

## Marine Invertebraten des Westlichen Indischen Ozeans

### Ökologische Bedeutung der marinen Invertebraten

Die sehr weit gefasste, d.h. die sehr viele verschiedene Organisationsformen umfassende Gruppe der marinen Invertebraten stellt ökologisch eine sehr bedeutsame Tiergruppe dar. Einerseits steuern die marinen Invertebraten durch die zahlreichen Larvenstadien und -formen, wie bspw. die Planula und Actinula der *Cnidaria* oder die Veligerlarven der *Mollusca* zum erheblichen Teil zur Biomasse des Zooplanktons bei, zum anderen markieren die adulten Formen in der Nahrungspyramide den Übergang vom Zooplankton zu den komplexer organisierten Meerestieren, wie den Knorpel- und Knochenfischen, sowie den Meeressäugern. Die Invertebraten dienen somit als Nahrungsquelle für zahllose andere Meerestiere und nicht zuletzt auch für den Menschen. Zudem stammen die riffbildenden Organismen aus der Gruppe der marinen Invertebraten, wobei insb. die hermatypischen, d.h. die Zooxanthellen besitzenden und ein Kalkskelett ausbildenden Korallen aus dem Tierstamm der *Cnidaria* den überwiegenden Anteil an der Bildung der verschiedenen Riffsysteme, wie den Saum-, Barriere- und Plattformriffen, sowie den Atollen ausmachen. Hierbei sind insb. die zu den *Anthozoa* zählenden *Hexacorallia* aus der Ordnung der Steinkorallen (*Scleractinia* oder *Madreporaria*), sowie die zu den *Octocorallia* gehörende Blaue Koralle (*Heliopora coerulea*), aber auch die zu den *Hydrozoa* zählende Feuerkoralle (*Millepora* sp.) als massgebliche Arten der Riffbildung hervorzuheben.

### Ökonomische Bedeutung der marinen Invertebraten

Für die Nutzung durch den Menschen besitzen die marinen Invertebraten eine nicht zu unterschätzende ökonomische Bedeutung, da viele Arten als Nahrungsquelle genutzt werden, sei es durch Fischerei oder Aquakultur. Im westlichen Indischen Ozean, insb. auf Sansibar ist beispielsweise der Verzehr von *Octopus* sp. besonders populär, aber auch *Cypraea testudinaria* und andere Schnecken, sowie Krebstiere und Muscheln finden als Bestandteil der regulären Ernährung oder als Delikatesse Eingang in den Speiseplan, so dass viele Haushalte der Küstenregionen ihren Lebensunterhalt durch Befischung dieser Arten verdienen.

Aquakulturen bzw. Marikulturen, also Aquakulturen, die in küstennahen Meerestümpfen betrieben werden, sind im westlichen Indischen Ozean nicht so populär und verbreitet, wie im asiatischen Teil des Indik, aber es werden vermehrt Anstrengungen unternommen, diese Formen der industriellen Verwertung natürlicher Ressourcen auch an der ostafrikanischen Küste und den vorgelagerten Inselgruppen anzusiedeln. Dabei kommen sowohl intensive, wie auch extensive Techniken der Aquakultur zum Einsatz. Neben diversen Fisch- und Algenarten, eignen sich verschiedene Invertebraten zur Marikultur. Besonders hervorzuheben sind dabei Crustaceen, wie *Penaeus monodon*, *Fenneropenaeus indicus*, die Mangrovenkrabbe *Scylla serrata* oder Hummer aus der Gattung *Panulirus*. Auch Mollusken, wie die Mangrovenaustern *Saccostrea cucullata* und *Saccostrea iredale*, sowie die Grüne Muschel *Perna viridis* und die *Porifera*-Arten *Spongia* sp. und *Hippospongia* sp., die als Badeschwämme Verwendung finden, eignen sich zur Aquakultur (s.a. Anhang Bild 1).

Neben den ökonomischen Vorteilen bergen die verschiedenen Arten der Aquakultur aber auch Risiken, da insb. bei intensiven Kulturen ökologische Schädigungen auftreten können. Zu diesen zählen die Zerstörung intakter Mangroven zwecks Ansiedelung von Aquakulturen, die durch Futterzusatz verursachte Überdüngung und die nachfolgende Schädigung von Mangroven oder Riffsystemen, sowie die Verbreitung von Krankheiten.

Derartige Schädigungen wirken sich langfristig eher nachteilig auf die Ökonomie aus, da natürliche Habitate und damit u.U. auch der Tourismus beeinträchtigt werden.

Ein weiterer Aspekt der ökonomischen Nutzung von marinen Invertebraten, die im westlichen Indischen Ozean sehr verbreitet ist, liegt in der Verwendung von Korallen, hpts. der Gattung *Porites*, als Baumaterial, sei es als Steinmaterial zur Errichtung von Häusern oder die Verwendung des Calciumcarbonats der Korallen zur Herstellung von Kalk (Kalkbrennen), der wiederum als Tünche und Anstrich verwendet wird. Auch diese Form der Nutzung von marinen Ressourcen führt häufig zu Schädigungen des Ökosystems; zwar werden vorwiegend bereits abgestorbene rezente oder fossile Korallenstöcke genutzt, aber der Abbau dieser Korallenstöcke führt u.U. zur Schädigung noch lebender Kolonien. Zudem werden tlw. auch noch lebende Korallen abgebaut, was zu einer direkten Schädigung des Riffs führt.

Eine weitere ökonomische Bedeutung der marinen Invertebraten liegt in dem Sammeln von Schneckengehäusen und Muschelschalen und deren Verkauf als Schmuckstücke für Touristen oder als Sammlerstücke. Auch durch solche Aktivitäten treten ökologische Schädigungen auf, so dass die Ausfuhr solchen Materials aus Tansania und anderen Ländern Ostafrikas mittlerweile untersagt ist (s.a. Anhang Bild 2).

### **Biodiversität**

Sowohl was die Abundanz, also das zahlenmässige Auftreten einer oder mehrerer Arten, als auch was die Biodiversität, also die Artenvielfalt, angeht, stellen die marinen Invertebraten des westlichen Indischen Ozeans eine herausragende Gruppe innerhalb der meeresbewohnenden Organismen dar, obwohl viele Arten, sei es mangels Forschungsaufwand oder fehlendem Expertenwissen, noch als unentdeckt bzw. unbeschrieben gelten müssen.

So geht Richmond<sup>[3]</sup> von mindestens 10627 Arten der Macro-Taxa der küstennahen Flachgewässer aus, wobei davon ca. 7500 Invertebraten sind. Unter diesen bilden die Vorderkiemer (*Prosobranchia*) der *Gastropoda* mit 2550 Arten und die *Bivalvia* mit 667 Arten die grössten Gruppen.

Dabei weisen die verschiedenen Gruppen der Invertebraten einen unterschiedlichen Grad von Endemismus auf, was nach einer These von Meyers<sup>[4]</sup> mit der Dauer der Larvalentwicklung und dem Verbreitungspotential der Entwicklungsstadien in Zusammenhang steht. Demnach neigen Arten mit langer Larvalentwicklung und planktonischer Lebensweise der Larven weniger zur Ausbildung endemischer Arten, da eine stetige Verteilung und Verbreitung der Nachkommenschaft dieser Arten erfolgt und damit Isolationsmechanismen unwahrscheinlicher sind.

Richmond<sup>[3]</sup> geht davon aus, dass von 1500 Arten, von denen verlässliche Daten zur Biogeographie und Verteilung vorliegen, ca. 15 % endemisch sind, während 70 % eine Verbreitung aufweisen, die sich vom Indischen Ozean bis in den westlichen Pazifik erstreckt.

Diese Zahlen zur Biodiversität und Regionalität können jedoch nur als grobe Schätzungen angesehen werden, da sowohl die Qualität als auch die Vergleichbarkeit des verfügbaren Datenmaterials mit Skepsis betrachtet werden muss. So stieg bspw. die Zahl bekannter Arten der Echinodermen seit 1971 um 156 Arten an; bei anderen Gruppen der Invertebraten sind ähnliche Entwicklungen feststellbar. Verursacht werden solche Effekte durch vermehrten Forschungsaufwand, verbesserte Artenkenntnis, wie auch durch Neubeurteilung der Taxonomie.

### **Symbiosen, Abwehr- und Frassschutzmechanismen, Mimikry**

Von den vielen aussergewöhnlichen Anpassungen und Spezialisierungen der marinen Invertebraten sind die Symbiosen mit einzelligen Algen, die Produktion von Toxinen und besondere Formen des Mimikry als Abwehr- und Frassschutzmechanismus besonders hervorzuheben.

So leben alle hermatypischen Korallen mit Dinoflagellaten (*Dinophyta*), die vorwiegend der

Gattung *Symbiodinium* angehören, in Symbiose. Diese Chloroplasten besitzenden Einzeller, die taxonomisch dem Superphylum der *Alveolata* zugerechnet werden, sind in der Lage Photosynthese zu betreiben und tauschen ihre Stoffwechselprodukte, wie Zucker und andere organische Produkte, mit den mit ihnen vergesellschafteten Polypen des Korallenstocks aus. Im Gegenzug bieten die Korallen Schutz vor Fressfeinden der Algen und liefern stickstoff- und phosphorhaltige Verbindungen, sowie durch ihre Dissimilationstätigkeit Kohlendioxid, den die Dinoflagellaten ihrerseits assimilieren. Dieser direkte Verbrauch des CO<sub>2</sub> begünstigt auch die Bildung des Kalkskelettes der Korallen, da die Ansäuerung des Mediums durch Kohlendioxid zur Zersetzung des Calciumcarbonates führen würde. Hermatypische Korallen in Aquariuhaltung sind über Zeiträume von Jahren in der Lage, sich vollständig durch die alleinige Photosynthesetätigkeit der Zooxanthellen zu ernähren; in ihrem natürlichen Lebensraum nehmen sie jedoch planktonische Nahrung und organische Verbindungen auf. Somit sind die Korallen aufgrund dieser Symbiose auch erst in der Lage, Kalkskelette von grossen Ausmassen aufzubauen. Durch die symbiontische Lebensweise bleibt die aktive Riffbildung auf die photische Zone des Meeres (bis maximal 100 m Wassertiefe) beschränkt, da in grösseren Tiefen keine Photosynthese durch die *Dinophyta* mehr möglich ist.

Diese Symbiose hat auch erhebliche Bedeutung bei dem als Korallenbleiche (engl. 'coral bleaching') bekannten Phänomen, bei dem ganze Korallenriffe ausbleichen und absterben. Ab einer kritischen Erhöhung der Meerestemperatur verlassen die Dinoflagellaten die von ihnen bewohnten Korallen und es kommt zum Ausbleichen und späteren Absterben der Korallenstöcke. Diese Abwanderung von *Symbiodinium* ist prinzipiell reversibel, doch handelt es sich bei den Temperaturerhöhungen meist um längerfristige Phänomene, die der globalen Klimaveränderung zuzuschreiben sind.

Auch andere wirbellose Organismen, wie bspw. die Riesenmuschel *Tridacna maxima*, leben in Symbiose mit Dinoflagellaten. Hier ist der genaue Modus des Stoffaustausches und des Zusammenlebens jedoch weniger gut erforscht.

Die kolonienbildende Seescheide (*Ascidiae*) *Didemnum molle* lebt in Symbiose mit den Prochlorophyten *Prochloron* sp. (*Cyanobacteriota*), welche dem, von der gesamten Seescheidenkolonie gebildeten Kloakenraum eine leuchtend grüne Farbe verleiht. Hierbei handelt es sich um eine fakultative Symbiose, die jedoch das Wachstum der Seescheide um ca. 30 % steigert <sup>[5]</sup>. Die Übertragung der *Prochloron*-Zellen erfolgt durch die Elternkolonie nachdem die Embryos schlüpfen und in die larvale Phase übertreten <sup>[6]</sup>.

Viele marine Invertebraten sind in der Lage potente Toxine zu produzieren, wobei insbesondere die *Cnidaria* mit ihren Nesselgiften, aber auch die Conotoxine produzierenden Kegelschnecken (*Conidae*) besonders zu erwähnen sind. Diese Gifte werden entweder von den Organismen selbst synthetisiert oder ihre Produktion geht auf die mit ihnen in Symbiose lebenden Einzeller zurück.

Bspw. produzieren die in den Krustenanemonen (*Zoanthidae*) *Palythoa* sp. akkumulierenden Dinoflagellaten (z.B. *Ostreopsis siamensis*) das Gift Palytoxin (PTX), dessen LD<sub>50</sub> Wert im Tierversuch mit Mäusen bei 150 ng pro kg Körpergewicht lag <sup>[7]</sup>. Palytoxin gilt neben dem Maitotoxin als die komplizierteste organische Verbindung im gesamten Organismenreich.

In küstennahen Riffen häufig auftretende, sessile *Cnidaria*, wie die Hydrozoen *Aglaophenia cupressina* oder die Feuerkoralle *Millepora* sp. produzieren Nesselgifte, deren Wirkung auf den Menschen zwar nicht unbedingt tödlich, aber doch sehr schmerzhaft ist, so dass jedem Riffbesucher diese Arten bekannt sein sollten und die direkte Berührung dieser Organismen vermieden werden sollte. Dies gilt in besonderem Masse auch für die ebenfalls zu den *Cnidaria* zählenden, pelagischen Medusen der *Cubozoa*, bei denen die Nesselgifte vieler im westlichen Indik vorkommenden Arten für den Menschen sehr schmerzhaft sind (*Carybdea alata*, *Tamoya gargantua*); das Gift von *Chiropsalmus quadrumans* gilt als lebensgefährlich, ähnlich dem Gift der Seewespe *Chironex fleckeri*.

Eine weitere bemerkenswerte Anpassung besteht in der Beziehung zwischen den Nacktkiemern (*Nudibranchiata*, *Opisthobranchia*, *Mollusca*) der Familien der *Chromodorididae* und *Phyllidiidae* und den Plattwürmern (*Plathelminthes*) aus der Familie der *Pseudocerotidae*. Die Nacktkiemer ("Nacktschnecken") ernähren sich hpts. von Schwämmen und nehmen tlw. von diesen giftige Substanzen auf, die sie in ihren Repugnatorialdrüsen speichern, so dass sie für potentielle Fressfeinde eine giftige oder zumindest unangenehm schmeckende Nahrung darstellen. Im Laufe der Evolution haben diese Nacktschnecken eine ausgeprägte und sehr farbige Warnzeichnung entwickelt, die ihren potentiellen Fressfeinden ihre Ungenießbarkeit signalisiert. Eine solche Warnzeichnung zur Abwehr von Fressfeinden wird allgemein als aposematisch bezeichnet.

Die Plattwürmer ahmen diese Warnzeichnung sowohl im Muster als auch in der Farbgebung sehr genau nach und profitieren so von der abschreckenden Wirkung der aposematischen Färbung der Nacktkiemer. Dabei ist ungeklärt, ob es sich bei dieser Form von Mimikry um eine Müller'sche Mimikry, bei der die Plattwürmer auch für ihre Fressfeinde ungenießbar sind, oder um eine Bates'sche Mimikry, bei der die Tubellarien eigentlich genießbar wären, handelt <sup>[8]</sup>.

### **Zusammenfassung und abschliessende Bemerkungen**

Die marinen Invertebraten stellen eine hochdiversifizierte Gruppe der Meeresorganismen dar, die in ökologischer Sichtweise Schlüsselpositionen einnehmen (Riffentstehung, Nahrungskette), aber auch für den Menschen von ausserordentlicher ökonomischer Bedeutung sind. Sie weisen vielfältige und komplexe Anpassungen und Spezialisierungen auf, die sie insb. unter evolutionstheoretischen Gesichtspunkten als lohnende Objekte biologischer Forschung prädestinieren. Zahlreiche Arten müssen noch als unentdeckt oder unbeschrieben gelten und viele Einzelheiten von Symbiosen und ökologischen Zusammenhängen sind noch unbekannt oder unverstanden, so dass sie einen erhöhten Forschungsaufwand bei der Aufklärung der Meeresökologie, insb. unter Berücksichtigung akuter Fragestellungen wie Klimawandel, Überfischung oder Verschmutzung der Meere, ohne weiteres rechtfertigen können. Die gegenwärtige biologische Forschung setzt jedoch andere Schwerpunkte, wie der folgende abschliessende Vergleich von Suchergebnissen aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen, die mit der Internetsuchmaschine Google Scholars durchgeführt wurden, verdeutlicht:

Treffer für den Suchbegriff *Echinometra* (die häufigste Seeigelgattung der Erde): 133

Treffer für den Suchbegriff *Drosophila* (im Titel von Artikeln): 93400

## Referenzen:

- [1] Richmond, M.D. (ed.); 'A Field Guide to the Seashores of eastern Africa and the Western Indian Ocean Islands'; Sida/SAREC – UDSM. 461 pp. ISBN 91-586-8783-1; 2002
- [2] United Nations Environment Programme; 'Eastern Africa Atlas of Coastal Resources'; [UNEP Grid Nairobi](#); ISBN: 92-807-2061-9
- [3] Richmond, M.D.; 'The marine biodiversity of the western Indian Ocean and its biogeography: How much do we know?'; [UNEP, Grid Nairobi](#)
- [4] Myers, A.A.; 'Biogeographic barriers and the development of marine biodiversity'; Est. Coast. Shelf Sci. 44: 241–248; 1997
- [5] Olson, R.R.; 'Light-enhanced growth of the ascidian *Didemnum molle* / *Prochloron* sp. Symbiosis'; Marine Biology 93, 437-442; 1986
- [6] Hirose, E.; Fukuda, T.; 'Vertical Transmission of Photosymbionts in the Colonial Ascidian *Didemnum molle*: The Larval Tunic Prevents Symbionts from Attaching to the Anterior Part of Larvae'; Zoological Science 23: 669-674; 2006
- [7] Moore, R.E.; Scheuer, P.J.; 'Palytoxin: A New Marine Toxin from a Coelenterate'; Science Vol. 172. no. 3982, pp. 495 – 498; 1971
- [8] Seifarth, W.; [Marine Flatworms of the World](#); 1997-2002

Anhang:

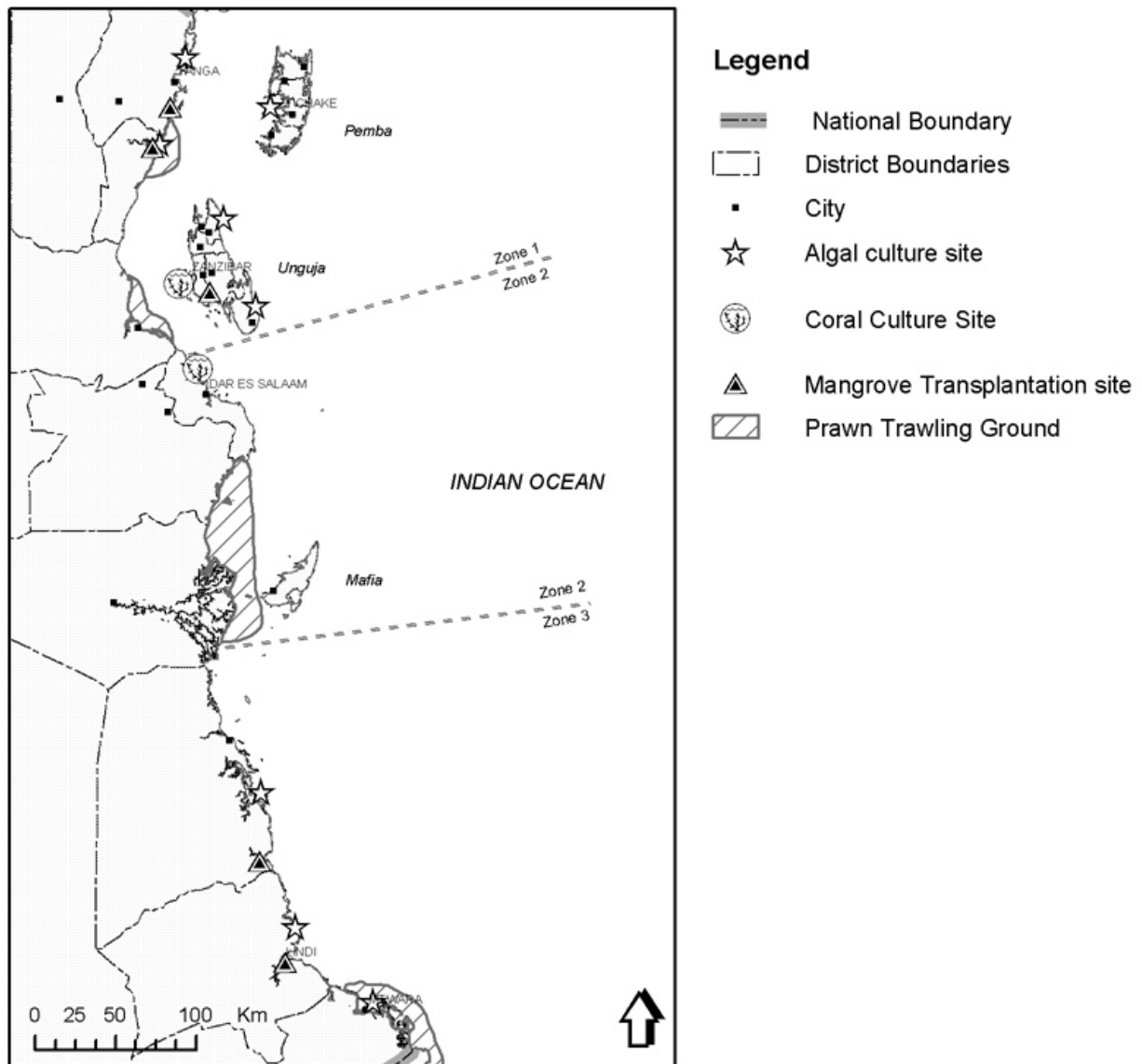
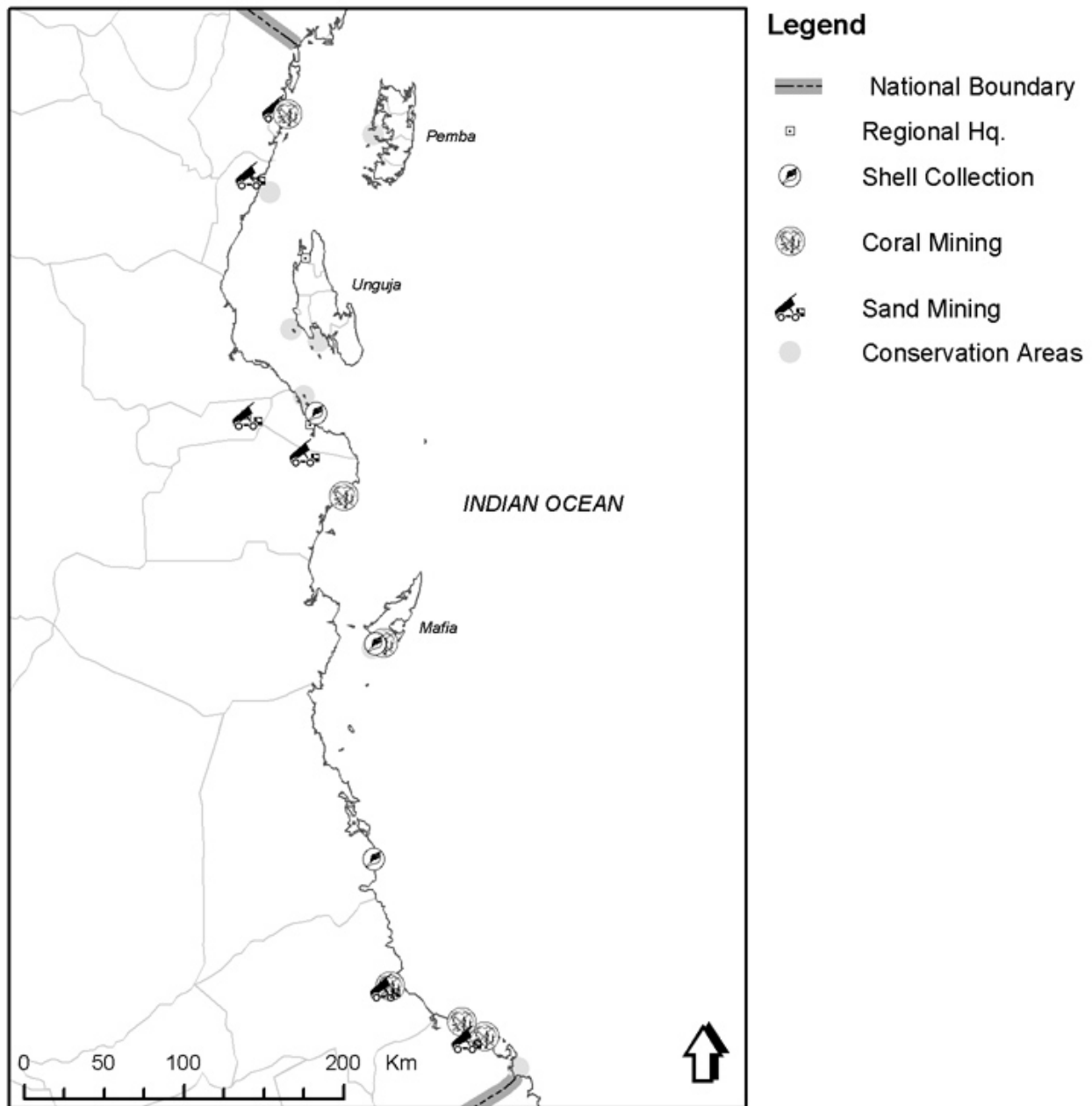


Bild 1: Marikulturen und Nutzung mariner Ressourcen in Tansania <sup>[a]</sup>



**Bild 2:** Korallenförderung und Sammeln von Schnecken- und Muschelgehäusen in Tansania <sup>[b]</sup>

**Bildnachweis:**

[a], [b] [UNEP Grid Nairobi](#)