

Ursachen und Auswirkungen der Korallenbleiche sowie präventive Massnahmen

Dozent: Prof. Dr. Giovanni phil. Nat. Danielli

Diplomarbeit Vertiefungsarbeit

Schule: Schweizerische Fachschule TEKÖ

Klasse: L-TEU-21-Do-a

Studiengang: Energie- & Umwelttechniker HF, 2021-2024

Abgabedatum: 11.11.2024

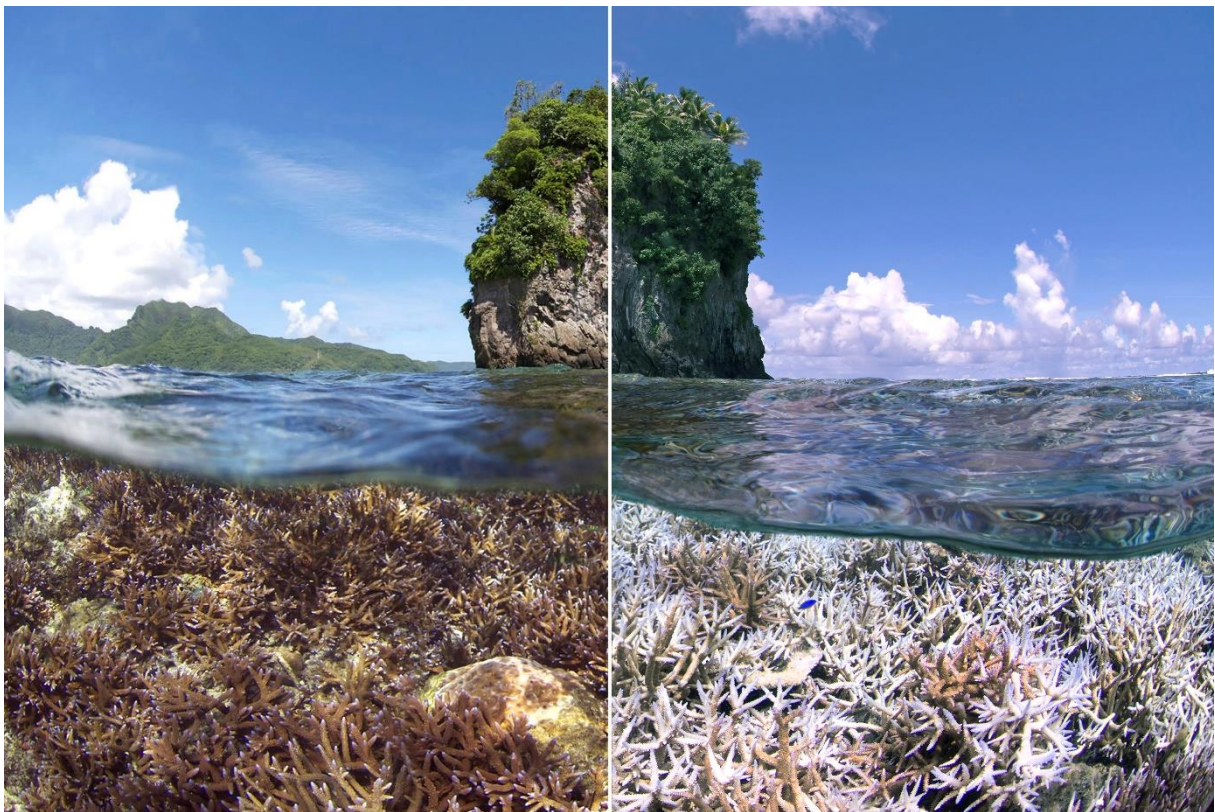


Abbildung 1: vorher-nachher Foto Korallenriff, (The Ocean Agency, Richard Vevers, American Samoa)

1

Küssnacht, 10.11.2024

Verfasser:

Philip Sidler
Stegriedstrasse 4
6403 Küssnacht

¹ <https://www.theoceanagency.org/ocean-image-bank/before-and-after> Abbildung 1

Management Summary

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der komplexen Thematik der Korallenbleiche und deren präventiven Massnahmen. Korallenriffe zählen zu den artenreichsten und ökologisch wertvollsten Ökosysteme der Erde. Sie sind jedoch stark durch den Klimawandel sowie durch menschliche Aktivitäten bedroht. Die Korallenbleiche ist ein Phänomen, bei dem die Korallen ihre symbiotischen Algen verlieren und dadurch aussterben. Ohne diese Algen, die den Korallen lebenswichtige Nährstoffe liefern, sterben die Korallen ab, was wiederum zu schwerwiegenden ökologischen und ökonomischen Folgen führt.

Das Ziel der Arbeit ist es, die Ursachen der Korallenbleiche zu analysieren und mögliche präventive Massnahmen aufzuzeigen, die zur Erhaltung der Korallenriffe beitragen können. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden umfangreiche Literaturrecherchen, Fallstudien sowie Interviews mit Experten durchgeführt. Darunter mit Nina Eschner, eine erfahrene Taucherin, die über viele Jahre hinweg Langzeitbeobachtungen von Korallen und deren Veränderungen dokumentiert hat. Diese Dokumentation hat ein wesentlicher Teil der Fallstudie ausgemacht und war für die Arbeit sehr wertvoll.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass die Hauptursachen der Korallenbleiche in der Erwärmung der Meere, der Ozeanversauerung und der Verschmutzung der Meere durch den Menschen, liegen. Steigende Wassertemperaturen, ausgelöst durch den anthropogenen Klimawandel, setzen die Korallen unter enormen Stress und führen dazu, dass sie ihre symbiotischen Algen abstoßen. Verschmutzungen durch Plastik, chemische Abwässer und Chemikalien aus Sonnencremen verstärken diesen Effekt zusätzlich. Auch die Überfischung der Meere, sowie physische Schäden durch Tourismus tragen zur Zerstörung der Riffe bei.

Ein Schwerpunkt der Arbeit war, gutes Bildmaterial von umgesetzten Projekten zu erhalten. Anhand dieses Bildmaterials (The Ocean Agency, Vorher-nachher-Fotos) konnte ich die Restaurierungsprojekte sowie die Korallenbleiche mit einem Beispiel und einem bildlichen Vergleich analysieren. Die Fallstudien verdeutlichen, dass durch gezielte Riffrestaurierungsprojekte und die Einführung hitzetoleranter Korallenarten erste Erfolge erzielt werden konnten. Insbesondere die Bilder von den restaurierten Korallenriffen geben eine gute visuelle Darstellung, dass diese angewendeten Massnahmen funktionieren. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurden mehrere präventive Massnahmen zur Bekämpfung der Korallenbleiche entwickelt. Dazu gehören das Verbot von umweltschädlichen Sonnencremen, verstärkte Aufklärungskampagnen für Taucher und Schnorchler, die Förderung von Riffrestaurierungsprojekten und die Einführung von hitzetoleranten Korallenarten. Auch die Reduzierung der Nährstoffbelastung durch landwirtschaftliche Abwässer spielt eine wichtige Rolle im Schutz der Riffe.

Die Arbeit kommt zum Schluss, dass der Schutz der Korallenriffe nur durch eine Kombination aus internationaler Klimapolitik, lokalen Schutzmassnahmen und gezielter Sensibilisierung der Öffentlichkeit erreicht werden kann. Die vorgeschlagenen Massnahmen bieten einen praktikablen Ansatz, um die Korallenbleiche zu bekämpfen und die langfristige Gesundheit der Korallenriffe zu sichern.

Die intensive Beschäftigung mit dem Thema hat verdeutlicht, wie dringend Handlungsbedarf besteht, um das endgültige Verschwinden dieser wertvollen Ökosysteme zu verhindern. Die derzeitige Korallenbleiche ist das Ergebnis von Entwicklungen, die bereits vor Jahren begonnen haben. Das bedeutet, wir hinken hinterher und müssen jetzt so schnell wie möglich Massnahmen ergreifen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung	2
2	Korallen und ihre Bedeutung für Ökosysteme.....	2
2.1	Was genau ist eine Koralle.....	2
2.1.1	Symbiose und Zooxanthellen von Korallen	3
2.2	Ökologische Bedeutung von Korallenriffen.....	4
2.2.1	Korallenriffe als Biodiversitätshotspots	4
2.2.2	Schutz vor Stürmen und Küstenerosionen	5
2.2.3	Korallenriffe als Nahrungsquelle.....	6
2.2.4	Ökonomische Bedeutung der Korallenriffe	7
2.2.5	Korallenriffe zur Kohlenstoffbindung und Klimaregulierung	8
2.2.6	Verlust von Korallenriffen	10
3	Artenvielfalt und Verbreitung von Korallen.....	11
3.1	Steinkorallen	11
3.1.1	Weichkorallen	14
3.2	Fortpflanzung von Korallen	16
3.2.1	Sexuelle Fortpflanzung	16
3.2.2	Asexuelle Fortpflanzung.....	17
4	Ursachen und Erkenntnisse der Korallenbleiche	18
4.1	Temperaturstress und Klimawandel, Meerestemperaturerhöhung.....	18
4.2	Verschmutzung der Meere	19
4.3	Überfischung und physische Schäden	20
4.4	Ozeanversauerung.....	21
4.5	Krankheiten und andere biologische Faktoren.....	21
5	Auswirkungen der Korallenbleiche	22
6	Massnahmen zum Schutz und zur Wiederherstellung	23
6.1	Naturschutzgebiete und regulierte Flächen.....	23
6.2	Korallentransplantation und Riffrestaurierung (Coral Restoration Foundation)	23
6.3	Bildung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit.....	25
6.4	Internationale Politik.....	25
6.4.1	Internationale Organisationen	25
6.4.2	Internationale Konferenzen	25
6.4.3	NGO's.....	26
7	Fallstudien.....	26
7.1	Fotodokumentation Nina Eschner	26
7.1.1	Steinkoralle & Weichkoralle in Abu Galawa Soraya.....	27
7.1.1.1	Erkenntnisse aus Fallstudie Abu Galawa.....	29
7.1.2	Steinkoralle in Shaab Claude	30
7.1.3	Steinkoralle in Sheleniat.....	33
7.1.4	Zusammenhang der Temperaturdaten von Nina Eschner	36

7.2	Interview	37
7.3	Vorher nachher Fotos von Korallenbleiche The Ocean Agency	40
7.4	Vorher nachher Fotos von Korallen-Restauration The Ocean Agency	41
8	Massnahmen zur Prävention der Korallenbleiche	43
8.1	Verbot bestimmter Sonnencreme	43
8.2	Aufklärungsmassnahmen für Taucher und Schnorchler	43
8.3	Riffrestaurierung durch Korallentransplantation	43
8.4	Einführung hitzeverträglicher Korallenarten in gefährdete Regionen	43
8.5	Reduzierung der Nährstoffbelastung durch Abwässer und Düngemittel	44
9	Fazit.....	44
10	Reflexion.....	45
10.1	Persönliches Schlusswort	45
11	Anhang	46
11.1	Projektstrukturplan & SWOT-Analyse	46
11.2	Nina Eschner	48
11.2.1	Excel Tabelle Wassertemperaturen	48
11.2.2	Interview	50
11.3	Filme	56
11.4	Glossar	56
12	Abbildungsverzeichnis.....	58
13	Danksagung	59
14	Redlichkeitserklärung	60

1 Einleitung

Korallenriffe gehören zu den wertvollsten und vielfältigsten Ökosysteme der Erde. Sie bieten nicht nur Lebensraum für unzählige marine Arten, sondern spielen auch eine entscheidende Rolle für den Küstenschutz, den Tourismus und die Fischerei, die Millionen von Menschen weltweit ernähren und wirtschaftlich stützen. Doch diese empfindlichen Ökosysteme sind zunehmend durch den anthropogenen Klimawandel gefährdet. Insbesondere die Korallenbleiche, ein Phänomen, bei dem Korallen aufgrund von erhöhten Wassertemperaturen und anderen Stressfaktoren ihre symbiotischen Algen abstoßen, stellt eine ernsthafte Bedrohung für die Zukunft dieser Riffe dar. Die Korallenbleiche führt zu weitreichenden ökologischen und ökonomischen Folgen. Das Absterben der Korallen führt nicht nur zum Verlust der Artenvielfalt, sondern schwächt auch die Funktion der Riffe als natürliche Barrieren, die die Küsten vor Erosionen schützen. Darüber hinaus gefährdet sie den Lebensunterhalt vieler Küstengemeinschaften, die stark von den marinen Ressourcen abhängig sind.

In dieser Diplomarbeit werden die Ursachen und Folgen der Korallenbleiche detailliert untersucht. Basierend auf wissenschaftlichen Fallstudien und Bilddokumentationen, werden die Langzeitauswirkungen der Korallenbleiche veranschaulicht. Gleichzeitig werden Massnahmen zur Wiederherstellung und Erhaltung von Korallenriffen analysiert, um mögliche Lösungen für den Schutz dieser wichtigen Ökosysteme aufzuzeigen. Ziel dieser Arbeit ist, das Bewusstsein für die Bedrohung der Korallenriffe zu stärken und praktische Empfehlungen zu geben, wie Korallenriffe langfristig geschützt und wiederhergestellt werden können.

1.1 Problemstellung

Korallenriffe sind aufgrund ihrer Rolle im marinen Ökosystem und ihrer Bedeutung für den Menschen unverzichtbar. Durch verschiedene anthropogene Einflüsse, insbesondere durch den Klimawandel, sind diese jedoch massiv bedroht. Die Korallenbleiche, verursacht durch die steigenden Meerestemperaturen, stellt eine der gravierendsten Folgen dieser Entwicklung dar. Korallen verlieren durch den Stress aufgrund klimatischer Veränderungen ihre symbiotischen Algen, die für ihre Energieversorgung und ihre charakteristische Farbe verantwortlich sind. Dieser Prozess führt nicht nur zum Absterben der Korallen, sondern hat auch weitreichende negative Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, das ökologische Gleichgewicht und die wirtschaftliche Sicherheit in betroffenen Küstenregionen.

Obwohl Korallenriffe weltweit enorme ökologische und ökonomische Werte darstellen, fehlt es an einem globalen, koordinierten Ansatz, um ihre fortschreitende Zerstörung zu stoppen. Die Kombination von Klimawandel, Meeresverschmutzung und Überfischung verschärft die Krise weiter.

Die zentrale Problemstellung dieser Diplomarbeit besteht darin, herauszufinden, wie Korallenriffe trotz der steigenden Bedrohungen durch die Korallenbleiche und andere Faktoren nachhaltig geschützt und wiederhergestellt werden können. Es soll untersucht werden, welche präventiven Massnahmen und Restaurierungsprojekte aktuell erfolgreich sind und wie internationale sowie lokale Akteure gezielt zusammenarbeiten können, um diese Ökosysteme zu bewahren.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist, die Ursachen und Folgen der Korallenbleiche zu untersuchen.

- Was sind präventive Massnahmen und Wiederherstellungsstrategien zum Schutz der Korallenriffe?
- Wie können Korallenriffe langfristig erhalten werden?
- Welches sind die verschiedenen anthropogenen Einflüsse, welche die Korallenriffe belasten?
- Welche Rolle haben die menschengemachten Probleme auf die Korallenriffe?

Anhand von Fallstudien (Nina Eschner & The Ocean Agency) und wissenschaftlicher Dokumentationen (The Ocean Agency & Coral Gardeners & Reef Check) soll verdeutlicht werden, wie sich diese Faktoren auf das Überleben der Korallen auswirken und was erfolgreiche Restaurierungsprojekte zur Wiederherstellung geschädigter Riffe beitragen können.

2 Korallen und ihre Bedeutung für Ökosysteme

2.1 Was genau ist eine Koralle

Wissenschaftler waren sich lange nicht einig, was eine Koralle ist. Ist die Koralle eine Pflanze, ein Stein oder ein Lebewesen? Früher glaubte man die Koralle sei eine Meerespflanze, die stirbt, sobald diese aus dem Wasser genommen wird. Mittlerweile ist bekannt, dass die Korallen in Wirklichkeit kleine Tiere, sogenannte Polypen sind, welche Kolonien bilden können. Diese Polypen bilden ein gemeinsames Skelett, das bei einigen Korallenarten das Fundament eines Korallenriffs bildet.²

Die Korallen gehören zu den Nesseltieren wie auch Quallen oder Seeanemonen. Die Korallen sind marine wirbellose Organismen. Es gibt über 6400 Arten von Warm- und Kaltwasserkorallen.³ Man unterteilt diese in verschiedene Korallenarten, zum Beispiel die Steinkorallen, Weichkorallen, der schwarzen Koralle, Kaltwasserkoralle, Solitärkoralle, und der Feuerkoralle. Es gibt beinahe unzählige davon. Sie sind weltweit verbreitet, jedoch gibt es diverse Arten von Korallen, welche nur an bestimmten Ortschaften vorkommen. Korallenarten gibt es in Küstennähe, beziehungsweise in weniger tiefem Gewässer, wobei andere Korallenarten sich auf mehreren Hundert Metern Tiefe ansiedeln. Es gibt sogar Korallenarten in Norwegen, welche in der Tiefsee auf 2000m unterhalb der Meeresoberfläche leben. Die bekanntesten Korallen sind aber die sogenannten Steinkorallen. Die Steinkorallen können zusammen ein grosses Korallenriff bilden. Man unterscheidet in vier Arten von Riffen.

Saumriffe sind die häufigsten Korallenriffe. Diese befinden sich in Küstennähe und können sich über Kilometer hinweg am Strand entlangziehen. Diese sind meist

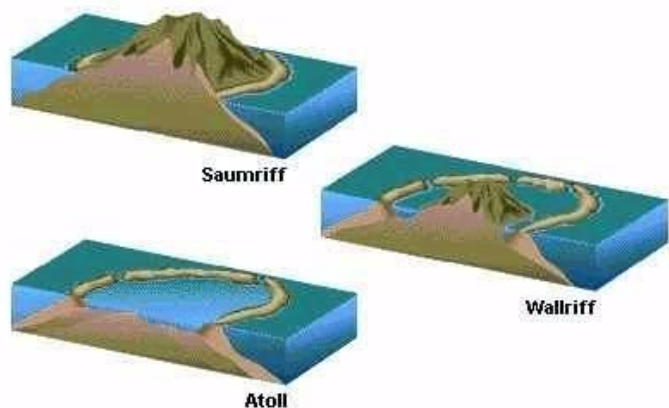


Abbildung 2: Verschiedene Riffarten

²<https://naturdetektive.bfn.de/lexikon/zum-lesen/tiere/weichtiere-nesseltiere-krebstiere/korallen.html#:~:text=Korallen%20sind%20kleine%20Meerestiere%2C%20die,bilden%2C%20auf%20denen%20sie%20leben>

³ https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2018-09/2018_Faktenblatt%20Korallen_d.pdf

einige Meter vom Festland entfernt und je nach Wasserqualität und wie tief der Meeresboden ist, ragen diese ins Meer hinein.⁴

Barrierriffe oder auch **Wallriffe** sind nicht wie die Saumriffe in Küstennähe, sondern bilden sich vielmehr mitten im offenen Meer. Die Ausmasse des Riffs hängen von den Umweltbedingungen sowie dem Wasserspiegel ab. Bei steigendem Wasserspiegel reagiert das Riff mit Wachstum, damit die Algen immer knapp unter dem Wasser liegen und dadurch der Zugang zu Sonnenstrahlen haben. Das Bekannteste Beispiel hierfür ist das Great Barrier Reef.

Atolle entstehen vermutlich aus Saumriffen. Die Grundlage der Saumriffe besteht aus Inseln und Kontinenten, welche sich über Jahrtausende immer weiter im Meer absanken. Erst wenn sich die Insel vollständig unterhalb des Wasserspiegels befindet, hat sich ein Atoll gebildet. Ein Bekanntes Beispiel hierfür sind die Malediven.

Plattformriffe sind in ihrer Form ähnlich wie Atolle, entstehen aber dort, wo der Meeresboden relativ weit an die Wasseroberfläche kommt, sodass die Korallen ausreichend Sonne abbekommen. Die Flächen können sich bis zu 15km erstrecken.⁵

Korallenriffe entstehen über Jahrhunderte oder manche vermuten sogar über Jahrtausende. Ein Korallenriff besteht aus einer Vielzahl von Korallenarten, die zusammen ein Ökosystem bilden. Sie gehören zu den grössten und komplexesten Ökosystemen der Erde. In den Korallenriffen sind tausende von Fischarten zuhause, sowie diverse andere Tiere wie Krebse, Seesterne, Muscheln und noch viele mehr. Korallenriffe entstehen, wenn sich freischwimmende Larven an einem Felsen oder einer anderen harten Oberfläche unter Wasser oder an den Ufern von Inseln festsetzen und Kolonien bilden. Sie beginnen zu wachsen und sich zu vermehren, auch wenn dies bei einigen Korallen sehr lange dauern kann. Ein Zoo in Arnhem, Niederlande hat dies untersucht und festgestellt, dass einige Korallenarten pro Jahr nur wenige Millimeter gewachsen sind, andere dagegen um bis zu 17 Zentimeter⁶. Wichtig beim Wachstum ist nicht nur die Korallenart, sondern auch die Strömung im Wasser sowie die Wasserqualität bzw. wieviel Nährstoffe im Wasser sind und wieviel Sonne die Tiere erhalten.

2.1.1 Symbiose und Zooxanthellen von Korallen

Die meisten Korallen bestehen aus unzähligen winzigen, wirbellosen Polypen. Auf den Polypen ist oben ein Loch (ähnlich wie ein Mund), durch das sie ihre Nahrung aufnehmen oder auch ausscheiden kann. Im Inneren liegt der Magen. Mit ihren Tentakeln kann die Koralle die Nahrung zu ihrem Mund befördern. Auf den Tentakeln befinden sich viele Nesselzellen, die bei einer Berührung kleine Harpunen (Nematocysten) abschiessen kann. Damit können sie Feinde oder Beute durchbohren und mit einem Gift, welches an den Harpunen ist, lähmen. So kann die Koralle Plankton jagen und sich gegen Feinde wehren. Die Berührung mit Korallen kann beim Menschen unterschiedliche Reaktionen hervorrufen. Je nach Art der Koralle und der Empfindlichkeit der Haut kann diese bei Kontakt mit Nesselzellen zu leichten Hautreizungen, Juckreiz, Rötungen oder selten zu brennenden Schmerzen führen. In seltenen Fällen können sich auch Blasen bilden oder allergische Reaktionen auftreten.

Unter den Nesselzellen befinden sich die Zooxanthellen oder auch einzellige Algenart, mit der die Koralle in Symbiose lebt. Diese Alge gibt den Korallen ihre bunten Farben. Die Korallenpolypen verfügen über ein Nervennetzwerk, was ihnen ermöglicht eine Nachricht im Körper der Koralle von einer Stelle zur anderen zu schicken. Sie haben jedoch kein Gehirn. Die Steinkorallen, wie hier im Beispiel (Abbildung 3) bilden Kalkskelette, die auch zurückbleiben, wenn die Koralle abgestorben ist. Auf diesen Skeletten können sich neue

⁴ http://www.elnino.info/koralle_2.php mit Abbildung 2

⁵ <https://www.peta.de/themen/sind-korallen-tiere/#:~:text=Korallenriffe%20entstehen%2C%20wenn%20sie%20freischwimmende,Korallen%20un%20d%20breiten%20sie%20aus>

⁶ <https://www.burgerszoo.de/nieuws/2017/03/wie-korallen-wachsen>

Korallen ansiedeln. Weichkorallen hingegen bestehen nur aus Polypen und haben damit auch kein Kalkskelett.⁷

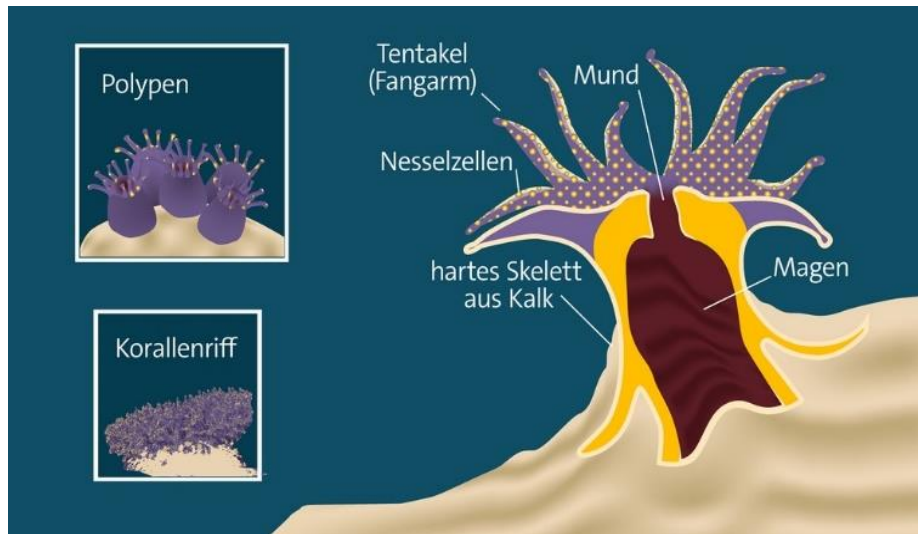


Abbildung 3: Aufbau einer Steinkoralle

Der Steinkorallenpolyp hat unten eine Fussplatte, von da aus gibt er den Kalk ab, welches wiederum das Kalkskelett bildet. Den Kalk gewinnt der Polyp aus dem Meerwasser aus dem gelösten Kalziumkarbonat. Da die Polypen fest mit ihrem Kalkskelett und deren angrenzenden Polypen verbunden sind, können sie sich nicht bewegen. Das Kalkskelett wiederum bildet folglich, wenn es genug gross ist, ein Riff.⁸

2.2 Ökologische Bedeutung von Korallenriffen

Nebst den tropischen Regenwäldern sind die Korallenriffe die artenreichsten Lebensräume der Erde. Dies wird am Beispiel von einem australischen Riffabschnitt (Fläche weniger als 50 Quadratmeter) ersichtlich. Auf dieser Fläche leben mehr als 150 verschiedene Fischarten. Aus diesem Grund werden Korallenriffe öfters auch als die Regenwälder der Ozeane bezeichnet. Es gibt verschiedene Riffe weltweit, die meisten befinden sich im Pazifik, im Roten Meer und im Indischen Ozean. Die wohl bedeutendsten und somit auch die bekanntesten sind die Grossatolle der Tuamotus (Französisch-Polynesien), die Atolle der Malediven und das Great Barrier Reef in Australien. Das Great Barrier Reef ist mit seinen rund 2300 Kilometern Länge an der Nordostküste Australiens das längste Riff seiner Art. Es besteht aber nicht aus einem einzigen Riff, sondern vielmehr aus ca. 2000 kleineren Riffen, welche aber eine Mindestgrösse von 8 km² aufweisen.⁹

2.2.1 Korallenriffe als Biodiversitätshotspots

Das grösste lebende Bauwerk der Erde wurde von Korallen geschaffen. Das Great Barrier Reef ist sogar aus dem Weltraum ersichtlich. Die Fläche ist grösser als Italien und wurde von über 2900 Korallenriffen und rund 900 Inseln geformt. Das Great Barrier Reef ist Heimat von mehreren hundert Korallenarten, sowie 1500 verschiedenen Fischarten und rund 5000 verschiedene Weichtierarten wie Schnecken oder Muscheln. Dazu kommen noch rund 500 Algenarten, etwa 800 verschiedene Stachelhäuterarten (z.B. die verschiedenen Seesterne), neun verschiedene Seepferdchenarten, sechs verschiedene Meeresschildkröten, zahlreiche

⁷ https://praxistipps.focus.de/korallen-aufbau-und-vorkommen-der-nesseltiere_106657

⁸ <https://www.ardalpha.de/wissen/natur/tiere/artenschutz/korallen-gefahr-klimawandel-korallenbleiche-100.html> Abbildung 3

⁹ http://www.elnino.info/koralle_2.php

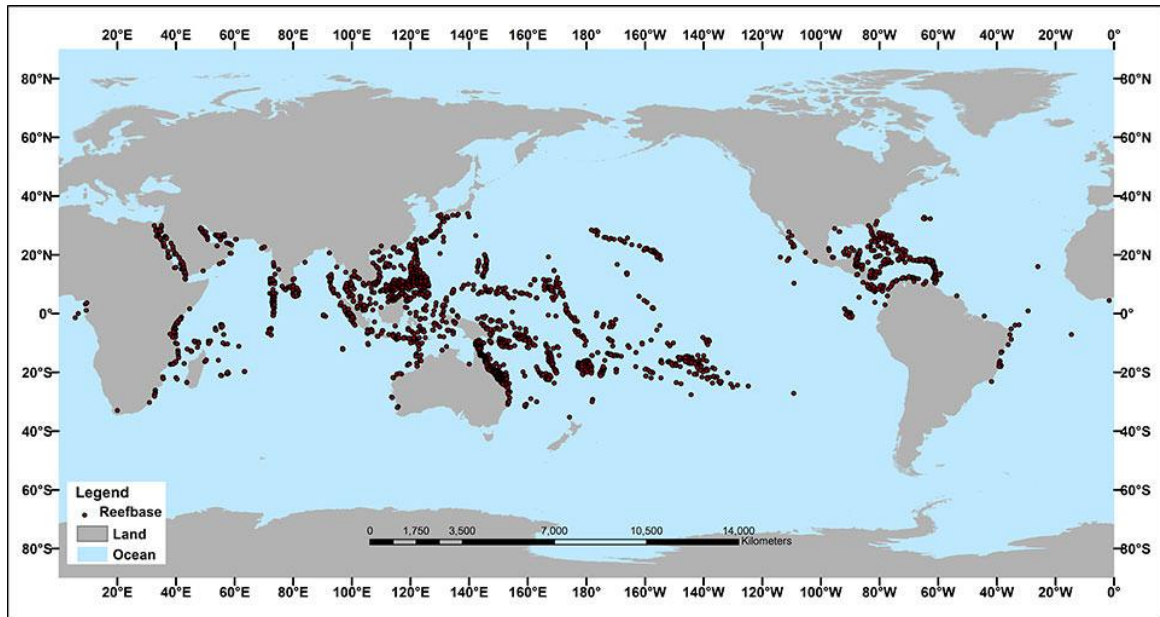


Abbildung 4: Vorkommen der Korallenriffe weltweit

Hai-, Wal-, und Delphinarten sowie grosse Gruppen von Seekühen und 215 Vogelarten. Viele der Tierarten sind sogar endemisch und existieren somit ausschliesslich im Great Barrier Reef. Korallenriffe bedecken jedoch nur rund 0,1% der globalen Meeresfläche, trotzdem leben darin rund ein Drittel aller bekannten Lebensarten im Meer. Somit beherbergen Korallenriffe mehr als 25% der bekannten Meeresfische.^{10 11}

2.2.2 Schutz vor Stürmen und Küstenerosionen

Als Wellenbrecher spielen tropische Korallenriffe eine wichtige Rolle beim Küstenschutz. Für Anwohner einer Insel sind sie von grosser Bedeutung. Die Korallenriffe bilden einen natürlichen Wall gegen Sturmwellen und Tsunamis. Diese schützen auch die Küste vor Erosionen. Die Riffe fungieren als natürliche Barrieren und können bis zu 97% der Wellenenergie absorbieren, bevor diese die Küste erreicht. Dies fand eine Studie heraus, welche vom Meeresforscher Michael Beck in Zusammenarbeit mit mehreren Wissenschaftlern durchgeführt wurde.¹² Dies ist aber nur bei einem intakten Korallenriff der Fall. Ein zerstörtes oder ungesundes Korallenriff kann die Küste nicht vor Erosionen oder extremen Wetterbedingungen schützen. Aus der Studie ist zudem ersichtlich, dass Korallenriffe die Wellenhöhe

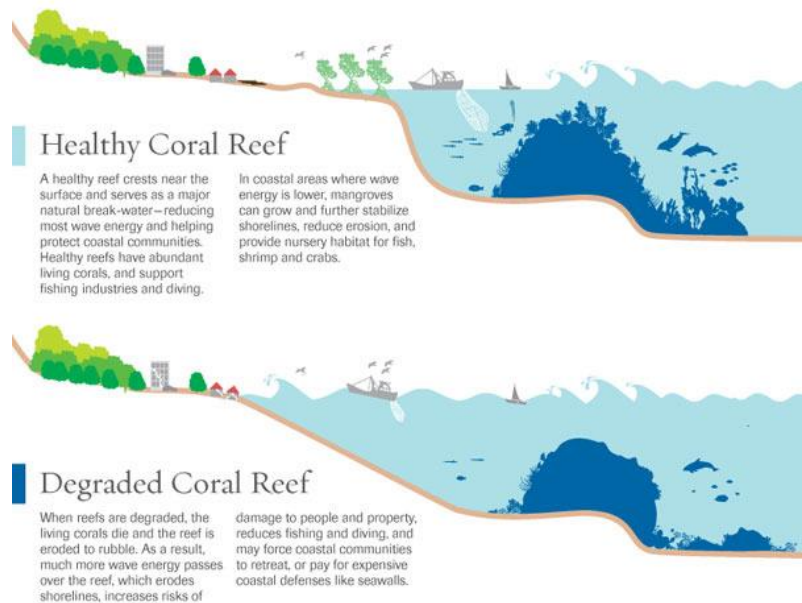


Abbildung 5: Küstenschutz durch Korallenriffe

¹⁰ <https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Korallenriffe>

¹¹ <https://oceanservice.noaa.gov/facts/coralwaters.html> Abbildung 4

¹² <https://news.mongabay.com/2014/12/reefs-reduce-97-percent-of-wave-energy-could-be-better-than-artificial-barriers/> mit Abbildung 5

um 51% bis 74% reduziert, während künstliche Strukturen wie Wellenbrecher die Wellenhöhe um 30% bis 70% reduzieren. Somit sind Korallenriffe nicht nur besser als künstliche Wellenbrecher, sie sind auch noch um einiges günstiger. Die Forscher verglichen die Kosten für Korallenrestaurierungsprojekte mit den Kosten für den Bau von Wellenbrechern und stellten fest, dass der Bau von Wellenbrechern rund 15x mehr kostet als ein Wiederherstellungsprojekt für ein Korallenriff.

Durch die Korallen wird die Kraft der Wellen bei einem Sturm Ereignis stark reduziert, was den Schutz von Küstenlinien verbessert. Wenn diese Schutzbarriere nicht mehr vorhanden ist, kann dies in Zukunft enorme Schäden für Insel- und Küstenregionen bedeuten, deren Ausmass heute noch unvorstellbar sind. Weltweit leben momentan rund 200 Millionen Menschen im Umkreis von 50 Kilometern um Korallenriffe herum, welche in naher Zukunft davon betroffen sein können.

2.2.3 Korallenriffe als Nahrungsquelle

Korallenriffe sind essenzielle Bestandteile mariner Ökosysteme und spielen eine zentrale Rolle für die Ernährungssicherheit in vielen Küstenregionen weltweit. Insbesondere in tropischen Küstenregionen bieten die Korallenriffe Nahrung für Millionen von Menschen. Korallenriffe bieten Schutz für unzählige Jungfische und bieten eine hervorragende Brutmöglichkeit für über 4000 Fischarten. Viele dieser Fische sind auch für uns Menschen wirtschaftlich, da sie weltweit gefangen und konsumiert werden. Seit 1970 ist die Population des Pazifischen Blauflossen-Thunfischs so stark geschrumpft, dass heute nur noch etwa 3% der ursprünglichen Bestände übrig sind. Die hohe Nachfrage nach dem Fisch, vor allem durch die Sashimi-Industrie, bedeutet für den Fisch, dass ein ausserordentlicher Fischereidruck auf diese Art ausgeübt wird. So gibt es immer wieder Auktionen, bei denen diese Fische für enorme Preise versteigert werden. 2019 hat ein japanischer Restaurantbesitzer rund 3,1 Millionen USD für einen 278kg Blauflossen-Thunfische bezahlt, welcher danach in seinem Restaurant in Tokyo, Japan verzehrt wurde.^{13 14}

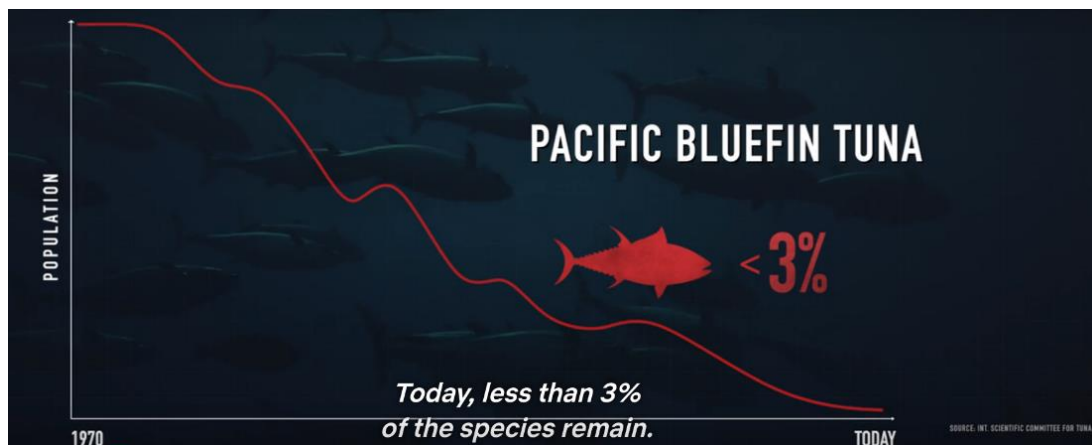


Abbildung 6: Bestand des Pazifischer Blauflossen Thunfisch im Vergleich von 1970 und heute

Korallenriffe sind sehr wichtig für einen gesunden Fischbestand in unseren Meeren. Sie sind ein Knotenpunkt für den Nachwuchs unserer Meerestiere. Wenn Korallen absterben, besonders durch die Korallenbleiche, gibt es immer weniger sichere Orte, an denen Jungfische geschützt aufwachsen können. Somit verlieren viele Fischarten ihren Lebensraum und ihre Nahrungsgrundlage. Dies führt zu einem Rückgang der Fischbestände, was direkte Auswirkungen auf die Fischerei und die Nahrungssicherheit von Millionen von Menschen hat, insbesondere in Entwicklungsländern. Die Fischerei spielt also auch eine grosse Rolle in der Regulierung der Fischpopulation. Leider passiert es viel zu oft, dass illegal gefischt wird oder

¹³ <https://fortune.com/2019/01/06/bluefin-tuna-japan-auction/>

¹⁴ <https://www.seaspiracy.org/> mit Abbildung 6 aus Film Seaspiracy

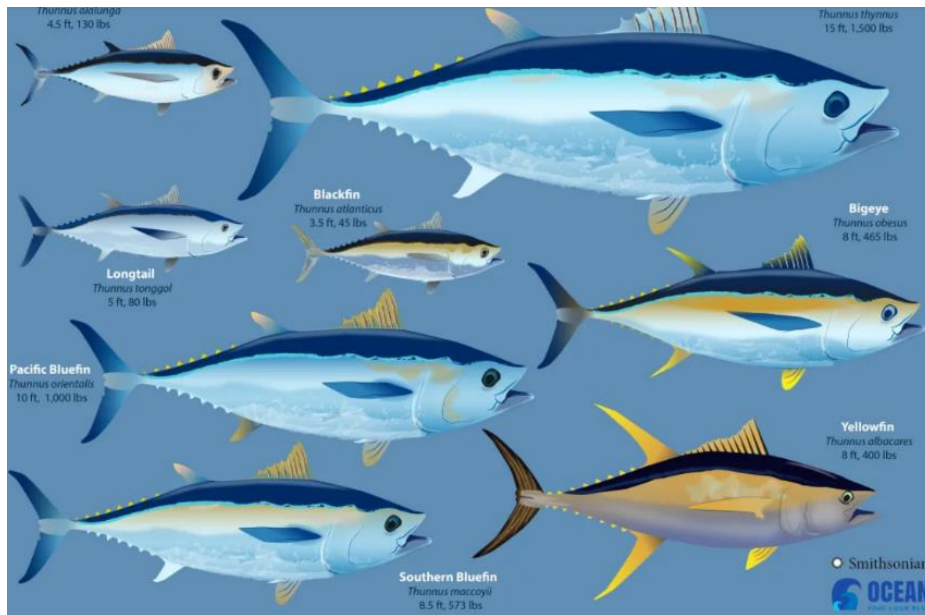


Abbildung 7: Verschiedene Thunfischarten

Regeln missachtet werden, um eine grössere Ausbeute zu machen. Auch kann das verheerende Folgen für gewisse Fischarten haben, wenn sie z.B. in einer Schonzeit oder in einem Naturschutzgebiet gefangen werden.¹⁵

Die Korallenbleiche hat tiefgründige Auswirkungen auf die Nahrungsquellen, die durch Korallenriffe bereitgestellt werden. Der Rückgang der Fischbestände und der Verlust der biologischen Vielfalt gefährden nicht nur die ökologische Balance der Meere, sondern auch die wirtschaftliche und soziale Sicherheit von Millionen Menschen weltweit. Um diese wertvollen Ressourcen zu erhalten, sind dringende Massnahmen notwendig, die sowohl den Klimawandel bekämpfen als auch den Schutz der Korallenriffe sicherstellen.

2.2.4 Ökonomische Bedeutung der Korallenriffe

Korallenriffe sind nicht nur ökologisch wertvoll, sondern haben auch eine enorme wirtschaftliche Bedeutung, insbesondere durch den Tourismus. Jährlich bringt der Riff Tourismus weltweit Milliarden von Franken ein. Ein Beispiel dafür ist das Great Barrier Reef in Australien, das allein durch touristische Aktivitäten rund 3.9 Milliarden Franken pro Jahr erwirtschaftet¹⁶. Dieser wirtschaftliche Beitrag erstreckt sich auf viele Regionen, in denen Korallenriffe eine zentrale Rolle spielen.¹⁷

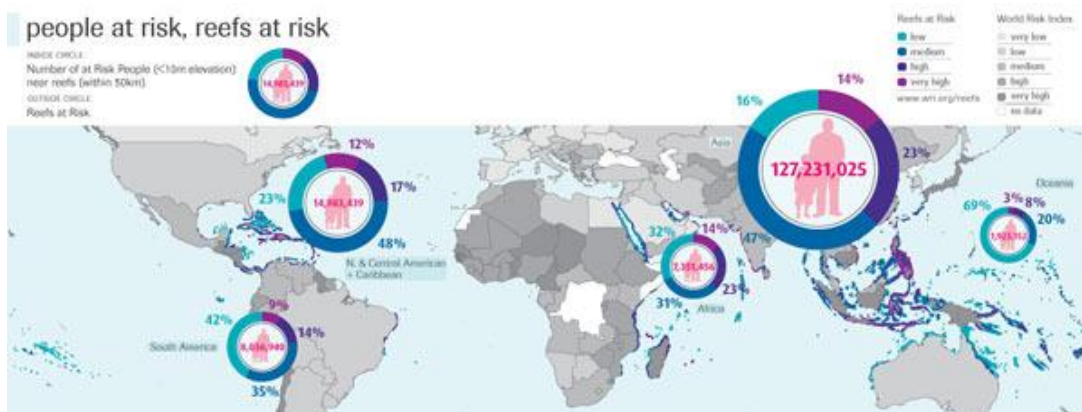


Abbildung 8: Weltweit gefährdete Riffe und deren Auswirkung auf den Menschen

¹⁵ <https://ocean.si.edu/ocean-life/fish/big-tunas> mit Abbildung 7

¹⁶ <https://oe1.orf.at/player/20240807/766031/1723050300000> Korallenkriege der Bleiche Tod, Sendung ORF vom 7.8.2024

¹⁷ https://www.coastalresiliencelab.org/infographics?pgid=kbwwj8v5-people-at-risk-reefs-at-risk-graphic_15 Abbildung 8

In vom Tourismus stark abhängigen Ländern wie Fidschi, Indonesien, den Malediven und der Karibik sichern Korallenriffe tausende Arbeitsplätze¹⁸. Diese Arbeitsplätze entstehen in Bereichen wie der Gastronomie, Hotellerie, Tauchsportanbietern und Reiseunternehmen. Viele lokale Gemeinschaften hängen direkt oder indirekt vom Einkommen ab, das durch die Aktivitäten rund um die Korallenriffe generiert werden. Touristen werden von der einzigartigen Biodiversität der Korallenriffe angezogen, die ihnen die Möglichkeit bieten, beim Schnorcheln und Tauchen eine Vielzahl von Meereslebewesen zu erleben, die nirgendwo sonst in solch einer Dichte vorkommen.

Auch in der Fischerei spielen Korallenriffe eine grosse Rolle. In vielen Küstengemeinden bieten diese die Grundlage für eine nachhaltige Fischerei, indem sie als Brut- und Lebensraum für kommerziell wichtige Fischarten dienen.

Der wirtschaftliche Nutzen von Korallenriffen ist nur dann dauerhaft, wenn diese empfindlichen Ökosysteme langfristig geschützt und erhalten werden.

2.2.5 Korallenriffe zur Kohlenstoffbindung und Klimaregulierung

Korallen spielen eine wichtige, aber oft unterschätzte Rolle in der globalen Klimaregulierung, insbesondere durch ihre Fähigkeit zur Kohlenstoffbindung und ihrem Einfluss auf das marine Ökosystem. Korallen sind bekannt für ihre Fähigkeit, Calciumcarbonat (CaCO_3) zu bilden, das die Basis ihrer harten Strukturen darstellt. Dieser Prozess, auch als Biomineralisation¹⁹ bezeichnet, bindet, während der Kalkbindung Kohlenstoff aus dem Meerwasser.²⁰ Dieser gebundene Kohlenstoff wird so über lange Zeit in den Riffen gespeichert und trägt so zur Reduzierung des Kohlendioxids in der Atmosphäre bei. Die Korallen bauen also Stein auf Stein, welches ihnen schliesslich als Skelett dient. Hierzu hat ein Forschungsteam von der University of Wisconsin-Madison eine farbenprächtige Aufnahme von einer Steinkoralle der Art 'Stylophora pistillata' gemacht. Das Bild, welches gerade mal 280 Mikrometer breit ist, haben die Forscher mit Hilfe eines Photoemissionselektronenmikroskop gemacht.



Abbildung 10: Unterschiedliche Orientierung der Kalkkristallen (Oberfläche einer Koralle unter einem Photoemissionselektronenmikroskop)

21

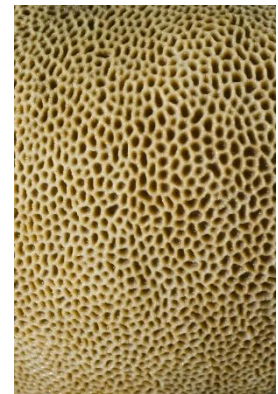


Abbildung 9: Oberfläche einer Steinkoralle

Das Foto (Abbildung 10) wird benötigt, um die Oberfläche oder das Innere eines Objekts zu untersuchen, in diesem Fall die Koralle²² ²³. Die Forscher heben mit Farben die unterschiedliche Orientierung der Kalkkristalle hervor. Die Grösse dieser Strukturen legt den Forschern zufolge nahe, dass Korallen bis zu 400 Nanometer grosse Mineralklumpen im

¹⁸ <https://oceansnaps.com/de/why-coral-reefs-are-important/>

¹⁹ <https://encyclopedia.pub/entry/25212>

²⁰ <https://www.weser-kurier.de/bremen/wie-korallen-das-klima-beeinflussen-doc7e3i4o8qq1z1f2uai4x7>

²¹ https://www.freeimages.co.uk/galleries/nature/underwater/slides/brain_coral_polyps_5002.htm Abbildung 9

²² <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1707890114>

²³ <https://www.spektrum.de/alias/bilder-der-woche/die-koralle-als-maurer/1498425> mit Abbildung 10

Innern ihres Körpers bilden können. Die Forscher dachten bisher, dass die Nesseltiere den Kalk in deutlich kleineren Portionen ablagern. Sie vermuten, dass der effektive Schutz des Korallengewebes die Korallen widerstandsfähiger gegen die Versauerung der Ozeane macht, die durch den Anstieg der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre verursacht wird.

Korallen nehmen also nicht wie Pflanzen durch Photosynthese CO_2 auf. Sie spielen aber eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf, indem sie bei der Bindung ihres Kalkskeletts Calciumcarbonat CaCO_3 produzieren. Dabei wird CO_2 aus dem Meerwasser in eine feste Form umgewandelt und so indirekt Kohlenstoff gebunden.²⁴

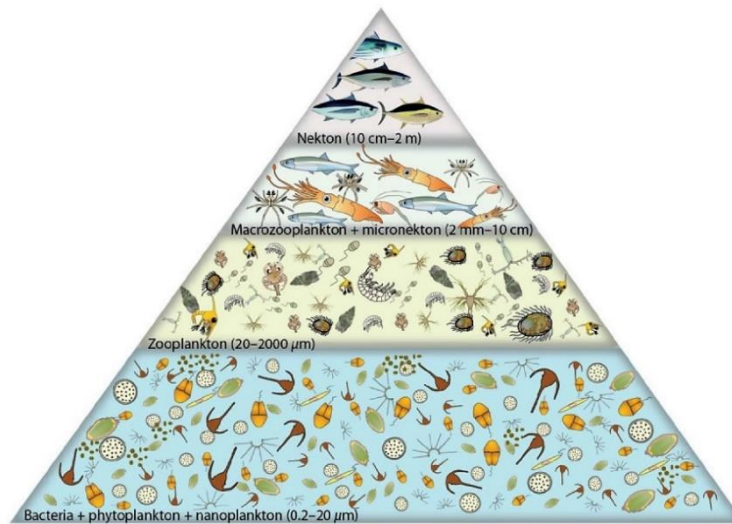


Abbildung 11: Nahrungspyramide im pazifischen Ozean

Korallenriffe wirken indirekt auf die Klimaregulierung, indem sie Lebensräume für zahlreiche marine Arten bieten, die an biogeochemischen Prozessen beteiligt sind. Gesunde Riffe können zum Beispiel die Produktivität von Algen und Seegraswiesen fördern, die eine bedeutende Rolle in der Kohlenstoffaufnahme und Kohlenstoffspeicherung sind. So speichern Algen und Seegräser pro Jahr beispielsweise mehr Kohlenstoff als Bäume. So kann ein Hektar Seetang im Idealfall die 20-fache Menge an Kohlenstoff aufnehmen, wie eine gleich grosse Fläche mit Bäumen.²⁵

Algen und Seegräs sind also sehr effizient und auch wichtig für den Kohlenstoffkreislauf, leider sind auch diese marinen Ökosysteme vom Klimawandel bedroht. Ein UN-Bericht ("Out of the Blue: The Value of Seagrasses to the Environment and to People") besagt, dass auf der Erde jährlich rund 7% der Seegräsbestände verloren gehen. Das ist ein Verlust in der Grösse eines Fussballfeldes, und das alle 30 Minuten.²⁶

²⁴ <https://www.enso.info/enso-lexikon/lexikon-n.html> Abbildung 11

²⁵ <https://www.sn.at/panorama/wissen/algen-speichern-mehr-co2-als-baeume-126434278>

²⁶ <https://www.sn.at/panorama/wissen/algen-speichern-mehr-co2-als-baeume-126434278>

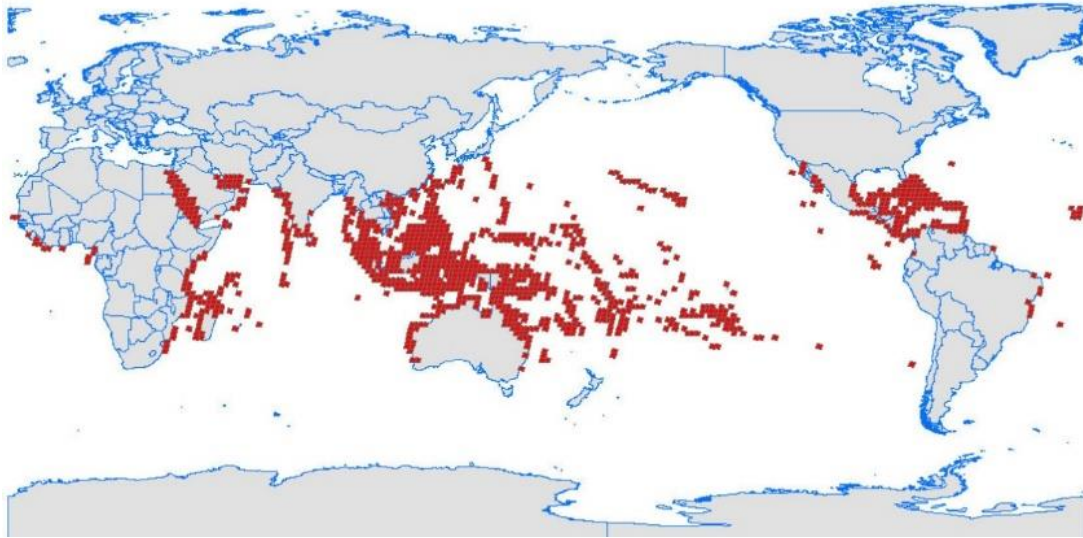


Abbildung 12: Globale Karte bedrohter Korallenriffe (Grafik von ORF.AT, 2006)

2.2.6 Verlust von Korallenriffen

Der Verlust von Korallenriffen hätte weitreichende Konsequenzen. Diese betreffen nicht nur die marine Biodiversität, sondern auch menschliche Gemeinschaften und globale Umweltprozesse. Ein ausschlaggebender Punkt ist hier der Klimawandel, der zur Erwärmung der Ozeane und damit zur Korallenbleiche führt. Ebenfalls die Versauerung der Ozeane, welche die Fähigkeit der Korallen beeinträchtigt, ihre Kalkskelette zu bilden. Weitere Bedrohungen sind Verschmutzung der Meere, die Überfischung, Küstenentwicklung und physische Schäden durch Tourismus. Diese Faktoren führen zu einer beschleunigten Zerstörung von Korallenriffen, mit dramatischen Rückgängen in ihrer Ausdehnung und Gesundheit.

Der Verlust dieser Riffe hat die Konsequenz, dass Fischarten, Krebstiere, Mollusken und andere Organismen, die auf Korallen als Lebensraum angewiesen sind, verschwinden werden. Dies führt zu einem starken Rückgang der marinen Biodiversität und destabilisiert marine Nahrungsnetze. Wenn also die letzten Korallen verloren gingen, wäre dies nicht nur für Taucher und Schnorchler tragisch, sondern auch für Millionen von Menschen, die auf Fisch als Nahrungsmittel oder als Lebensunterhalt angewiesen sind. Dies ist insbesondere in tropischen Ländern der Fall.²⁷

Des Weiteren verliert man einen natürlichen Schutz gegen Stürme, Wellen und Erosionen. Der Rückgang von Korallenriffen bedeutet für viele Küstengemeinden, dass sie den Kräften der Meere stärker ausgesetzt ist. Dies führt zu vermehrten Schäden und an der Infrastruktur und einer erhöhten Anfälligkeit für Naturkatastrophen.

²⁷ <https://sciencev1.orf.at/news/145235.html> Abbildung 12

3 Artenvielfalt und Verbreitung von Korallen

Es gibt 2 Hauptgruppen von Korallen. Die **Steinkorallen** (Scleractinia) und die **Weichkorallen** (Octocorallia). Diese können dann noch weiter in Untergruppen unterteilt werden. Riffbildende Korallen wachsen weltweit bei Wassertemperaturen zwischen 23 und 29 Grad Celsius. Man findet sie hauptsächlich in den warmen tropischen Gewässern rund um den Äquator (zwischen dem 30 Grad nördlicher und südlicher Breite).

3.1 Steinkorallen

Steinkorallen (Scleractinia) sind marine Organismen, die eine zentrale Rolle im Ökosystem der Korallenriffe spielen. Die Steinkorallen (Scleractinia) sind eine Hauptgruppe der Korallen und bekannt für ihre Fähigkeit, riesige Korallenriffe zu bauen. Sie sind verantwortlich für die Entstehung der harten, kalkhaltigen Strukturen, die den Lebensraum für viele marine Organismen bieten. Die Steinkorallen haben verschiedene Merkmale. Eines davon ist das Kalkskelett, welches sie während ihrer Lebenszeit aufbauen. Ein weiteres Merkmal ist die Symbiose mit den Zooxanthellen. Sie kommen hauptsächlich im Indopazifik, im roten Meer und in der Karibik vor. Es gibt über 800²⁸ bekannte Arten von Steinkorallen. Die meisten sind eher in flacheren Gewässern und Riffen zuhause, aber manche leben auch in tieferen Meeresgebieten. Es gibt unzählige Untergruppen von Steinkorallen. Diese können sich in der Farbe, Grösse, Form unterscheiden.

29

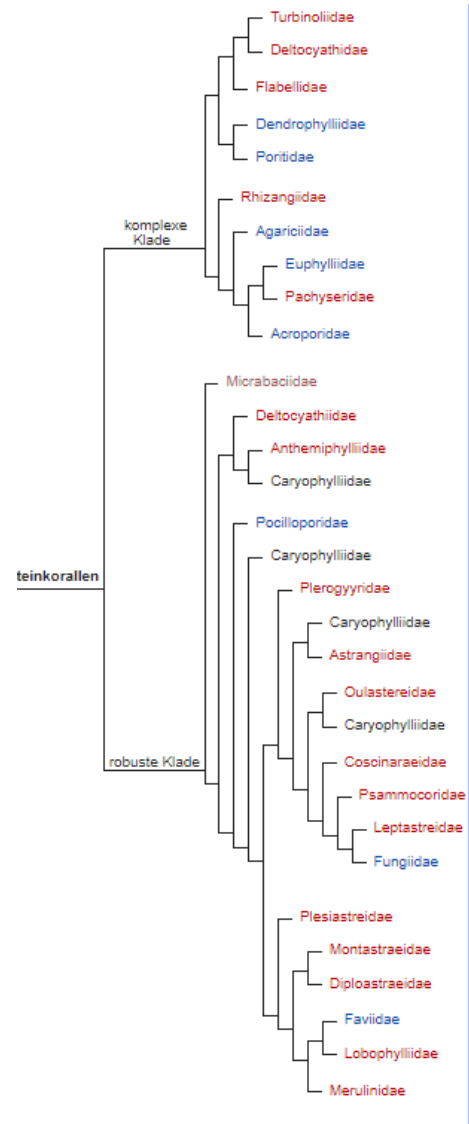


Abbildung 13: Aufgeschnittene Steinkoralle

Abbildung 14: Innere Systematik der Steinkoralle

30

²⁸ <https://www.burgerszoo.de/nieuws/2021/02/das-korallen-id-projekt#:~:text=Donnerstag%2C%2018%20Februar%202021,es%20%2C3%BCher%20800%20verschiedene%20Arten.>

²⁹ https://de.wikipedia.org/wiki/Steinkorallen#cite_note-Quek_etal_2023-8 Abbildung 13

³⁰ <https://www.tier-pflanzenwelt.de/tierwelt/meerwasser-aquaristik/steinkorallen-scleractinia/> Abbildung 14

Einer der bekanntesten ist die **Hirnkoral** (Faviidae). Sie haben, wie der Name schon verrät, eine robuste, kugelförmige Struktur, die einem Gehirn eines Menschen ähneln. Sie sind oftmals gelb, sie können aber auch in brauner bis hin zu helleren Farben erscheinen. Die Farbe erhalten sie durch die Algen (Zooxanthellen). Sie kommen weltweit in tropischen Riffen vor.

31



Abbildung 15: Hirnkoral Faviidae



Abbildung 16: Tischkoral Acroporidae, Philip Sidler

Einer der meistverbreiteten Korallenarten ist die **Tischkoral** (Acroporidae). Diese Korallen haben flache, tischartige Auswüchse und gehören zu den am schnellsten wachsenden Steinkorallenarten. Sie können ausserdem sehr gross werden mit einigen Exemplaren die mehr als 7m breit sind. Sie sind im Great Barrier Reef und im Indopazifik weit verbreitet.

Die **Sternkoral** (Montastraeidae) hat ihren Namen, nach dem Aussehen der Polypen erhalten. Sie ist sternförmig und man kann sie hauptsächlich in der Nacht sehen, wenn sie sich ausstrecken und Essen aus dem Wasser filtern. Sie bilden grosse, kuppelförmige Strukturen. Man kann sie in der Karibik sowie im Atlantik vorfinden.

32



Abbildung 17: Sternkoral Montastraeidae

³¹ <https://www.caribbean-embassy.de/2022/06/02/meereswelt-karibik-die-gerillte-hirnkoral-oder-poseidons-hirn/> Abbildung 15

³² https://www.meerwasser-lexikon.de/tiere/3453_Montastraea_cavernosa.htm Abbildung 17

Die **Elchgeweihkoralle** (*Acropora palmata*) ist speziell, für ihre geweihartige Strukturen und für ihre schnelle Wachstumsrate bekannt. Sie lebt vor allem in der Karibik, können aber auch an anderen Orten vorkommen.³³



Abbildung 18: Elchgeweihkoralle *Acropora palmata*, Angari Foundation
Kevin Davidson



Abbildung 19: Blumen- oder Buschkorallen *Pocillopora meandrina*

Die sogenannte **Blumen- oder Buschkoralle** (*Pocillopora meandrina*), wird nach ihren buschigen und blumenartigen Auswüchsen benannt. Diese Koralle ist besonders empfindlich gegenüber Umweltstress. Sie ist im Indopazifik weit verbreitet, insbesondere in Korallenriffen des Pazifischen- und des Indischen Ozeans.³⁴

³³ <https://angari.org/elkhorn-coral-deep-dive/> Abbildung 18

³⁴ <https://www.fisheries.noaa.gov/species/pocillopora-meandrina-coral> Abbildung 19

Die **Fingerkoralle** (*Porites porites*)³⁵ bildet fingerähnliche Auswüchse und ist sehr widerstandsfähig gegenüber Umweltveränderungen. Sie ist weit verbreitet im Indopazifik und im Roten Meer.



Abbildung 20: Fingerkoralle *Porites porites*



Abbildung 21: Pilzkoralle *Fungiidae*, Elias Barnreiter Photography

Die **Pilzkoralle** (*Fungiidae*) hat eine flache, scheibenartige Form und kann sich einzeln bewegen. Sie sind im gesamten Indopazifik verbreitet und kommen oft in tieferen Riffzonen vor.

36

3.1.1 Weichkorallen

Weichkorallen (*Octocorallia*) sind eine Gruppe von Korallen, die sich von Steinkorallen durch das Fehlen eines harten Kalkskeletts unterscheiden. Stattdessen haben sie flexible, fleischige Körperstrukturen, die ihnen das charakteristische Aussehen verleihen. Die Weichkoralle kommt weltweit in allen Meeren vor. Die Weichkorallen, die zu den Blumentieren gehören, sind mit den riffbildenden Steinkorallen (*Scleractinia*) nur entfernt verwandt. Die Systematik der Weichkorallen ist bislang unklar³⁷. Das Fehlen von Korallen und die Variabilität der Wuchsformen macht es bisher unmöglich, die tatsächliche Evolution der Weichkorallen zu durchschauen. Auch von Weichkorallen gibt es diverse Untergruppen, die sich von Grösse, Farbe und Form unterscheiden können.

³⁵ https://www.jungledragon.com/image/12675/porites_porites_finger_coral_turneffe_island_atoll_belize.html Abbildung 20

³⁶ <https://www.hp-aquaristik.de/fungia-orange.html> Abbildung 21

³⁷ <https://www.meerwasser-lexikon.de/kategorie/83.html>



Abbildung 22: Lederkoralle Alcyoniidae

Die **Lederkoralle** (Alcyoniidae) hat eine dicke, lederartige Oberfläche, was Ihnen ihren Namen verleiht. Sie sind bekannt für ihre Flexibilität und ihre Robustheit. Lederkorallen können in verschiedenen Farben vorkommen, von braun über grün bis hin zu Purpur. Ihre Oberflächenstruktur wirkt oft glatt oder leicht faltig. Diese Korallen sind besonders widerstandsfähig gegen Umweltveränderungen und gedeihen auch in weniger idealen Bedingungen. Lederkorallen sind im gesamten Indopazifik weit verbreitet und kommen häufiger in flacherem Riffbereichen vor.

38

Die **Pilzlederkoralle** (Sarcophyton), ist eine Gattung der Lederkoralle. Es gibt rund 50 verschiedene Arten, deren Unterscheidung selbst für Experten sehr schwierig ist. Sie sind sehr anpassungsfähig und kommen oft in nährstoffärmeren Gewässern vor, wo sie wenig Konkurrenz von Steinkorallen haben. Man kann sie im gesamten Indopazifik antreffen sowie auch im Pazifik.³⁹



Abbildung 23: Pilzlederkoralle Sarcophyton

Die **Seefächerkoralle** (Gorgoniidae) bildet eine grosse, fächerartige Struktur, die bis zu mehreren Metern hoch werden kann. Sie hat eine flexible Struktur, die sich im Wasser wie ein Fächer bewegt. Ihre verzweigten Äste sind oft sehr farbenfroh, von gelb über rot bis hin zu violett. Seefächerkorallen sind aufgrund ihrer flexiblen Struktur in der Lage, starke Strömungen und Wellen zu überstehen. Sie filtern Plankton aus dem Wasser, indem sie ihre grossen Oberflächen nutzen. Sie kommen hauptsächlich in den Tropen und Subtropen vor, sowohl im Atlantik als auch im Indopazifik.



Abbildung 24: Seefächerkoralle Gorgoniidae, Philip Sidler

³⁸ <https://www.flickr.com/photos/scubaluna/32910754855> Abbildung 22

³⁹ <https://www.kleines-meerwasseraquarium.de/pilzlederkoralle/> Abbildung 23

Abbildung 25: Röhrenkoralle *Tubipora musica*

Die **Röhrenkoralle** (Tubiporidae) oder auch als **Organrohrkoralle** bekannt, hat röhrenförmige Strukturen, die wie Orgelpfeifen angeordnet sind. Sie bilden Kalkröhren, obwohl sie zu den Weichkorallen gehören. Ihre Polypen sind oft in leuchtenden Farben wie rot oder lila. Diese Korallen haben trotz ihres weichen Körpers eine gewisse Festigkeit durch ihre Kalziumkarbonatröhren. Sie sind jedoch empfindlich gegenüber Veränderungen der Wasserqualität. Sie sind im Indopazifik weit verbreitet.

40

Die **Fingerlederkoralle** (Sinularia) haben fingerartige Auswüchse, die aus einer fleischigen, weichen Struktur bestehen. Ihre Farben reichen von hellbraun bis grün. Sie sind sehr anpassungsfähig und wachsen oft in dichten Kolonien. Fingerlederkorallen sind ebenfalls robust gegenüber Umweltstress. Sie kommen im gesamten Indischen Ozean und im Pazifik vor, in flachen und tieferen Gewässern.

41

Abbildung 26: Fingerlederkoralle *Lobophytum*

3.2 Fortpflanzung von Korallen

Steinkorallen und Weichkorallen haben verschiedene Fortpflanzungsstrategien, die ihnen helfen, sich in den Meeren zu verbreiten und neue Kolonien zu bilden. Es gibt zwei Hauptarten der Fortpflanzung: sexuelle Fortpflanzung und asexuelle Fortpflanzung.

3.2.1 Sexuelle Fortpflanzung

Die häufigste Form der sexuellen Fortpflanzung bei Korallen ist das sogenannte Broadcast Spawning,⁴² bei den Millionen von Eiern und Spermien gleichzeitig ins Wasser freigesetzt werden. Dieser Akt findet oft synchronisiert statt, um die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Befruchtung zu erhöhen. Die befruchteten Eier entwickeln sich zu schwimmenden Planularlarven, die sich nach einigen Tagen auf dem Meeresboden ansiedeln, um neue Korallenkolonien bilden.

⁴⁰ <https://www.kleines-meerwasseraquarium.de/category/rohrenkorallen/> Abbildung 25

⁴¹ <https://www.communitycorals.de/product/fingerlederkoralle-lobophytum-sp-02/> Abbildung 26

⁴² <https://www.secore.org/site/corals/detail/coral-reproduction.15.html>



Abbildung 27: Broadcast Spawning der Koralle *Dipsastraea*

43

Es gibt auch einige wenige Korallenarten, bei denen die Befruchtung innerhalb des Korallenpolypen stattfindet. Die Eier werden im Körper der Koralle befruchtet und die Planularlarven werden später freigesetzt⁴⁴. Diese Methode ist weniger verbreitet als das Broadcast-Spawning, führt aber zu einer deutlich höheren Überlebensrate der Larven, da diese bereits weiterentwickelt sind.

3.2.2 Asexuelle Fortpflanzung

Eine der häufigsten Formen der asexuellen Fortpflanzung bei Korallen ist die Knospung. Dort wächst ein neuer Polyp aus einem bereits existierenden Polypen. Dies ist typisch für koloniale Korallen und führt zur Vergrößerung der Kolonie. Ein Korallenpolyp teilt sich in Klone, so dass sich zwei Polypen bilden. So wächst die Koralle und kann zu einem späteren Zeitpunkt durch die Fragmentierung, bei der Teile von Korallenkolonien brechen oder sich lösen, unter geeigneten Bedingungen an einem neuen Ort am Riff ansiedeln.

Fragmentierung kann insbesondere bei Weichkorallen und einigen Steinkorallen auftreten. Dabei bricht ein Teil der Koralle ab und wächst zu einer neuen Kolonie heran. Diese Form der Fortpflanzung ist besonders wichtig in Gebieten mit starker Strömung oder Stürmen, da dort die Korallenstücke regelmässiger abbrechen.

Steinkorallen (Scleractinia) nutzen sowohl sexuelle (Broadcast Spawning, Brooding) sowie asexuelle Methoden (Knospung, Fragmentierung) zur Fortpflanzung⁴⁵. Sie sind stark auf die Bildung von Calciumcarbonat für ihre Skelettstrukturen angewiesen.

Weichkorallen (Octocorallia) setzen ebenfalls auf sexuelle Fortpflanzung und asexuelle Fortpflanzung (vor allem Fragmentierung und Regeneration). Da sie kein Kalkskelett besitzen, sind sie flexibler und können sich schneller regenerieren.

⁴³ <https://www.ardalpha.de/wissen/natur/tiere/artenschutz/korallen-gefahr-klimawandel-korallenbleiche-100.html>

⁴⁴ <https://www.360grad-travel.club/news/australien/item/gredie-weltweit-groesste-fortpflanzungsshow>

⁴⁵ <https://reefresilience.org/de/coral-reef-ecology/#:~:text=Asexuelle%20Fortpflanzung%20erfolgt%20durch%20Knospung,neuen%20Ort%20am%20Riff%20ansiedeln.>

4 Ursachen und Erkenntnisse der Korallenbleiche

Die Korallenbleiche ist ein Phänomen, bei dem die Korallen ihre charakteristische Farbe verlieren und weiss werden (Bleichung), was durch den Verlust ihrer symbiotischen Algen, den Zooxanthellen, verursacht wird. Diese Algen leben im Gewebe der Korallen und versorgen sie durch Photosynthese mit Energie. Ohne Zooxanthellen sind die Korallen auf zusätzliche Nahrungsquellen angewiesen, die oft nicht ausreichen, sodass sie langfristig verhungern müssen. Die Hauptursachen der Korallenbleiche sind eng mit menschlichen Einflüssen und globalen Umweltveränderungen verknüpft.

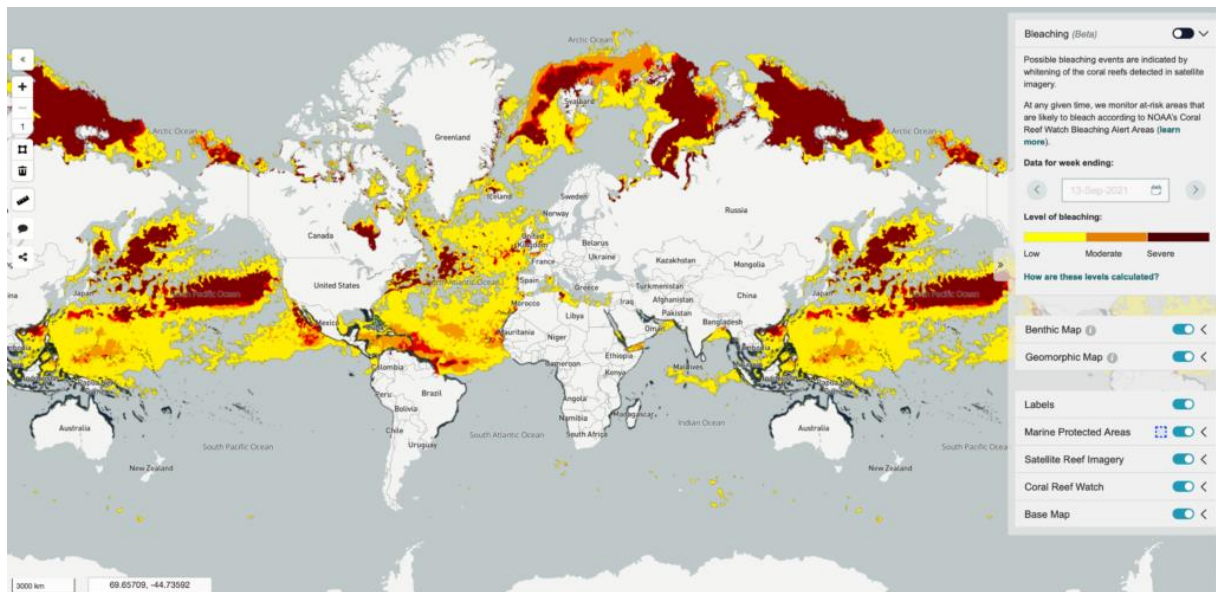


Abbildung 28: Karte aller Korallenriffe, die von einer Korallenbleiche bedroht sind

Abbildung 28⁴⁶ zeigt auf, wo die Korallen einer möglichen Korallenbleiche ausgesetzt sind. Die Grafik wurde mit den aktuellen Daten vom 13. September 2021 erstellt.

4.1 Temperaturstress und Klimawandel, Meerestemperaturerhöhung

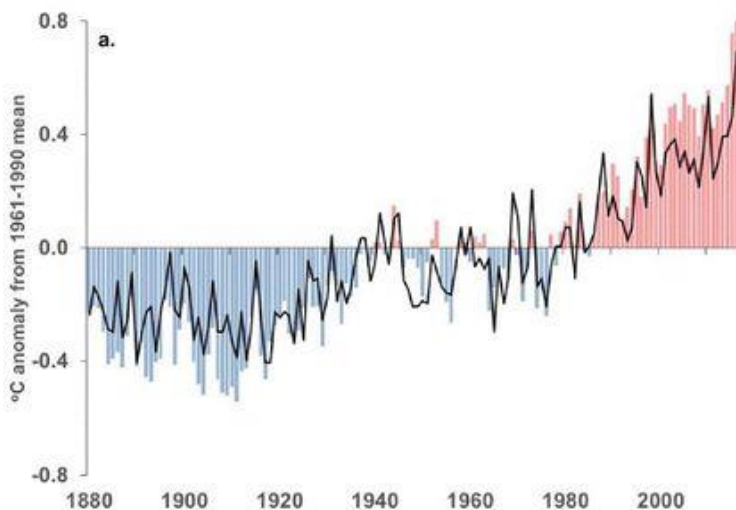
Die Hauptursache für das Ausbleichen der Korallen sind die steigenden Meerestemperaturen, die durch den Klimawandel verursacht werden. Korallen leben in einem engen Temperaturbereich. Ein Anstieg von 1 bis 2°C über dem normalen Sommerhöchstwert kann die Symbiose zwischen den Korallen und den Zooxanthellen stören. Wenn das Wasser zu warm wird, stossen die Korallen ihre Zooxanthellen ab. Ohne die Zooxanthellen verlieren die Korallen ihre Farbe und erscheinen weiss.⁴⁷

Die Grafik (Abbildung 29)⁴⁸ zeigt die Temperaturanomalien seit dem Jahr 1880 im Vergleich zum Durchschnittswert von 1961-1990. Für diese Grafik wurden Daten von tropischen Gebieten verwendet. Als Anhaltspunkt wird hier die mittlere jährliche Temperatur der Meeresoberfläche benutzt. Die Anomalien sind in Grad Celsius (°C) angegeben und repräsentieren Abweichungen der globalen Durchschnittstemperaturen von diesem Basiszeitraum. Die blauen Balken repräsentieren Jahre mit kälteren Temperaturen als der Durchschnitt von 1961-1990. Die roten Balken stehen für die Jahre, an denen die Temperaturen höher waren. Die schwarze Linie zeigt den Verlauf des gleitenden Durchschnitts und gibt einen Trend der Temperaturentwicklung über die Zeit an. Ab den 1980er Jahren ist ein deutlicher Temperaturanstieg zu erkennen. Die roten Balken zeigen, dass die

⁴⁶ <https://www.tauchen.de/news/erste-vollstaendige-karte-der-flachen-tropischen-korallenriffe-der-welt-veroeffentlicht/>

⁴⁷ <https://reefresilience.org/de/stressors/bleaching/>

⁴⁸ <https://www.nature.com/articles/s41598-018-24530-9> Abbildung 29



Temperaturen häufiger und stärker über dem Durchschnitt lagen, was einen klaren Hinweis auf die globale Erwärmung gibt. Nach der Jahrhundertwende wurden bisher die stärksten Anomalien verzeichnet, was auf die Beschleunigung der globalen Erwärmung hindeutet.

49

Abbildung 29: Temperaturanomalien zwischen 1880 und 2000

4.2 Verschmutzung der Meere

Jährlich gelangen schätzungsweise 4,8 bis 12,7 Millionen Tonnen Plastikmüll in die Ozeane. Südostasien ist dabei eine Schwerpunktregion des Mülleintrags für Plastikmüll⁵⁰. Plastikmüll besteht aus nicht biologisch abbaubaren Materialien wie Plastiktüten, Verpackungen und anderen Abfällen. Tiere können Plastik als Nahrung verwechseln, was oft zum Tod führt, da es die Atemwege blockiert oder den Verdauungstrakt verstopft.

Durch den Zerfall von Plastik entsteht Mikroplastik. Über den Abrieb von Autoreifen oder das Waschen von synthetischen Textilien entsteht ebenfalls Mikroplastik. Mikroplastik wird auch oft in Kosmetikprodukten verwendet und gelangt über Abwasser in die Meere. Diese winzigen Partikel werden von den Meereslebewesen aufgenommen und gelangen so in die Nahrungskette. Die Korallen leiden aber auch an Überschüssen von Nährstoffen wie Nitrat oder Phosphat, die durch landwirtschaftliche Abwässer ins Meer gelangen. Diese Nährstoffe fördern das Algenwachstum, das die symbiotischen Zooxanthellen in den Korallen verdrängt. Dadurch wird die Gesundheit der Koralle beeinträchtigt und das Risiko von Korallenbleiche erhöht. Schwermetalle, Pestizide und Chemikalien aus Sonnencremen schwächen die Korallen, machen sie anfälliger für Temperaturstress und können direkt eine Bleiche auslösen. Mittlerweile weiss man, dass mindestens 2 Stoffe (Oxybenzon & Octinoxat), welche in vielen Sonnencremen enthalten ist, schädlich für Korallenriffe sind⁵¹. Mehrere Länder haben reagiert und herkömmliche Sonnencreme mit den Schadstoffen verboten⁵². Diese Länder haben ein Verbot bereits umgesetzt: Palau, Aruba, Bonaire, Hawaii und Malediven.

53

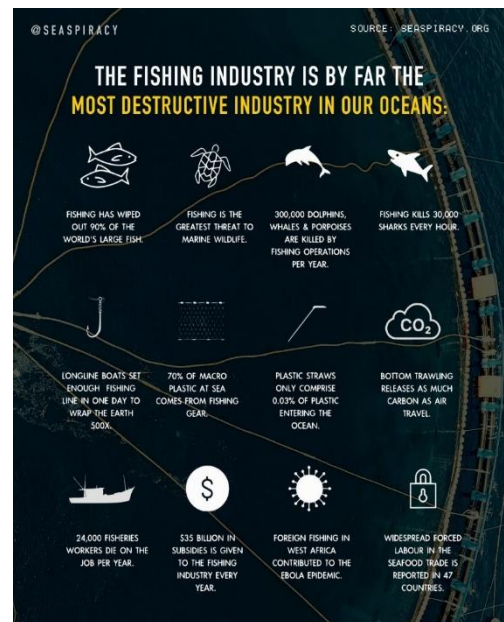


Abbildung 30: Seaspiracy Film 2021

⁴⁹ <https://www.nature.com/articles/s41598-018-24530-9> Abbildung 29

⁵⁰ <https://www.wwf.de/themen-projekte/plastik/plastikmuell-im-meer>

⁵¹ <https://www.nivea.de/beratung/sonnenschutz/riffsichere-sonnencreme>

⁵² <https://www.blick.ch/ausland/chemische-inhaltsstoffe-schaden-der-umwelt-in-diesen-ferienlaendern-ist-sonnencreme-verboten-id19986986.html>

⁵³ <https://www.seaspiracy.org/> Abbildung 30

4.3 Überfischung und physische Schäden

Weltweit konsumiert jeder Mensch im Durchschnitt 20 kg Fisch pro Jahr, was fast doppelt so viel ist wie vor 50 Jahren⁵⁴. Diese steigende Nachfrage führt zur Überfischung, die marine Ökosysteme und die Lebensgrundlage lokaler Fischer, besonders in Entwicklungsländern, gefährdet. Überfischung ist neben der Klimaerwärmung die grösste Bedrohung für die Meere. In der Schweiz stammen 97 % der konsumierten Fische und Meeresfrüchte aus dem Ausland. Darunter finden sich beliebte Arten wie Thunfisch, Crevetten und Pangasius. Der Konsum solcher Fische ist jedoch problematisch, da viele davon aus Regionen stammen, in welcher die Menschen vom Fischfang abhängig sind. Nachhaltiger Fischkonsum kann helfen, die Bestände der Weltmeere zu sichern und die Lebensgrundlage von 800 Millionen Menschen zu unterstützen und zu sichern.



Abbildung 31: Globaler Fischfang, Seaspiracy

Der Konsum von wildgefangenem wie auch gezüchtetem Fisch ist jedoch bedenklich. Zuchtfische werden oft mit Fischmehl und Fischöl gefüttert. Bei konventionellen Zuchtmethoden wird manchmal mehr Fisch zur Fütterung benötigt, als tatsächlich gefangen wird. Obwohl die Fütterungseffizienz in den letzten Jahren verbessert wurde (von 4 kg Fisch für 1 kg Lachs auf weniger als 1,2 kg)⁵⁵, bleibt der Druck auf die Wildbestände bestehen, solange diese Futtermittel nicht aus nachhaltiger Fischerei stammen.

Global sind rund 38 % der Fischbestände überfischt, im Mittelmeer sind es sogar 60%. Man geht davon aus, dass rund 30% des weltweiten Fischfangs aus illegaler Fischerei stammt. Während Aquakultur zunehmend an Bedeutung gewinnt und mittlerweile jeder zweite Speisefisch aus der Zucht stammt, verursacht sie ebenfalls Umweltprobleme.⁵⁶

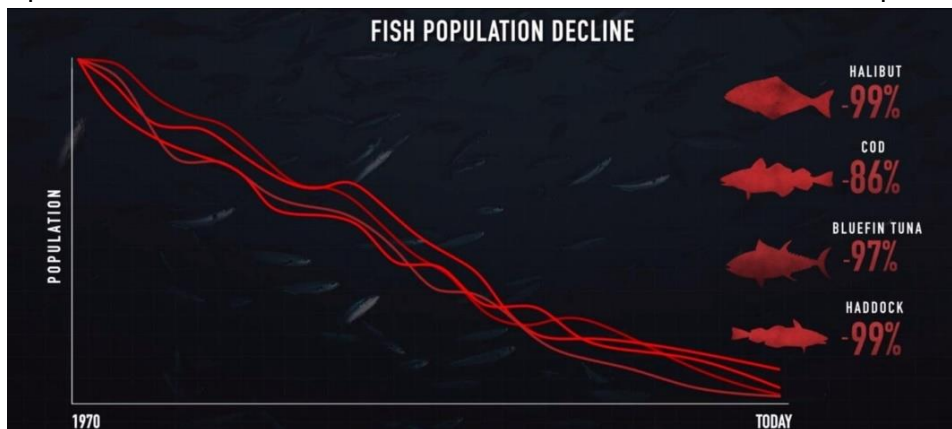


Abbildung 32: Rückgang der Fischpopulationen

⁵⁴ https://www.oceancare.org/stories_and_news/fischkonsum/#:~:text=Mit%20einem%20j%C3%A4hrlichen%20Zuwachs%20von,der%20Fischereibericht%202020%20der%20Weltern%C3%A4hrungsorganisation.

⁵⁵ <https://www.wvf.ch/de/unsere-ziele/fische-und-meeresfruechte#:~:text=97%20Prozent%20der%20Fische%20und,geh%C3%B6ren%20Thunfisch%2C%20Crevetten%20oder%20Pangasius>

⁵⁶ <https://www.seaspiracy.org/> Abbildung 31 & 32

Dazu gehört die Zerstörung von wertvollem Lebensraum und die Verschmutzung von Gewässern. Zudem führt der Bedarf an Futterfischen in der Zucht zur Überfischung der Ozeane. Um die Überfischung zu stoppen ist das Engagement der Konsumenten gefragt.

Die Ausbeutung der Meeresressourcen hat zum Beispiel in den Philippinen unter anderem durch den rasanten Bevölkerungswachstum sowie dem Niedergang der traditionellen Fischereikultur massiv vorangetrieben. Um schnellere Erträge zu erzielen, wandten sich viele Fischer der illegalen Dynamit- und Gifffischerei zu. Dynamitfischerei führt schnell zu überfischten Gewässern. Die Verwendung von Natriumcyanid⁵⁷, um Korallenfische für den Aquarienmarkt zu fangen, verursacht ebenfalls massive Schäden an den Korallenriffen. Die Fangmethode führt nicht nur zum Tode vieler Korallenfische, sondern auch zu schweren Verletzungen an den Korallenpolypen und anderen Riffbewohner. Aktuell sind nur noch 5 % der philipinischen Korallenriffe intakt, während 32 % bereits vollständig zerstört sind.

4.4 Ozeanversauerung

Die Ozeanversauerung bezeichnet die Abnahme des pH-Wertes der Ozeane, verursacht durch die Aufnahme von Kohlendioxid (CO_2) aus der Atmosphäre. Seit der industriellen Revolution ist die CO_2 -Konzentration drastisch gestiegen, was zu chemischen Reaktionen im Ozean führt. Dabei wird Kohlensäure gebildet, die den pH-Wert senkt und die Verfügbarkeit von Karbonationen verringert, die für Kalkbildner wie Korallen und Muscheln wichtig sind.⁵⁸

Die Ozeanversauerung hat negative biologische und ökologische Auswirkungen, darunter verringerte Wachstumsrate von Korallen, geringere Überlebensraten von Larven und beeinträchtigte Entwicklungsstadien von Wirbellosen. Korallenriffe sind besonders betroffen, da sie Karbonat für ihre Skelette benötigen. Dies könnte zu schwächeren Riffen führen, die schneller erodieren.

4.5 Krankheiten und andere biologische Faktoren

Korallenkrankheiten entstehen durch eine Kombination von biotischen (z.B. Erreger, Parasiten) und abiotischen Stressoren (z.B. Temperatur, Salzgehalt, Lichtveränderungen). Der Ausbruch solcher Krankheiten ist komplex und wird durch Faktoren wie Klimawandel und menschliche Aktivitäten (Verschmutzung, Sedimentation, Überfischung) verstärkt. Wissenschaftler erforschen die Identifizierung von Krankheitserregern, wobei bakterielle Infektionen die häufigste Ursache darstellen⁵⁹. Es gibt signifikante Zusammenhänge zwischen

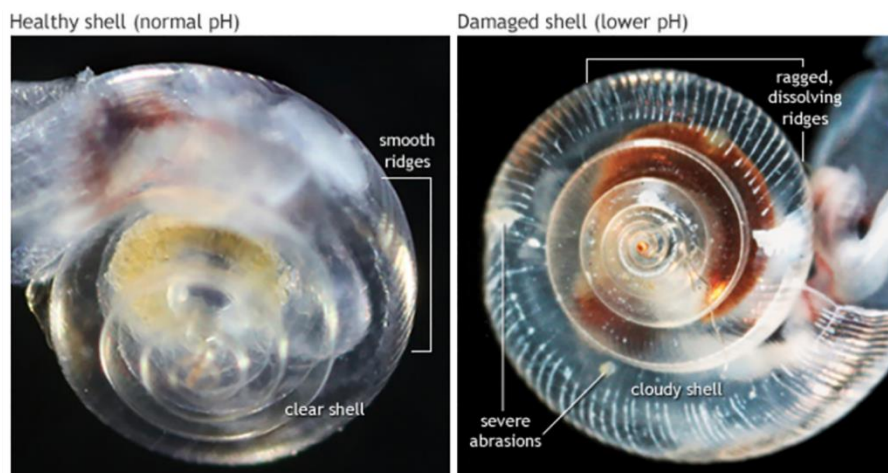


Abbildung 33: Beispiel Ozeanversauerung auf Muscheln

⁵⁷ http://www.elnino.info/koralle_3.php

⁵⁸ <https://reefresilience.org/de/stressors/ocean-acidification/>

⁵⁹ <https://reefresilience.org/de/stressors/ocean-acidification/> Abbildung 33

der Verbreitung von Korallenkrankheiten und erhöhten Wassertemperaturen und abnehmender Wasserqualität.

Eine der weit verbreiteten Krankheiten heisst Schwarze Bandkrankheit (Black Band Disease=BBD)⁶⁰. Diese kommt weltweit vor und betrifft 19 Arten von Steinkorallen. Sie zeigt einen klar abgegrenzten Gewebescha- den, der von einem schwarzen Band umgeben ist, welche sich über die Koralle ausbreitet und letztendlich zu ihrem Tod führt. Die Krankheit wird durch schwefelreduzierende Bakterien verursacht.⁶¹



Abbildung 34: Schwarze Bandkrankheit (BBD)

5 Auswirkungen der Korallenbleiche

Die Auswirkungen der Korallenbleiche sind gravierend und vielfältig. Zunächst führt die Bleiche zu einem Verlust der symbiotischen Algen, wodurch die Koralle ihre Farbe und Vitalität verlieren. Dies kann zu Gewebeverlust und schliesslich zum Absterben der Korallen führen.⁶²

Die Folgen erstrecken sich auch auf die Ökosysteme der Meere da Korallenriffe Lebensraum für zahlreiche Meeresarten bieten. Ihr Rückgang destabilisiert diese Ökosysteme und verringert die Artenvielfalt. Viele Fischarten und andere Meereslebewesen sind auf Korallenriffe angewiesen, sodass deren Absterben auch den Verlust dieser Arten zur Folge hat.

Darüber hinaus hat die Korallenbleiche erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen. Korallenriffe sind wichtig für den Tourismus, die Fischerei und den Küstenschutz. Ein Rückgang der Korallen kann die Wirtschaft in betroffenen Regionen stark belasten. Zudem schützen Korallenriffe die Küsten vor Erosionen und Sturmfluten. Schliesslich kann die Regeneration von Korallen nach einer schweren Bleiche lange Zeit in Anspruch nehmen, was die Erholungsfähigkeit der Riffe weiter beeinträchtigt. Insgesamt hat die Korallenbleiche weitreichende Folgen für die Umwelt, die Wirtschaft und die menschlichen Gemeinschaften, die von gesunden Korallenriffen abhängig sind.⁶³



Abbildung 35: Korallenbleiche The Ocean Agency, Richard Vevers, Malediven 2016

⁶⁰ [https://cdhc.noaa.gov/coral-disease/characterized-diseases/black-band-disease/#:~:text=Black%20band%20disease%20\(BBD\)%20is,ultimately%20resulting%20in%20its%20death](https://cdhc.noaa.gov/coral-disease/characterized-diseases/black-band-disease/#:~:text=Black%20band%20disease%20(BBD)%20is,ultimately%20resulting%20in%20its%20death)

⁶¹ https://www.researchgate.net/figure/Black-band-disease-on-coral-Source-Wikipedia-commons_fig16_302560101 Abbildung 34

⁶² <https://umweltmission.de/wissen/korallensterben/>

⁶³ <https://www.theoceanagency.org/ocean-image-bank/coral-bleaching> Abbildung 35

6 Massnahmen zum Schutz und zur Wiederherstellung

Der Schutz und die Wiederherstellung von Korallen sind entscheidend für die Gesundheit mariner Ökosysteme und die Lebensgrundlagen vieler Küstengemeinden. Eine zentrale Massnahme ist die Einrichtung von Meeresschutzgebieten, die Korallen vor übermässiger Nutzung und Verschmutzung bewahren. Nachhaltige Fischereipraktiken tragen dazu bei, die Fischbestände zu schützen und das ökologische Gleichgewicht zu erhalten.

Die Zusätzliche Reduzierung von Land- und Seebasierter Verschmutzung, durch bessere Abwasserbehandlung und der Minimierung von Plastikmüll, ist unerlässlich, damit die Wasserqualität verbessert werden kann. Restaurierungsprojekte, welche das Aufforsten von Korallen beinhalten, hilft den geschädigten Riffen, sich zu regenerieren.

Globale Klimaschutzmassnahmen sind notwendig, um die Ursachen der Korallenbleiche zu bekämpfen, während Bildung und Aufklärung das Bewusstsein für die Bedeutung von Korallenriffen stärken. Durch diese umfassenden Ansätze können wir die Widerstandsfähigkeit der Korallenriffe fördern und ihre essenzielle Rolle im marinen Ökosystem langfristig sichern.

6.1 Naturschutzgebiete und regulierte Flächen

Naturschutzgebiete und regulierte Flächen spielen eine wesentliche Rolle beim Schutz von Ökosystemen wie Korallenriffen. Naturschutzgebiete sind gezielt eingerichtete Bereiche, die darauf abzielen, die biologische Vielfalt zu bewahren und bedrohte Arten zu schützen. In solchen Gebieten sind menschliche Aktivitäten, die potenziell schädlich sind, stark eingeschränkt oder ganz verboten. Dies ermöglicht den Ökosystemen, sich zu erholen und ihre natürlichen Funktionen zurückzugewinnen.

Regulierte Flächen erlauben eine kontrollierte Nutzung der Ressourcen. Hierbei werden bestimmte Aktivitäten, wie Fischerei oder Tourismus, streng überwacht, damit sichergestellt wird, dass die Umwelt nicht zu stark belastet wird. Durch die Einführung von Vorschriften zur Reduzierung von Verschmutzung und zur Begrenzung der Fischerei wird der Druck auf empfindliche Lebensräume verringert.⁶⁴

Diese beiden Ansätze sind entscheidend für die Resilienz von Ökosystemen und tragen dazu bei, den Verlust von Biodiversität zu stoppen. Sie ermöglichen die Regeneration geschädigter Lebensräume, was sowohl der Natur als auch dem Menschen zugutekommt. Insgesamt sind Naturschutzgebiete und regulierte Flächen unerlässlich für den langfristigen Erhalt natürlicher Ressourcen und der Förderung nachhaltiger Praktiken.

6.2 Korallentransplantation und Riffrestaurierung (Coral Restoration Foundation)

Korallentransplantationen und Riffrestaurierungen sind Methoden⁶⁵ und Massnahmen zur Wiederherstellung und Erhaltung von Korallenriffen, die weltweit durch den Klimawandel, die Umweltverschmutzung sowie durch die zerstörerische Fischereipraktiken gefährdet sind. Beide Techniken spielen eine zentrale Rolle bei der Erholung geschädigter Korallenriffe.

Die Korallentransplantation ist ein Prozess, bei dem lebende Korallenfragmente von gesunden Riffen oder Korallenzuchtanlagen auf geschädigte Riffe umgesiedelt werden. Dieser Prozess umfasst das Sammeln von Korallenfragmenten, die oft von abgebrochenen oder beschädigten Korallen sind, jedoch noch überlebensfähig sind. Diese werden anschliessend an geschädigten Riffen o.a. an künstlich erbauten Plattformen, wieder angesiedelt. Um

⁶⁴ <https://www.msc.org/en-au/what-we-are-doing/our-collective-impact/what-is-a-fishery/do-marine-protected-areas-prevent-overfishing>

⁶⁵ <https://reefresilience.org/de/management-strategies/restoration/coral-populations/coral-gardening/outplanting/#:~:text=Korallen%20werden%20ausgepflanzt%2C%20indem%20sie,Auspflanzungsstelle%20und%20die%20Standortbedingungen%20bestimmt.>

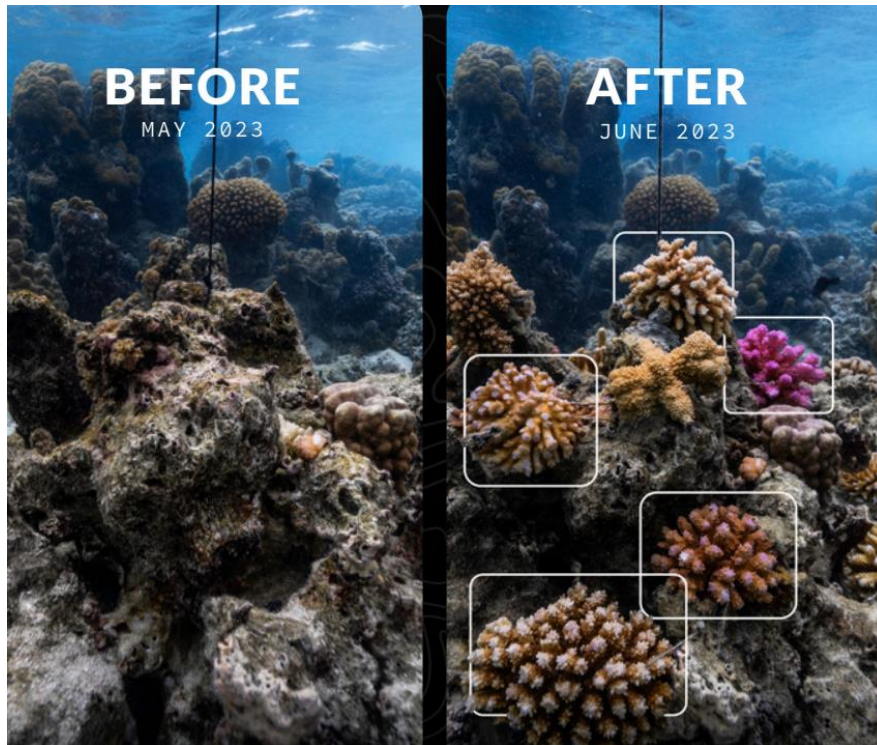


Abbildung 36: Coral Gardeners Vorher-Nachher Foto eines Restauriertem Korallenriff

sicherzustellen, dass die Korallenfragmente befestigt sind und gesund weiterwachsen, werden sie überwacht und gepflegt.

Coral Gardeners (Coral Restoration Foundation) ist eine Firma, die sich auf die Wiederherstellung von Korallenriffen spezialisiert hat. Sie ist unter anderem in Mo'orea in Französisch Polynesien aktiv. Dort haben sie durch Korallentransplantation und andere Restaurierungsmassnahmen Erfolge bei der Wiederherstellung geschädigter Riffe erzielt. In 'Impact Report'⁶⁶ von Coral Gardeners aus dem Jahre 2023 haben sie festgehalten, dass sie seit 2017 bereits über 100'000 Korallen gepflanzt haben. Das ist eine Fläche von 12'494m². Dazu gehören insgesamt 45 verschiedene Arten von Korallen und 11 Riffe, die komplett restauriert wurden. Coral Gardeners hat sich zum Ziel gemacht, bis 2025 eine Million Korallen zu pflanzen. Coral Gardeners hat sich nicht nur auf Korallentransplantationen spezialisiert, sie betreiben zudem Korallenzuchtanlagen, in denen Korallenfragmente unter geschützten Bedingungen gezüchtet werden. Sobald sie ausreichend gewachsen sind, werden sie auf die beschädigten Riffe umgesiedelt. Diese Korallengärten sind wichtig, um die gesunde Koralle für die Restaurierungsprojekte zu erzeugen. Coral Gardeners setzt auch auf moderne Technologien, um den Erfolg ihrer Projekte zu überwachen. Sie nutzen AI-gestützte Kameras und 3D-Photogrammetrie, um die Gesundheit der Korallen und die Biodiversität der Riffe zu überwachen. Diese Technologien liefern Daten, welche die Planung sowie die Umsetzung der Restaurierungsmassnahmen verbessern.

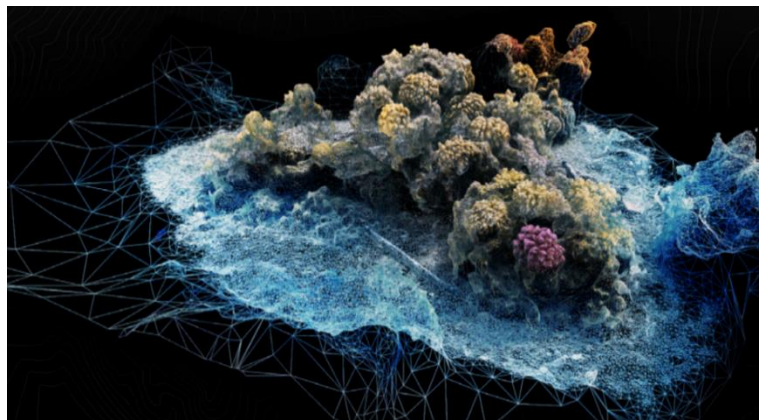


Abbildung 37: 3-D Technologie von Coral Gardeners für Korallenriffe

⁶⁶ https://cdn.shopify.com/s/files/1/0505/4663/9015/files/CG_ImpactReport_23_EN.pdf?v=1711010058 mit Abbildung 36 & 37

6.3 Bildung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit

Coral Gardeners hat sich auch zur Aufgabe gemacht, ihr Wissen an die Öffentlichkeit weiterzugeben und diese darauf zu sensibilisieren. Somit versuchen sie das Bewusstsein zu erhöhen und gleichzeitig die Bevölkerung aktiv in den Schutz dieser empfindlichen Ökosysteme einzubeziehen. Sie organisieren Workshops⁶⁷ und bieten Bildungsveranstaltungen an. Weiterhin nutzen sie Soziale Medien und globale Kampagnen, um das Bewusstsein für den Schutz von Korallenriffen zu stärken. Durch die Zusammenarbeit mit lokalen Gemeinschaften und den Einsatz von moderner Technologie, dokumentieren sie die Korallenbleiche sowie die Erholung der Riffe. Ihr Ziel ist, bis 2025 eine Milliarde Menschen zu erreichen und diese aktiv in den Umweltschutz mit einzubeziehen.⁶⁸



Abbildung 38: Fakten Coral Gardeners

Es ist wichtig, möglichst viele Menschen zu erreichen und die Dringlichkeit des Korallenschutzes zu unterstreichen. Nur durch ein starkes Bewusstsein und nachhaltige Massnahmen können Korallenriffe langfristig geschützt und vor den negativen Auswirkungen des Klimawandels und menschlicher Aktivitäten bewahrt werden.

6.4 Internationale Politik

Die Internationale Zusammenarbeit ist entscheidend um die Ursachen der Korallenbleiche zu bekämpfen. Zu den beiden grössten Ursachen gehören die steigende Meerestemperatur infolge des Klimawandels, und die Versauerung der Ozeane. Die globale Erwärmung ist der Haupttreiber für das Ansteigen der Wassertemperaturen, was wiederum die Korallenbleiche verursacht. Internationale Abkommen, wie das Pariser Klimaabkommen⁶⁹ zielen darauf ab, die Erderwärmung auf unter 2°C zu begrenzen, indem die Länder ihre Treibhausgasemissionen reduzieren. Diese Massnahmen sind entscheidend, um das weitere Ansteigen der Temperaturen zu verhindern und damit das Risiko für Korallenbleiche zu verringern.

6.4.1 Internationale Organisationen

Internationale Organisationen und Verträge wie die der Vereinten Nationen (UN) und deren Ziele für nachhaltige Entwicklungen (SDG), insbesondere SDG 14 (Leben unter Wasser)⁷⁰, spielen eine wesentliche Rolle im Schutz der Ozeane und der Korallenriffe. Diese Initiativen zielen darauf ab, die Ozeane nachhaltiger zu nutzen, die Verschmutzung zu reduzieren und die empfindlichen marine Ökosysteme zu bewahren.

6.4.2 Internationale Konferenzen

Zusätzlich zu den Klimaverträgen fördern Internationale Konferenzen⁷¹ und Abkommen die Einrichtung von Meeresschutzgebieten, um besonders gefährdete Ökosysteme vor

⁶⁷ <https://coralgardeners.org/pages/xperience>

⁶⁸ https://cdn.shopify.com/s/files/1/0505/4663/9015/files/CG_ImpactReport_23_EN.pdf?v=1711010058 mit Abbildung 38

⁶⁹ <https://www.br.de/nachrichten/wissen/pariser-klimaabkommen-warum-das-1-5-grad-ziel-so-wichtig-ist,SLxzhFV>

⁷⁰ <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung/ziel-14-ozeane-meere-und-meeresressourcen-im-sinne-nachhaltige.html>

⁷¹ <https://www.srf.ch/news/international/friedenserklaerung-mit-ozean-ueber-zwei-dutzend-staaten-unterzeichnen-abkommen-zum-meeresschutz>

zerstörerischen menschlichen Aktivitäten zu schützen. Solche Schutzgebiete bieten den Korallen die Möglichkeit, sich von der Bleiche zu erholen, indem sie vor weiteren Belastungen wie Verschmutzung und Überfischung geschützt werden.

6.4.3 NGO's

Nichtregierungsorganisationen (NGOs) spielen eine zusätzliche wichtige Rolle, da sie politische Entscheidungsträger dazu drängen, strengere Massnahmen zum Schutz der Meere und der Korallenriffe zu ergreifen⁷². Sie sensibilisieren die Öffentlichkeit und treiben die Politik dazu, den Schutz dieser wichtigen Ökosysteme auf die internationale Agenda zu setzen. NGOs unterstützen zudem Forschungsprojekte und Wiederherstellungsinitiativen, indem sie Spenden sammeln und freiwillige Helfer mobilisieren. Sie fördern Bildungsprogramme, um das Bewusstsein für die Bedrohungen der Meeresökosysteme zu schärfen, und bieten praktische Lösungen für nachhaltige Nutzung und Riffschutz an.

Der Grund für ihr Engagement liegt darin, dass Korallenriffe eine entscheidende Rolle für die globale Biodiversität und das Gleichgewicht der Ozeane spielen. Diese Organisationen erkennen die wirtschaftliche und ökologische Bedeutung der Riffe, die als Lebensraum für zahlreiche Arten, Küstenschutz und Nahrungsquelle für Millionen von Menschen dienen. Da viele Regierungen oft nur zögerlich handeln, übernehmen NGOs eine Vorreiterrolle, um den raschen Verlust dieser Ökosysteme zu verhindern und den Klimaschutz, die Reduzierung von Umweltverschmutzung und nachhaltiges Ressourcenmanagement zu fördern.

7 Fallstudien

In dieser Arbeit werden zwei Fallstudien erstellt, welche sich mit der Veränderung der Korallen befassen. Die erste Fallstudie beziehen sich auf die Fotos von Nina Eschner. Sie hat über mehrere Jahre Korallen dokumentiert. Diese Bildserie bietet die Möglichkeit, die Veränderungen in der Gesundheit und Struktur der Korallen im Laufe der Zeit zu analysieren. Dabei sollen insbesondere die Auswirkungen von steigenden Wassertemperaturen und Verschmutzungen untersucht werden, um besser zu verstehen, wie diese Umweltfaktoren das Wachstum und die Regeneration der Korallen beeinflussen. Ziel der Studie ist es, Einblicke in die langfristigen Veränderungen der Korallen und ihre Widerstandsfähigkeit zu gewinnen.

Die zweite Fallstudie bezieht sich auf die Vorher-Nachher Fotos von The Ocean Agency⁷³. Diese dokumentieren die Korallen vor und nach Ereignissen der Korallenbleiche. Diese Bilddokumentation ermöglicht, die unmittelbaren Auswirkungen der Korallenbleiche zu untersuchen. Ziel dieser Fallstudie ist, ein tieferes Verständnis für die Reaktionen der Korallen auf die Bleichereignisse zu entwickeln und die daraus resultierenden Folgen besser zu verstehen.

7.1 Fotodokumentation Nina Eschner

Nina Eschner ist eine erfahrene Tauchlehrerin, die seit 1998 in der Tauchbranche tätig ist. Sie begann ihre Karriere nach einer Reise nach Sharm el Sheikh, die sie dazu inspirierte, sich tiefer mit der Unterwasserwelt auseinanderzusetzen. Ihre Leidenschaft für das Tauchen und die Meeresökosysteme hat sie dazu geführt, als Diveguide und später als Tauchlehrerin in verschiedenen Regionen des Roten Meeres zu arbeiten, darunter Sharm el Sheikh und Hurghada. Ich durfte Nina auf einer Tauchsafari im August 2024 kennenlernen.

Nina hat in den letzten 25 Jahren zahlreiche Veränderungen in den Korallenriffen des Roten Meeres beobachtet, insbesondere in Bezug auf die Korallenbleiche. Sie dokumentiert seit

⁷² https://utopia.de/ratgeber/diese-5-organisationen-wollen-unsere-meere-schuetzen_95359/

⁷³ <https://www.theoceanagency.org/ocean-image-bank/before-and-after>

vielen Jahren die Korallen und die Auswirkungen des Klimawandels auf die Korallenriffe, wobei sie die dramatischen Veränderungen aus erster Hand miterlebt hat. Ihre Bilddokumentationen zeigen den allmählichen Verfall der Korallen und bieten wertvolle Einblicke in die langfristigen Auswirkungen der Korallenbleiche auf das Riffökosystem.

7.1.1 Steinkoralle & Weichkoralle in Abu Galawa Soraya

Dieses Bild wurde im September 2012 knapp 100km südlich von Marsa Alam in einem Riff geschossen. An dem Foto können wir zwei Korallenarten erkennen. Die obere Koralle, die buschig und flexibel aussieht, ist eine Weichkoralle. Die Struktur und Form lassen darauf schliessen, dass es sich um eine Art Lederkoralle oder Fingerkoralle handeln muss. Die untere Koralle ist eine Steinkoralle, die durch ihr massives, hartes Aussehen gekennzeichnet ist.

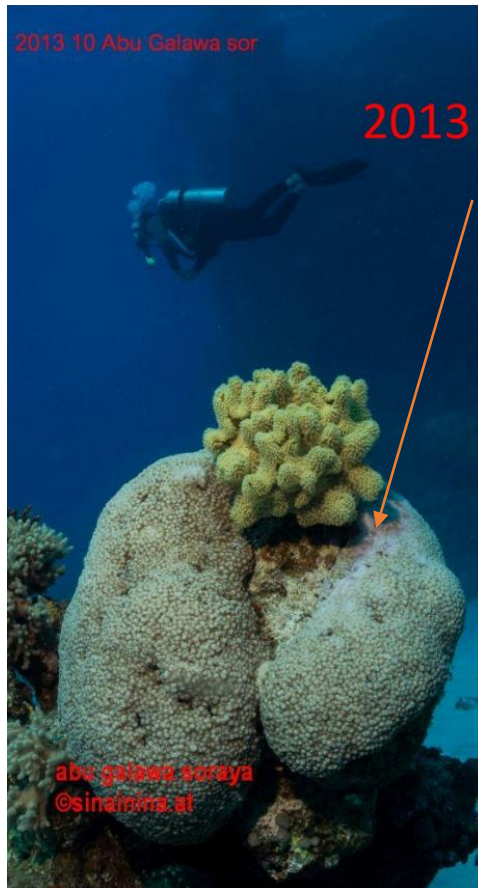


Abbildung 39: Nina Eschner Abu Galawa September 2012



Abbildung 40: Nina Eschner Abu Galawa April 2013

Ein weiteres Foto, welches im April 2013 gemacht wurde, zeigt beide Korallen in einem gesunden Zustand. Beide Korallen haben keine Anzeichen einer Bleichung oder einer sonstigen gesundheitlichen Einschränkung. Die leicht veränderte Farbe lässt sich auf die unterschiedlichen Tageszeiten und die damit verbundenen Lichteinflüsse bei der Aufnahme zurückzuführen.



Diese Aufnahme wurde 6 Monate später, im Oktober 2013 gemacht. Auf diesem Bild können wir immernoch beide Korallen in einem guten Zustand sehen. Die Steinkoralle hat an gewissen Stellen Spuren einer Bleichung. Besonders an der Übergangszone von Stein- zur Weichkorallen scheint es erste Anzeichen einer Korallenbleiche zu geben.

Die Korallen sind beide im Jahr 2014 verstorben, leider wurde in diesem und den darauffolgenden Jahren keine Aufnahmen gemacht. Die letzte Aufnahme stammt vom Jahr 2023. Im Vergleich zum ersten Foto von 2012 zeigt das Bild von 2023 eine deutliche Veränderung der Koralle auf. Die Weichkoralle oberhalb der Steinkoralle wirkte 2012 lebendig und gesund. Im Jahr 2023 ist diese nun vollständig verschwunden. Auch die Steinkoralle selbst weist eine deutliche Veränderung auf. Die Oberfläche der Koralle zeigt Verfärbungen und weist keine sichtbaren Polypen oder Anzeichen von Wachstum auf. Dies deutet darauf hin, dass diese Koralle bereits gestorben ist. Diese Veränderungen deuten auf eine Korallenbleiche hin, da auch weitere Korallen auf den Fotos rund um dieses Beispiel auch ausgebleicht sind (siehe Abbildung 40).

Abbildung 41: Nina Eschner Abu Galawa Oktober 2013



Abbildung 42: Nina Eschner Abu Galawa 2023

7.1.1.1 Erkenntnisse aus Fallstudie Abu Galawa

Temperaturverlauf, Juni 2014, in Marsa Alam

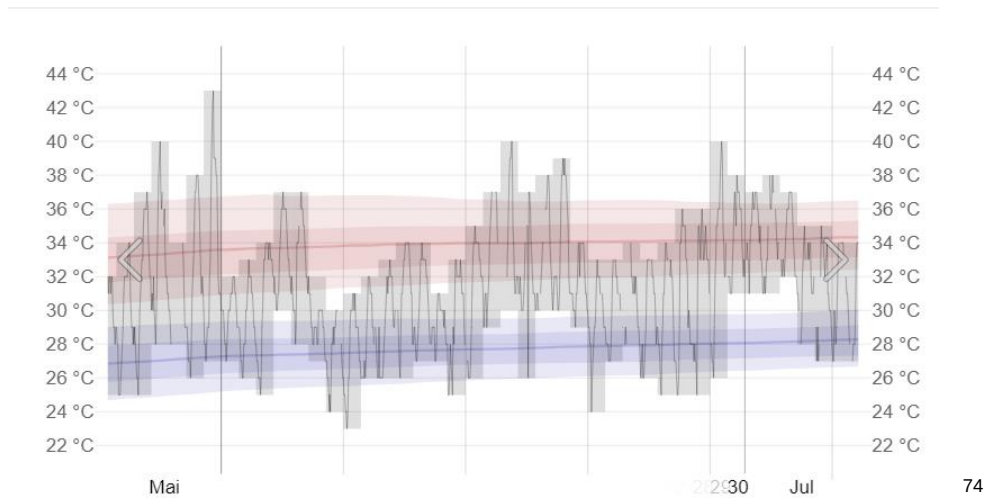


Abbildung 43: Temperaturverlauf Juni 2014 in Marsa Alam, Ägypten

Dies schliesst darauf zurück, dass diese Korallen der dritten Weltweiten Korallenbleiche, welche 2014 angefangen und bis 2017 angehalten hat, zum Opfer gefallen sind. Die beiden Temperaturverläufe von Juni und Juli 2014 in Marsa Alam zeigen deutliche Schwankungen der Lufttemperaturen, die im oberen Bereich über 34°C lagen. Diese hohen Lufttemperaturen haben direkten Einfluss auf die Meeresoberflächentemperatur. Diese Hitzeperioden führen dazu, dass sich das Wasser rund um das Korallenriff erhitzt, was eine Korallenbleiche auslösen kann. Korallen sind empfindlich gegenüber Temperaturschwankungen. Längere Phasen erhöhter Temperaturen führen dazu, dass Korallen Zooxanthellen abstossen, was zur Korallenbleiche führt. Die hohen Temperaturen von 34 - 44°C in den beiden Monaten Juni und Juli im Jahr 2014 haben zu einer anhaltenden Erwärmung der Meeresoberfläche geführt, die den thermalen Stress für die Korallen erheblich verstärkt und zu ihrer langfristigen Schädigung oder zum Absterben geführt hat.

Temperaturverlauf, Juli 2014, in Marsa Alam

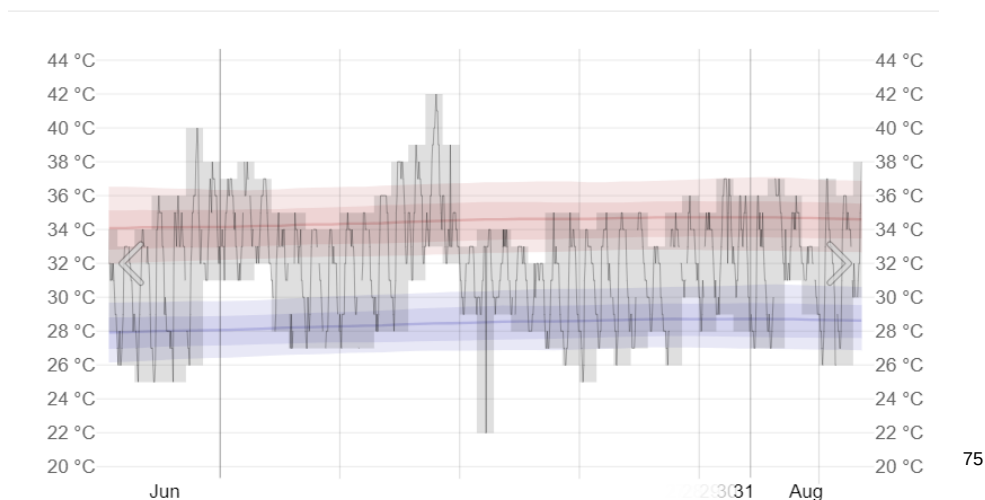


Abbildung 44: Temperaturverlauf Juli 2014 in Marsa Alam, Ägypten

⁷⁴ <https://de.weatherspark.com/h/m/98148/2014/6/Historisches-Wetter-im-Juni-2014-in-Marsa-Alam-%C3%84gypten#Figures-Temperature> Abbildung 43

⁷⁵ <https://de.weatherspark.com/h/m/98148/2014/7/Historisches-Wetter-im-Juli-2014-in-Marsa-Alam-%C3%84gypten#Figures-Temperature> Abbildung 44

7.1.2 Steinkoralle in Shaab Claude

Diese Steinkoralle liegt etwa 20km südlich von Safaga, ebenfalls im Roten Meer. Auf dem ersten Bild sehen wir die Koralle mit einer natürlichen Farbe. Sie zeigt ganz leichte Anzeichen von Stress auf, da an den äussersten Spitzen leichte Veränderungen sichtbar sind. Dies deutet auf eine erhöhte Temperatur hin, wie aus den zwei Temperaturdiagrammen bereits ersichtlich ist (Abbildung 43 & 44).



Abbildung 45: Nina Eschner Shaab Claude August 2014



Abbildung 46: Nina Eschner Shaab Claude Oktober 2014

Auf dem zweiten Bild sind einige farbliche Unterschiede zu erkennen, was auf weiteren Stress zurückzuführen ist. Das sind weitere Anzeichen auf eine beginnende Bleiche oder eine Verschlechterung des Zustandes der Koralle.



Abbildung 47: Nina Eschner Shaab Claude September 2017

Die Korallen auf den Abbildungen 47&48 aus dem Jahr 2017 wirken wesentlich blasser als im Jahr 2014. Das Bild (Abbildung 47) vom September 2017 zeigt auf, dass sich die Koralle weiterhin in einem Stress-Zustand befindet. Dies kann auf eine anhaltende Korallenbleiche zurückzuführen sein, die über Jahre hinweg fortgeschritten ist. Heute wissen wir, dass in diesem Zeitabschnitt die weltweit dritte Korallenbleiche stattgefunden hat.

Der Vergleich der Fotos (Abbildung 45&46) von 2014 zu den Fotos im Jahr 2017 (Abbildung 47&48) zeigt auf, dass diese deutlich blasser und weniger gesund sind. Es gibt keine sichtbare Regeneration, was darauf hindeutet, dass die Koralle entweder unter thermischem Stress oder anderen Umweltfaktoren leidet. Auch wenn die Struktur der Koralle grösstenteils noch intakt ist, deutet die weitere Verfärbung auf eine Abnahme der Zooxanthellen hin, den symbiotischen Algen, die der Koralle ihre Farbe und Nährstoffe geben.



Abbildung 48: Nina Eschner Shaab Claude Oktober 2017

Der Zustand der Koralle hat sich zwischen 2017 und 2023 massiv verschlechtert. Während die Koralle im Jahr 2017 noch intakte Strukturen aufweist, zeigt das Bild von 2023 eine weitgehend abgestorbene Koralle, die von Algen und anderen Organismen überwachsen ist. Es ist schwierig, exakt mitzuteilen, wann die Koralle genau abgestorben ist. Die Bilder deuten darauf hin, dass die Koralle über längere Zeit, Stress in Form von erhöhter Temperatur ausgesetzt war. Aus dem Temperaturdiagramm können wir herauslesen, dass die Temperaturen im Jahr 2017 häufig im Bereich heiss bis glühend heiss (über 29°C) waren. Demnach kann man stark davon ausgehen, dass diese Koralle zum Opfer der weltweit dritten Korallenbleiche wurde.

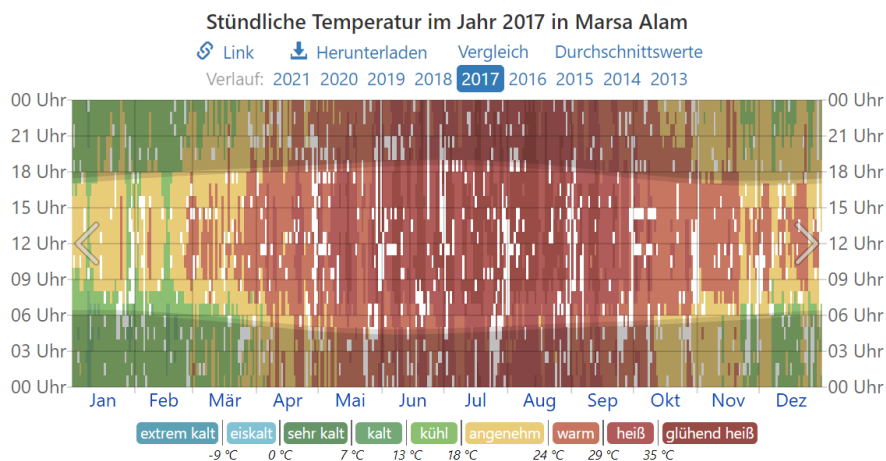


Abbildung 51: Nina Eschner Shaab Claude 2023



Abbildung 50: Nina Eschner Shaab Claude September 2023

Abbildung 49: Stündliche Temperatur im Jahr 2017 in Marsa Alam, Ägypten



76

⁷⁶<https://de.weatherspark.com/h/y/98148/2017/Historisches-Wetter-w%C3%A4hrend-des-Jahres-2017-in-Marsa-Alam-%C3%84gypten#Sections-Temperature>
Abbildung 49

7.1.3 Steinkoralle in Sheleniat

Rund 30 km südlich von Marsa Alam befindet sich folgende Steinkoralle. Sie wurde erstmals im Mai 2005 von Nina Eschner dokumentiert. Im Jahr 2005 kann man bereits viele äusserliche Veränderungen wahrnehmen. Viele Teile der Korallen haben bereits angefangen zu bleichen. 2013 sieht die Pflanze im Vergleich zu 2005 gesünder aus. Auf der Abbildung 51 ist ersichtlich, dass sie über die Zeit an Grösse gewonnen hat. Sie hat jedoch weiterhin leichte Anzeichen einer Bleiche an den Spitzen.

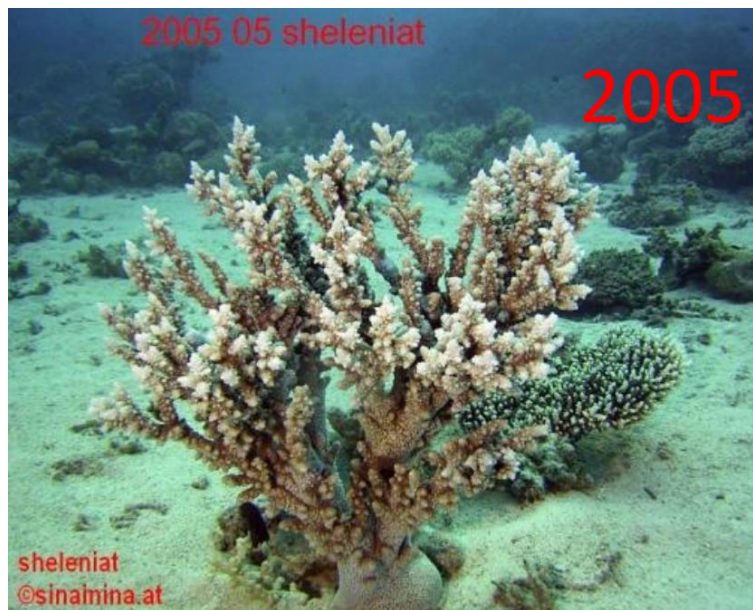


Abbildung 52: Nina Eschner Sheleniat Mai 2005



Abbildung 53: Nina Eschner Sheleniat Juli 2013



Abbildung 54: Nina Eschner Sheleniat 2014



Abbildung 55: Nina Eschner Sheleniat 2015

In den Jahren 2014 und 2015 sieht die Koralle ziemlich unverändert aus. Sie hat leichte Bleichungen an den Spitzen, was vermutlich auf Stress durch erhöhte Wassertemperatur zu schliessen ist (siehe Abbildung 43&44).

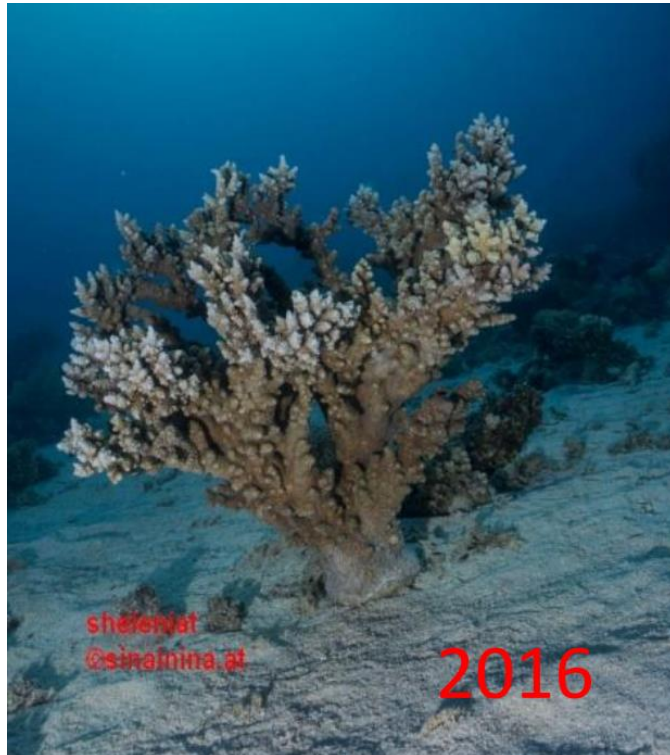


Abbildung 57: Nina Eschner Sheleniat 2016

Die nächste Dokumentation stammt vom Jahr 2018. Hier ist ersichtlich, dass die Koralle wieder in einem besseren Zustand ist, ähnlich wie in den Jahren 2013 bis 2015. Die gebleichten Stellen haben abgenommen und die Koralle hat allgemein wieder mehr Farbe.

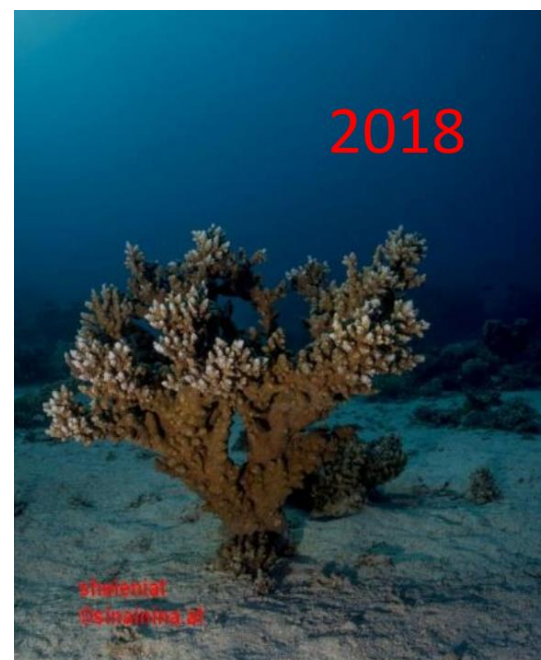


Abbildung 56: Nina Eschner Sheleniat 2018



Abbildung 58: Nina Eschner Sheleniat Mai 2023

Im Mai 2023 zeigt die Koralle leichte Anzeichen von Stress, sieht aber noch relativ gesund aus. Es gibt einige Verfärbungen an den Spitzen der Äste, aber keine massiven Anzeichen einer Korallenbleiche.

Vier Monate später, im September 2023 ist die Koralle fast vollständig weiss. Ein klares Anzeichen einer extremen Korallenbleiche, was bedeutet, dass die Koralle ihre symbiotischen Algen abgestossen hat und in einem stark geschwächten Zustand ist.



Abbildung 59: Nina Eschner Sheleniat September 2023

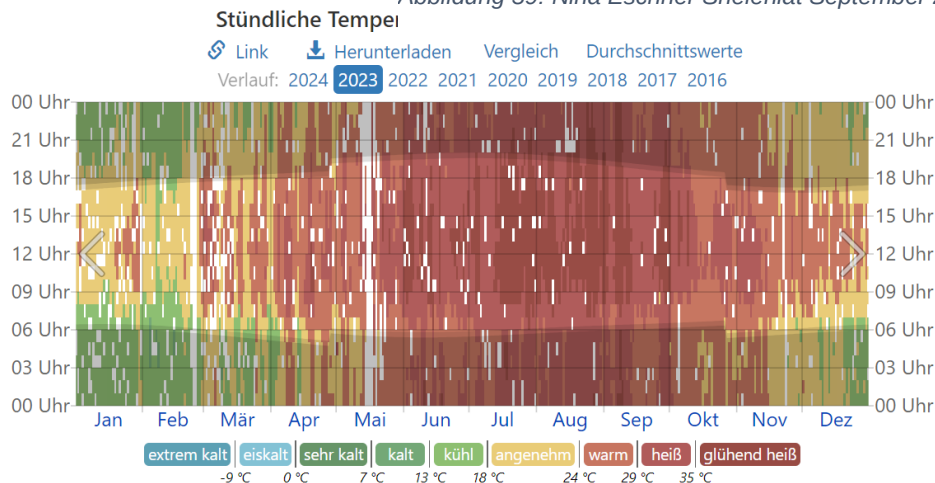


Abbildung 60: Stündliche Temperatur 2023 in Marsa Alam, Ägypten

77

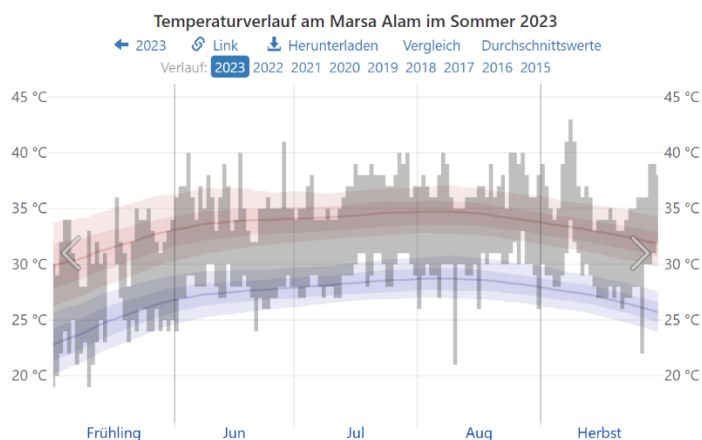


Abbildung 61: Temperaturverlauf in Marsa Alam Sommer 2023

Der Temperaturverlauf im Sommer 2023 und die stündliche Temperatur in Marsa Alam bestätigen (Abbildung 58&59), dass die Temperaturen im Sommer 2023 häufig über 35°C lagen, was zu einem extremen thermischen Stress für die Korallen führte. Die langanhaltenden hohen Temperaturen über mehrere Monate führten wahrscheinlich zur massiven Bleiche, die auf der Abbildung 57 ersichtlich ist.

7.1.4 Zusammenhang der Temperaturdaten von Nina Eschner

From Nina Eschner - nina@sinainina.at oct 2024							Rocky Zabargad	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov
Brothers	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov							
2005	24-25		27-28	27			2005	27	27-30		28-29	27-28	26-27
2006	24-25			26-28		25-26	2006	26-27		30-31		28-29	27
2007		26-28			25-27	24-25	2007	28-29	28-29	29-31	29-31	28-29	26
2008				27-29	26-28	25	2008	27-28		30		28-29	26-27
2009	25-26		26-28	26-27			2009					29	
2010	26-27	28			28-29	27	2010	28-29	29-30	30-31	30-31		29
2011	25-26	27	28-27	27	27	24-25	2011	27	28-29		30	28	
2012	26		29-30	29-30	26-27	24-26	2012		29-31	30-31	30-31	30-31	28-30
2013	27		28		26	25	2013	28	29		30	29	
2014			28-29	28-29	28	25-27	2014	27	29-30	30-31		29	27-28
2015				28-30	28	25-27	2015	26-27	27-29		29-30	28-30	28
2016	26	27-29	28	27-28	26-27	25-26	2016	27-28	28-30		29	28-29	
2017					26	24-25	2017				30	27	26-27
2018		28-29	29	27	25-27	25-26	2018	28	30	31	30-31	30	27
2019		27-28	26-29		26-27	26-27	2019	26-27	29	31	30-31	28-29	26-28
2020 Corona		25-27			26-28		2020 Corona				31		
2021							2021		29-30	30-31			
2022			29-30		26-27	25-26	2022		29-31		30-31	29	
2023	27	27-29		26-28	27	26	2023	30	29-30		31		28-29
2024			30-31		27		2024	27-29		31-32	30-31		
Daedalus	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Elphinstone	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov
2005	24-27						2005	26	26-27	27	26-28	25-26	24-25
2006				25-26		27	2006	25		28-29		27	26
2007		28-29		28	26-28	26-27	2007	25-26	27-29	30	28-30	27-28	26
2008				29	27-28		2008	26-27	27	28	28	26-28	25
2009	25-27			29	28-30	27-29	2009				27-28	27	26-27
2010	26-28	28-29	29	29-30	28-30	27-29	2010	26-28	28	29	28-30	28	27-28
2011	27-28		27-30	27-29	27-29	25-26	2011	26-27	27-29	29-30	28-29	27-28	26
2012		29-30		28-30	28-29	28	2012	26	30	30	28-29	28-29	26-28
2013	27-28		30		26-28	26	2013	27	27-28	29	27-28	26-28	26
2014		27	27-30	29	28	27	2014	26	28	29-30	27-28	26-27	25-26
2015	26		29	28-29	28-29	27	2015	26	26-28		28-29	28-29	25-27
2016	26-27	27-29	27-30	29-30	27-28	27	2016	26-27	28-29		27-28	27	26
2017				29	26	25	2017				27-29	26-27	25
2018		28-29	29	27	25-27	25-26	2018	27	28-29	29	29	27-28	26
2019	26-28	27-29	29-30	29	27-29	27	2019	24-26	28-29	29	28-29	27-28	26-27
2020 Corona		27-29	28-30		27-30		2020 Corona			28	30	28-29	
2021			27-30				2021		27-29	28-29			
2022		27-29	29-31	29-31	28-29	26-27	2022		28-29	28-30	29-30	28-29	26-28
2023	27-30	27-30		28-30	28-29	27-29	2023	27-28	29-30		29-30	27-28	27
2024	26-27		30-31	30-31	28-30		2024	26-27		30-31	29-30	28-29	

Abbildung 63: Nina Eschner Wasserdaten von Brothers und Daedalus, Ägypten

Abbildung 62: Nina Eschner Wasserdaten von Rocky Zabargad und Elphinstone

Die Tabellen zeigen die Wassertemperaturdaten von mehreren Tauchplätzen im Roten Meer (Brother, Daedalus, Rocky/Zabargad und Elphinstone), die von Nina Eschners Tauchcomputer (Suunto) erfasst wurden. Diese Daten erstreckten sich über mehrere Jahre (2005-2023) und dokumentierten die Wassertemperaturen. Zu erwähnen ist, dass bei gewissen Tauchgängen bzw. Messungen verschiedenen Faktoren wichtig sind, da z.B. Thermoklinen oder kalte Strömungen aus tieferen Wasserschichten bis zu 4°C ausmachen können.

In den Jahren 2020 - 2024 steigen die Temperaturen im Sommer, besonders in den Monaten Juli bis September, oft über 30°C, was das Risiko einer Korallenbleiche massiv erhöht. Im Vergleich zu den Jahren 2005 - 2010 ist aus den Daten ersichtlich, dass wesentlich kühlere Temperaturen vorherrschten und die 30°C-Marke selten überschritten wurde. Das bedeutet, dass bessere Bedingungen für das Überleben der Korallen möglich sind. Besonders die Tauchplätze Rocky/Zabargad und Elphinstone zeigen in den Sommermonaten eine klare Erhöhung der Wassertemperaturen, was das Risiko für anhaltenden thermischen Stress und Bleichereignisse verstärkt.

Diese Daten unterstützen die Erkenntnisse der Fallstudie zu den Langzeitveränderungen der Korallen. Die Erwärmung der Ozeane und häufigere Hitzewellen tragen direkt zum Absterben und zur Korallenbleiche bei.

7.2 Interview

In meiner Arbeit habe ich ein Interview mit Nina Eschner geführt, um Einblicke in ihre langjährige Erfahrung und ihre Beobachtungen zur Entwicklung der Korallenriffe zu gewinnen. Um den Fokus auf die wesentlichen Erkenntnisse zu legen, habe ich nur einige ausgewählte Fragen und Antworten in den Hauptteil der Arbeit aufgenommen. Das vollständige Interview, ist im Anhang beigelegt und kann dort nachgelesen werden.

- 1) Welche Veränderungen in der Unterwasserwelt hast du in den letzten 25 Jahren beobachtet, insbesondere in Bezug auf Korallenriffe?

Verschiedenes. Als ich in Sharm el Sheikh zu tauchen begann waren die „lokalen Tauchplätze“ sehr von der grossen Bautätigkeit an der Küste beeinträchtigt.

Die Riffe in der Strasse von Tiran waren in gutem Zustand, bis es ca 1998 zu einer Invasion von Dornenkronen kam, die vor allem Gordon Riff sehr stark in Mitleidenschaft gezogen hat. Auch in Hurghada und im Süden waren einige Riffe schwer betroffen. Es hat einige Jahre gedauert, bis sich die Riffe davon erholten.

Um 2000 gab es ein bisher nicht geklärtes Absterben der Hartkorallen in Abu Nuhas, einem Riff auf der Hurghada Seite, nördlich von Shadwan Island. Dort liegen 4 Wracks.

Erst in den letzten 10-15 Jahren hat sich das Riff erholt und ist fast schöner als vor 20 Jahren. Das kann man fast vom ganzen Norden sagen. Der leidet „noch“ nicht so arg. Das Korallenwachstum hat dort die letzten 5 Jahre eher zugenommen. Allerdings sagen mir viele Guides, die im Norden unterwegs sind, dass es diesen Sommer auch einiges gebleicht hat.

Im Süden des Roten Meeres, wo das Wasser wärmer ist als im Norden merken wir sofort, wenn es zu lang, zu hohe Temperaturen hat, dann ist viel gebleicht. Und die Hochtemperaturphasen werden leider immer länger. Sommer 2023 war schon sehr schlimm mit der Bleiche aber der Sommer 2024 war noch schlimmer. So eine Bleiche habe ich hier noch nie gesehen. Einige Riffe sind wie abgeschabt braun-grau bis zu einer Tiefe von 20-25 Metern. Seichte Riffe hat es ganz schlimm erwischt, wie die Korallengärten in Fury Shoal.

Viel betauchte Plätze z.b. Ras Mohamed oder Hurghada leiden auch unter den Tauchern, denn nicht jeder hat eine gute Tarierung.

- 2) Hast du in Ägypten über die Jahre eine Zunahme der Korallenbleiche beobachtet? Wenn ja, seit wann und in welchem Ausmass?

Definitiv ja. Waren es vor einigen Jahren noch einzelne weisse Flecke, die sich vor allem im September von den restlichen Korallen farblich abhoben, sind es mittlerweile grosse Flächen. Wenn ich mir jetzt, im Herbst 2024, an einem betroffenen Riff einen Quadratmeter anschau finde ich maximal 10 oder 20 cm² intakte Koralle.

Wärmere und kältere Jahre haben sich immer abgewechselt, aber an der Temperaturtabelle kann man sehen, dass es latent wärmer wird. Ich bin auch oft im Sommer einen Monat nicht da, wenn es die Höhepunkte mit 32 Grad Wassertemperatur gibt.

Interessant ist, dass 2023 Daedalus und die Brothers von der Bleiche fast verschont blieben. Sommer 2024 hat aber beiden Riffen sehr zugesetzt. An Daedalus Südplateau sind Herbst 2024 fast alle Korallen bis zu einer Tiefe von 20-25 Meter kaputt. Die höheren Temperaturen kommen schneller und bleiben länger.

- 3) Denkst du die Korallen, so wie wir sie jetzt kennen, existieren auch noch so in der Zukunft?

Mein Trost ist, dass es in Zukunft wahrscheinlich die Menschheit nicht mehr geben wird, aber Korallen schon. Bis jetzt sind auf allen abgestorbenen Korallen wieder neue gewachsen, ansonsten gäbe es ja keine Riffe. Hier gilt auch das Gesetz des Stärkeren. Korallen, die sich an die höheren Temperaturen anpassen können, überleben, andere nicht. Es kommt auch auf die Tiefe an. Z.B. waren heuer 2024 die Riffe bis in eine Tiefe von ca. 20-25 Meter betroffen, und dass zum Teil in noch nie dagewesenes Ausmass. Ab 25 Metern waren die Korallen auf jeden Fall weniger betroffen. Sollte es einen kalten Winter geben, dann wachsen schnell kleine Korallen nach. Auch die Weich oder Lederkorallen sind dann innerhalb von Wochen und Monaten im Frühjahr wieder da.

- 4) Hast du in deiner Erfahrung bemerkt, dass bestimmte präventive Massnahmen tatsächlich einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Koralle haben?

Was für präventive Massnahmen? Gute Moarings – ja. Weniger Tauchschiffe – ja (siehe Sharm el Sheikh, wo seit den politischen Krisen weniger Touristen kommen).

- 5) Was denkst du, sind die wichtigsten Schritte, die unternommen werden müssen, um die Korallenbleiche auf globaler Ebene zu bekämpfen?

Ich bin keine Wissenschaftlerin, aber denke, dass die Bleiche die wir jetzt haben bereits vor Jahren oder Jahrzehnten gemacht worden ist. Jetzt ist sicher alles zu spät ausser es gibt einen kompletten Stopp der Erderwärmung.

- 6) Welche Bedeutung haben Korallenriffe für dich persönlich, und wie beeinflusst ihre Bedrohung durch Korallenbleiche deine Arbeit als Tauchlehrerin?

Da bin ich mal egoistisch und bin froh, dass ich die guten Zeiten noch miterleben durfte. Ich bin sehr traurig und manchmal kommen mir beim Tauchen auch die Tränen. Ich bin verblüfft, wie schnell es mit der Bleiche voranschreitet. Wirklich stark erst seit 2023 und 2024. Das heißt es wird nächstes Jahr noch schlimmer.

Tauchtourismus existiert seit ca. 60 Jahren. Für unsere Stammgäste ist es sehr schlimm, wenn sie die Riffe im Süden jetzt sehen. Die Bleiche macht auch ihre Runde in den Medien und es werden weniger Taucher kommen. Da ich mittlerweile fast 60 bin wird mich das nicht mehr so betreffen wie meine jungen ägyptischen Kollegen, die mit ihrer Arbeit ihre Familie ernähren müssen.

7.3 Vorher nachher Fotos von Korallenbleiche The Ocean Agency

The Ocean Agency⁷⁸ ist eine gemeinnützige Organisation, die sich auf den Schutz der Ozeane und Korallenriffe spezialisiert hat. Sie nutzt innovative Technologien und visuelle Dokumentationen, um das Bewusstsein für den Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Meeresökosysteme zu schärfen. Ein bedeutendes Projekt der Organisation war die Dokumentation von Korallenbleichen weltweit durch Unterwasserfotografie und Filmaufnahmen, die das Ausmass des Problems für eine breite Öffentlichkeit sichtbar gemacht haben.

Von The Ocean Agency wurde mir eine Reihe von Vorher-Nachher Fotos zugeschickt⁷⁹, welche in der zweiten Fallstudie analysiert werden. Die Bilder zeigen eindrucksvoll die Auswirkungen der Korallenbleiche, da sie an derselben Stelle vor und nach einem Bleich-Ereignis aufgenommen wurden. Die Fotos veranschaulichen deutlich, wie schnell und drastisch sich die Korallenriffe durch thermischen Stress und Umweltveränderungen verändern können.



Abbildung 65: The Ocean Agency Richard Vevers, Vorher (Dezember 2014) - Während (Februar 2015) -Nachher (August 2015) Fotos von einer Korallenbleiche in Amerikanisch-Samoa



Abbildung 64: The Ocean Agency Richard Vevers, Vorher (März 2016) – Nachher (May 2016), Lizard Island Australien

⁷⁸ <https://www.theoceanagency.org/about>

⁷⁹ <https://www.theoceanagency.org/ocean-image-bank/before-and-after> Abbildung 64 & 65 & 66



Abbildung 66: The Ocean Agency Richard Vevers, Vorher (August 2015) - Nachher (November 2015)

Die Bilder bieten eine wertvolle visuelle Unterstützung, um die Dringlichkeit und die Folgen der Korallenbleiche für die Zukunft der Meeresökosysteme zu unterstreichen.

7.4 Vorher nachher Fotos von Korallen-Restauration The Ocean Agency

The Ocean Agency setzt sich auch stark für den Schutz und die Wiederherstellung von Korallenriffen ein, insbesondere angesichts der zunehmenden Bedrohungen durch den Klimawandel, die Korallenbleiche und menschliche Eingriffe. Ihre Mission ist es, durch innovative Projekte und strategische Partnerschaften auf die Notlage der Korallenriffe aufmerksam zu machen und gleichzeitig konkrete Massnahmen zur Rettung dieser empfindlichen Ökosysteme zu ergreifen.

The Ocean Agency hat schon mehrere Erfolge verzeichnen dürfen. Einer dieser Erfolge sind Riffrestaurierungen in Indonesien, in der Nähe von Komodo (ca. 500km östlich von Bali).⁸⁰



81

Abbildung 67: The Ocean Agency Martin Colognoli, Vorher (2015) – Nachher (2019) Fotos eines restaurierten Korallenriffes in Komodo, Indonesien

⁸⁰ <https://www.theoceanagency.org/projects>

⁸¹ <https://www.theoceanagency.org/ocean-image-bank/before-and-after> mit Abbildung 67&68&69

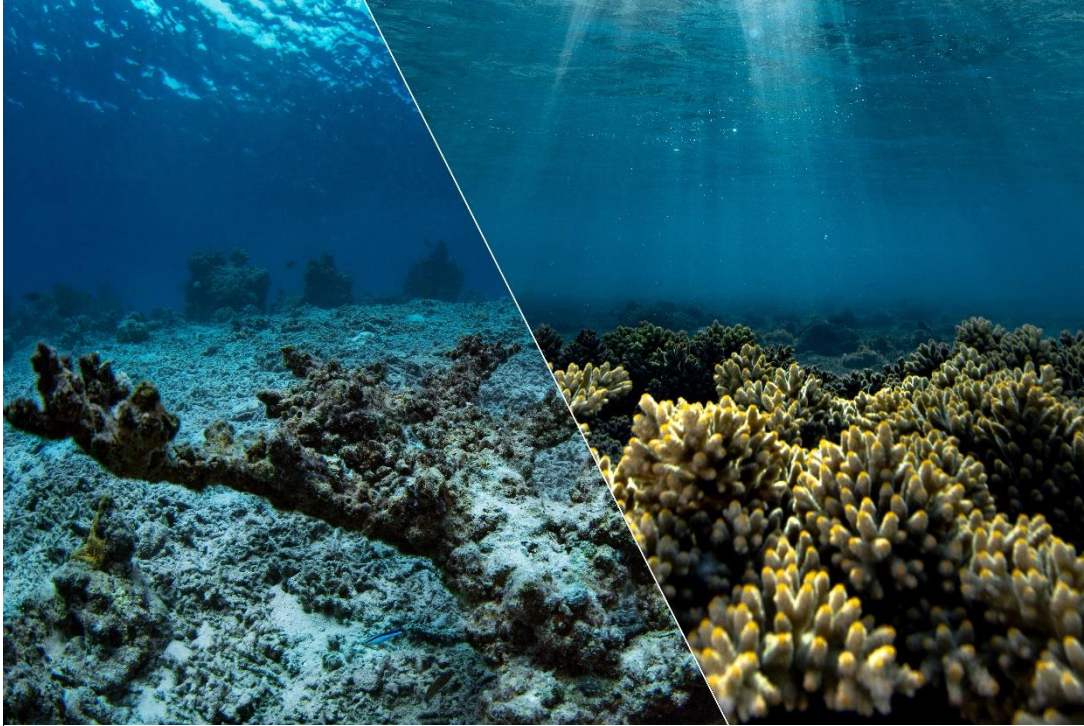


Abbildung 68: The Ocean Agency Martin Colognoli, Vorher (2015) – Nachher (2019) eines restaurierten Korallenriffes in Komodo, Indonesien

Auch hier hat The Ocean Agency eindruckliche Vorher-nachher Fotos von den zerstörten und den anschliessend Restaurierten Riffen gesammelt. Folgende Abbildung 67,68,69⁸² dokumentieren Bereiche im Riff, welche restauriert worden sind.

Die linken Abbildungen wurden im Jahre 2015 erstellt. Sie zeigt den Zustand der Korallenriffe nach einem Korallenbleiche-Ereignis fest. Die Korallen sind komplett abgestorben und das Riff hat einen grauen, leblosen Eindruck. Auf den rechten Abbildungen, aufgenommen im Jahr 2019, sieht man die Ergebnisse erfolgreicher Restaurierungsmassnahmen. Die Korallenriffe sind wieder vital und farbenfroh, die Korallen haben sich erholt und bieten wieder einen Lebensraum für verschiedene Fischarten und Meeresbewohner. Die Farbenvielfalt und das Wachstum der Korallen zeigen, dass sich das Riff durch gezielte Massnahmen, wie das Pflanzen von Korallenfragmenten, wieder regenerieren können. Diese Vorher-Nachher Bilder zeigen die positive Wirkung von Riffrestaurierungsprojekten auf, sowie den dringenden Handlungsbedarf, um gefährdete Korallenriffe weltweit zu schützen und wiederherzustellen.



Abbildung 69: The Ocean Agency Martin Colognoli, Vorher (2015) - Nachher (2019) eines restaurierten Riffes in Komodo, Indonesien

⁸² <https://www.theoceanagency.org/ocean-image-bank/before-and-after> Abbildung 67&68&69

8 Massnahmen zur Prävention der Korallenbleiche

Um die Korallenriffe und ihre einzigartige Biodiversität vor den Folgen der Korallenbleiche zu schützen, sind gezielte und präventive Massnahmen unerlässlich. Korallen sind äusserst empfindlich gegenüber Umweltveränderungen, und die zunehmende Erwärmung der Meere, Verschmutzung und menschliche Aktivitäten setzen ihnen stark zu. Die folgenden fünf Massnahmen können helfen, die Auswirkungen der Korallenbleiche einzudämmen und den Fortbestand der Riffe zu sichern.

Diese fünf Massnahmen bieten Ansätze, um die Folgen der Korallenbleiche zu mindern und langfristig den Erhalt der Korallenriffe zu fördern.

8.1 Verbot bestimmter Sonnencreme

Chemikalien in herkömmlichen Sonnencremes, insbesondere Oxybenzon und Octinoxat⁸³, schädigen Korallen, indem sie das Wachstum der Korallenlarven behindern und den Bleichprozess beschleunigen. Mehrere Länder und Regionen haben daher bereits Sonnencremes mit schädlichen Inhaltsstoffen verboten. Ein generelles Verbot solcher chemischen UV-Filter in Meeresschutzgebieten kann dazu beitragen, die Belastung der Korallenriffe zu reduzieren. Touristen sollten auf umweltfreundliche, mineralische Sonnencremes ohne diese Stoffe hingewiesen und alternative Schutzmassnahmen wie UV-Schutzkleidung empfohlen werden.

8.2 Aufklärungsmassnahmen für Taucher und Schnorchler

Touristen und Tauchbegeisterte tragen oft unabsichtlich zur Schädigung der Korallen bei, sei es durch das Berühren der Korallen oder durch das Herumwirbeln von Sedimenten. Durch umfassende Aufklärungsmassnahmen und Verhaltensregeln können Taucher und Schnorchler lernen, wie sie die Riffe ohne Schaden erkunden können. Schulungen, Informationsblätter und Hinweise vor Ort sollten über die Empfindlichkeit der Korallen informieren und nachhaltige Verhaltensweisen fördern, um unbewusste Schäden an den Korallenriffen zu minimieren.

8.3 Riffrestaurierung durch Korallentransplantation

Eine gezielte Riffrestaurierung, z. B. durch das Transplantieren von Korallenfragmenten, ist eine bewährte Methode zur Erholung geschädigter Riffe. Korallen werden dabei in Korallenzuchtanlagen gezüchtet und später auf degradierte Riffe übertragen, um dort weiter zu wachsen. Durch die Zucht von Korallen in kontrollierten Umgebungen und ihre anschliessende Transplantation auf beschädigte Riffe kann das Ökosystem gezielt wiederhergestellt werden. Diese Massnahme fördert nicht nur die Biodiversität, sondern stabilisiert auch das Riff und erhöht die Chancen auf eine langfristige Erholung.⁸⁴

8.4 Einführung hitzeverträglicher Korallenarten in gefährdete Regionen

Ein innovativer Ansatz zur Unterstützung von Korallenriffen ist der gezielte Transfer von hitzetoleranten Korallenarten in wärmegefährdete Riffgebiete. In Regionen wie dem Roten Meer⁸⁵, wo bestimmte Korallenarten an höhere Temperaturen angepasst sind, könnte man gezielt hitzeresistente Korallenarten in andere tropische Regionen einführen, um deren Riffe widerstandsfähiger zu machen. Durch kontrollierte Versuche und eine sorgfältige Auswahl

⁸³ <https://www.stiftung-meeresschutz.org/themen/meeresverschmutzung/was-ist-korallenfreundlicher-sonnenschutz/>

⁸⁴ https://cdn.shopify.com/s/files/1/0505/4663/9015/files/CG_ImpactReport_23_EN.pdf?v=1711010058

⁸⁵ <https://www.dw.com/de/korallen-im-roten-meer-trotzen-dem-klimawandel/a-60446269>

könnten hitzeresistente Korallenpopulationen gezielt angesiedelt werden, was ihre Überlebenschancen in einem sich erwärmenden Ozean erhöhen würde.

8.5 Reduzierung der Nährstoffbelastung durch Abwässer und Düngemittel

Überschüssige Nährstoffe wie Nitrat und Phosphat aus landwirtschaftlichen Abwässern und Düngemitteln führen zur Überdüngung der Meere und begünstigen das Algenwachstum⁸⁶, welches die Korallen verdrängt und deren Gesundheit beeinträchtigt. Durch strengere Gesetze und den Einsatz nachhaltiger landwirtschaftlicher Methoden kann die Nährstoffbelastung in den Meeren verringert werden. Die Kontrolle der Abwässer und die Förderung umweltfreundlicher Landwirtschaftsmethoden tragen dazu bei, die Nährstoffzufuhr zu reduzieren und das Risiko der Korallenbleiche zu minimieren.

9 Fazit

In meiner Arbeit habe ich die komplexen Ursachen und Auswirkungen der Korallenbleiche sowie mögliche präventive Massnahmen untersucht. Der anthropogene Klimawandel, die damit verbundene Erwärmung der Meere und die Ozeanversauerung sind zentrale Ursachen für dieses Phänomen. Korallenbleiche hat nicht nur schwerwiegende Folgen, wie der Verlust der Artenvielfalt und die Beeinträchtigung mariner Ökosysteme, sondern wirkt sich auch negativ auf den menschlichen Lebensraum aus, insbesondere auf die Wirtschaft von Küstenregionen, die stark vom Tourismus und der Fischerei abhängig sind.

Die Fallstudien, die auf den Fotoaufnahmen, von Nina Eschner und den Vorher-nachher Bildern von The Ocean Agency basieren, verdeutlichen die schleichende Zerstörung von Korallenriffen durch Temperaturerhöhungen. Besonders die Langzeitdokumentation von Nina Eschner zeigt, wie dramatisch sich der Zustand der Korallen über mehrere Jahre verschlechtert hat. Die Fotografien von The Ocean Agency geben eindrucksvolle Beispiele für die unmittelbaren Auswirkungen von Korallenbleichen und zeigen, wie der fortgesetzte thermische Stress zu irreparablen Schäden an den Riffen führt.

Trotz der grossen Herausforderungen bieten Initiativen zur Riffrestaurierung, wie sie in meiner Arbeit thematisiert wurden, Hoffnung für die Zukunft. Diese Projekte zeigen, dass gezielte Schutz- und Wiederherstellungsmassnahmen positive Effekte auf den Erhalt von Korallenriffen haben können.

Um die langfristigen Überlebenschancen der Korallenriffe zu sichern, sind verstärkte Forschungsanstrengungen und politische Massnahmen erforderlich. Die Resilienz der Korallen gegenüber steigenden Temperaturen muss intensiv erforscht werden, insbesondere die Entwicklung hitzetoleranter Korallenarten. Gleichzeitig müssen globale Klimaziele konsequent umgesetzt und verschärft werden, um den Temperaturanstieg der Ozeane zu begrenzen. Die Ausweitung und Überwachung nationaler und internationaler Meeresschutzgebiete sowie die Bekämpfung der Meeresverschmutzung durch Plastik und Chemikalien sind ebenfalls entscheidend.

Zusätzlich sollte die Riffrestaurierung durch den Einsatz von technischen Innovationen, wie künstliche Riffstrukturen und verbesserte Korallentransplantationen, weiter gefördert werden. Die Sensibilisierung der Öffentlichkeit und nachhaltiger Tourismus spielen ebenfalls eine wichtige Rolle, um den Schutz der Korallenriffe langfristig zu gewährleisten.

Nur durch Kombination wissenschaftlicher Forschung, politischer Entschlossenheit und gesellschaftlichem Engagement kann der Schutz der Korallenriffe langfristig sichergestellt werden. Wir müssen jetzt handeln, bevor wir dieses Ökosystem unwiderruflich verlieren.

⁸⁶ <https://worldoceanreview.com/de/wor-4/was-das-meer-zu-leisten-vermag/der-bedrohte-ozean/>

10 Reflexion

Die Erstellung dieser Diplomarbeit über die Ursachen, Auswirkungen und präventiven Massnahmen zur Korallenbleiche stellte sich als anspruchsvoller, aber auch lehrreicher Prozess heraus. Mir war von Beginn an klar, dass dieses Thema sehr komplex ist und die Recherche nach aktuellen Daten herausfordernd wird.

Die Zusammenarbeit mit externen Quellen wie The Ocean Agency oder Coral Gardeners war ein entscheidender Bestandteil dieser Arbeit. Auch die Bilddokumentationen von Nina Eschner und der fachliche Austausch mit ihr hat mir eine gute Grundlage für diese Arbeit gegeben. Die Beschaffung von Bildmaterial und die Analyse von Langzeitbeobachtungen stellten sich als aufwendig, aber äusserst wertvoll heraus. Es war interessant und faszinierend, die sichtbaren Veränderungen von Korallenriffen über die Jahre hinweg zu analysieren und deren Ursachen tiefer zu verstehen.

Rückblickend hätte ich in bestimmten Phasen (vor allem in der Startphase) mehr Zeit für die vertiefende Analyse der Fallstudien einplanen sollen. Die Beschaffung vieler Informationen und Bilder hat mehr Zeit in Anspruch genommen als erwartet. Dies war zurückzuführen, auf die NGOs, die oft mehrere Tage in Anspruch nahmen, um auf meine Nachrichten zu antworten. Dies führte zu unerwarteten Verzögerungen, welche ich wieder aufholen musste.

Während der Recherche wurde mir bewusst, wie eng die Korallenbleiche mit dem menschlichen Verhalten verknüpft ist, sei es durch den Klimawandel, Verschmutzung oder schädliche Tourismuspraktiken. Es ist sehr traurig zu sehen, wie unsere Riffe und deren Ökosysteme zerstört werden.

Eine weitere Schwierigkeit bestand in der Fachsprache. Oft empfand ich es als schwierig, komplexe wissenschaftliche Begriffe verständlich zu erklären, ohne die wissenschaftliche Genauigkeit zu beeinträchtigen. Die Erstellung eines Glossars half dabei, diese Hürde zu überwinden.

Insgesamt bin ich mit dem Ergebnis dieser Diplomarbeit zufrieden. Die intensive Beschäftigung mit dem Thema hat mein Verständnis für marine Ökosysteme und deren Bedrohungen enorm erweitert. Gleichzeitig hat mir die Arbeit gezeigt, wie viel Handlungsbedarf im Schutz der Korallenriffe (und auch marinen Gebieten) besteht. Ich hoffe, dass die Ergebnisse meiner Arbeit zumindest dazu beitragen, das Verständnis für die Bedeutung des Schutzes von Korallenriffen zu vertiefen und die Notwendigkeit von effektiven Massnahmen zur Erhaltung dieser wertvollen Ökosysteme zu verdeutlichen.

10.1 Persönliches Schlusswort

Die Diplomarbeit war für mich nicht nur eine wertvolle akademische Erfahrung, sondern hat auch mein persönliches Interesse und Engagement für den Schutz der Korallenriffe weiter verstärkt. Die intensiven Recherchen und der Austausch mit Experten sowie die Auswertung von Bildmaterial haben mir gezeigt, wie dringlich der Erhalt dieser Ökosysteme ist. Das erworbene Wissen möchte ich in naher Zukunft nutzen, um aktiv im Meeresschutz mitzuwirken, idealerweise durch eine Anstellung bei einer NGO. Mit der geplanten Ausbildung zum Divemaster strebe ich ausserdem an, mein Fachwissen direkt in die Praxis umzusetzen und vor Ort zur Riffrestaurierung beizutragen. Ich freue mich darauf, dieses Thema weiter zu verfolgen und hoffe, einen kleinen Beitrag zum Schutz unserer Meere leisten zu können.

11 Anhang

11.1 Projektstrukturplan & SWOT-Analyse

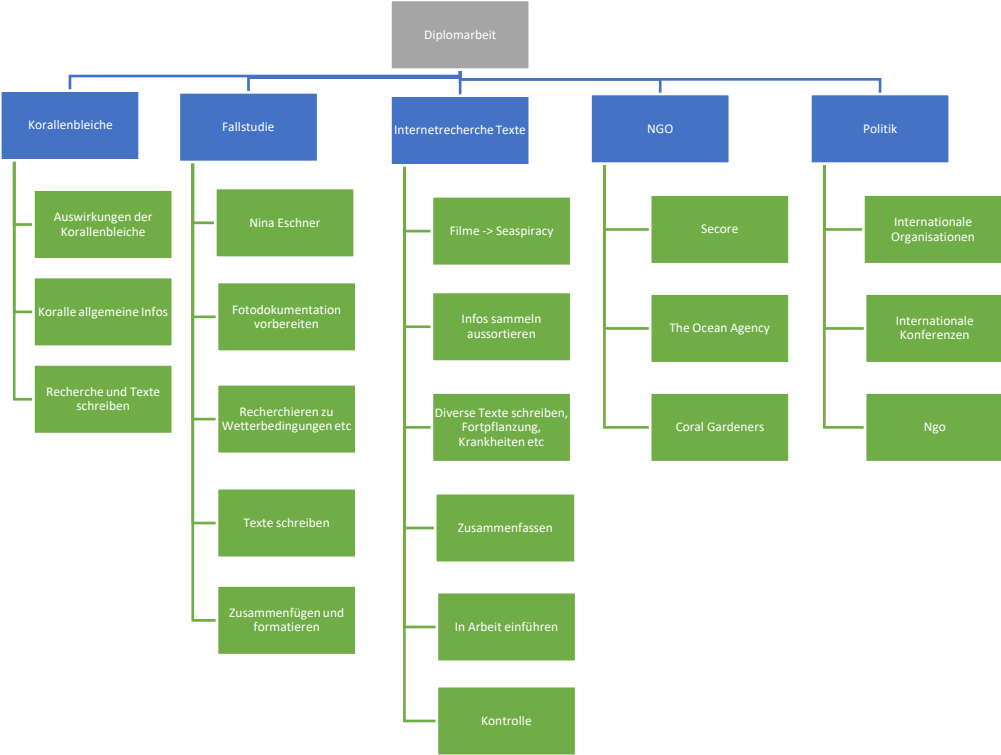


Abbildung 71: Projektstrukturplan

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
+ Aktualität und Relevanz: Die Korallenbleiche ist ein hochaktuelles Umweltthema, das durch den Klimawandel noch stärker in den Fokus rückt. + Vielfältige Datenquelle: Mit der Einbindung von Interview, Fallstudien und Fotos von Tauchern & NGOs werden viele verschiedene Datenquellen benutzt. + Visuelle Unterstützung: Mit den Vorher-Nachher Fotos von The Ocean Agency kann ein sehr gutes, bildliches Verständnis der Korallenbleiche abgegeben werden. + Praktische Lösungsansätze: Die Arbeit schlägt konkrete Massnahmen vor, wie Korallenriffe geschützt und restauriert werden können.	- Komplexität des Themas: Die Ursachen und Folgen der Korallenbleiche sind sehr komplex, was eine Erklärung oder eine Darstellung schwierig macht. - Fachbegriffe: Die Arbeit enthält viele Fachbegriffe, die für Laien schwer verständlich sein können. - Abhängigkeit von Drittpersonen / NGO: Die Abhängigkeit von Bildmaterial und Daten von Dritten kann den Umfang und die Flexibilität der Arbeit einschränken.
Chancen (Opportunities)	Risiken (Threats)
+ Sensibilisierung der Öffentlichkeit: Die Arbeit kann als Grundlage dienen, um breiteres Bewusstsein für das Thema und den Schutz der Korallenriffe zu fördern. + Zusammenarbeit mit NGOs: Die NGOs haben vielleicht auch Interesse ‚mitzuarbeiten‘ und wissenschaftliche Erkenntnisse zu teilen (z.B. Jahresbericht von Coral Gardeners). + Bildung: Diese Arbeit könnte als wertvolle Quelle für Schulen etc. dienen, um das Wissen über die Korallenbleiche und deren Ursachen zu verbreiten und aufzuklären.	- Veränderliche Datenlage: Da das Thema stark vom aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung ist, könnten neue Erkenntnisse die Arbeit überholen. - Aufmerksamkeit: Aufgrund der Vielzahl an Umweltproblemen könnte es herausfordernd sein, Aufmerksamkeit für das Thema Korallenbleiche zu gewinnen. - Verfügbarkeit von Ressourcen: Begrenzter Zugang zu Bildmaterial oder wissenschaftlichen Daten könnte die Tiefe der Analyse beeinträchtigen.

Abbildung 70: SWOT-Analyse

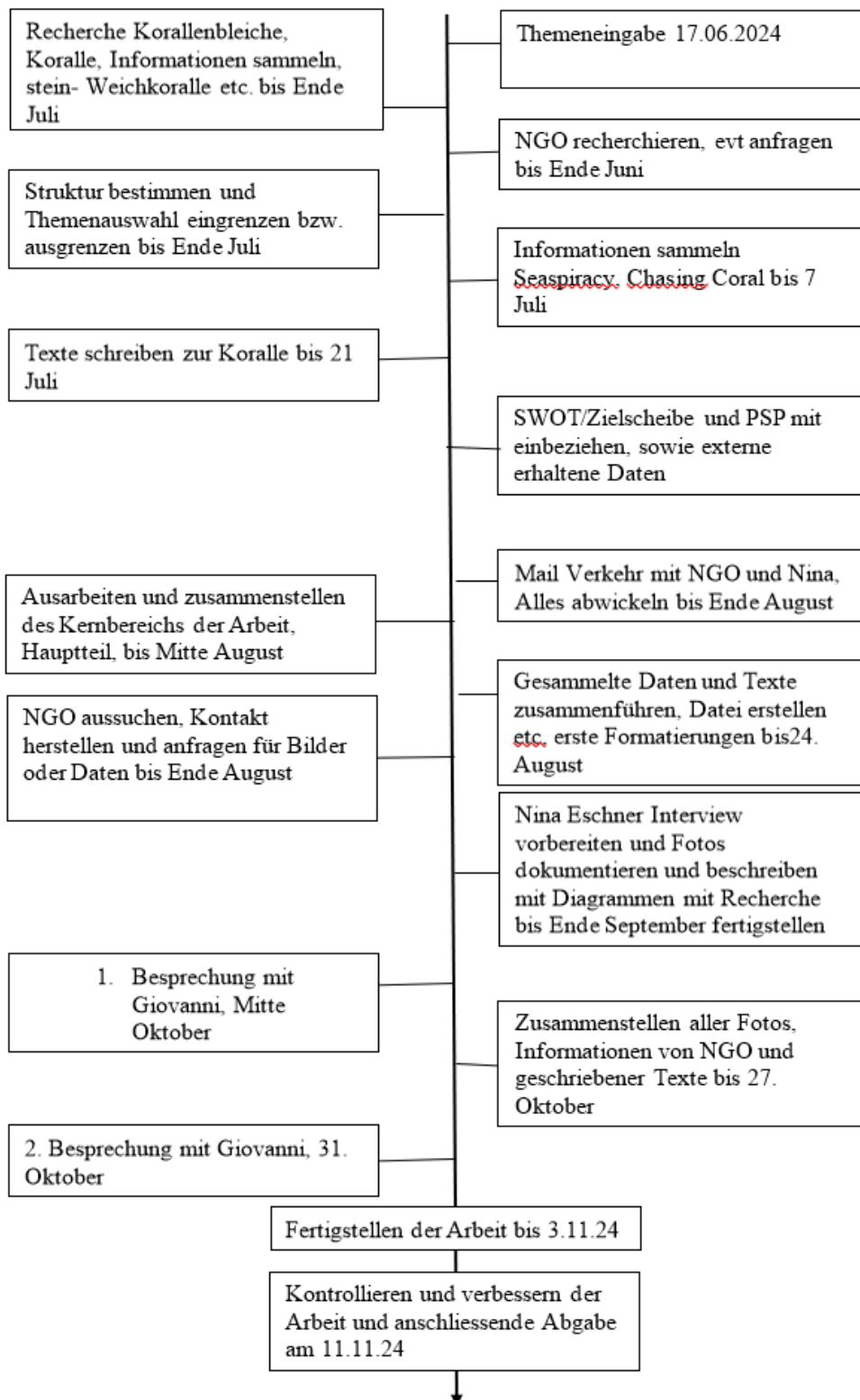


Abbildung 72: Planung der Arbeit

11.2 Nina Eschner

11.2.1 Excel Tabelle Wassertemperaturen

Rotes Meer Wassertemperaturen in Celsius mit Suunto Tuchcomputer.

Von Nina Eschner - nina@sinainina.at Oktober 2024

Brothers	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov
2005	24-25		27-28	27		
2006	24-25			26-28		25-26
2007		26-28			25-27	24-25
2008				27-29	26-28	25
2009	25-26		26-28	26-27		
2010	26-27	28			28-29	27
2011	25-26	27	28-27	27	27	24-25
2012	26		29-30	29-30	26-27	24-26
2013	27		28		26	25
2014			28-29	28-29	28	25-27
2015				28-30	28	25-27
2016	26	27-29	28	27-28	26-27	25-26
2017					26	24-25
2018		28-29	29	27	25-27	25-26
2019		27-28	26-29		26-27	26-27
2020 Corona		25-27			26-28	
2021						
2022			29-30		26-27	25-26
2023	27	27-29		26-28	27	26
2024			30-31		27	

Daedalus	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov
2005	24-27					
2006				25-26		
2007		28-29		28	27	27
2008				28	26-28	26-27
2009	25-27			29	27-28	
2010	26-28	28-29	29	29-30	28-30	27-29
2011	27-28		27-30	27-29	27-29	25-26
2012		29-30		28-30	28-29	28
2013	27-28		30		26-28	26
2014		27	27-30	29	28	27

Ursachen und Auswirkungen der Korallenbleiche sowie präventive Massnahmen

2015	26		29	28-29	28-29	27
2016	26-27	27-29	27-30	29-30	27-28	27
2017				29	26	25
2018		28-29	29	27	25-27	25-26
2019	26-28	27-29	29-30	29	27-29	27
2020 Corona		27-29	28-30		27-30	
2021			27-30			
2022		27-29	29-31	29-31	28-29	26-27
2023	27-30	27-30		28-30	28-29	27-29
2024	26-27		30-31	30-31	28-30	

**St. Johns & Rocky
Zabargad**

	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov
2005	27	27-30		28-29	27-28	26-27
2006	26-27		30-31		28-29	27
2007	28-29	28-29	29-31	29-31	28-29	26
2008	27-28		30		28-29	26-27
2009					29	
2010	28-29	29-30	30-31	30-31		29
2011	27	28-29		30	28	
2012		29-31	30-31	30-31	30-31	28-30
2013	28	29		30	29	
2014	27	29-30	30-31		29	27-28
2015	26-27	27-29		29-30	28-30	28
2016	27-28	28-30		29	28-29	
2017				30	27	26-27
2018	28	30	31	30-31	30	27
2019	26-27	29	31	30-31	28-29	26-28
2020 Corona				31		
2021		29-30	30-31			
2022		29-31		30-31	29	
2023	30	29-30		31		28-29
2024	27-29		31-32	30-31		

Elphinstone

	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov
2005	26	26-27	27	26-28	25-26	24-25
2006	25		28-29		27	26
2007	25-26	27-29	30	28-30	27-28	26

2008	26-27	27	28	28	26-28	25
2009				27-28	27	26-27
2010	26-28	28	29	28-30	28	27-28
2011	26-27	27-29	29-30	28-29	27-28	26
2012	26	30	30	28-29	28-29	26-28
2013	27	27-28	29	27-28	26-28	26
2014	26	28	29-30	27-28	26-27	25-26
2015	26	26-28		28-29	28-29	25-27
2016	26-27	28-29		27-28	27	26
2017				27-29	26-27	25
2018	27	28-29	29	29	27-28	26
2019	24-26	28-29	29	28-29	27-28	26-27
2020 Corona			28	30	28-29	
2021		27-29	28-29			
2022		28-29	28-30	29-30	28-29	26-28
2023	27-28	29-30		29-30	27-28	27
2024	26-27		30-31	29-30	28-29	

Es hängt davon ab, ob ich zu Beginn oder Ende eines Monats an einer bestimmten Stelle getaucht bin. Manchmal gibt es Thermoklinen, bei denen die Temperaturunterschiede über 4 Grad betragen, wobei kalte Strömungen aus grösseren Tiefen aufsteigen (Notiz von Nina Eschner).

11.2.2 Interview

- 1) Wie lange arbeitest du bereits als Tauchlehrerin, und was hat dich ursprünglich dazu inspiriert, in diesem Bereich tätig zu werden?

1996 kam ich als Touristin für einen zweiwöchigen Tauchurlaub nach Sharm el Sheikh und war vom Meer, dem Tauchen begeistert. Nach meinem dritten Urlaub im Frühjahr 1997 beschloss ich im Sommer für drei Monate zu kommen und meinen Rescue und Divemaster Kurs zu machen. Im Herbst kehrte ich nach Österreich zurück. Da ich damals keinen permanenten Job hatte und mich das Tauchfieber gepackt hatte, buchte ich für November einen Einfach Flug und hatte das Glück gleich Arbeit als Diveguide in Sharm zu bekommen. 1998 machte ich meinen Tauchlehrer. Mein Ziel war es auf einem Safariboot zu arbeiten. 1999 war ich dann bereits eine ganze Saison auf der Ghazala I im Norden unterwegs. Die darauffolgenden zwei Jahre arbeitete ich von Sharm aus auf kleinen Safaribooten und auch in verschiedenen Tauchcentern als Tauchlehrerin. Von 2002-2006 war ich Diveguide auf der Ghazala Voyager im Norden aber auch im Süden unterwegs und seit 2007 arbeite ich bei Blue Planet Liveboards.

- 2) Welche Veränderungen in der Unterwasserwelt hast du in den letzten 25 Jahren beobachtet, insbesondere in Bezug auf Korallenriffe?

Verschiedenes. Als ich in Sharm el Sheikh zu tauchen begann waren die „lokalen Tauchplätze“ sehr von der grossen Bautätigkeit an der Küste beeinträchtigt.

Die Riffe in der Strasse von Tiran waren in gutem Zustand, bis es ca. 1998 zu einer Invasion von Dornenkronen kam, die vor allem Gordon Riff sehr stark in Mitleidenschaft gezogen hat. Auch in Hurghada und im Süden waren einige Riffe schwer betroffen. Es hat einige Jahre gedauert, bis sich die Riffe davon erholten.

Um 2000 gab es ein bisher nicht geklärtes Absterben der Hartkorallen in Abu Nuhas, einem Riff auf der Hurghada Seite, nördlich von Shadwan Island. Dort liegen 4 Wracks.

Erst in den letzten 10-15 Jahren hat sich das Riff erholt und ist fast schöner als vor 20 Jahren. Das kann man fast vom ganzen Norden sagen. Der leidet „noch“ nicht so arg. Das Korallenwachstum hat dort die letzten 5 Jahre eher zugenommen. Allerdings sagen mir viele Guides die im Norden unterwegs sind das es diesen Sommer auch einiges gebleicht hat.

Im Süden des Roten Meeres, wo das Wasser wärmer ist als im Norden merken wir sofort wenn es zu lang zu hohe Temperaturen hat, dann ist viel gebleicht. Und die Hochtemperaturphasen werden leider immer länger. Sommer 2023 war schon sehr schlimm mit Bleiche aber der Sommer 2024 war noch schlimmer. So eine Bleiche hab ich hier noch nie gesehen. Einige Riffe sind wie abgeschabt braun-grau bis zu einer Tiefe von 20-25 Metern. Seichte Riffe hat es ganz schlimm erwischt, wie die Korallengärten in Fury Shoal.

Viel betauchte Plätze z.b. Ras Mohamed oder Hurghada leiden auch unter den Tauchern, denn nicht jeder hat eine gute Tarierung.

- 3) Hast du in Ägypten über die Jahre eine Zunahme der Korallenbleiche beobachtet?
Wenn ja, seit wann und in welchem Ausmass?

Definitiv ja. Waren es vor einigen Jahren noch einzelne weiße Flecke, die sich vor allem im September von den restlichen Korallen farblich abhoben, sind es mittlerweile große Flächen. Wenn ich mir jetzt, im Herbst 2024, an einem betroffenen Riff einen Quadratmeter anschau finde ich maximal 10 oder 20 cm² intakte Koralle.

Wärmere und kältere Jahre haben sich immer abgewechselt, aber an der Temperaturtabelle kann man sehen, dass es latent wärmer wird. Ich bin auch oft im Sommer einen Monat nicht da, wenn es die Höhepunkte mit 32 Grad Wassertemperatur gibt.

Interessant ist, dass 2023 Daedalus und die Brothers von der Bleiche fast verschont blieben. Sommer 2024 hat aber beiden Riffen sehr zugesetzt. An Daedalus Südplateau sind Herbst 2024 fast alle Korallen bis zu einer Tiefe von 20-25 Meter kaputt. Die höheren Temperaturen kommen schneller und bleiben länger.

- 4) Welche Korallenarten sind deiner Erfahrung nach am stärksten von der Korallenbleiche betroffen?

Waren es vor ein paar Jahren noch einzelne kleine feine und anscheinend sensible Korallen (ich kenne die Namen der einzelnen Hartkorallen leider nicht) sind es mittlerweile uralte große Steinkorallen die bereits im Sommer bleichen, im Herbst dann mit Algen überzogen sind und das Jahr darauf nur mehr braun oder grau sind.

- 5) Denkst du die Korallen, so wie wir sie jetzt kennen, existieren auch noch so in der Zukunft?

Mein Trost ist, dass es in Zukunft wahrscheinlich die Menschheit nicht mehr geben wird, aber Korallen schon. Bis jetzt sind auf allen abgestorbenen Korallen wieder neue gewachsen, ansonsten gäbe es ja keine Riffe. Hier gilt auch das Gesetz des Stärkeren. Korallen, die sich an die höheren Temperaturen anpassen können, überleben, andere nicht. Es kommt auch auf die Tiefe an. Z.b. waren heuer 2024 die Riffe bis in eine Tiefe von ca. 20-25 Meter betroffen, und dass zum Teil in noch nie dagewesenes Ausmaß. Ab 25 Metern waren die Korallen auf jeden Fall weniger betroffen.

Sollte es einen kalten Winter geben, dann wachsen schnell kleine Korallen nach. Auch die Weich oder Lederkorallen sind dann innerhalb von Wochen und Monaten im Frühjahr wieder da.

- 6) Welche Massnahmen werden in Ägypten unternommen, um Korallenriffe zu schützen?

Staatliche Regulationen gibt es:

Für Boote, die dürfen nicht an Tauchplätzen ankern, sondern müssen Leinen sogenannte „Moarings“ verwenden. Für die Moarings ist HEPCA, eine Umweltschutz Behörde (<https://www.hepca.org/>) zuständig. Die beweihräuchert sich gerne selbst wie viele Moarings sie immer wieder neu machen und warten. Allerdings kenne ich viele Plätze im Süden, wo sie es nicht schaffen, obwohl das Ausmaß der Zerstörung durch die Safari- und Tagesboote enorm ist. Z.b. in Marsa Mubarak haben sie über 10 Jahre zugeschaut und dann laut aufgeschrien über den Zustand der Korallen. Als Lösung haben sie einfach die Bucht für Safariboote gesperrt, obwohl die zuerst da waren. Das kreide ich HEPCA und den Behörden stark an. Im Moment bahnt sich so eine Situation für Marsa Shona an. HEPCA rührt seit Jahren keinen Finger in Sachen Moarings in Marsa Shona.

Jedes Jahr gibt es auch einen 2–3-monatiges Fischfangverbot für die lokale Fischerei, damit sich die Bestände erholen.

Für die globale Klimakrise kann aber auch Ägypten nichts machen. Es ist immer noch ein armes Land und Tourismus ist Einnahmequelle Nummer 3, nach dem Suezkanal und Gasexporten. Durch den Gaza Krieg sieht es wirtschaftlich im Moment ganz schlecht aus und die Militärregierung hat auch keine guten Wirtschaftsberater oder ist Beratungsresistent.

- 7) Welche Rollen spielen lokale Tauchschulen und Tourismusunternehmen beim Schutz der Korallenriffe?

Die wollen alle verdienen. Allerdings werden die mittlerweile von der CDWS (<https://www.cdws.travel/>) Chamber for diving and watersports. Kontrolliert. Alle Tauch und Schnorchelguides müssen einen Test absolvieren der u.a. auch der Schutz der Riffe, Richtiges Verhalten etc. beinhaltet.

- 8) Hast du in deiner Erfahrung bemerkt, dass bestimmte präventive Massnahmen tatsächlich einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Koralle haben?

Was für präventive Massnahmen? Gute Moarings – ja. Weniger Tauchschiffe – ja (siehe Sharm el Sheikh, wo seit den politischen Krisen weniger Touristen kommen).

- 9) Glaubst du, dass durch internationale und lokale Initiativen die Korallenriffe langfristig erhalten werden können? Warum oder warum nicht?

Ich kann mir nicht vorstellen dass sich die internationale Industrie, allen voran China und USA auf eine Reduktion ihrer Produktionen, weniger Müll, weniger Abgase einlässt.

- 10) Was denkst du, sind die wichtigsten Schritte, die unternommen werden müssen, um die Korallenbleiche auf globaler Ebene zu bekämpfen?

Ich bin keine Wissenschaftlerin, aber denke, dass die Bleiche die wir jetzt haben bereits vor Jahren oder Jahrzehnten gemacht worden ist. Jetzt ist sicher alles zu spät außer es gibt einen kompletten Stopp der Erderwärmung.

- 11) Welche Bedeutung haben Korallenriffe für dich persönlich, und wie beeinflusst ihre Bedrohung durch Korallenbleiche deine Arbeit als Tauchlehrerin?

Da bin ich mal egoistisch und bin froh, dass ich die guten Zeiten noch miterleben durfte. Ich bin sehr traurig und manchmal kommen mir beim Tauchen auch die Tränen. Ich bin verblüfft, wie schnell es mit der Bleiche voranschreitet. Wirklich stark erst seit 2023 und 2024. Das heißt es wird nächstes Jahr noch ärger.

Tauchtourismus existiert seit ca. 60 Jahren. Für unsere Stammgäste ist es sehr schlimm, wenn sie die Riffe im Süden jetzt sehen. Die Bleiche macht auch ihre Runde in den Medien und es werden weniger Taucher kommen. Da ich mittlerweile fast 60 bin wird mich das nicht mehr so betreffen wie meine jungen ägyptischen Kollegen, die mit ihrer Arbeit ihre Familie ernähren müssen.

- 12) Was würdest du anderen Tauchern und Touristen raten, die die Korallenriffe besuchen, um die Schäden an diesen wertvollen Ökosystemen zu minimieren?

Leider ist es so, dass das, was wir lieben, wir auch zerstören. Wie auch an vielen anderen Plätzen des Massentourismus. Um es zu schützen dürften wir nicht mehr fliegen, Autofahren etc. Wenn keine Touristen mehr kommen, bricht das Land wirtschaftlich zusammen. Es wird wieder mehr gefischt werden damit die Leute was zu essen haben und somit das Meer auch nicht wirklich geschützt.

Taucher sollen kommen, vielleicht hilft es bei manchen ein Umdenken über den eigenen Konsum zu bewirken und sorgsamer mit der Umwelt umzugehen.

- 13) Hast du über die Jahre spezifische Umweltbedingungen (z.B. Wassertemperatur, Salzgehalt, Sonneneinstrahlung) beobachtet, die vermehrt zur Korallenbleiche geführt hat? Wenn ja, welche?

Salzgehalt und Sonneneinstrahlung kann ich nicht beantworten. Temperaturanstieg ja. Siehe angefügte Tabelle. Ich habe die Temperaturen an angegebenen Tauchplätzen über Jahre notiert.

- 14) Wie würdest du den Prozess der Korallenbleiche aus deiner praktischen Erfahrung heraus beschreiben? Gibt es erkennbare Frühwarnzeichen, bevor Korallen anfangen zu bleichen?

Ein Biologe hat mir mal erklärt, dass Hartkorallen, wenn sie unter Stress stehen, braun werden, obwohl sie sonst auch bunt sein können (z.B. Finger oder Himbeerkorallen rosarot oder hellblau). Sollte es dann wieder kühler werden kommt die Farbigkeit zurück. Wenn es weiter warm bleibt, bzw. wärmer wird werden viele der Korallen zuerst leuchtend hellblau und danach weiß. Frühwarnzeichen erkenne ich keine. Bis zu einem gewissen Stadium kann sich die Koralle auch wieder erholen, wenn die Wassertemperatur abkühlt. Bei Steinkorallen sieht man das auch sehr partiell. Einige Stellen sind abgestorben, der Rest lebt. Oder manchmal sieht man Fingerkorallen wo die eine Hälfte grau, die andere färbig ist.

- 15) Wie wirkt sich die Korallenbleiche auf das gesamte Ökosystem der Riffe aus? Hast du Veränderungen in der Artenvielfalt und im Verhalten der Fische oder anderer Lebewesen beobachtet?

Viele kleine Fische leben in Korallen. Z.b. Damsselfische in Fingerkorallen. Einige Fische ernähren sich auch von Korallenpolypen. In abgestorbenen Korallen sehe ich keine Fische. Anscheinend passt das dann nicht mehr für die Fische. Wenn aber weniger kleine Fische da sind, wird es auch weniger zu fressen für größere Fische geben. Es hängt immer alles zusammen. Definitiv ist an Riffen wo viele Korallen abgestorben sind weniger Leben. Ich denke, dass auch einige Fische, wenn es von der Rifftopografie möglich ist, in tiefere Tiefen gehen wo es kühler ist. Sobald es kühler wird, sind auch wieder mehr kleine Fische zu sehen, wo immer sie auch einen Unterschlupf finden.

- 16) inwiefern glaubst du, dass sich Korallenriffe nach einer Bleiche regenerieren können, basierend auf dem, was du vor Ort gesehen hast?

Irgendwo überleben Korallensporen und setzen sich wieder an und wachsen wenn das Klima passt. Allerdings passiert das im großen Umfang sicher nicht in unseren limitierten Menschenleben denken. Das dauert Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Kleine Korallenarten wachsen allerdings sehr schnell. Siehe das Beispiel von Abu Nuhas, wo es hauptsächlich Finger, Himber, Hirschgeweih und Tischkorallen gibt.

- 17) Welche präventiven Massnahmen, wie die Zucht widerstandsfähiger Korallen oder die künstliche Riffbildung, findest du vielversprechend? Hast du in Ägypten solche Projekte beobachtet?

Hin und wieder sieht man an bestimmten Plätzen Tafeln mit Nummern zur Korallenbeobachtung. Wer das jeweils macht, weiß ich nicht. Ich nehme an das es auch wissenschaftliche Aufzucht Stationen gibt. Ich kenne die aber nicht.

Interview erstellt von:

Datei erstellt: 03.10.2024 Küssnacht am Rigi

Philip Sidler

Stegriedstr. 4

6403 Küssnacht am Rigi

Schweiz

Tel. Nr : +41 78 624 22 90

Mail: philip.sidler@hotmail.com

Interview geführt mit:

Nina Eschner

Voltastr. 50

4040 Linz

Österreich

Tel. Nr.: Egypt: +20 122 4940089

Österreich: +43 0699 81369867

Mail: nina@sinainina.at

www.sinainina.at

11.3 Filme

Seaspiracy ([Link](#))

Chasing Coral ([Link](#))

11.4 Glossar

Steinkorallen	Kalkbindende Korallen
Weichkorallen	Flexible Korallen ohne Kalkskelett
Zooxathellen	Symbiotische Algen in Korallen
Symbiose	Lebensgemeinschaft zweier Arten
Korallenbleiche	Verlust von Zooxanthellen
Broadcast Spawning	Gleichzeitige Ei- und Spermafreisetzung
Brooding	Innere Befruchtung der Eier
Fragmentierung	Asexuelle Vermehrung durch Abbruch
Ozeanversauerung	pH-Abnahme durch CO ²
Algenblüte	Übermässiges Algenwachstum
Anthropogener Klimawandel	Menschengemachte Klimaerwärmung
Kalkskelett	Gerüst aus Calciumcarbonat von Korallen
El Niño	Klimaphänomen
Riffrestaurierung	Wiederherstellung geschädigter Riffe
Hitzetolerante Korallenarten	Temperaturresistente Korallen
Kohlenstoffbindung	Co ² Aufnahme in Kalkstrukturen
Sedimentablagerung	Ansammlung von Erdmaterial
Degree Heating Weeks (DHW)	Wärmestress-Messung
Nesselzellen	Zellen zur Verteidigung, Beutejagd
Polyp	Kleinste Lebeseinheit der Koralle
Planula-Larven	Schwimmendes Larvenstadium
Rifftransplantation	Verpflanzungen von Korallenfragmenten
Überfischung	Übermässiges Fangen von Fischen
Wachstumsschub	Schnelles Korallenwachstum
Korallenlarven	Frühes Entwicklungsstadium der Korallen
Endemisch	Nur an einem Ort vorkommend
Biomineralisation	Bildung von Mineralien durch Organismen
Photoemissionselektronenmikroskop	Gerät zur Materialanalyse (Oberfläche Koralle)
Purpur	Rote bis violette Farbe
Asexuelle Fortpflanzung	Vermehrung ohne Befruchtung
Oxybenzon & Octinoxat	Chemikalien in Sonnencremen
Natriumcyanid	Gift für Fischfang

Karbonationen

CO²-Ionen im Wasser

Diveguide

Tauchführer, Tauchbegleiter

Thermoklinen

Temperaturunterschiede im Wasser

Tarierung

Kontrolle des Auftriebs beim Tauchen

Moarings

Festmachbojen für Boote

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: vorher-nachher Foto Korallenriff, (The Ocean Agency, Richard Vevers, American Samoa).....	1
Abbildung 2: Verschiedene Riffarten.....	2
Abbildung 3: Aufbau einer Steinkoralle	4
Abbildung 4: Vorkommen der Korallenriffe weltweit	5
Abbildung 5: Küstenschutz durch Korallenriffe	5
Abbildung 6: Bestand des Pazifischer Blauflossen Thunfisch im Vergleich von 1970 und heute	6
Abbildung 7: Verschiedene Thunfischarten.....	7
Abbildung 8: Weltweit gefährdete Riffe und deren Auswirkung auf den Menschen	7
Abbildung 9: Oberfläche einer Steinkoralle	8
Abbildung 10: Unterschiedliche Orientierung der Kalkkristallen (Oberfläche einer Koralle unter einem Photoemissionselektronenmikroskop	8
Abbildung 11: Nahrungspyramide im pazifischen Ozean	9
Abbildung 12: Globale Karte bedrohter Korallenriffe (Grafik von ORF.AT, 2006)	10
Abbildung 13: Aufgeschnittene Steinkoralle	11
Abbildung 14: Innere Systematik der Steinkoralle	11
Abbildung 15: Hirnkoralle Faviidae.....	12
Abbildung 16: Tischkoralle Acroporidae, Philip Sidler	12
Abbildung 17: Sternkoralle Montastraeidae.....	12
Abbildung 18: Elchgeweihkoralle Acropora palmata, Angari Foundation Kevin Davidson	13
Abbildung 19: Blumen- oder Buschkorallen Pocillopora meandrina	13
Abbildung 20: Fingerkoralle Porites porites.....	14
Abbildung 21: Pilzkoralle Fungiidae, Elias Barnreiter Photography	14
Abbildung 22: Lederkoralle Alcyoniidae	15
Abbildung 23: Pilzlederkoralle Sarcophyton	15
Abbildung 24: Seefächerkoralle Gorgoniidae, Philip Sidler	15
Abbildung 25: Röhrenkoralle Tubipora musica.....	16
Abbildung 26: Fingerlederkoralle Lobophytum	16
Abbildung 27: Broadcast Spawning der Koralle Dipsastraea.....	17
Abbildung 28: Karte aller Korallenriffe, die von einer Korallenbleiche bedroht sind	18
Abbildung 29: Temperaturanomalien zwischen 1880 und 2000	19
Abbildung 30: Seaspiracy Film 2021.....	19
Abbildung 31: Globaler Fischfang, Seaspiracy.....	20
Abbildung 32: Rückgang der Fischpopulationen	20
Abbildung 33: Beispiel Ozeanversauerung auf Muscheln	21
Abbildung 34: Schwarze Bandkrankheit (BBD)	22
Abbildung 35: Korallenbleiche The Ocean Agency, Richard Vevers, Malediven 2016	22
Abbildung 36: Coral Gardeners Vorher-Nachher Foto eines Restauriertem Korallenriff	24
Abbildung 37: 3-D Technologie von Coral Gardeners für Korallenriffe	24
Abbildung 38: Fakten Coral Gardeners.....	25
Abbildung 39: Nina Eschner Abu Galawa September 2012	27
Abbildung 40: Nina Eschner Abu Galawa April 2013	27
Abbildung 41: Nina Eschner Abu Galawa Oktober 2013	28
Abbildung 42: Nina Eschner Abu Galawa 2023.....	28
Abbildung 43: Temperaturverlauf Juni 2014 in Marsa Alam, Ägypten	29
Abbildung 44: Temperaturverlauf Juli 2014 in Marsa Alam, Ägypten	29
Abbildung 45: Nina Eschner Shaab Claude August 2014	30
Abbildung 46: Nina Eschner Shaab Claude Oktober 2014.....	30
Abbildung 47: Nina Eschner Shaab Claude September 2017	31
Abbildung 48: Nina Eschner Shaab Claude Oktober 2017	31
Abbildung 49: Stündliche Temperatur im Jahr 2017 in Marsa Alam, Ägypten	32
Abbildung 50: Nina Eschner Shaab Claude September 2023	32

Abbildung 51: Nina Eschner Shaab Claude 2023	32
Abbildung 52: Nina Eschner Sheleniat Mai 2005	33
Abbildung 53: Nina Eschner Sheleniat Juli 2013.....	33
Abbildung 54: Nina Eschner Sheleniat 2014	33
Abbildung 55: Nina Eschner Sheleniat 2015	33
Abbildung 56: Nina Eschner Sheleniat 2018	34
Abbildung 57: Nina Eschner Sheleniat 2016	34
Abbildung 58: Nina Eschner Sheleniat Mai 2023	34
Abbildung 59: Nina Eschner Sheleniat September 2023.....	35
Abbildung 60: Stündliche Temperatur 2023 in Marsa Alam, Ägypten.....	35
Abbildung 61: Temperaturverlauf in Marsa Alam Sommer 2023	35
Abbildung 62: Nina Eschner Wasserdaten von Rocky Zabargad und Elphistone	36
Abbildung 63: Nina Eschner Wasserdaten von Brothers und Daedalus, Ägypten	36
Abbildung 64: The Ocean Agency Richard Vevers, Vorher (März 2016) – Nachher (May 2016), Lizard Island Australien.....	40
Abbildung 65: The Ocean Agency Richard Vevers, Vorher (Dezember 2014) - Während (Februar 2015) -Nachher (August 2015) Fotos von einer Korallenbleiche in Amerikanisch-Samoa.....	40
Abbildung 66: The Ocean Agency Richard Vevers, Vorher (August 2015) - Nachher (November 2015).....	41
Abbildung 67: The Ocean Agency Martin Colognoli, Vorher (2015) – Nachher (2019) Fotos eines restaurierten Korallenriffes in Komodo, Indonesien	41
Abbildung 68: The Ocean Agency Martin Colognoli, Vorher (2015) – Nachher (2019) eines restaurierten Korallenriffes in Komodo, Indonesien.....	42
Abbildung 69: The Ocean Agency Martin Colognoli, Vorher (2015) - Nachher (2019) eines restaurierten Riffes in Komodo, Indonesien	42
Abbildung 71: Projektstrukturplan	46
Abbildung 70: SWOT-Analyse	46
Abbildung 72: Planung der Arbeit.....	47

13 Danksagung

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um alle jenen zu danken, die mich während der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, Herr Prof. Dr. phil. Nat. Giovanni Danielli für die Begleitung und Unterstützung während meiner Diplomarbeit.

Ausserdem danke ich Nina Eschner, die mir mit ihren Fotodokumentationen und ihrem langjährigen Wissen über Korallen als wertvolle Quelle und Inspiration zur Seite stand. Ihre Fotos und Einblicke in die Welt der Korallen haben entscheidend zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen.

Ein herzliches Dankeschön gilt auch The Ocean Agency, Coral Gardeners und Reef Check Foundation, die mir Zugang zu wichtigen Informationen und Ressourcen ermöglicht haben.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre Unterstützung.

14 Redlichkeitserklärung

Der Verfasser bestätigt hiermit, dass die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde.

Die Arbeit ist in gleicher Form oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschrift:

Datum/Ort: Luzern 11.11.2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Philip Sidler', is shown within a rectangular frame.

Diplomand: Philip Sidler