellt, ihr absoluter Bewuchs ist in Tabelle 19 gelistet. Hier zeigt sich, dass die zwei wichtigen Gattungen *Acropora* (27%) und *Pocillopora* (21%) zusammen fast die Hälfte des Korallenbewuchses in 10 m Tiefe ausmachen.

In 10 m Tiefe ändert sich die Neigung des Riffhanges auf ca. 90°. An dieser Steilwand ist der Korallenbewuchs geringer als unterhalb von 10 m und oberhalb von 5 m. Am oberen Riffhang und an der Riffkante nimmt der Bewuchs wieder deutlich zu und die Artenzusammensetzung ändert sich. Hier kommen *Acropora acuminata* und *Acropora gemmifera* hinzu, welche in 10 m nicht angetroffen wurden, während *Acropora valida* und *Acropora variolosa* hier nur noch sporadisch vorkommen. Zwei weitere Arten, die hier vermehrt das Bild bestimmen, sind die Netz-Feuerkoralle *Millepora dichotoma*, mit einem Anteil von

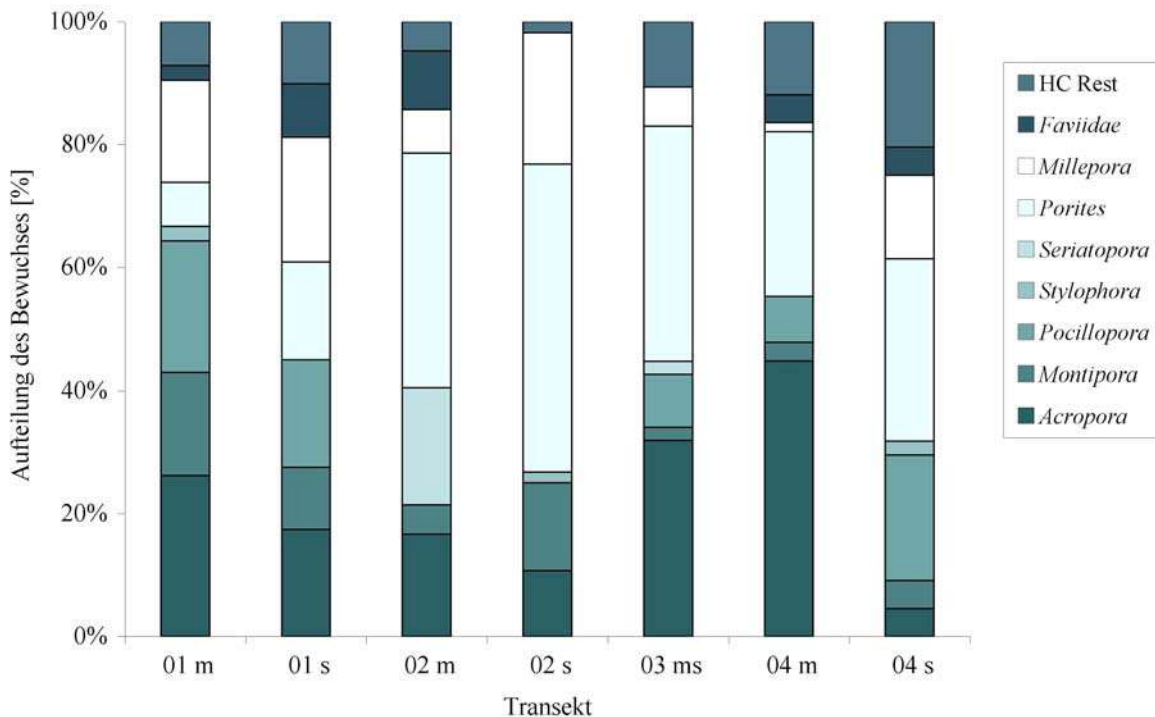


Abb. 15: Anteil der verschiedenen Gattungen bzw. Familien am Korallenbewuchs in allen Untersuchungsflächen QUAE 01-04. (HC= Hermatypic Coral (hermatype Korallen), m=medium=10 m; s=shallow (flach)=5 m).

14,7% an dem Korallenbewuchs im 5 m-Transekt, und *Pocillopora verrucosa* mit 11,8%. Einen höheren Bewuchs im oberen Bereich indiziert auch ein Vergleich der beiden Transekte. Hier bedeckten die riffbildenden Korallen im 10 m-Bereich (QUAE 01m) 26,3% des Riffhanges, im 5 m-Bereich (QUAE 01s) mit 42,5% deutlich mehr. Die Weichkorallen bedeckten in den entsprechenden Tiefen 13% bzw. 9,4%, zeigten also umgekehrte Verhältnisse, wobei der Bewuchs hier in 10 m überwiegend durch Xenüiden bestimmt wird, in 5 m aber durch *Sinularia* sp. Der Anteil der verschiedenen Gattungen bzw. Gruppen am gesamten Korallenbewuchs ist in Abb. 15 dargestellt.

Riffkante/Riffplattform

Die Topographie der Riffkante in QUAE 01 ist abgerundet, ein „spur-and-groove“-System ist nicht ausgebildet. Der überwiegende Teil dieses Riffabschnittes wird von kleinen bis mittelgroßen, buschförmigen, verzweigten Korallen, wie *Pocillopora verrucosa*, *Acropora acuminata* (Wuchsform: corymbos) und *Acropora gemmifera* (Wuchsform: digitat) dominiert. Dazwischen kommen auch verschiedene massive Faviiden vor, wie vor allem *Echinopora gemmacea* und *Favia rotumana*, sowie inkrustierende *Montipora* spp..

Riffdach

Auf Höhe von QUAE 01 zeigte das Riffdach im Rückriffbereich eine breite Zone mit mittlerer Bewuchsdichte, in der *Stylophora pistillata* deutlich dominierte. Die Diversität nimmt hier stark ab. Neben den verstreut vorkommenden einzelnen kleinen Kolonien verschiedener Arten (z.B. *Porites* sp.) nahm nur die Platten-Feuerkoralle *Millepora platyphylla* noch einen größeren Teil ein.

QUAE 02

Riffhang

Der Riffhang in QUAE 02 besteht über weite Bereiche aus Blöcken und Türmen säulenförmiger *Porites nodifera* und *Porites rus*. Diese Dominanz zeigt sich sehr deutlich im östlichen, dem Meer zugewandten Teil der Bucht. Landwärts lässt dies nach und im inneren Bereich bestimmen vor allem *Millepora dichotoma*, *Seriatopora hystrix* und *Goniopora* spp. das Bild. Mit der hier erhöhten Sedimentation kommen diese Arten besser zurecht als andere. Der Korallenbewuchs nimmt landwärts hin ab, einen auffällig hohen Bewuchsanteil stellen Weichkorallen der Familie Xenüidae. Diese haben in 10 m einen Anteil von 16,7%, welcher den höchsten Wert des gesamten Untersuchungsgebietes darstellt. Ein Vergleich der verschiedenen Bereiche ist in Tabelle 19 gegeben.

Am unteren Riffhang sind darüber hinaus *Acropora valida*, *Acropora variolosa*, *Porites lutea* und diverse Faviidae anzutreffen, jedoch in geringerem Maße als in QUAE 01. Am oberen Riffhang kommen *Millepora dichotoma*, *Acropora acuminata* und *Porites lobata* als bedeutende Arten hinzu. Eine weitere Auffälligkeit besteht darin, dass *Pocillopora verrucosa* und *Pocillopora damicornis* in QUAE 02 in viel geringerem Maße angetroffen wurden als in den anderen Sektoren. In den beiden Transekten QUAE 02m und QUAE 02s kamen sie gar nicht vor.

Riffkante - Riffdach

Die Riffkante in QUAE 02 zeigt im überwiegenden Teil einen deutlichen Knick mit Überhang und „spur-and-groove“-Systeme sind teilweise anzutreffen. Die Diversität und der Korallenbewuchs sind hoch. Häufig gefundene Arten sind *Acropora hyacinthus*, *Acropora gemmifera* und *Porites lobata*. Die sich anschließende, relativ schmale Zone mit hohem Korallenbewuchs zeichnet sich durch eine starke Präsenz verschiedener Faviiden aus, besonders *Platygyra lamellina* und *Platygyra daedalea*. Außerdem befinden sich hier Kolonien von *Porites lobata*, *Millepora platyphylla* und inkrustierende *Montipora* spp..

QUAE 03

Riffhang

Der Riffhang in QUAE 03 ähnelt QUAE 02, mit vorherrschender Dominanz der *Porites* spp. und *Millepora dichotoma*, *Seriatopora hystrix* und *Goniopora* spp.. Die Riffstruktur ist im inneren Bereich mit vielen Einschnitten, Schluchten und einem Höhlensystem noch komplexer als auf der nördlichen Buchtseite. Hierdurch wurden auf dieser Seite auch vermehrt die von Sorokin (1993) als „schattenliebend“ bezeichneten Agariciiden wie z.B. *Leptoseris explanata*, *Leptoseris mycetoseroides*, *Leptoseris scabra* und *Pachyseris speciosa* angetroffen.

Riffkante - Riffdach

Im inneren Bereich der Bucht sind Aufbau und Zusammensetzung ähnlich wie in QUAE 02, allerdings mit geringerem Anteil an Faviiden. Der äußere Bereich wiederum gleicht dem von QUAE 01. Das Riffdach besteht nach einer schmalen Zone mit normalem Korallenbewuchs nur noch aus verfestigtem Korallenfels.

QUAE 04

Riffhang

Die Neigung des Riffhangs in QUAE 04 ist gleichmäßiger als in QUAE 01 und ihm fehlen die steil abfallenden Bereiche. Ansonsten scheinen auch hier wieder deutliche Gemeinsamkeiten zu bestehen, abgesehen von einem höheren Vorkommen von *Acropora* spp., *Acropora variolosa* und *Acropora secale*, die hier in 10 m Tiefe, im Vergleich zu den anderen Transekten, mit 4,5 % und 8,8 % ihren höchsten Bedeckungsgrad zeigten.

Für die 17 häufigsten Arten ist der Anteil am Korallenbewuchs in den einzelnen Transekten in Abb. 16 graphisch dargestellt, die entsprechenden Werte sind in Tabelle 20 angeführt.

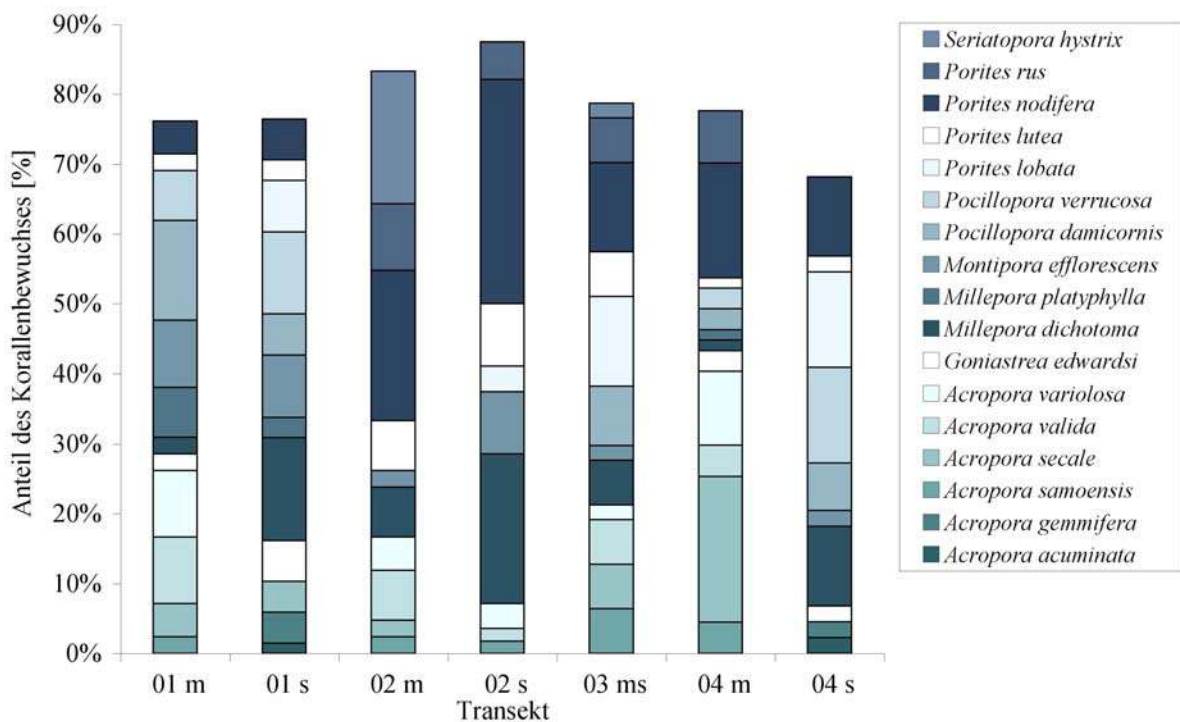


Abb. 16: Anteil der 17 häufigsten Arten am Korallenbewuchs in Prozent für alle Untersuchungsfläche (Tranekte) QUAE 01-04 (m=medium (mittlere Tiefe)=10 m; s=shallow (flach)=5 m).

Dominanz

Der Anteil der einzelnen Gattungen bzw. Arten differiert zum Teil beträchtlich im Bezug auf Tiefe, Sektor oder Exposition. *Acropora acuminata* und *Acropora gemmifera* kamen nur in den äußeren flachen Transekten QUAE 01s und QUAE 04s vor. *Goniastrea edwardsi*, ein Repräsentant der Familie Faviidae, die Platten-Feuerkoralle *Millepora platyphylla* und *Pocillopora verrucosa* tauchten nur in den außerhalb der Bucht gelegenen Transekten (QUAE 01 und QUAE 04) auf.

Acropora gemmifera wurde im inneren Bereich häufig angetroffen, allerdings fast ausschließlich im Bereich der Riffkante. Umgekehrt kam *Seriatopora hystrix* nur in den Transekten innerhalb der Bucht vor. Die Werte für die Dominanzen der 17 wichtigsten Arten für die einzelnen Transekte sind in Tabelle 20 aufgelistet. Nur 3 Arten kamen in jedem der 7 Transekte vor. Dies waren *Porites nodifera*, *Porites lutea* und *Millepora dichotoma*. Die jeweils höchste Dominanz pro Transekt lag zwischen 12,8 % und 32,1 %. Den höchsten Wert erreichte *Porites nodifera* im Transekt QUAE 02s, wobei sie auch in QUAE 02m die höchste Dominanz hatte. In Abb. 17 sind die 2 Arten mit den jeweils höchsten Dominanzen für die 7 Transekte graphisch dargestellt.

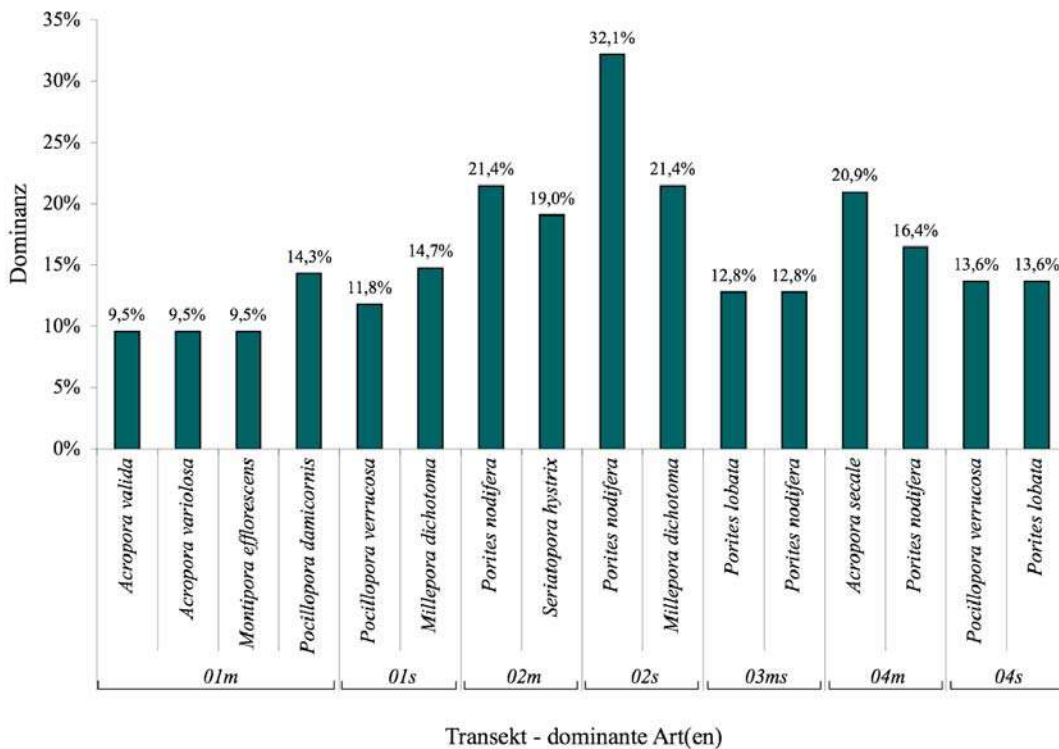


Abb. 17: Die Arten mit den jeweils höchsten Dominanzen für die einzelnen Transekte QUAE 01-04 (m=medium (mittlere Tiefe)=10 m; s=shallow (flach)=5 m).

Die säulenförmige *Porites nodifera* hat eine mittlere Dominanz von etwa 15% über alle Transekte und die Netz-Feuerkoralle *Millepora dichotoma* etwa 10%. Dies veranschaulicht die Bedeutung dieser Arten für die Korallengemeinschaften und das Gesamtbild des Riffes der El Quadim-Bucht. Ein Vergleich des inneren, geschützten bzw. halbgeschützten Bereiches der Bucht (QUAE 02 + QUAE 03) mit den exponierten Stellen (QUAE 01 + QUAE 04) der Außenseite zeigt Unterschiede für verschiedene Korallengruppen. Diese Unterschiede sind in Abb. 18 graphisch dargestellt. Besonders deutlich ist der Unterschied zwischen Innen- und Außenseite im Grad der Bedeckung bei der Gattung *Porites* und bei der Weichkorallenfamilie Xenidae zu sehen. Bei diesen ist die Bedeckung auf der Innenseite jeweils mehr als doppelt so groß als die auf der Außenseite. Im umgekehrten Fall hat die Gattung *Acropora* und die Familie der Faviidae auf der

Außenseite den höheren Bedeckungsgrad. Der Bedeckungsgrad der Gattung *Pocillopora* ist auf der Außenseite sogar um ein fünffaches höher als innen.

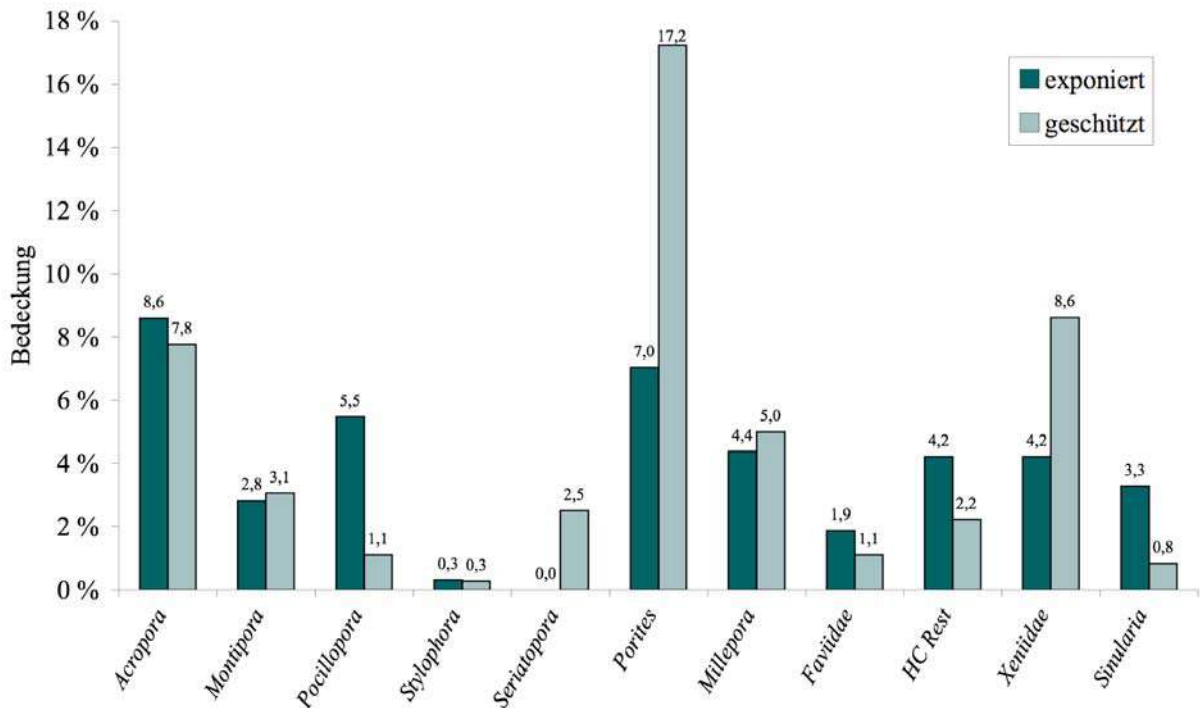


Abb. 18: Vergleich des mittleren Bedeckungsgrades verschiedener Korallengruppen zwischen Innen- und Außenseite der Bucht

Bedeckung und Artenreichtum

Die mittlere Korallenbedeckung über die gesamten Untersuchungsflächen betrug 36,6%. Sie zeigt keine signifikanten Unterschiede zu den 35,7%, die Riegl & Velimirov (1991) für die Saumriffe um Hurghada bestimmten. Die niedrigste Bedeckung hatte QUAE 01m mit 26,3% und die höchste QUAE 04s mit 46,5%. Nach den beiden Tiefenstufen getrennt, zeigt sich, dass der Bewuchs in 5 m mit 38,3% im Mittel leicht größer ist als der auf 10 m mit 34,8%. Der innere, geschützte bzw. halbgeschützte Bereich der Bucht (QUAE 02 + 03) zeigt mit 40,3% einen höheren Korallenbewuchs als die außen gelegenen Stellen (QUAE 01 + 04) mit 34,5%. Insgesamt umfasste die Analyse der Transekte 50 Arten (=S], Species Richness) mit einem Durchschnitt von 9,0 Arten pro Segment (20 m, 40 Probenpunkte). Den höchsten Mittelwert hatte QUAE 01s (n=4) mit 11 und den niedrigsten QUAE 04s (n=4) mit 7,25 Arten. Die Segmente auf 5 m hatten mit einem Mittelwert von 9,3 Arten (n=12) einen höheren Artenreichtum als die 10 m mit 8,6 (n=13). Ein Vergleich der exponierten Stellen (QUAE 01 + 04) mit denen der geschützten (QUAE 02 + 03) ergab ein Verhältnis von 9,3 (n=16) zu 8,4 (n=9) Arten.

Der Artenreichtum zeigt somit eine Struktur mit höherer Diversität der exponierten Stellen gegenüber den geschützten Bereichen sowie der flacheren gegenüber den tieferen. In diesem Ansatz gilt diese Aussage sicherlich nur für den Unterschied der 10 m- und 5 m- Bereiche. Eine Zusammenfassung der Korallenbedeckung und Artenreichtum für alle Transekte ist in Tabelle 10 wiedergegeben.

Shannon-Wiener-Index und Evenness

Für den Shannon-Wiener-Index H' betrug der kumulative Mittelwert über alle Segmente ($n=25$) 2,02. In 5 m und 10 m Tiefe lagen die Werte bei 1,94 und 2,10. Dabei zeigten nur die Segmente von QUAE 01m ($p<0.05$) und QUAE 01s ($p<0.1$) zueinander eine Similarität. Der innere, geschützte bzw. halbgeschützte Bereich der Bucht (QUAE 02 und 03) zeigte mit 1,90 einen niedrigeren Wert als die exponierten Stellen (QUAE 01 und 04) mit 2,09. Für die einzelnen Transekte lagen die Werte zwischen 2,14 für QUAE 02s und 2,87 für QUAE 01s. Die niedrigsten Werte hatten QUAE 02m und QUAE 02s. Der Index J' (Evenness) für die Segmente zeigte in den 4 Sektoren Werte zwischen 0,78 und 1 mit einer Signifikanz $p<0.05$ für die Evenness J' innerhalb der Transekte. Die Mittelwerte lagen bei 0,94 ($n=25$) für alle Segmente, 0,95 für den 5 m Bereich und 0,91 für den 10 m-Bereich. Die exponierten Stellen (QUAE 01 und QUAE 04) zeigten einen Mittelwert von 0,95 im Gegensatz zu 0,90 für die inneren Bereiche der Bucht (QUAE 02 und QUAE 03). Die hohen Werte reflektieren die Ausgeglichenheit der Abundanzen und sprechen somit für eine Gemeinschaft ohne klare Dominanz. Die niedrigeren Werte bei den Transekten QUAE 02m, QUAE 02s und QUAE 04m weisen auf eine Dominanz an diesen Stellen hin.

Bray-Curtis Similarity

Die Clusteranalyse über die Bray-Curtis Similarity (50 Arten) zeigt, dass der Sektor QUAE 02 am homogensten ist. Die Segmente der 5 m und 10 m Transekte sind jeweils zusammen gruppiert (Abb. 19, Tabelle 9). Übereinstimmende Merkmale der Segmente von QUAE 02s (5 m) sind unter anderem ein hoher Anteil an *Porites nodifera* und *Millepora dichotoma*. Für die 3 Segmente von QUAE 02m (10 m) ist dies u.a. das Vorkommen von *Porites nodifera*, *Porites rus* und *Seriatopora hystrix*. Diese Gruppierungen spiegeln eine Überlappung der Korallengemeinschaften 3 und 6 wider. Die zwei Hauptzweige der Clusteranalyse reflektieren die zwei Grundunterschiede der Segmente bzw. Korallengemeinschaften, eine mit hohem Anteil an *Porites* spp. (unten) und die andere ohne (oben). Generell ist eine horizontale Zonierung erkennbar und eine Überlappung bzw. ein Vermischen der Korallengemeinschaften liegt vor. Wie an den meisten Riffen der Welt auch, besteht in der El Quadim-Bucht sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Zonierung.

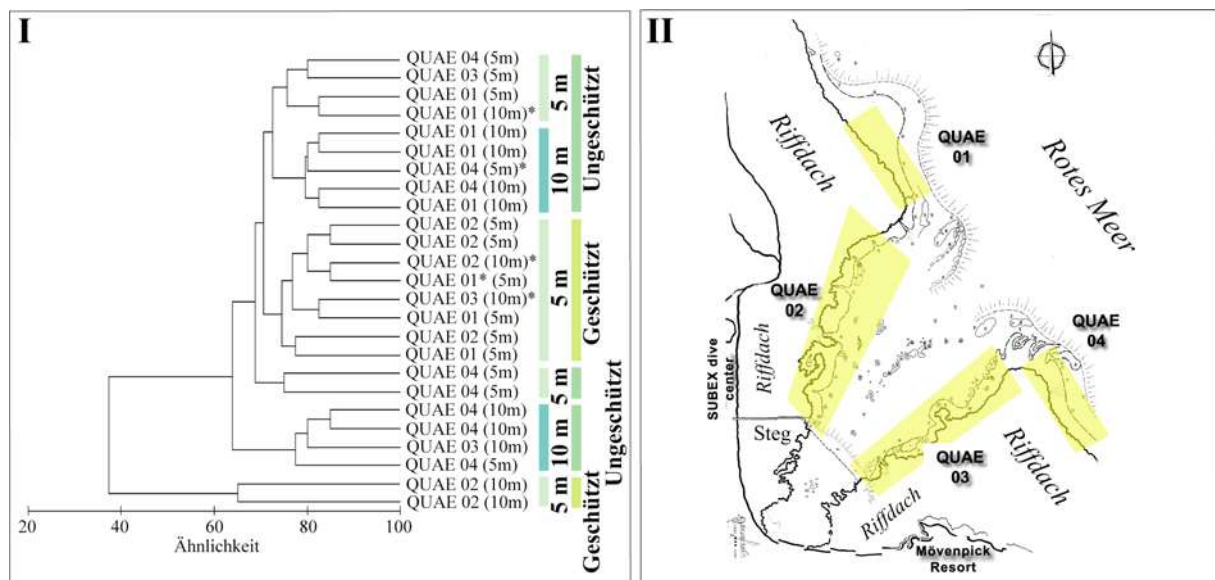


Abb. 19: (I) Dendrogramm der Beziehungen zwischen Korallengemeinschaften (Bray-Curtis-Ähnlichkeit) an verschiedenen Transekten. (II) Karte der El Quadim-Bucht, El Quseir, ägyptische Küste des Roten Meeres; fehlerhafte Zuordnungen bezüglich Gruppierung der Transekte bzw. Wassertiefe sind mit folgendem Zeichen kenntlich gemacht: *.

Tabelle 9: ANOSIM-Signifikanztest (Bray-Curtis-Ähnlichkeit) der Beziehungen zwischen den Korallengemeinschaften in verschiedenen Tiefen und an verschiedenen Probenahmeorten (geschützt und ungeschützt) in der El Quadim-Bucht, El Quseir, ägyptische Küste des Roten Meeres (*0,05 \geq p \geq 0,01, **0,01 $>$ p \geq 0,001, ***p $<$ 0,001).

	5 m : 10 m	geschützt : ungeschützt
Globales R	0.573	0.351
P	0.001	0.003
Signifikanzniveau	**	**

Korallengemeinschaften

Die El Quadim-Bucht besteht aus primär 7 verschiedenen Korallengemeinschaften. Drei dieser Gemeinschaften sind rein qualitativ eingeschätzt und vier werden von den dargestellten Ergebnissen gestützt. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich hier um eine allgemeine Begutachtung handelt und die quantitativen Daten nicht ausreichen, alle Korallengemeinschaften statistisch zu belegen. Eine Zusammenfassung der Merkmale der Korallengemeinschaften ist in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 10: Korallenbedeckung, Species Richness S, Shannon-Wiener-Index H', Evenness J' und Margalef's Index für alle Transekte. Im 2. Teil sind die Mittelwerte pro Segment für die Indices dargestellt.

Site	QUAE 01m	QUAE 01s	QUAE 02m	QUAE 02s	QUAE 03ms	QUAE 04m	QUAE 04s
Kolonien (n=)	42	68	42	56	47	67	44
Bedeckung [%]	26,3	42,5	35,0	46,7	39,2	41,9	27,5
Species Richness [S]	18	23	16	15	19	23	19
H' = $-\sum p_i \ln p_i$	2,75	2,87	2,44	2,14	2,67	2,69	2,70
J' = H'/lnS	0,95	0,91	0,88	0,79	0,91	0,86	0,92
Margalef's Index	4,55	5,21	4,01	3,48	4,68	5,23	4,76
Mittelwerte	(n=4)	(n=4)	(n=3)	(n=3)	(n=3)	(n=4)	(n=4)
H' = $-\sum p_i \ln p_i$	2,09	2,26	1,96	1,75	1,99	2,17	1,84
Species Richness [S]	8,5	11	8,7	8	8,7	10,3	7,3
Evenness J' = H'/lnS	0,98	0,95	0,92	0,84	0,93	0,94	0,94
Margalef's index	3,22	3,54	2,89	2,40	2,76	3,27	2,61

Tabelle 11: Korallenbedeckung, Species Richness S, Shannon-Wiener-Index H', Evenness J' und Margalef's Index nach Tiefe und Exposition getrennt. Im 2. Teil sind die Mittelwerte pro Segment für diese Indices dargestellt.

	10 m	5 m	exponiert	geschützt
Bedeckung [%]	35,6	37,7	34,5	40,3
Species Richness [S]	36	37	44	28
Mittelwerte	(n=13)	(n=12)	(n=16)	(n=9)
Species Richness [S]	9,3	8,6	9,3	8,4
Evenness J'	0,95	0,91	0,95	0,90
Margalef's index	3,15	2,81	3,16	2,68
H' = $-\sum p_i \ln p_i$	2,10	1,94	2,09	1,90

Tabelle 12: Zusammenfassung der Merkmale der 7 gefundenen Korallengemeinschaften.

Nr.	Dominante Art(en)	Charakter	Habitat
1	<i>Stylophora pistillata</i>	Geringe Diversität, <i>Millepora platyphylla</i> abundant	Riffdach
2	<i>Acropora gemmifera</i> , <i>Acropora hyacinthus</i>	<i>Echinopora gemmacea</i> und <i>Porites lobata</i> abundant	Riffkante-Riffplattform
3	<i>Millepora dichotoma</i>	<i>Seriatopora hystrix</i> und <i>Goniopora spp.</i> im tieferen Bereich abundant	Riffhang-Vorriff in geschützten Bereichen, hohe Sedimentationsrate(?)
4	-	Hohe Diversität, mittlerer Bewuchs, ausgeglichene Abundanzen, viele Faviidae	Exponierter, ausgezogener Riffhang
5	<i>Acropora acuminata</i> , <i>Pocillopora verrucosa</i>	Teilweise mit <i>Millepora dichotoma</i> abundant - dominant, hoher Bewuchs	Oberer Riffhang <5m
6	<i>Porites nodifera</i>	<i>Porites lutea</i> und <i>Porites rus</i> abundant, hoher Bewuchs	Riffhang in geschützten Bereichen
7	<i>Acropora variolosa</i> , <i>Acropora valida</i> , <i>Acropora secale</i>	<i>Pocillopora damicornis</i> abundant, hoher Bewuchs	Halbexponierter, ausgezogener Riffhang >5m

5.3.4. Diskussion – Korallenfauna

5.3.4.1. Korallendiversität

Für das gesamte Rote Meer führen Sheppard & Sheppard (1991) 220 Arten mit einem Anteil von 158 Arten für das nördliche Rote Meer an. Abou Zaid (2000) berichtet von 128 Arten in 45 Gattungen für das nördliche Rote Meer. Im Vergleich zu letzterem zeigen die Ergebnisse dieser Studie eine höhere Korallendiversität (Ordnung: Scleractinia) mit 144 Arten in 45 Gattungen. Jedoch ist zu beachten, dass Veron (2000) 303 Arten für das Rote Meer aufführt, wobei er einige neue Arten beschreibt, und Sheppard & Sheppard (1991) nur von 220 Arten berichten. Des Weiteren sind bei Sheppard & Sheppard (1991) einige Arten (*Stylophora*, *Psammocora*) zusammengezogen (synonymisiert), die Veron (2000) wieder auftrennt. Ein Vergleich der Steinkorallendiversität der El Quadim-Bucht zum gesamten Roten Meer (basierend auf Veron 2000) ist in Tabelle 21 gegeben.

In der El Quadim-Bucht kommen 91% aller Steinkorallenarten des nördlichen Roten Meeres vor, die von Sheppard & Sheppard (1991) aufgeführt werden, bezogen auf das gesamte Rote Meer treten 48% aller Arten auf. Detaillierte Angaben zur Biogeographie und dem lokalen Vorkommen der Steinkorallen sind leider nicht verfügbar bzw. beziehen sich auf eine bestimmte Untersuchungsfläche. So haben Riegl & Velimirov (1991) 96 Arten Hartkorallen (92 Steinkorallen, 137 Transekte) für das Gebiet um Hurghada gefunden und Loya & Slobodkin (1971) 97 (95 Steinkorallen) Arten für Eilat im Golf von Aqaba. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die El Quadim-Bucht durch ihre sehr abwechslungsreichen Riffstrukturen eine hohe Korallendiversität besitzt.

6. Diskussion

6.1. Natürliche Einflussfaktoren

6.1.1. Sedimenteintrag

In den Jahren seit Bestehen des Mövenpick-Hotels und der SUBEX Tauchbasis kam es im November 1994 und Winter 1996/97 zu starken Überflutungen, wobei 1994 die asphaltierte Strasse, die direkt an der Bucht vorbeiführt, weggespült wurde. Es wurden große Sedimentmengen in die Bucht und auf das Riffdach gespült, die über eine Woche in der Wassersäule verweilten und den Tauchbetrieb unmöglich machten.

Sediment kann auch durch die hydrodynamischen Gegebenheiten vor Ort ins Riff eingetragen werden. Bei starkem Wellengang oder starker Strömung kann Sediment vom Boden aufgewirbelt und in das Riff, welches die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers vermindert, transportiert werden, woraufhin die Schwebstoffe auf das Riff absinken.

Riffinterne Sedimentproduktion wird sowohl durch mechanische Erosion (Wellenaktivität), als auch durch Bioerosion verursacht. Bioerodierende Organismen wie z.B. Seeigel, Papageifische, Bohrschwämme und -muscheln zersetzen Korallen und Gestein in kleine Sedimentpartikel, welche dann mit der Strömung oder dem Wellengang innerhalb des Riffes weiterverbreitet werden.

6.1.2. Natürliche Fraßfeinde

Zu den natürlichen Fraßfeinden der Korallen zählen Echinodermen (Stachelhäuter) wie der Dornenkronenseestern (*Acanthaster planci*), verschiedene Seeigel (*Diadema* sp., *Echinotrix* sp., *Echinometra* sp.), sowie korallenfressende Gastropoden (Schnecken) wie *Drupella cornus* und *Coralliophila*.

In der El Quadim-Bucht wurden *Drupella*-Schäden hauptsächlich an verzweigten Korallenarten (meist *Acropora* und *Pocillopora*) festgestellt, während *Coralliophila* überwiegend auf Korallen der Gattung *Porites* beobachtet wurde. Verzweigte Korallenarten, hauptsächlich aus der Gattung *Acropora* werden von *Drupella* bevorzugt, während die Gattung *Porites* als die hauptsächliche Nahrungsquelle für *Coralliophila* bekannt ist (Fujioka & Yamazato 1983, Chen et al. 2004).

Im Allgemeinen waren die Schäden im subletalen Bereich, die meisten befallenen Korallen zeigten eine partielle Sterblichkeit von 10 % bis 70 % pro Kolonie.

Massenvorkommen von Dornenkronenseesternen haben Ende der neunziger Jahre im Roten Meer einige Riffe geschädigt. Im Untersuchungsgebiet wurden im Untersuchungszeitraum keine Dornenkronenseesterne beobachtet. Nach Berichten des Tauchpersonals wurden gelegentlich Dornenkronenseesterne in geringer Zahl angetroffen.

6.2. Einfluss von menschlichen Aktivitäten

6.2.1. Küstenentwicklung

6.2.1.1. Baumassnahmen und Strandaufschüttungen

Während der Untersuchungen zu dieser Studie konnten keine von Baumaßnahmen herrührenden negativen Auswirkungen oder Langzeitschäden entdeckt werden. Es wurde kein Bauschutt in der Nähe des Hotels oder auf dem Riff beobachtet.

Bei der Errichtung des Hotels wurde ein Teil des Strandes zwischen der Hochwasserlinie und der Strasse durch Sand und Kies im Jahr 1994 künstlich aufgeschüttet, um Platz für Liegestühle zu schaffen. Der Sand und Feinsand wird durch Wind und Fußtritte mobilisiert und langsam in Richtung Meer transportiert, wo er durch Wellenschlag und Badende aufgewirbelt wird und dann durch Strömungen und Gezeiten in die Bucht und teilweise ins Riff verfrachtet wird.

Nach uns vorliegenden Berichten wurden erst wieder im Sommer 2005 weitere 500 m³ Sand aufgeschüttet. Allerdings kam es nach Beobachtungen des Personals der Tauchbasis nach der neuen Aufschüttung nicht zu einer verstärkten Trübung des Wassers.

In der Bucht kommt es regelmäßig (täglich im Gezeitenwechsel) zur Trübung des Wassers, was ein natürlicher Prozess in einer solchen Wadi-Mündung ist, verursacht durch Resuspension von terrigenem Material, aber auch durch Karbonatpartikel, die auf dem Riffdach durch Erosion mobilisiert und mit Strömungen in die Bucht verdriftet werden.

Es ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht zu klären, ob die Trübung durch das aufgeschüttete Strandmaterial zugenommen hat, oder möglicherweise sogar im Gegenteil seit dem Bau der befestigten Strasse in den siebziger Jahren abnahm.

6.2.1.2. Müll, Netze etc.

Die Belastung durch Müll und Überreste von Fischernetzen und –leinen ist relativ gering, jedoch wurden während der Untersuchungen von der Küste eingewehte Plastiktüten, welche Korallen ersticken, sowie andere Feststoffabfälle aus dem Hotelbetrieb in den Riffen gefunden.

6.2.1.3. Meerwasserentsalzung

Das Mövenpick-Hotel verfügt über eine eigene, mehrfach ausgezeichnete Entsalzungsanlage des Systems R/O PLANT, die sich ca. 1,5 km vom Hotel entfernt befindet (pers. Mitt. SUBEX). Es werden pro Tag 900 m³ Meerwasser durch die Anlage gepumpt, aus denen 300 m³ Frischwasser gefiltert werden. Die restlichen 600 m³ werden im umliegenden Gebiet am Strand ausgeschüttet und kehren so langsam, durch den Sand gefiltert, wieder ins Meer zurück. Bei diesem Prozess gelangt keine heiße Lauge direkt in das Meerwasser, die eine Bedrohung für küstennahe Riffe darstellen würde.

6.2.1.4. Sedimenteintrag durch Phosphatverladung

Phosphateintrag durch Erzverladung und Abwässer sind die hauptsächlichen Quellen für erhöhte Nährstoffeinträge entlang der ägyptischen Küste.

Ca. 20 km nördlich der El Quadim-Bucht liegt der Phosphatverladehafen von El Hamrawein. Während der Beladung von Schiffen mit Phosphaterz werden große Mengen Phosphatstaub aufgewirbelt und mit den überwiegenden NNW-Winden in die Küstenzonen und somit in die Saumriffe befördert.

Untersuchungen über Auswirkungen dieses Phosphatstaubes auf das Riff waren nicht Teil dieser Studie, dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass Teile des Staubes mit den zur Küstenlinie parallelen Winden und den küstennahen Strömungen in die El Quadim-Bucht transportiert werden und dort die Wassertrübung verstärken.

6.2.1.5. Abwässer

Abwasser von Städten oder Schiffen wird, obwohl illegal, oft unbehandelt in die Küstengewässer geleitet.

Kommunale Abwässer stellen kein wesentliches Problem in der Bucht dar, da das Hotel über eine ausreichend effektive Kläranlage verfügt. Dieses Entwässerung- und Wasserreinigungssystem befindet sich, wie die Entsalzungsanlage, in einer Entfernung von 1,5 km zum Hotel. Alle Abwässer werden dorthin gepumpt, gefiltert und entkeimt, um anschließend wieder zur Grünanlagenbewässerung zurück

zum Hotel gepumpt zu werden. Sickerwässer von der Bewässerung der Rasenflächen gelangen in geringen Mengen auf das Riffdach, jedoch scheinen diese keine größeren Auswirkungen auf das Riff zu haben. Die gefilterten Überreste aus der Kläranlage werden durch die Stadtverwaltung El Quseir per Lastwagen abgepumpt und an einem dafür vorgesehenen Standort in der Wüste deponiert und fließen nicht ins Meer (pers. Mitt. SUBEX).

6.2.2. Fischerei

Fischen in der El Quadim-Bucht ist nicht erlaubt. Trotzdem versuchen immer wieder Fischerboote in das Gebiet einzudringen, werden jedoch umgehend den Behörden gemeldet.

6.2.3. Ankergebrauch

Ankern in der El Quadim-Bucht stellt kein Problem dar, da die Boote der SUBEX Tauchbasis an fest verankerten Bojen festgemacht werden. Nach unserer Kenntnis achtet die Tauchbasis darauf, dass keine Fischer- oder Tauchboote von außerhalb in die Bucht eindringen.

6.2.4. Direkter Einfluss des Tourismus

6.2.4.1. Sporttauchen und Schnorcheln

Die meisten abgebrochenen Korallen, die in dieser Studie gezählt wurden, waren Feuerkorallen der Gattung *Millepora*. Aufgrund ihrer vorherrschenden Präsenz im flachen Wasser und ihrer zerbrechlichen Struktur werden ästige Korallen wie *Acropora* und *Millepora* leicht abgebrochen und von Tauchern beschädigt (Riegl & Velimirov 1991). Aber sie sind auch bekannt für ihr schnelles Wachstum und für die Fähigkeit, gelegentliche Bruchschäden zu tolerieren; abgebrochene Spitzen können sich oft erneut im Riff ansiedeln und regenerieren (Riegl & Velimirov 1991).

Belastbarkeit

Das Konzept der Belastbarkeit (carrying capacity) kann ein nützliches Hilfsmittel beim Management im Sporttauchsektor sein. Salm (1986b, 1986a) führte dieses Konzept der Tauchbelastbarkeit ein. Bei der Belastbarkeit wird ein bestimmter Schwellwert für eine Störgröße angenommen, die ein Ökosystem verkraften kann, bevor Degeneration eintritt (Hawkins & Roberts 1997). Die Belastbarkeit für ein Korallenriff wird normalerweise als Tauchgangsanzahl pro Tauchgebiet pro Jahr ausgedrückt und ist ein Richtwert, wie viele Taucher ein Riff tolerieren kann, ohne maßgeblich beeinträchtigt zu werden (Jameson et al. 1999). Studien in der Karibik (Dixon et al. 1993) und dem Roten Meer (Hawkins & Roberts 1997) geben eine Belastbarkeit von 4.000 bis 6.000 beziehungsweise von 5.000 bis 6.000 Tauchgängen pro Gebiet und Jahr an.

Die Leitung der SUBEX Tauchbasis hat seit 1995 freiwillig relativ strenge Regeln in der El Quadim-Bucht eingeführt, um eine Beschädigung des Riffes zu vermeiden. Derzeit ist die Tauchintensität auf 120 aufgenommene Taucher zur selben Zeit festgelegt. Ein gewöhnlicher Tag ist in fünf Zeitnischen von je zwei Stunden Länge eingeteilt. Innerhalb jedes Zeitfensters sind nicht mehr als 20 unabhängige Taucher und drei geführte Gruppen (jede mit maximal fünf Tauchern) in der Bucht erlaubt. Die Tarifefähigkeit jedes Tauchers wird überprüft, bevor die Erlaubnis zum selbstständigen Tauchen gegeben wird. Nachtauchgänge mit einer Teilnehmerzahl von höchstens 20 finden dreimal wöchentlich statt. Die meisten Unterrichtstauchgänge werden im Flachwasserbereich der Bucht ausgeführt und sind auf 20 Tauchgänge pro Tag beschränkt. Diese Tauchgänge werden im folgenden Rechenbeispiel nicht berücksichtigt.

Die Tauchsektoren innerhalb und außerhalb der Bucht sind nicht in gleicher Intensität betauht:

Beinahe drei Viertel aller Tauchgänge finden an den inneren Sektoren der Bucht statt, während nur ein Viertel außerhalb der Bucht startet. Auch alle Taucher, die mit ihren Tauchgang an den äußeren Riffen beginnen und mit Schlauchbooten dorthin gebracht werden, schwimmen auf dem Rückweg an den inneren Riffen vorbei, was die Anzahl der Taucher, die diesen Teil des Riffes betauen, zusätzlich erhöht.

Auch die Verteilung zwischen der rechten und linken Seite der Bucht ist ungleich: zwei Drittel aller Taucher bevorzugen die rechte (südliche) Seite der Bucht, während ein Drittel auf der linken (nördlichen) Seite taucht. Der mittlere Teil der Bucht wird von weniger als 10% aller Taucher betaut.

Die Berechnung der tatsächlichen Häufigkeit vorbeischwimmender Taucher ist in Tabelle 13 aufgelistet. Die Kalkulationen basieren auf den von der Tauchbasis zur Verfügung gestellten Statistiken der Jahre 2001 bis 2004.

Diese Berechnung zeigt, dass der innere Teil der rechten Seite der Bucht (SUBEX Sektor I, oder QUAE 03) mit 11.000 Tauchgängen pro Jahr dem höchsten Tauchdruck ausgesetzt ist, während die linke Außenseite des Riffes (SUBEX Sektor IV, oder QUAE 01) mit weniger als 1.000 Tauchgängen pro Jahr am wenigsten betroffen ist (s. Abb. 20).

Tabelle 13:
Verteilung der Tauchgänge auf Sektoren. Mittelwerte der registrierten Tauchgänge von 2001–2004, einschließlich Nachttauchgänge, aber ohne Tauchkurse.

Gesamte Anzahl aller Tauchgänge pro Jahr und Sektor	
Außen R (Süden)	1.832
Außen L (Norden)	916
Innen R (Süden)	10.907
Innen L (Norden)	5.454
Mitte	1.513
Gesamt	20.622

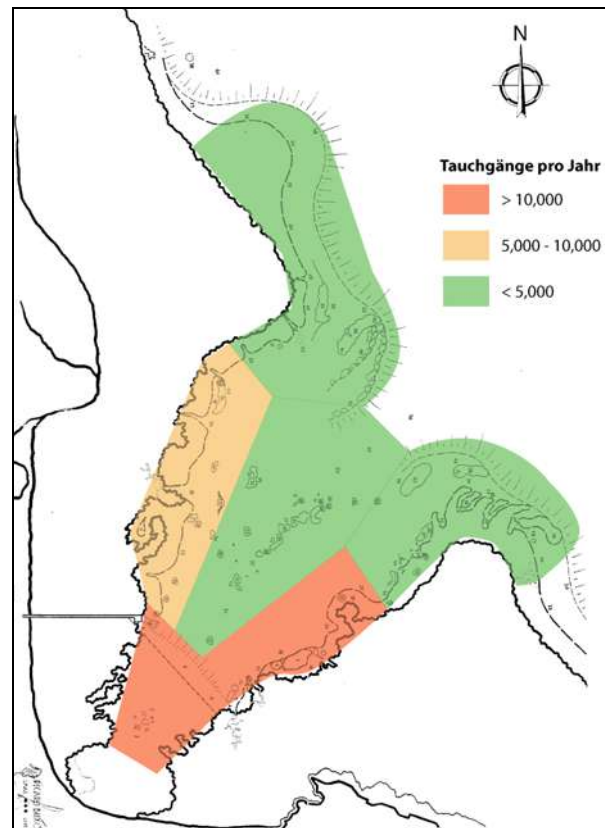


Abb. 20: Frequenz der Tauchgänge pro Jahr in den Sektoren der El Quadim-Bucht.

Zusätzlich gibt es ungefähr 1.100 registrierte Schnorchler pro Jahr, die bei diesen Tauchzahlen nicht berücksichtigt werden. Tatsächlich ist die wirkliche Anzahl an Schnorchlern noch wesentlich höher, da viele ihre eigene Ausrüstung mitbringen und selbstständig ins Wasser gehen. Die Schnorchler beginnen in der Bucht, hauptsächlich entlang der Rifffkante und über dem Riffdach, wo das Wasser sehr seicht sein kann. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Schnorchler zum großen Teil für den beobachteten

Bruchschaden an Korallen der Riffkante verantwortlich sind, da Taucher relativ selten in die flachen Bereiche (0-3 m Tiefe) tauchen, somit weniger den Wellen ausgesetzt sind und üblicherweise eine größere Distanz zum Riff haben.

Der Tauchdruck von 11.000 Tauchern/Jahr im Sektor I übersteigt die Anzahl von 6.000, welche allgemein als Obergrenze, bevor Verfall auftritt, empfohlen wird (Hawkins & Roberts 1997). Dennoch zeigt die Analyse der im Rahmen dieser Studie aufgenommenen Daten keine signifikanten Auswirkungen des Tauchbetriebs auf das Ökosystem. Mehrere Faktoren sind für dieses Ergebnis ausschlaggebend: a) Die Topographie des inneren Riffes der rechten Seite ist ziemlich steil und bildet in großen Teilen eine Steilwand von 10 bis 20 m Höhe. Dies reduziert die Gefahr des Korallenbruchs durch Flossenschläge von Tauchern mit Trierproblemen. Auch die Belastung durch Wellenschlag ist innerhalb der Bucht relativ gering, was das Risiko vermindert, dass Taucher von Wellen auf das Riff gedrückt werden. b) Die Riffe in diesem Gebiet sind vor Fischerei geschützt, was sehr wahrscheinlich eine positive Auswirkung auf den Fischbestand hat, da sie eine weit größere Störgröße für die Fischpopulation darstellt als Taucher.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das Konzept der Belastbarkeit wertvoll ist, aber nicht immer direkt auf jedes Tauchgebiet übertragen werden kann. Es ist hier von Wichtigkeit, auch die natürlichen Gegebenheiten, wie z.B. die Topographie zu berücksichtigen. Mindestens ebenso wichtig ist ein gut geplantes und gut durchgeführtes Managementkonzept.

Es ist nicht die Aufgabe dieser Studie, die ökonomische Nachhaltigkeit solch einer „umweltfreundlichen“ Vorgehensweise zu bewerten. Es ist aber auf lange Sicht im Interesse einer jeden Kapitalanlage, die auf der Unversehrtheit ihrer natürlichen Ressourcen basiert, diese Ressourcen bestmöglich zu schützen, um die Grundlagen des Unternehmens zu erhalten.

7. Empfehlungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass weder die Fischgemeinschaften noch die Korallen- oder Wirbellosenpopulationen im Tauchgebiet der El Quadim-Bucht durch die Tauchaktivitäten beeinträchtigt sind. Jedoch gibt es Anzeichen, dass die Tragfähigkeit der Korallenriffe zumindest in den Tauchsektoren im Inneren der Bucht erreicht ist. Die lokalen Besonderheiten, besonders das steile Relief, der leichte Zugang über den Steg zu den Tauchgebieten und die Regulierung der Größe der Tauchgruppen, sowie das Briefing neuer Gäste tragen dazu bei, dass die recht hohe Belastung der inneren Sektoren noch nicht zu maßgeblichen Schäden geführt hat. Ein weiterer wichtiger Faktor ist, dass das Tauchgebiet recht effektiv vor Befischung geschützt ist, die an vielen anderen Orten, auch in Schutzgebieten wie z.B. dem Ras Mohamed Nationalpark im Sinai, zu Veränderungen in der Fischpopulation führt.

Vermutlich überwiegt zur Zeit der positive Effekt des Ausschlusses der Fischerei die potentiell negativen Effekte des Sporttauchens und Schnorchelns.

Taucher mit wenig Erfahrung und Unterwasserfotografen stellen ein größeres Risiko für das Riff dar als erfahrene Taucher (Barker & Roberts 2004). Im Rahmen dieser Studie konnte diese Art von Daten nicht erfasst werden; dies wäre aber für die Zukunft sinnvoll, da hier eine Möglichkeit besteht, durch weiter verbesserte Ausbildung, wie z.B. dem Anbieten von Zusatzkursen für unsichere und unerfahrene Taucher, oder andere Maßnahmen, wie das Fotografieren nur im Beisein eines Tauchführers zu genehmigen, ergriffen werden könnten.

Der Schlüssel zu sinnvollem und nachhaltigen Management der El Quadim-Bucht liegt in der Ausbildung der Tauchlehrer und -führer, die dieses Wissen gewissenhaft und stetig an die Tauchtouristen weitergeben. Studien (Barker & Roberts 2004) haben gezeigt, dass ein ausführliches Briefing vor dem Tauchgang, in welchem nicht nur der Tauchplatz erklärt, sondern auch Wissen über Riffökologie, Informationen über Gefahren für das Riff durch Taucher und die Grundlagen und Bedeutung von Ökotourismus vermittelt werden, Riffbeschädigungen beträchtlich vermindern kann. Zudem tendieren Sporttaucher dazu, das Verhalten ihres Tauchlehrers/-führers nachzuahmen, was diesem die großartige Möglichkeit gibt, durch umweltschonendes Verhalten ein Vorbild zu geben.

Die relativ geringe Tauchdichte an den äußeren Sektoren lässt Raum für eine moderate Steigerung der Besucherfrequenz an diesen Riffen. Jedoch bleibt dabei zu beachten, dass die Taucher mit Booten mit Außenbordmotoren zum Beginn des Tauchgangs gebracht werden. Dies erhöht die Lärmbelastung für Meeressäuger wie Delphine, und es muss damit gerechnet werden, dass die Besuche dieser charismatischen Tiere zurückgehen.

8. Anhang

8.1. Phototafeln

Tafel 1: Reef Check Indikator-Fischgruppen für das Rote Meer.

Name	Familie/Art	Indikator für
Falterfische (alle Arten)	Chaetodontidae	Überfischung, Aquarienhandel
Zackenbarsche (alle Arten über 30 cm)	Serranidae	Überfischung, Lebendfischhandel (Indo-Pazifik)
Süßlippen	Haemulidae	Überfischung
Muränen (alle Arten)	Muraenidae	Überfischung
Papageifische (alle über 20 cm)	Scaridae	Überfischung
Büffelkopfpapageifisch	<i>Bolbometopon muricatum</i>	Überfischung
Schnapper	Lutjanidae	Überfischung
Besenschwanzlippfisch	<i>Cheilinus lunulatus</i>	Überfischung
Napoleonlippfisch	<i>Cheilinus undulatus</i>	Überfischung

Falterfische (alle Arten)

Chaetodontidae

Beispiel: *Chaetodon vagabundus* Linnaeus, 1758

(Vagabundfalterfisch)



Robert A. Patzner

Zackenbarsche (alle Arten über 30 cm)

Serranidae

Beispiel: *Cephalopolis miniata* (Juwelenzackenbarsch)



Marc Kochzius

Süßlippen

Haemulidae

Beispiel: *Plectorhynchus gaterinus* (Forsskål, 1775)



Georg Heiss

Muränen (alle Arten)

Muraenidae

Beispiel: *Gymnothorax flavimarginatus*



Robert A. Patzner

Schnapper
Lutjanidae
Beispiel: *Lutjanus kasmira* (Forsskål, 1775),
Blaustreifen-Schnapper



Robert A. Patzner

Papageifische (alle über 20 cm)
Scaridae
Beispiel: *Scarus rubroviolaceus*



John E. Randall

Besenschwanzlippfisch
Cheilinus lunulatus



Marc Kochzius

Schnapper
Lutjanidae
Beispiel: *Lutjanus monostigma* (Cuvier, 1828)



Marc Kochzius

Büffelkopfpapageifisch

Bolbometopon muricatum



John E. Randall

Napoleonlippfisch
Cheilinus undulatus



Marc Kochzius

Tafel 2: Reef Check Indikatoren Wirbellose für das Rote Meer.

Name	Art/Klasse	Indikator für
Gebänderte Korallengarnele	<i>Stenopus hispidus</i>	Aquarienthandel
Langusten	<i>Malacostraca (Decapoda)</i>	Überfischung
Langstachelige Seeigel	<i>Diadema</i> spp., <i>Echinotrix</i> spp.	Überfischung
Griffelseeigel	<i>Eucidaris</i> spp.	Souvenirhandel
Pfaffenhutseeigel	<i>Triploneustes</i> spp.	Überfischung
Tritonshornschnecke	<i>Charonia</i> spp.	Souvenirhandel
Dornenkronenseestern	<i>Acanthaster planci</i>	Massenaufreten
Seegurke (essbare Arten)	<i>Tibelenota ananas</i> , <i>Stichopus chloronotus</i>	Überfischung
Riesenmuschel	<i>Tridacna</i> spp.	Überfischung
Kreiselschnecke	<i>Tectus</i> spp.	Souvenirhandel

Gebänderte Korallengarnele
Stenopus hispidus



Jeff Jeffords

Langusten (alle essbaren Arten)
Malacostraca (Decapoda)



Langstachelige Seeigel
Diadema savignyi, *Diadema setosum*, *Echinotrix diadema*



William Kiene

Griffelseeigel
Heterocentrotus mammillatus



Georg Heiss

Pfaffenhutseeigel
Triplonustes spp.



Georg Heiss

Dornenkronenseestern
Acanthaster planci



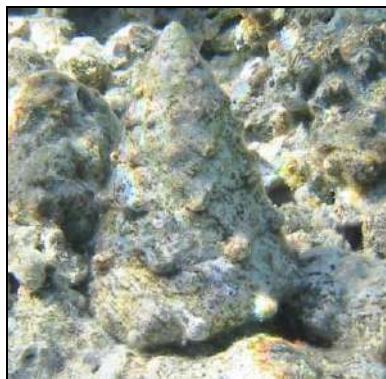
Marc Kochzius

Tritonshornschncke
Charonia tritonis



Karenne Tun

Tectus
Beispiel: *Tectus dentatus*.



Georg Heiss

Seegurke (essbare Arten)
Beispiel: *Thelotrema ananas*



Seegurke (essbare Arten)
Beispiel: *Stichopus chloronotus*



Karenne Tun

Riesenmuschel
Tridacna spp., Beispiel: *Tridacna maxima*



Marc Kochzius

Tafel 3: Beispiele für Reef Check-Substratkategorien (alle Photos Christian Alter).



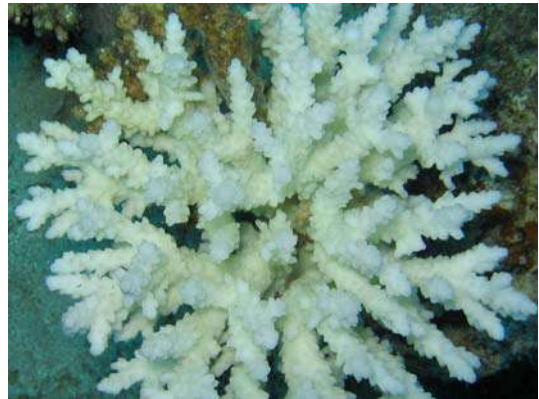
HC Hard Coral



SC Soft Coral



RC Rock



RCK Recently Killed Coral



SD Sand



NIA Nutrient Indicator Algae



SP Sponge



OT Other

Tafel 4: Häufige Fischarten in der El Quadim-Bucht (alle Photos Marc Kochzius).



Juwelenfahnenbarsch (Männchen)
Pseudanthias squamipinnis (Peters, 1855)



Juwelenfahnenbarsch (Weibchen)
Pseudanthias squamipinnis (Peters, 1855)



Rotmeer-Rippenfalterfisch
Chaetodon austriacus Rüppell, 1836



Gelbseiten-Riffbarsch
Amblyglyphidodon flavilatus Allen and Randall 1980



Zweifarben-Demoiselle
Chromis dimidiata (Klunzinger, 1871)



Grüner Schwalbenschwanz
Chromis viridis (Cuvier, 1830)



Längsstreifen-Borstenzahndoktorfisch
Ctenochaetus striatus (Quoy and Giamard), 1825



Gelbschwanz-Segeldoktorfisch
Zebrasoma xanthurum (Blyth), 1852

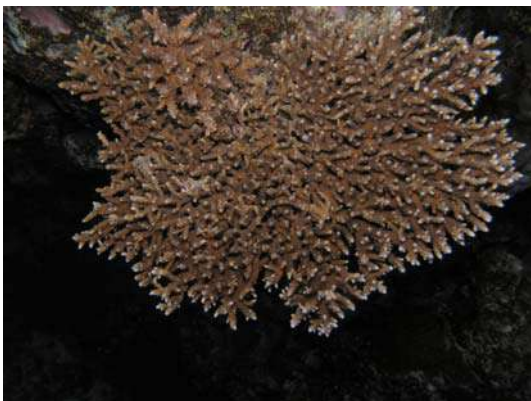
Tafel 5: Häufige Korallenarten in der El Quadim-Bucht (alle Photos Christian Alter).



Acropora acuminata (Dana, 1846)



Acropora gemmifera (Brook, 1892)



Acropora hyacinthus (Dana, 1846)



Acropora samoensis (Brook, 1892)



Acropora secale (Studer, 1878)



Acropora selago (Studer, 1878)



Acropora valida (Dana, 1846)



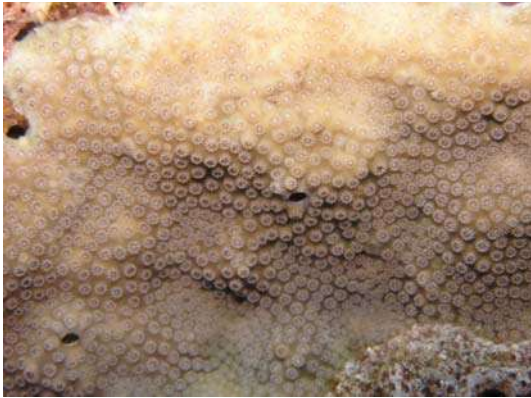
Acropora variolosa (Klunzinger, 1879)



Montipora efflorescens (Bernard, 1897)



Montipora tuberculosa (Lamarck, 1816)



Cyphastrea microphthalmalms (Lamarck, 1816)



Echinopora forskaliana (Milne Edwards & Haime, 1850)



Echinopora gemmacea (Lamarck, 1816)



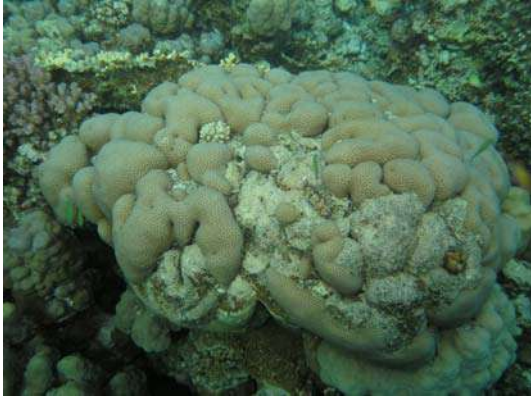
Favia fava (Forskål, 1775)



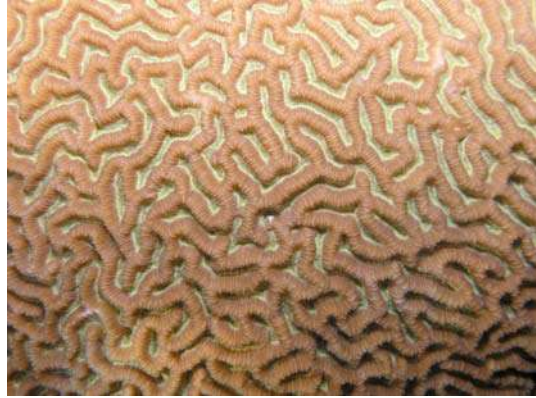
Favia rotumana (Gardiner, 1899)



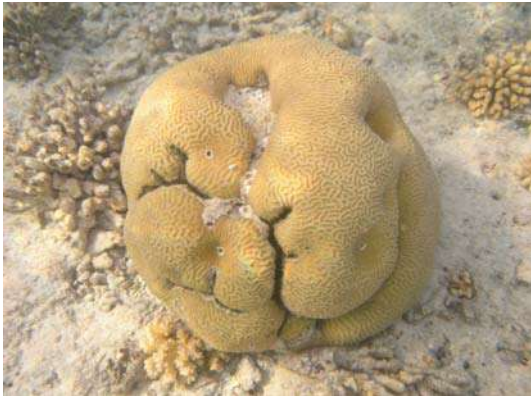
Favia stelligera (Dana, 1846)



Goniastrea edwardsi (Chevalier, 1971)



Platygyra daedalea (Ellis and Solander, 1786)



Platygyra lamellina (Ehrenberg, 1834)



Acanthastrea echinata (Dana, 1846)



Pocillopora damicornis (Linnaeus, 1758)



Pocillopora verrucosa (Ellis and Solander, 1786)



Seriatopora hystrix (Dana, 1846)



Stylophora pistillata (Esper, 1797)



Goniopora columna (Dana, 1846)



Porites columnaris (Klunzinger, 1879)



Porites lobata (Dana, 1846)



Porites lutea (Milne Edwards & Haime, 1851)



Porites nodifera (Klunzinger, 1879)



Porites nodifera (Klunzinger, 1879)



Porites rus (Forskål, 1775)



Coccinarea monile (Forskål, 1775)

8.2. Datentabellen

Tabelle 14: Ergebnisse der Reef Check-Surveys in der El Quadim-Bucht (SA – Standardabweichung, Max – Maximalwert).

Bodenbedeckung in %												
Substrattyp	QUAE01			QUAE02			QUAE03			QUAE04		
	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max
HC	34.4	9.4	45.0	40.8	8.2	50.0	39.2	6.3	45.0	34.7	10.5	50.0
SC	11.3	5.5	20.0	12.9	9.9	30.0	5.8	6.3	12.5	6.9	7.0	17.5
RKC	0.3	0.9	2.5	0.4	1.0	2.5	0.8	1.4	2.5	0.3	0.9	2.5
NIA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SP	0.3	0.9	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RC	51.9	7.6	67.5	31.3	16.0	47.5	53.3	6.3	60.0	57.8	8.1	75.0
RB	1.9	3.5	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	2.5
SA	0.0	0.0	0.0	13.3	18.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OT	0.0	0.0	0.0	1.3	2.1	5.0	0.8	1.4	2.5	0.0	0.0	0.0

Mittelwert der Häufigkeit der Fischindikatorgruppen (Zahl der Individuen / 100m ²)												
Indikatorfischgruppe	QUAE01			QUAE02			QUAE03			QUAE04		
	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max
Falterfische	12.9	3.4	19	12.0	8.5	24	14.0	4.0	18	12.4	9.6	32
Süsslippen	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.1	0.4	1
Besenschwanzlippfisch	0.6	0.7	2	0.3	0.8	2	1.3	2.3	4	0.6	0.9	2
Zackenbarsche	0.5	0.8	2	0.5	0.8	2	1.0	1.0	2	1.9	1.1	3
Büffelkopfpapageifisch	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Napoleonlippfisch	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Papageifische	3.0	1.6	5	1.0	1.3	3	8.7	4.0	13	5.8	1.3	7
Schnapper	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	2.3	4.0	7	2.6	5.5	16
Muränen	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.1	0.4	1

Mittelwert der Häufigkeit der Wirbellosenindikatorgruppen (Zahl der Individuen / 100m ²)												
Indikatorwirbellose	QUAE01			QUAE02			QUAE03			QUAE04		
	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max	Mittelwert	SA	Max
Korallengarnele	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Langstachelige Seeigel	3.3	2.6	9	0.7	1.0	2	1.7	1.5	3	1.1	1.1	3
Griffelseeigel	0.5	1.1	3	0.0	0.0	0	4.0	3.6	7	4.0	3.3	10
Seegurke	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Dornenkronenseestern	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Riesenmuschel	1.4	1.4	3	7.7	4.9	16	9.3	3.1	12	5.4	4.5	14
Tritonshornschncke	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Pfaffenhutseeigel	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Langusten	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0
Kreiselschncke	0.1	0.4	1	0.0	0.0	0	0.3	0.6	1	0.3	0.7	2

Tabelle 15: Durchschnittliche Fischabundanz pro Transekt (250 m²) in der El Quadim-Bucht, El Quseir, Rotes Meer, Ägypten.
Für Details über die Transektstandorte siehe Abb. 14 II. Nomenklatur entsprechend FishBase (FishBase 1999).

Transekt Nummer	1+3+5	2+4+6	7+9+11	8+10+12	Gesamt
Tiefe	10 m	5 m	10 m	5 m	
Dasyatididae					
<i>Taeniura lymma</i>	0,7	0,3			0,3
Synodontidae					
<i>Synodontidae</i> spp.	0,3	0,7			0,3
Holocentridae					
<i>Holocentridae</i> spp.	0,3		0,3		0,2
<i>Myripristis murdjan</i>	0,7		0,3		0,3
<i>Neoniphon sammara</i>	2,3	2,0	1,7	0,3	1,6
<i>Sargocentron caudimaculatum</i>	1,0	0,3	0,3	0,3	0,5
Fistulariidae					
<i>Fistularia commersonii</i>	0,3				0,1
Scorpaenidae					
<i>Pterois miles</i>		0,3	0,3		0,2
<i>Pterois radiata</i>				0,3	0,1
Serranidae					
<i>Aethaloperca rogaa</i>				0,3	0,1
<i>Cephalopholis argus</i>	3,3	1,0	0,7	2,3	1,8
<i>Cephalopholis hemistiktos</i>	1,3	1,3			0,7
<i>Cephalopholis miniata</i>	1,0	0,7	3,3	8,0	3,3
<i>Cephalopholis sexmaculata</i>	0,3		0,3	0,3	0,3
<i>Diploprion drachi</i>	1,3	1,0	0,7		0,8
<i>Grammistes sexlineatus</i>		0,3	0,3		0,2
<i>Plectropomus</i> sp.				0,7	0,2
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	200,3	210,3	181,7	1217,3	452,4
<i>Serranidae</i> spp.			2,3		0,6
<i>Variola louti</i>			0,7	0,3	0,3
Cirrhithidae					
<i>Paracirrhites forsteri</i>	4,7	6,0	4,7	8,0	5,8
Pseudochromidae					
<i>Pseudochromis fridmani</i>	2,0	0,3			0,6
Priacanthidae					
<i>Priacanthus hamrur</i>	6,0	1,3	5,3		3,2
Apogonidae					
<i>Apogon quinquelineatus</i>	0,7				0,2
<i>Apogonidae</i> spp.	1,0				0,3
Carangidae					
<i>Carangidae</i> spp.		0,7	0,3	1,0	0,5
<i>Carangoides bajad</i>	0,3	1,0	0,7	1,0	0,8
Lutjanidae					
<i>Lutjanus ebrenbergi</i>			0,3	3,0	0,8
<i>Macolor niger</i>			20,0	0,3	5,1
Caesionodae					
<i>Caesio lunaris</i>			0,7	10,0	2,7
<i>Caesio striatus</i>				5,7	1,4
<i>Caesio suenicus</i>			0,3	10,0	2,6
Haemulidae					
<i>Plectorhynchus gaterinus</i>				0,3	0,1

Lethrinidae					
<i>Lethrinus</i> sp.	0,3	2,3	0,7	0,3	0,9
<i>Monotaxis grandoculis</i>		0,3	1,3	2,0	0,9
Khyphosidae					
<i>Kyphosus</i> sp.			6,3		1,6
Mullidae					
<i>Mullidae</i> spp.		0,3			0,1
<i>Mulloidichthys vanicolensis</i>		7,3	9,7		4,3
<i>Parupeneus macronema</i>			0,3		0,1
Chaetodontidae					
<i>Chaetodon auriga</i>	1,7	0,7	1,0	2,0	1,3
<i>Chaetodon austriacus</i>	9,0	10,0	9,7	8,3	9,3
<i>Chaetodon fasciatus</i>	0,7	2,0	0,7	2,0	1,3
<i>Chaetodon lineolatus</i>	0,3				0,1
<i>Chaetodon melannotus</i>		0,7	1,0	1,0	0,7
<i>Chaetodon paucifasciatus</i>	4,0	1,3	3,3	1,7	2,6
<i>Chaetodon semilarvatus</i>		1,3		1,3	0,7
<i>Heniochus intermedius</i>	1,3	1,7	1,0	2,0	1,5
Pomacanthidae					
<i>Centropyge multispinis</i>	1,3		0,3	2,3	1,0
<i>Pomacanthus imperator</i>				0,3	0,1
<i>Pygoplites diacanthus</i>	1,0	3,0	0,7	2,0	1,7
Pomacentridae					
<i>Abudefduf vaigiensis</i>			6,7	17,7	6,1
<i>Amblygobidodon flavilatus</i>	15,3	17,0	12,7	1,0	11,5
<i>Amphiprion bicinctus</i>		0,7			0,2
<i>Chromis dimidiata</i>	734,0	728,7	650,7	381,0	623,6
<i>Chromis teratensis</i>	63,7	50,7	106,0	104,7	81,3
<i>Chromis viridis</i>	23,0	103,7	25,0	47,0	49,7
<i>Neopomacentrus miryae</i>	2,3			0,3	0,7
<i>Pomacentridae</i> spp.	19,3	0,3		2,0	5,4
<i>Pomacentrus sulfureus</i>	12,7	5,7	6,0	8,0	8,1
<i>Pomacentrus trichourus</i>	2,3				0,6
Labridae					
<i>Anampses lineatus</i>		1,0			0,3
<i>Anampses meleagrides</i>				1,7	0,4
<i>Anampses twistii</i>	1,0			0,3	0,3
<i>Bodianus anthioides</i>	0,7				0,2
<i>Cheilinus diagrammus</i>	2,7	1,3	0,7	2,7	1,8
<i>Cheilinus fasciatus</i>	0,3				0,1
<i>Cheilinus lunulatus</i>	0,3	1,3	0,3	0,3	0,6
<i>Cheilinus</i> sp.	1,3	1,0	0,3	1,0	0,9
<i>Cheilinus trilobatus</i>		0,7			0,2
<i>Coris aygula</i>	0,3		0,3	1,7	0,6
<i>Epibulus insidiator</i>	0,3		0,3		0,2
<i>Gomphosus caeruleus klunzingeri</i>	3,0	3,0	3,0	2,7	2,9
<i>Halichoeres</i> sp.			0,3	1,3	0,4
<i>Hologymnus annulatus</i>	0,3				0,1
<i>Labridae</i> spp.	14,3	9,0	1,7	9,0	8,5
<i>Labroides dimidiatus</i>	4,7	2,0		2,0	2,2
<i>Larabicus quadrilineatus</i>	8,0	2,0	2,7	2,0	3,7
<i>Pseudocheilinus octotaenia</i>	3,3	1,0	3,7		2,0

<i>Pseudodax moluccanus</i>	0,3			0,7	0,3
<i>Thalassoma rueppellii</i>	1,0	2,0	1,0	19,0	5,8
Scaridae					
<i>Cetoscarus bicolor</i>	0,3			0,3	0,2
<i>Cblorurus sordidus</i>		0,3			0,1
<i>Hipposcarus harid</i>		0,7		0,7	0,3
<i>Scaridae</i> spp.	4,7	11,7	1,3	10,7	7,1
<i>Scarus niger</i>	1,0	3,0	1,3	0,7	1,5
<i>Scarus sordidus</i>	0,3				0,1
Blenniidae					
<i>Blenniidae</i> spp.	1,0		2,0	1,7	1,2
<i>Meiacanthus</i> sp.			1,3	1,0	0,6
<i>Plagiotremus</i> sp.	0,3	0,3		0,3	0,3
Acanthuridae					
<i>Acanthuridae</i> spp.	3,0	2,0		8,7	3,4
<i>Acanthurus nigricans</i>			0,7	1,7	0,6
<i>Acanthurus sobal</i>	0,3	1,3		0,3	0,5
<i>Ctenochaetus striatus</i>	15,3	13,3	6,3	5,3	10,1
<i>Naso lituratus</i>	2,0	2,7	1,3	3,3	2,3
<i>Naso unicornis</i>	0,7	0,7		0,3	0,4
<i>Zebrasoma veliferum</i>	19,7	7,7	4,0	10,3	10,4
<i>Zebrasoma xanthurum</i>	3,0	8,3	4,3	2,0	4,4
Siganidae					
<i>Siganus luridus</i>	10,7	8,3	2,3	6,3	6,9
Scombridae					
<i>Rastrelliger kanagurta</i>			5,3		1,3
Balistidae					
<i>Balistapus undulatus</i>	1,3	1,0	0,3	1,0	0,9
<i>Balistidae</i> spp.	0,3				0,1
<i>Balistoides viridescens</i>	0,3				0,1
<i>Pseudobalistes fuscus</i>	0,7				0,2
<i>Rhinecanthus assasi</i>	0,7	1,0	1,7	1,0	1,1
<i>Sufflamen albicaudatus</i>	0,3				0,1
Monacanthidae					
<i>Aluterus scriptus</i>	0,7				0,2
<i>Amanes scopas</i>	0,7	1,7	1,7	2,3	1,6
<i>Cantherbines pardalis</i>	0,7				0,2
<i>Monacanthidae</i> spp.		0,3			0,1
Ostraciidae					
<i>Ostracion cyanurus</i>	0,3				0,1
Tetraodontidae					
<i>Arothron diadematus</i>	0,3	0,3			0,2
Gesamt	1231,0	1254,3	1116,7	1959,0	1390,3

Tabelle 16: Weitere Fischarten, beobachtet außerhalb der Transekte.

Torpedinidae	Lutjanidae	Labridae
<i>Torpedo panthera</i>	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	<i>Bodianus axillaris</i>
Muraenidae	<i>Lutjanus monostigma</i>	<i>Bodianus diana</i>
<i>Gymnothorax flavimarginatus</i>	Sparidae	<i>Cheilinus mentalis</i>
Ophichthidae	<i>Acanthopagrus bifasciatus</i>	<i>Cheilinus undulatus</i>
<i>Callecheilus marmorata</i>	Kyphosidae	<i>Coris gaimard gaimard</i>
Synodontidae	<i>Kyphosus cinerascens</i>	<i>Halichoeres hortulanus</i>
<i>Saurida</i> sp.	Lethrinidae	<i>Halichoeres marginatus</i>
<i>Synodus</i> sp.	<i>Lethrinus borbonicus</i>	<i>Novaculichthys taeniourus</i>
Holocentridae	<i>Lethrinus masbena</i>	Scaridae
<i>Sargocentron spinifer</i>	<i>Lethrinus olivaceus</i>	<i>Scarus collana</i>
Syngnathidae	Mullidae	<i>Scarus ferrugineus</i>
<i>Corythoichthys flavofasciatus</i>	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	<i>Scarus ghobban</i>
<i>Corythoichthys nigripictus</i>	<i>Parupeneus forsskali</i>	Pinguipedidae
<i>Corythoichthys schultzei</i>	Sphyrnidae	<i>Parapercis hexophthalma</i>
<i>Trachyrhamphus bicoarctatus</i>	<i>Sphyraena barracuda</i>	Blenniidae
Platycephalidae	<i>Sphyraena flavicauda</i>	<i>Meiacanthus rhinorhynchus</i>
<i>Papilloculiceps longiceps</i>	Pomacanthidae	<i>Petroscirtes mitratus</i>
Scorpaenidae	<i>Pomacanthus asfur</i>	Gobiidae
<i>Scorpaenopsis ocycephalus</i>	<i>Pomacanthus maculosus</i>	<i>Bryaninops yongii</i>
Serranidae	Pomacentridae	<i>Gobiodon citrinus</i>
<i>Epinephelus fasciatus</i>	<i>Dascyllus aruanus</i>	Acanthuridae
<i>Epinephelus fuscoguttatus</i>	<i>Dascyllus marginatus</i>	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>
<i>Epinephelus tauvina</i>	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	Siganidae
Cirrhitidae	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>	<i>Siganus stellatus</i>
<i>Cirrhitus pinnulatus</i>	<i>Pomacentrus aquilus</i>	Ostraciidea
Pseudochromidae		<i>Ostracion cubicus</i>
<i>Pseudochromis springeri</i>		Tetraodontidae
Carangidae		<i>Arothron hispidus</i>
<i>Caranx sexfasciatus</i>		<i>Arothron stellatus</i>
		Diodontidae
		<i>Chilomycterus spilostylus</i>
		<i>Diodon hystrix</i>

Tabelle 17:

Liste der 144 Steinkorallenarten des Untersuchungsgebiets um die El Quadim-Bucht.

Acroporidae	Faviidae	Merulinidae
<i>Acropora abrotanoides</i>	<i>Cyphastrea chalcidicum</i>	<i>Hydnophora exesa</i>
<i>Acropora acuminata</i>	<i>Cyphastrea microphthalma</i>	<i>Hydnophora microconos</i>
<i>Acropora digitifera</i>	<i>Cyphastrea serailia</i>	<i>Merulina scheeri</i>
<i>Acropora eurystoma</i>	<i>Echinopora forskaliana</i>	
<i>Acropora gemmifera</i>	<i>Echinopora fruticulosa</i>	Mussidae
<i>Acropora grandis</i>	<i>Echinopora gemmacea</i>	<i>Acanthastrea echinata</i>
<i>Acropora hyacinthus</i>	<i>Echinopora hirsutissima</i>	<i>Acanthastrea faviaformis</i>
<i>Acropora pharaonis</i>	<i>Echinopora lamellosa</i>	<i>Acanthastrea ishigakiensis</i>
<i>Acropora samoensis</i>	<i>Erythraastrea flabellata</i>	<i>Acanthastrea lordbowensis</i>
<i>Acropora secale</i>	<i>Favia albidus</i>	<i>Acanthastrea rotundoflora</i>
<i>Acropora selago</i>	<i>Favia danae</i>	<i>Blastomussa wellsii</i>
<i>Acropora squarrosa</i>	<i>Favia favus</i>	<i>Lobophyllia corymbosa</i>
<i>Acropora subulata</i>	<i>Favia lacuna</i>	<i>Lobophyllia bataui</i>
<i>Acropora valida</i>	<i>Favia laxa</i>	<i>Lobophyllia hemprichii</i>
<i>Acropora variolosa</i>	<i>Favia maritima</i>	<i>Symphyllia erythraea</i>
<i>Astreopora gracilis</i>	<i>Favia matthai</i>	
<i>Astreopora myriophthalma</i>	<i>Favia speciosa</i>	Oculinidae
<i>Astreopora suggesta</i>	<i>Favia pallida</i>	<i>Galaxea fascicularis</i>
<i>Montipora calcarea</i>	<i>Favia rotumana</i>	
<i>Montipora cocosensis</i>	<i>Favia stelligera</i>	Pectiniidae
<i>Montipora cryptus</i>	<i>Favia veroni</i>	<i>Echinophyllia aspera</i>
<i>Montipora efflorescens</i>	<i>Favites abdita</i>	<i>Echinophyllia orpheensis</i>
<i>Montipora informis</i>	<i>Favites halicora</i>	<i>Mycedium elephantotus</i>
<i>Montipora nodosa</i>	<i>Favites paraflexuosa</i>	<i>Oxypora convoluta</i>
<i>Montipora stilosa</i>	<i>Favites pentagona</i>	<i>Oxypora crassispinosa</i>
<i>Montipora tuberculosa</i>	<i>Favites spinosa</i>	<i>Oxypora lacera</i>
<i>Montipora turgescens</i>	<i>Favites vasta</i>	
<i>Montipora verrucosa</i>	<i>Goniastrea edwardsi</i>	Pocilloporidae
	<i>Goniastrea pectinata</i>	<i>Pocillopora damicornis</i>
Agariciidae	<i>Goniastrea peresi</i>	<i>Pocillopora eydouxi</i>
<i>Gardineroseris planulata</i>	<i>Goniastrea retiformis</i>	<i>Pocillopora verrucosa</i>
<i>Leptoseris explanata</i>	<i>Leptastrea botiae</i>	<i>Seriatopora caliendrum</i>
<i>Leptoseris foliosa</i>	<i>Leptastrea pruinosa</i>	<i>Seriatopora hystrix</i>
<i>Leptoseris incrustans</i>	<i>Leptastrea purpurea</i>	<i>Stylobora danae</i>
<i>Leptoseris mycetoseroides</i>	<i>Leptastrea transversa</i>	<i>Stylobora mamillata</i>
<i>Leptoseris scabra</i>	<i>Leptoria phrygia</i>	<i>Stylobora pistillata</i>
<i>Leptoseris yabei</i>	<i>Montastrea curta</i>	<i>Stylobora subseriata</i>
<i>Pachyseris speciosa</i>	<i>Oulophyllia crispa</i>	<i>Stylobora wellsii</i>
<i>Pavona danai</i>	<i>Platygyra acuta</i>	
<i>Pavona diffluens</i>	<i>Platygyra carnosus</i>	Poritidae
<i>Pavona explanulata</i>	<i>Platygyra crosslandi</i>	<i>Alveopora viridis</i>
<i>Pavona frondifera</i>	<i>Platygyra daedalea</i>	<i>Goniopora ciliatus</i>
<i>Pavona maldivensis</i>	<i>Platygyra lamellina</i>	<i>Goniopora columna</i>
<i>Pavona varians</i>	<i>Plesiastrea versipora</i>	<i>Goniopora savignyi</i>
		<i>Goniopora somaliensis</i>
Astrocoeniidae	Fungiidae	<i>Porites columnaris</i>
<i>Stylocoeniella guentheri</i>	<i>Ctenactis crassa</i>	<i>Porites harrisoni</i>
	<i>Ctenactis echinata</i>	<i>Porites lobata</i>
Dendrophyllidae	<i>Fungia fungites</i>	<i>Porites lutea</i>
<i>Turbinaria reniformis</i>	<i>Fungia granulosa</i>	<i>Porites nodifera</i>
	<i>Fungia horrida</i>	<i>Porites rus</i>
Euphyllidae	<i>Fungia scruposa</i>	<i>Porites solida</i>
<i>Plemgyra sinuosa</i>	<i>Fungie scutaria</i>	
	<i>Herpolitha limax</i>	Siderastreidae
	<i>Podabacia crustacea</i>	<i>Coscinerea columna</i>
		<i>Coscinerea monile</i>
		<i>Psammocora baimeana</i>
		<i>Siderastrea savignyana</i>

Tabelle 18: Liste der Weichkorallengattungen (Alcyoniina group, Stolonifera group) und der Hydrokorallenarten (Ordnung: Leptolida) der El Quadim-Bucht.

Alcyoniina group	Stolonifera group	Leptolida
Alcyoniidae	Tubiporidae	Milleporidae
<i>Cladiella sp</i>	<i>Tubipora musica</i>	<i>Millepora dichotoma</i>
<i>Klyxum sp</i>		<i>Millepora exesa</i>
<i>Rhytisma sp</i>		<i>Millepora platyphylla</i>
<i>Sarcophyton sp</i>		Stylasteridae
<i>Sinularia sp</i>		<i>Distichopora violacea</i>
Nephtheidae		
<i>Dendronephthya sp</i>		
<i>Lemmalia sp</i>		
<i>Litbophyton sp</i>		
<i>Paralemmalia sp</i>		
<i>Scleronephthya sp</i>		
<i>Stereonephthya sp</i>		
Xeniidae		
<i>Antbelia sp</i>		
<i>Heteroxenia sp</i>		
<i>Sympodium sp</i>		
<i>Xenia sp</i>		

Tabelle 19: Bewuchs in Prozent für die wichtigsten Gattungen und Familien der Steinkorallen und Weichkorallen für alle Transekte (m = 10m, s = 5m). Die Nullwerte sind nicht dargestellt.

QUAE	01 m	01 s	02 m	02 s	03 ms	04 m	04 s
<i>Acropora</i>	6,9%	7,5%	5,8%	5,0%	12,5%	18,8%	1,3%
<i>Montipora</i>	4,4%	4,4%	1,7%	6,7%	0,8%	1,3%	1,3%
<i>Pocillopora</i>	5,6%	7,5%			3,3%	3,1%	5,6%
<i>Stylophora</i>	0,6%			0,8%			0,6%
<i>Seriatopora</i>			6,7%		0,8%		8,1%
<i>Porites</i>	1,9%	6,9%	13,3%	23,3%	15,0%	11,3%	3,8%
<i>Millepora</i>	4,4%	8,8%	2,5%	10,0%	2,5%	0,6%	1,3%
Faviidae	0,6%	3,8%	3,3%			1,9%	6,3%
HC Rest		4,4%	1,7%	0,8%	4,2%	6,3%	
Xeniidae	9,4%	0,6%	16,7%	7,5%	1,7%	1,3%	5,6%
<i>Sinularia</i>	3,1%	8,1%	1,7%		0,8%	1,9%	
<i>Rhytisma</i>	0,6%	0,6%					3,8%
<i>Klyxum</i>					3,3%		
<i>Litbophyton</i>						0,6%	0,6%

Tabelle 20: Dominanzen der 17 wichtigsten Arten für alle Transekte. Die Nullwerte sind ausgelassen.

Art	01 m	01 s	02 m	02 s	03 ms	04 m	04 s
<i>Acropora acuminata</i>		1,5%					2,3%
<i>Acropora gemmifera</i>		4,4%					2,3%
<i>Acropora samoensis</i>	2,4%		2,4%	1,8%	6,4%	4,5%	
<i>Acropora secale</i>	4,8%	4,4%	2,4%		6,4%	20,9%	
<i>Acropora valida</i>	9,5%		7,1%	1,8%	6,4%	4,5%	
<i>Acropora variolosa</i>	9,5%		4,8%	3,6%	2,1%	10,4%	
<i>Goniastrea edwardsi</i>	2,4%	5,9%				3,0%	2,3%
<i>Millepora dichotoma</i>	2,4%	14,7%	7,1%	21,4%	6,4%	1,5%	11,4%
<i>Millepora platyphylla</i>	7,1%	2,9%				1,5%	
<i>Montipora efflorescens</i>	9,5%	8,8%	2,4%	8,9%	2,1%		2,3%
<i>Pocillopora damicornis</i>	14,3%	5,9%			8,5%	3,0%	6,8%
<i>Pocillopora verrucosa</i>	7,1%	11,8%				3,0%	13,6%
<i>Porites lobata</i>		7,4%		3,6%	12,8%		13,6%
<i>Porites lutea</i>	2,4%	2,9%	7,1%	8,9%	6,4%	1,5%	2,3%
<i>Porites nodifera</i>	4,8%	5,9%	21,4%	32,1%	12,8%	16,4%	11,4%
<i>Porites rus</i>			9,5%	5,4%	6,4%	7,5%	
<i>Seriatopora hystrix</i>			19,0%		2,1%		
Rest	23,8%	23,5%	16,7%	12,5%	21,3%	22,4%	31,8%

Tabelle 21: Steinkorallendiversität der El-Quadim Bucht, nach Gattungen aufgeschlüsselt, im Vergleich zum gesamten Roten Meer (basierend auf Veron 2000)

Familie	Gattung	Steinkorallendiversität Rotes Meer (nach Veron 2000)	Steinkorallendiversität El Quadim-Bucht	
Acroporidae	<i>Acropora</i>	47	15	
	<i>Anacropora</i>	2	0	
	<i>Astreopora</i>	5	3	
	<i>Montipora</i>	29	10	
Agariciidae	<i>Gardineroseris</i>	1	1	
	<i>Leptoseris</i>	7	6	
	<i>Pachyseris</i>	2	1	
	<i>Pavona</i>	12	6	
Astrocoeniidae	<i>Stylocoeniella</i>	2	1	
Dendrophyllidae	<i>Heteropsammia</i>	1	0	
	<i>Turbinaria</i>	6	1	
Euphyllidae	<i>Euphyllia</i>	1	0	
	<i>Plerogyra</i>	1	1	
	<i>Physogyra</i>	1	0	
Faviidae	<i>Barabattoia</i>	1	0	
	<i>Caulastrea</i>	2	0	
	<i>Cyphastrea</i>	4	3	
	<i>Diploastrea</i>	1	0	
	<i>Echinopora</i>	7	5	
	<i>Erythrastrea</i>	1	1	
	<i>Favia</i>	15	12	
	<i>Favites</i>	10	6	
	<i>Goniastrea</i>	7	4	
	<i>Leptastrea</i>	5	4	
	<i>Leptoria</i>	1	1	
	<i>Montastrea</i>	3	1	
	<i>Onlophyllia</i>	1	1	
	<i>Platygyra</i>	6	5	
	<i>Plesiastrea</i>	1	1	
	Fungiidae	<i>Cantharellus</i>	2	0
<i>Ctenactis</i>		2	2	
<i>Cycloseris</i>		7	0	
<i>Diaseris</i>		2	0	
<i>Fungia</i>		12	5	
<i>Herpolitha</i>		2	1	
<i>Podabacia</i>		2	1	
<i>Sandolitha</i>		1	0	
<i>Gyrosmillia</i>		1	0	
Meandrinidae		<i>Hydnopora</i>	2	2
		<i>Merulina</i>	2	1
Mussidae	<i>Acanthastrea</i>	6	5	
	<i>Blastomussa</i>	2	1	
	<i>Cynarina</i>	1	0	
	<i>Lobophyllia</i>	4	3	
	<i>Symphyllia</i>	4	1	
Oculinidae	<i>Galaxea</i>	2	1	
Pectiniidae	<i>Echinophyllia</i>	3	2	
	<i>Mycidium</i>	2	1	
	<i>Oxypora</i>	4	3	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	3	3	
	<i>Seriatopora</i>	2	2	
	<i>Stylophora</i>	6	5	
Poritidae	<i>Alveopora</i>	8	1	
	<i>Goniopora</i>	13	4	
	<i>Porites</i>	14	7	
Siderastreidae	<i>Coscinarea</i>	3	2	
	<i>Psammocora</i>	6	1	
	<i>Pseudosiderastrea</i>	1	0	
	<i>Siderastrea</i>	1	1	
Trachyphyllidae	<i>Trachyphyllia</i>	1	0	
Steinkorallendiversität (Gesamt)		303	144	

9. Danksagung

Wir danken dem gesamten Personal von SUBEX Red Sea Diving Centers und dem Direktor Johann Vifian, dem SUBEX Dive Center in El Quseir and seinem Manager Michael Latschenberger, sowie dem Mövenpick Resort El Quseir und dem General Manager Alfred Portenschlager. Unser Dank gilt auch Moshira Hassan, Guy Jobbins und Tim Rixen.

10. Literatur

- Abduljalil A (2005) Seminar recommends emergency anti-pollution team. Yemen Observer Vol. VIII Issue 32, Sana'a, Sana'a.
- Ackerman JL, Bellwood DR (2000) Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. Marine Ecology Progress Series 206, 227-237.
- Barker NHL, Roberts CM (2004) Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. Biological Conservation 120, 481-489.
- Ben-Tuvia A, Diamant A, Baranes A, Golani D (1983) Analysis of a coral reef fish community in shallow-waters of Nuweiba, Gulf of Aqaba, Red Sea. Bulletin of the Institute of Oceanography and Fisheries 9, 193-206.
- Bouchon-Navaro Y, Harmelin-Vivien ML (1981) Quantitative distribution of herbivorous reef fishes in the Gulf of Aqaba (Red Sea). Marine Biology 63, 79-86.
- Brock RE (1982) A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. Bulletin of Marine Science 32, 269-276.
- Bryant D, Burke L, McManus J, Spalding M (1998) Reefs at risk. A map-based indicator of threats to the world's coral reefs, World Resource Institute (WRI).
- Chen M-H, Soong K, Tsai M-L (2004) Host effect on size structure and timing of sex change in the coral-inhabiting snail *Coralliophila violacea*. Marine Biology 144, 287-293.
- Clarke KR, Warwick RM (1994) Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, UK.
- Cortés J, Risk MJ (1985) A reef under siltation stress: Cahuita, Costa Rica. Bulletin of Marine Science 36, 339-356.
- Ditlev H (1980) A field guide to the reef-building corals of the Indo-Pacific. Dr. W. Backhuys, Rotterdam, p 291.
- Dixon JA, Scura LF, van't Hof T (1993) Meeting ecological and economic goals: marine parks in the Caribbean. Ambio 22, 117-125.
- Edwards A, Rosewell J (1981) Vertical zonation of coral reef fishes in the Sudanese Red Sea. Hydrobiologia 79, 21-31.
- English C, Wilkinson C, Baker V (1994) Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Fabricius K, Alderslade P (2001) Soft corals and sea fans: a comprehensive guide to Indo-Pacific coral reefs.
- FishBase (1999) FishBase 99: a global information system on fishes. ICLARM, Manila.
- Friedlander AM, Parrish JD (1998) Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 224, 1-30.
- Fujioka Y, Yamazato K (1983) Host selection of some Okinawan coral associated gastropods belonging to the genera *Drupella*, *Coralliophila* and *Quoyula*. Galaxea 2, 59-73.
- Goldberg J, Wilkinson CR (2004) 1. Global threats to coral reefs: coral bleaching, global climate change, disease, predator plagues, and invasive species. In: Wilkinson CR (ed) Status of coral reefs of the world: 2004, Vol 1.
- Guzmán H, Jiménez C (1992) Contamination of coral reefs by heavy metals along the Caribbean coast of Central America (Costa Rica and Panama). Marine Pollution Bulletin 24, 554-561.
- Harriott VJ, Davis D, Banks SA (1997) Recreational diving and its impact in marine protected areas in eastern Australia. Ambio 26, 3.

- Hawkins JP, Roberts CM (1992a) Can Egypt's coral reefs support ambitious plans for diving tourism? Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium, Guam, 1007-1013.
- Hawkins JP, Roberts CM (1992b) Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation* 62, 171-178.
- Hawkins JP, Roberts CM (1994) The growth of coastal tourism in the Red Sea: present and future effects on coral reefs. *Ambio* 23, 503-508.
- Hawkins JP, Roberts CM (1997) Estimating the carrying capacity of coral reefs for SCUBA Diving. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panama, 1923-1926.
- Hawkins JP, Roberts CM, Kooistra D, Buchan K, White S (2005) Sustainability of scuba diving tourism on coral reefs of Saba. *Coastal Management* 33, 373-387.
- Hawkins JP, Roberts CM, Van't Hof T, De Meyer K, Tratalos J, Aldam C (1999) Effects of recreational scuba diving on Caribbean coral and fish communities. *Conservation Biology* 13, 888-897.
- Hodgson G, Maun L, Shuman C (2004) Reef Check Survey Manual, Reef Check, Institute of the Environment, University of California, Los Angeles, CA.
- ISRS (2004) The effects of terrestrial runoff of sediments, nutrients and other pollutants on coral reefs, p 18. International Society for Reef Studies.
- ISRS (2005) ISRS Statement on diseases on coral reefs. International Society for Reef Studies, <http://www.fit.edu/isrs/council/disease.htm>, Access date: 24 Nov 2005.
- Jameson SC, Ammar MSA, Saadalla E, Mostafa HM, Riegl B (1999) A coral damage index and its application to diving sites in the Egyptian Red Sea. *Coral Reefs* 18, 333-339.
- Kennington RA (1978) Visual surveys of large areas of coral reefs. In: Stoddart DR, Johannes RE (eds) *Coral reefs: research methods*, UNESCO Series, Monographs on oceanographic methodology. Page Brothers Ltd., Norwich, 149-161.
- Khalaf MA, Kochzius M (2002a) Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Marine Ecology Progress Series* 239, 287-299.
- Khalaf MA, Kochzius M (2002b) Community structure and biogeography of shore fishes in the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Helgoland marine research* 55, 252-284.
- Krupp F, Paulus T, Nasr D (1993) Coral reef fish survey. In: Krupp F, Türkay M, El Hag AGD, Nasr D (eds) *Comparative ecological analysis of biota and habitats in littoral and shallow sublittoral waters of the Sudanese Red Sea: Project report*. Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt and Faculty of Marine Science and Fisheries, Port Sudan, 63-82.
- Loya Y (1976) Settlement, mortality and recruitment of a Red Sea scleractinian coral population. In: Mackie GO (ed) 3. *International Symposium on Coelenterate Biology*, Victoria, British Columbia (Canada).
- Magguran AE (1988) *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, London, p 179.
- Müller HJ (1984) *Ökologie*, Jena, p 395.
- NOAA (1997) Report of the Middle East Seas Regional Strategy Workshop for the International Coral Reef Initiative, Springs S, National Oceanographic and Atmospheric Administration, Aqaba, Jordan.
- Öhman MC, Rajasuriya A (1998) Relationships between structure and fish communities on coral and sandstone reefs. *Environmental Biology of Fishes* 53, 19-31.
- Ormond R, Hassan O, Medio D, Pearson M, Salem M (1997) Effectiveness of coral protection programmes in the Ras Mohammed National Park, Egyptian Red Sea. In: Lessios HA, Macintyre IG (eds) *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, Panama.
- Primer-E (2000) PRIMER 5 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). PRIMER-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory, UK.
- Reynolds RW, Rayner NA, Smith TM, Stokes DC, Wang W (2002) An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *Journal of Climate* 15, 1609-1625.
- Riegl B, Velimirov B (1991) How many damaged corals in Red Sea reef systems? A quantitative survey. *Hydrobiologia* 216/217, 249-256.
- Rilov G, Benayahu Y (2000) Fish assemblages on natural versus vertical artificial reefs: the rehabilitation perspective. *Marine Biology* 136, 931-942.

- Roberts CM, Ormond RFG (1987) Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Marine Ecology Progress Series* 41, 1-8.
- Rossier O, Kulbicki M (2000) A comparison of fish assemblages from two types of algal beds and coral reefs in the south-west lagoon of New Caledonia. *Cybiurn* 24, 3-26.
- Rouphael AB, Inglis GJ (1997) Impacts of recreational SCUBA diving at sites with different reef topographies. *Biological Conservation* 82, 329-336.
- Ruppert EE, Barnes RD (1994) *Invertebrate Zoology*. Thomson Learning, Inc.
- Salm RV (1986a) Coral reefs and tourist carrying capacities: the Indian Ocean experience. *UNEP Ind Environ* 9, 11-14.
- Salm RV (1986b) Interpreting marine conservation and tourism. *Intl J Environ Stud* 25, 229-238.
- Scheer G (1978) Application of phytosociologic methods. In: Stoddart DR, Johannes RE (eds) *Coral reefs: research methods*, UNESCO Series, Monographs on oceanographic methodology, Vol 5. Page Brothers Ltd., 175-196.
- Scheer G, Pillai CSG (1983) Report on the Stony Corals from the Red Sea, *Zoologica* 133. Schweizerbart, 1-190.
- Shalan IM (2005) Sustainable tourism development in the Red Sea of Egypt threats and opportunities. *Journal of Cleaner Production* 13, 83-87.
- Shannon CE, Wiener W (1948) *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, p 117.
- Sheppard CRC, Salm RV (1988) Reef and coral communities of Oman, with a description of a new coral species (Order Scleractinia, Genus *Acanthastrea*). *Journal of Natural History* 22, 263-279.
- Sheppard CRC, Sheppard ALS (1991) Corals and coral communities of Arabia. *Fauna of Saudi Arabia* 12, 1-170.
- Sorokin Y (1993) *Coral Reef Ecology*. Springer, Berlin.
- Stirling G, Wilsey BJ (2001) Empirical relationships between species richness, evenness and proportional diversity. *American Naturalist* 158, 286-300.
- Tilmant JT (1987) Impacts of recreational activities on coral reefs. In: Salvat B (ed) *Human impacts on coral reefs: facts and recommendations*. Antenne Museum-EPHE, French Polynesia, 195-214.
- Tratalos JA, Austin TJ (2001) Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation* 102, 67-75.
- Veron JEN (2000) *Corals of the World*, Vol 1, 2, 3. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Wallace CC (1999) *Staghorn Corals of the World - A revision of the Genus Acropora*. CSIRO Publishing, Melbourne, p 421.
- West K, van Woesik R (2001) Spatial and temporal variance of river discharge on Okinawa (Japan): Inferring the temporal impact on adjacent coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 42, 864-872.
- Wilkinson C (2000) *Status of coral reefs of the world: 2000*. Australian Institute of Marine Science and Global Coral Reef Monitoring Network, Townsville, Australia.
- Wilkinson C (2004) *Status of coral reefs of the world: 2004*, Vol 1+2. Global Coral Reef Monitoring Network and Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, p 557.
- Wolanski E, Richmond R, McCook L, Sweatman H (2003) Mud, marine snow and coral reefs - the survival of coral reefs requires integrated watershed-based management activities and marine conservation. *American Scientist* 91, 44-51.