



Ein farbenfrohes Riff, das unzähligen Unterwasser-Lebewesen ein Zuhause bietet – das ist das Ziel von «rrreefs».

Meeresschutz

Ton-Häuser aus dem 3D-Drucker für Korallen

Wenn Kunst und Wissenschaft das gleiche Ziel verfolgen, entstehen kreative Lösungen. Das beweist die Künstlerin Marie Griesmar mit ihren Kolleginnen aus der Meereswissenschaft: Mit Ton-Elementen aus dem 3D-Drucker wollen sie den gefährdeten Korallen bei der Fortpflanzung helfen.

Von Nadine Siegle

Marie Griesmar ist Künstlerin. Was die gebürtige Lausannerin in ihrem Studio in Zürich produziert, würde man aber eher auf dem Campus der ETH oder EPFL erwarten: Die 29-Jährige druckt gerade mit Hilfe eines 3D-Druckers über 200 Bausteine aus Ton, die sie demnächst in der Karibik vor einer kolumbianischen Insel versenken will. Nicht primär als Kunstobjekt, sondern um neuen Lebensraum für Korallen zu schaffen.

Die leidenschaftliche Taucherin nennt die Unterwasserwelt ihre «Obsession», doch dass sie einmal mit Ton-Elementen aus dem 3D-Drucker im Gepäck die Korallen der Weltmeere retten würde, hätte sie bei ihren ersten Tauchgängen als achtjähriges Mädchen nicht gedacht. Zusammen

mit Ulrike Pfreundt und Hanna Kuhfuss, zwei interdisziplinär arbeitenden Meereswissenschaftlerinnen, gründete Marie Griesmar im Herbst 2020 die Organisation «rrreefs». Ihr Ziel: ein neues Zuhause für Korallen. «Wir möchten Strukturen bauen, auf denen sich Korallen leichter ansiedeln können», so Griesmar. Sie spricht von denjenigen Korallen, die gegen die heutigen Stressfaktoren wie wärmere Wassertemperatur, Hurrikane oder saures Wasser, resistent sind und sich weiter fortpflanzen.

Stark unter Druck

Die Riffe sind in den letzten Jahren stark unter Druck geraten. Mit der globalen Erwärmung um 1,5 Grad Celsius rechnen Forschende weltweit mit einem massiven

Korallenverlust (siehe «Regenwald der Meere: Zuflucht für Fische und Co.», Seite 37). «Es gibt aber Arten, die resistenter geworden sind, sich den Stressfaktoren angepasst und neue Schutzsysteme entwickelt haben», berichtet Griesmar. Und genau diesen will sie bei der Fortpflanzung helfen.

Das «Larven-Spawning», sozusagen die Paarungszeremonie der Korallen, findet nur einmal im Jahr während weniger Nächte statt. Die Erfolgsquote: tief. Denn die Korallen überlassen die Ei- und Samenzellen der Strömung. Nur ein Bruchteil der Zellen finden zusammen und gelangen anschliessend auch noch an einen geeigneten Platz zur Ansiedlung. Hier kommt «rrreefs» ins Spiel: mit einem modularen System aus 3D-gedruckten Ton-Bausteinen,

auf denen Korallenlarven ein geeignetes Zuhause finden sollen. Die Vermehrung sei schon ohne die heutigen Stressfaktoren sehr komplex, erklärt Griesmar. «Mit der passenden dreidimensionalen Struktur können wir die Strömung verlangsamen und die Ansiedlung unterstützen.»

Ton als passende Grundlage

Die drei «r» in «rrreefs» stehen für «re-think, rebuild, regenerate» – zu Deutsch: überdenken, wiederaufbauen und regenerieren. Das erste «r», die Denkphase, ist bereits ein längerer Prozess. Besonders viel Aufmerksamkeit schenken Griesmar und ihre Kolleginnen der Materialwahl und der Oberflächenstruktur. «Es ist bekannt, dass Ton eine passende Grundlage für die Ansiedlung von Korallen ist», so Griesmar. Umso besser, dass die Künstlerin bereits seit über zehn Jahren mit dem Material arbeitet. Bislang entstanden ihre Ton-Skulpturen allerdings von Hand.

Erst während ihres Fellowships an der ETH Zürich beschäftigte sich Griesmar ausgiebig mit dem 3D-Druck. «Als ich entdeckte, dass man Ton auch 3D-drucken kann, wollte ich diese neue Technik lernen.» Sie musste sich das CAD-Zeichnen und Programmieren aneignen. «Dadurch hat sich die Annäherung an meine Objekte stark verändert. Vorher formte ich das Material mit den eigenen Händen, jetzt befasse ich mich mit Robotik», so die Künstlerin.

Für ein brauchbares Resultat musste Griesmar aber noch die perfekte Tonmischung für ihren Drucker finden. «Die ersten Erfahrungen waren frustrierend. Ich



Ulrike Pfreundt und Marie Griesmar (von links) bauen die Riff-Konstruktion im Miniaturformat.

machte alles gemäss Anleitung, aber meine Tonmasse hatte nicht die gleichen Eigenschaften wie diejenige, die man eigentlich für den Drucker verwenden sollte», erinnert sich die Lausannerin. Es galt also, das

Material und den Drucker zu «matchen», sie füreinander kompatibel zu machen. «Ich musste beide besser verstehen, ihre Grenzen ausloten und herausfinden, wie sie optimal zusammenarbeiten.»

Mit unzähligen Tests versuchte sie, die idealen Parameter für die geplante Unterwasser-Struktur zu finden. Das brauchte Geduld: Ob die Geschwindigkeit, der Druck auf das Material und die Bewegungsabläufe korrekt eingestellt waren und ob sie den Ton richtig gemischt hatte, zeigte sich jeweils erst drei Wochen später, als alles getrocknet war.

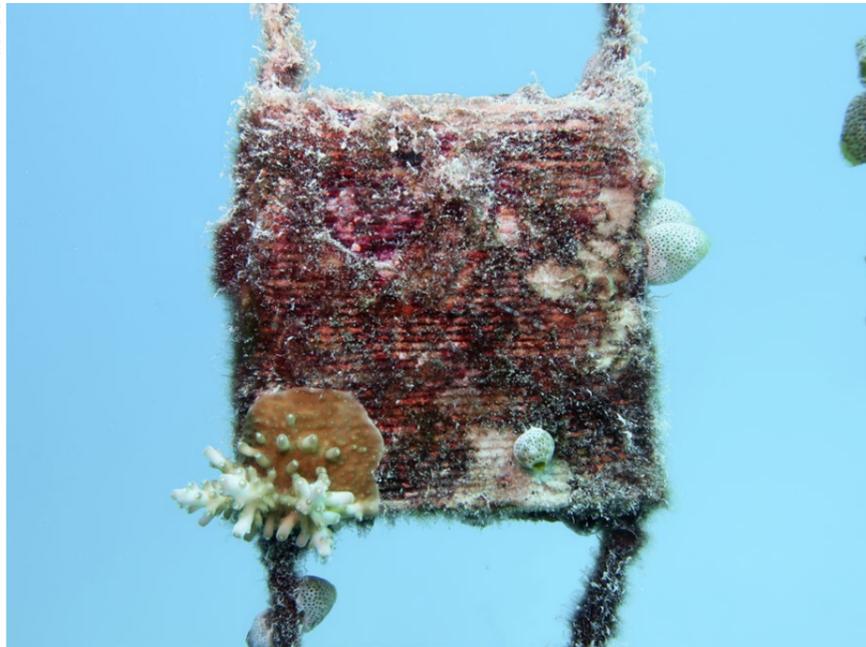
Strukturen und Oberflächen

Viel Zeit und Recherchearbeit steckten Griesmar und Pfreundt auch in die Oberflächen ihrer Ton-Ziegel. Als die beiden sich im Jahr 2019 kennenlernten, arbeiteten sie an der ETH Zürich unabhängig voneinander an Projekten mit Bezug zur Korallenrettung. Griesmar beschäftigte sich vor allem mit den Strukturen, Pfreundt eher mit den Oberflächen, die Unterwasser für Korallen die optimalen Grundlagen bieten. Bald schon schlossen sie sich zusammen und befassten sich mit Unterstützung aus anderen Forschungsbereichen vertieft mit dem Strömungsverlauf und den



Bei der Testinstallation auf den Malediven verwendeten die Forscherinnen flache Ton-Ziegel mit unterschiedlichen Oberflächen.

Bild: Marie



18 Monate nach der Test-Installation erhielten Griesmar und ihre Kolleginnen zum ersten Mal Bilder aus den Malediven: Zu ihrer Freude sind bereits Korallen-Ansiedlungen sichtbar.

Details, die für Korallenlarven die passenden Lebensräume schaffen. Sie testeten verschiedene Oberflächen in Wasserbecken mit einer Strömung und entwickelten ihr modulares System weiter.

Erster Versuch auf Malediven

Ein Live-Test sollte weitere Erkenntnisse liefern, welche Oberflächenstruktur und Ausrichtung zur Strömung die Ansiedlung von Korallenlarven begünstigen. Im Herbst 2019 konnten Griesmar und Pfreundt auf den Malediven erstmals 100 Ton-Ziegel in der Nähe eines bestehenden Riffs installieren. Eine Zusammenarbeit mit dem Marine Research and High Education Center (MARHE) der Universität Mailand-Bicocca machte das möglich.

Damals waren es noch nicht dreidimensionale Bausteine, sondern flache, mit Seilen verbundene Ziegel, die in unterschiedlichen Winkeln zur Strömung und mit verschiedenen Oberflächen den realen Verhältnissen ausgesetzt wurden. «Wir wollten herausfinden, ob die Art der Oberflächenstruktur wirklich eine Rolle spielt und wenn ja, welche gut funktioniert. Ausserdem wollten wir wissen, welche Arten von Korallen sich unter welchen Umständen vermehrt ansiedeln.»

Doch wie so vieles brachte die Coronapandemie auch die Pläne der Forscherinnen durcheinander. Wieder war Geduld gefragt. Aufgrund der Reisebeschränkungen

konnten die beiden bis heute nicht mehr zurück zu ihren Ton-Ziegeln. Eigentlich war geplant, drei bis sechs Monate nach der Paarungsphase der Korallen zu überprüfen, ob sich überhaupt Larven an der Konstruktion festgesetzt hatten.

Erst 18 Monate nach dem Aufbau, im Frühling 2021, gelang es Forschern vor Ort, erste Bilder des Ergebnisses zu machen. Griesmar berichtet erfreut: «Es hat funktioniert. Es sind an einigen Stellen bereits fünf mal fünf Zentimeter grosse Korallen zu erkennen.» Es zeigte sich immer wieder, dass Geduld in ihrer Arbeit essenziell sei, nicht nur beim Trocknen des Tons. «Auch dem Ökosystem, das wir unterstützen wollen, müssen wir mit Geduld und Respekt entgegenzutreten.»

Aktuell druckt Griesmar in ihrem Studio in Zürich fleissig Baustein um Baustein. Die ersten Erkenntnisse aus dem Maledi-

ven-Test fliessen direkt in die aktuelle Produktion ein. Für den Prototyp, der in Kolumbien platziert werden soll, hat Griesmar gewisse Designs aufgegeben, von anderen drückt sie mehr als ursprünglich geplant. Es sollen aber weiterhin verschiedene Oberflächen sein, um die Biodiversität im wachsenden Riff zu fördern. Wichtig ist dabei auch die Dreidimensionalität des «Korallen-Hauses»: Es bietet geschlossene Räume, die als Höhlen für andere Riff-Bewohner dienen können. «Sobald wir dreidimensionale Strukturen schaffen, kommt ein Teil des Ökosystems zurück. Es bietet Zuflucht, auch für Fische und andere Organismen.»

20 Kubikmeter, 700 Kilo

«Ich habe bewusst ein modulares System aus Bausteinen gewählt, um es auch für die Nachwelt zugänglich zu machen. Meine «bricks» sind wie Lego-Steine, die jedes Kind kennt», betont die Lausannerin. Aus über 220 solcher «Lego-Teile» soll der Prototyp bestehen. Einer wiegt ungefähr 2,8 Kilogramm, das ganze «Korallen-Haus» von rund 20 Kubikmetern Grösse könnte bis zu 700 Kilogramm gebrannten Ton umfassen.

Für eine solche Massenproduktion ist der 3D-Drucker Griesmars bester Freund: Der Drucker allein braucht eine Stunde und zwanzig Minuten pro «brick». Rechnet man die Vor- und Nachbereitung der Materialien und des Bausteins mit ein, brauche sie etwa drei Stunden, so die Künstlerin. Anschliessend müssen die Elemente zwei bis drei Wochen trocknen und werden schliesslich gebrannt.

Simulationen für Baupläne

Bevor es an den Wiederaufbau, das zweite «r» im Namen von «rrreefs» geht, müssen die spezifischen Gegebenheiten des geplanten Standorts einbezogen werden. Sie entscheiden darüber, wie die Riffkonstruktion anzuordnen ist, um das bestmögliche

Resultat zu erzielen. Für den Prototypen vor der Insel San Andrés in fünf Metern Tiefe lieferte eine kolumbianische Partnerorganisation Modelle zur Strömung und anderen Faktoren. Gestützt darauf kann Marie Griesmar nun die Baupläne und Elemente anhand von Simulationstests vorbereiten.

Im September ist es dann so weit: Griesmar und ihre Kolleginnen von «rrreefs» bauen in einem zehntägigen Workshop mit zwölf Teilnehmenden den Prototypen unter Wasser auf. Anschliessend wird das Riff unter anderem durch die kolumbianische Partnerorganisation fünf Jahre lang beobachtet. «Wir wollen nicht einfach etwas installieren und dann wieder verschwinden. Die Installation soll auch oberhalb der Wasseroberfläche einen lebendigen Austausch fördern», betont Griesmar. Deshalb soll der Prototyp zu einem Forschungsgelände für Wissenschaftler aus aller Welt werden.

Um die Pilot-Konstruktion in Kolumbien zu finanzieren, sammelte «rrreefs» mit einem Crowdfunding über 70 000 Franken. 60 000 Franken waren ursprünglich zur Kostendeckung geplant. Zudem gewann die Organisation kürzlich den SEIF Award «Tech for Impact» mit einem Preisgeld von 10 000 Franken.

Regeneration und Restauration

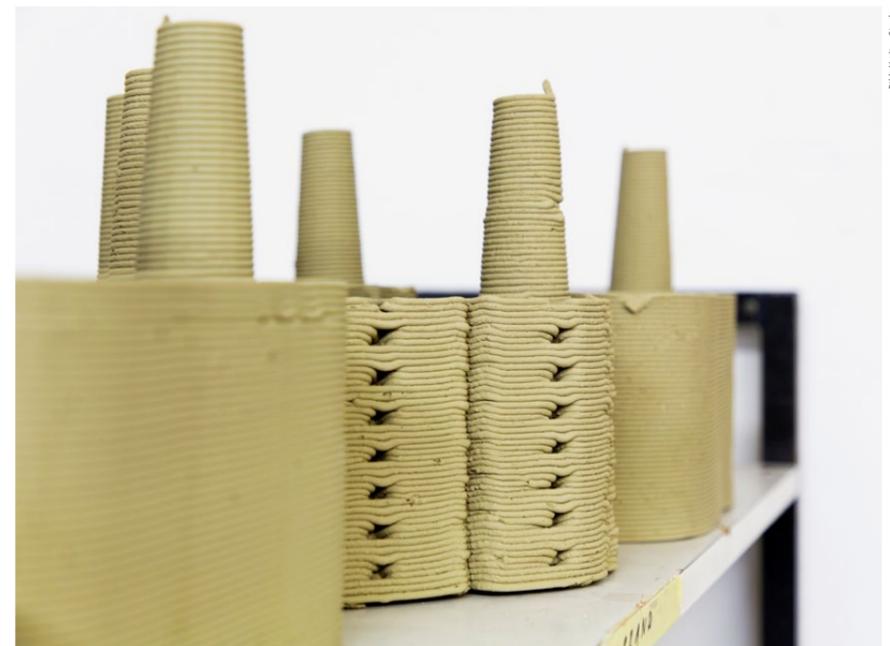
Sofern die Phasen «rethink» und «rebuild» erfolgreich verlaufen sind, kann das dritte «r», die Regeneration, das eigentliche Ziel von Griesmar und ihren Kolleginnen, einsetzen. «Unsere Struktur bietet Raum für Regeneration, ohne dass wir Menschen nachher nochmals eingreifen müssen.» Neben der Regeneration – durch Schaffung von Lebensraum und begünstigenden Faktoren – gibt es in der Wissenschaft auch Ansätze der Korallenriff-Restauration mit Hilfe von bestehenden respektive gezüchteten Korallen.

Solche Restaurationstechniken sollen im «Korallen-Haus» ebenfalls Platz finden: Während die «rrreefs»-Konstruktion die Larven-Ansiedlung begünstigen soll, werden beteiligte Forschende an den Ton-Elementen an einzelnen Stellen gezüchtete Korallen-Babys platzieren. Damit wird die Erfolgsquote gesteigert. Denn: «Korallen ziehen Korallen an. Das ist wie beim Menschen», vergleicht Griesmar. Auch wir würden uns eher in ein Restaurant setzen, das bereits gut besucht ist, als in ein ganz leeres.

www.rrreefs.com



Der 3D-Drucker benötigt eine Stunde und zwanzig Minuten, um einen Baustein zu drucken.



Die Ton-Elemente sind wie Lego-Steine, die beliebig ineinander gestapelt werden können.

Regenwald der Meere: Zuflucht für Fische und Co.

Korallen sind Nesseltiere. In ihren Formationen als Riffe sind sie essenziell für das Ökosystem im Meer. Wegen ihrer Wichtigkeit für die Biodiversität werden sie auch als «Regenwald der Meere» bezeichnet. Sie bedecken zwar weniger als ein Prozent der globalen Meeresfläche, doch sie beherbergen über ein Viertel aller bekannten Unterwasser-Lebewesen, darunter über 4000 Fischarten. Korallenriffe schützen aber auch den Menschen, da Riffe einen wichtigen Küstenschutz bieten, indem sie die Erosion reduzieren.

Korallen leiden aktuell vor allem aufgrund der Ozean-Übersäuerung durch

CO₂ und wegen steigender Wassertemperaturen durch die Klimaerwärmung. Aber auch andere Stressfaktoren wie Wasserverschmutzung, die Überfischung und extreme Naturereignisse setzen ihnen zu.

Die erhöhten Temperaturen haben in den letzten Jahren vermehrt zur Korallenbleiche geführt, bei der die Korallen nach und nach ihre Farbe verlieren und irgendwann ganz absterben. Meereswissenschaftler zeigen sich besorgt, dass ein Grossteil der Korallenriffe die Erderwärmung von 1,5 bis 2 Grad Celsius nicht überstehen könnten. (nsi)



« Ich musste den Drucker und das Material besser verstehen, ihre Grenzen ausloten und herausfinden, wie sie optimal zusammenarbeiten. »

Marie Griesmar, Künstlerin und Mitgründerin von «rrreefs»