



## WERKTEXTE

### Bending the Curve – Wissen, Handeln, [Für]Sorge für Biodiversität

13.10.2023 – 03.03.2024

Erdgeschoss

#### Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie, Abteilung Tierwanderungen

Geleitet von Prof. Dr. Martin Wikelski

und Team

ICARUS (Uschi Müller & Team)

Schäuffelhut & Berger GmbH, Movebank

Babette Eid & Team, MPIAB, MaxCine

couchbits GmbH, Michael Quetting, MPIAB, Movebank Museum und AnimalTracker

Dr. Kamran Safi, Dr. Andrea Kölzsch, Dr. Anne Scharf, MPIAB, MoveApps

Carla Avolio, MPIAB, Presse und Outreach

#### Movebank

Zwei Videos, 3D-Animation

3 min; 1:30 min

ICARUS Basic tag - Fitnessarmband für Wildtiere

Solarbetrieben, zur Erfassung von Position und Geschwindigkeit, 3D-Beschleunigung,

Magnetfeldvektor und Temperatur

Kunststoff

4,5 – 5 g

Courtesy Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie, Rohde & Schwarz INRADIOS GmbH, TALOS GmbH

Movebank ist eine Open-Source-Plattform, die vom Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie in Zusammenarbeit mit dem North Carolina Museum of Natural Sciences, der Ohio State University und der Universität Konstanz entwickelt wurde. Die Plattform hilft Wissenschaftler:innen und Wildtiermanager:innen weltweit, Milliarden von Tierbewegungsdaten und andere datenbasierte Informationen von Tieren zu sammeln, zu verwalten, zu teilen, zu analysieren und zu archivieren.

Bewegungsdaten tragen dazu bei, Wissen und Verständnis zu schaffen, wie Tiere leben, wie sie auf den wachsenden Einfluss von Menschen reagieren und wie sie auf die gemeinsam bewohnten Ökosysteme Einfluss nehmen.

Wohin bewegen sich Tiere und warum? Wie beeinflusst das Verhalten von Tieren das Ökosystem und umgekehrt? Wie reagieren Tiere auf menschengemachte Eingriffe in die Landschaft und wie auf veränderte Klimabedingungen? Welche Maßnahmen können ergriffen werden, um gefährdete Tierarten zu schützen und zu erhalten? Diesen und vielen weiteren Fragen versuchen Wissenschaftler:innen weltweit auf den Grund zu gehen. Die menschliche Existenz hängt von Biodiversität ab. Sie ist die Grundlage für die Bereitstellung von Nahrung, sauberem Wasser und zahlreichen anderen Ökosystemleistungen, die das Leben auf dem Planeten möglich machen. In einer Zeit, in der die globale Artenvielfalt alarmierend abnimmt und Maßnahmen zu ihrer Bewahrung immer wichtiger werden, ist die Movebank ein wichtiges Projekt und Instrument, um Wissen zu erlangen und unser Handeln anzupassen.

Für den Frankfurter Kunstverein wurden einige der Daten animiert. Präsentiert werden sie als grafische Linien, die sich auf einem 3D-Globus bewegen und so die Routen zahlreicher Tierarten auf ihren Migrationsstrecken sichtbar machen. Tiere wandern weit über die Erdkugel und überwinden menschengemachte Grenzen. Die Linien zeigen, wo und zu welcher Zeit sich verschiedene Tierarten aufhalten, und machen so eine komplexe globale Vernetzung von Lebensräumen und Ökosystemen sichtbar.

Der Biologe und Ornithologe Professor Dr. Martin Wikelski leitet das Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie und ist Gründer des Icarus-Projekts (International Cooperation for Animal Research Using Space), aus dem das Movebank-Projekt hervorging. Das Team um Wikelski verfolgt die Idee eines „Internets der Tiere“. Tausende Tiere mit Sendern werden per Satellit bei ihren weltweiten Bewegungen und Wanderungen geortet und ihre Positionen aufgezeichnet, auch in schwer zugänglichen Gebieten wie Ozeanen, Wüsten oder Regenwäldern.

Die Movebank ist eine Plattform, die sowohl für Wissenschaftler:innen als auch für Laienforscher:innen offen nutzbar ist. Alle können mitmachen, Beobachtungsdaten in die Datenbank eintragen und dadurch Teil eines internationalen Netzwerks werden. Werden Tiere mit Sendern vermisst oder ihr Standort als unbeweglich angezeigt, kann ein Aufruf an alle Community-Mitglieder ergehen, bei der Suche von Tieren im Gelände vor Ort zu helfen. Die Anzahl der Daten, die weltweit zusammengetragen werden, ermöglicht es den Wissenschaftler:innen, Wissen über Tierwanderungen und Verhaltensweisen zu erlangen und somit komplexe Zusammenhänge zwischen menschlichem Verhalten und den Tieren zu verstehen, um für Schutzmaßnahmen einzutreten.

Die Movebank trägt dazu bei, die Einflüsse menschlicher Eingriffe in die Landschaft und in Ökosysteme zu erkennen und die Veränderung der Artenvielfalt zu verfolgen. In Deutschland finden jährlich etwa hundert Millionen Vögel allein durch die verspiegelten Fassaden von Hochhäusern oder durch Luftverschmutzung einen frühzeitigen Tod. Andererseits ermöglicht genaueres Wissen, gefährdete Tierarten unter Schutz zu stellen und zu erkennen, dass

geschützte Lebensräume ihnen erneut eine Zuflucht bieten können. Hinter jeder Lichtlinie der Movebank-Animation verbergen sich unzählige Einzelschicksale, die in der Datenbank gespeichert sind. So können Wanderpopulationen von Zebras im Westen Botswanas nach Jahren kurzer, chaotischer Laufwege wieder weite Strecken zurücklegen, weil Weidezäune, die zu wirtschaftlichen Zwecken errichtet worden waren, entfernt wurden. Die Zebras nahmen die ursprünglichen Routen ihrer Vorfahren auf, obwohl sie diese nicht aus eigener Erfahrung kannten.

Was die Animation der Movebank vermitteln kann, ist die Relativität menschengemachter Räume, wie zum Beispiel nationale Grenzen, über die sich Tiere hinwegsetzen. Aber auch die Gefahr, die von unbedachten Ökosystemzerstörungen ausgeht. Die Movebank-Animation kann ein Gefühl für größere Zusammenhänge herstellen, so wie es Astronaut:innen erleben, wenn sie die Erde aus dem Weltraum betrachten. Sie berichten von einem Gefühl von Ganzheit, wenn sie den Planeten ohne politische Grenzen in seiner ganzen Schönheit aus der Ferne sehen und erfasst werden von dem tiefen Verständnis für die Verletzlichkeit des Lebens auf der Erde.

Wenn Sie, liebe Besucher:innen, Interesse an der Teilnahme am Movebank-Projekt haben, wenden Sie sich bitte an lokale Umwelt- oder Naturschutzorganisationen oder informieren Sie sich auf Plattformen wie Bürger schaffen Wissen ([www.buergerschaffenwissen.de](http://www.buergerschaffenwissen.de)). In Frankfurt am Main können Sie sich zum Beispiel an folgende Organisationen wenden: Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Goethe-Universität Frankfurt, NABU, BUND, SLInBio – Städtische Lebensstile und die Inwertsetzung von Biodiversität.

Oder laden Sie sich die Movebank-Applikation auf Ihr Mobiltelefon und machen Sie aktiv bei der Beobachtung von Wildtieren mit. Die mobil nutzbare Animal-Tracker-App kann die Bewegungen getrackter Tiere live auf dem Handy anzeigen. Ctmm (Continuous-Time Movement Modeling) bietet Funktionen zur Identifizierung, Anpassung und Anwendung zufallsbedingter und zeitkontinuierlicher Bewegungsmodelle von Tierverfolgungsdaten.

Durch leichte Handhabe und die Zugänglichkeit über mobile Endgeräte steht Movebank auch Laienforscher:innen offen und ermöglicht es Bürger:innen, aktiv an wissenschaftlichen Beobachtungen und Dateneingaben teilzunehmen. Jede:r kann mitmachen, Beobachtungen zu Tierpopulationen, Verhaltensweisen und Verbreitungsgebieten von Wildtieren einbringen und über Sichtungen Protokoll führen (Online-Tools: Animal Tracker, Cat Tracker oder Snapshot Europe).

**Foyer 1. Obergeschoss**

## **International Institute for Applied System Analysis, IIASA**

David Leclère et al.

**Bending the Curve of Biodiversity Loss, 2020**

Infografik aus: Leclère D, Obersteiner M, Barrett M, Butchart SHM, Chaudhary A, De Palma A, DeClerck FAJ, Di Marco M, et al. (2020). *Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy.*

Courtesy Adam Islaam | IIASA

Immer mehr Pflanzen- und Tierarten auf der ganzen Welt verschwinden aufgrund menschlicher Aktivitäten. Laut einer großen, vom International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) durchgeführten Studie kann der Verlust der biologischen Vielfalt bis 2050 nur gestoppt werden, wenn ehrgeizige, aufeinander abgestimmte Maßnahmen zur Erhaltung und Wiederherstellung der Natur und eine tiefgreifende Änderung der weltweiten Nahrungsmittelsysteme umgesetzt werden. Die Studie hat dabei durch die Modelle und Szenarien zur Erforschung der Zukunft biologischer Vielfalt neue Maßstäbe gesetzt. Die Studienergebnisse liefern essenzielle Eckdaten für die Gestaltung des Biodiversitätsrahmens des völkerrechtlichen Vertrags Kunming-Montreal, der 2022 in Kraft getreten ist. Diese Methoden können auch dabei unterstützen, gerechte Maßnahmen für Klima, biologische Vielfalt und menschliche Entwicklung umzusetzen.

Die biologische Vielfalt, also der Reichtum an Arten, nimmt seit vielen Jahren in alarmierendem Tempo ab und der Umfang und der Zustand der Ökosysteme, die sie beherbergen, verschlechtert sich. Wir dürfen nicht zulassen, dass sich dieser Trend fortsetzt. Denn wenn dies geschieht, wird nicht genug Natur übrig bleiben, um künftige Generationen zu versorgen. Die Frage, wie die rapide wachsende Weltbevölkerung ernährt werden kann, macht das Erreichen der ehrgeizigen Ziele zur Herausforderung.

Die Studie, die in der Zeitschrift „Nature“ veröffentlicht wurde und deren Ergebnisse in den *Living Planet Report* von 2020 und 2022 des *World Wide Fund for Nature* (WWF) einfließen, untersucht erstmals das ehrgeizige Ziel einer Umkehrung des globalen Biodiversitätstrends. Sie zeigt, welche aufeinander abgestimmten Maßnahmen zur Erreichung der Ziele nötig sind.

Die Autor:innen untersuchen in ihrer fundierten Analyse, ob der von der heutigen Landnutzungsrate verursachte Rückgang terrestrischer Biodiversität aufzuhalten ist, ohne die Ziele der Agenda 2030 der Vereinten Nationen zu gefährden. Darüber hinaus wurde analysiert, welche Maßnahmen in welcher Kombination erforderlich sind, um möglichst wenig Kompromisse einzugehen, und wo sich Synergieeffekte einstellen.

Mithilfe zahlreicher Modelle und unterschiedlicher Szenarien wurde untersucht, wie Maßnahmen aufeinander abgestimmt werden können, um die Biodiversitätsziele zu erreichen. Die Studie liefert wichtige Informationen, wie die Vision des UN-Übereinkommens zur biologischen Vielfalt 2050 „Living in Harmony with Nature“ konkret verwirklicht werden kann. Die Forscher:innen betonen, dass in zwei wesentlichen Bereichen am dringendsten gehandelt werden muss, um den Rückgang biologischer Vielfalt zu stoppen, der durch Landnutzung ausgelöst wurde, und eine Erholung bis 2050 in Gang zu bringen. Diese Maßnahmen sind:

- Ein **sofortiger, dezidiertes Schutz und die Wiederherstellung von Landflächen** in Verbindung mit einer verbesserten Wirksamkeit des Flächenmanagements. Für eine Erholung müssen Gebiete unter Schutz gestellt werden, und zwar bis zu 40 % der weltweiten Landflächen. Zusätzlich müssen ausgelaugte Böden und Land wiederhergestellt werden (in den Szenarien der Studie betrifft dies bis 2050 etwa 8 % der weltweiten Flächen). Landnutzungspläne müssen aufgestellt werden, die auf allen bewirtschafteten Flächen ein Gleichgewicht zwischen Produktions- und Schutzzielen

herstellen. Ohne diese Anstrengungen kann der Rückgang der biologischen Vielfalt nur noch verlangsamt, nicht aber aufgehalten werden.

- **Umgestaltung der Nahrungsmittelsysteme:** Weil massive Schutz- und Wiederherstellungsbemühungen allein nicht ausreichen werden, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich und hierzu müssen Forderungen an die weltweiten Nahrungsmittelsysteme gestellt werden. Dazu gehört die Verringerung der Lebensmittelverschwendung. Zudem müssen Nahrungsmittel mit geringeren Umweltauswirkungen produziert werden sowie eine nachhaltige Herstellung und Handel stattfinden.

Um die Kurve des Biodiversitätsverlustes bis 2050 oder früher nach oben zu führen, müssen integrierte Maßnahmen in beiden Bereichen gleichzeitig ergriffen werden.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass fast die Hälfte der Biodiversität verloren gehen wird, wenn wir so weitermachen wie jetzt oder nur wenig tun. Bei einem gezielten Schutz von Landschaften könnte eine mögliche Verbesserung ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts einsetzen. Die Studie zeigt auch, dass dezidierte Schutz- und Wiederherstellungsmaßnahmen zu einem Anstieg der Lebensmittelpreise führen könnten, wodurch wiederum Fortschritte bei der Beseitigung des Hungers möglicherweise behindert würden.

Im Gegenzug zeigen Szenarien, die verstärkt Maßnahmen zur Erhaltung und Wiederherstellung der Natur mit Bemühungen zur Umgestaltung des Ernährungssystems kombinieren, dass die Chancen für ehrgeizige Naturschutz- und Wiederherstellungsmaßnahmen steigen. Potenziell nachteilige Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit wurden entschärft. Demnach würde dies dazu beitragen, die weltweiten Trends bei der Artenvielfalt bis 2050 durch Landnutzungsänderungen zu verbessern. Zusätzlich bringen Veränderungen bei der Ernährung und Landnutzung weitere Vorteile wie eine bessere Bekämpfung des Klimawandels, eine geringere Belastung für Wasserressourcen, weniger schädlichen Stickstoff in der Umwelt und Gesundheitsvorteile.

Zusätzlich stellt die Studie fest, dass in Zukunft die Artenvielfalt durch weitere unvorhersehbare Faktoren wie den Klimawandel und biologische Invasionen unter Druck geraten wird. Um den Verlust der Artenvielfalt umzukehren, sind ehrgeizige Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels erforderlich, die Synergien mit der Artenvielfalt nutzen, statt sie weiter zu verschlechtern.

Die Ergebnisse der wegweisenden Studie spiegeln sich im kürzlich verabschiedeten globalen Rahmenabkommen für Biodiversität *Kunming-Montreal* wider. Das Abkommen legt international vereinbarte Ziele und Maßnahmen fest, um den Rückgang der Artenvielfalt in den kommenden Jahrzehnten umzukehren. Es wird jedoch auch noch viel wissenschaftliche Arbeit nötig sein, um eine erfolgreiche Umsetzung der Ziele des Pariser Abkommens der Vereinten Nationen zur Klimarahmenkonvention zu unterstützen.

Ein Schlüsselthema, um den notwendigen Wandel gemäß diesen beiden Abkommen zu erreichen, ist die gerechte Verteilung von Anstrengungen auf dem Weg zu einer „Nature-positiven“ Zukunft.

Weiterentwickelte Nationen, die für einen erheblichen Teil der Treibhausgasemissionen und der Naturzerstörung verantwortlich sind und über mehr Ressourcen verfügen, sollten gemäß den Prinzipien der Gerechtigkeit einen größeren Beitrag zu den Klima- und Biodiversitätsmaßnahmen sowie zur Schließung von Finanzierungslücken leisten. Die Anerkennung und Einbeziehung marginalisierter Akteure wie indigener Völker und lokaler Gemeinschaften wird entscheidend sein, um einen gerechten Übergang zu schaffen.

Auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit ist es wichtig, sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf das Leben und die Lebensgrundlagen der Menschen zu berücksichtigen und bestehende Ungleichheiten und Ungerechtigkeiten zu reduzieren. Dies erfordert die Anerkennung der Werte, Rechte und Interessen aller Individuen, eine Verschiebung hin zu einer rechthebasierten Kontrolle, die Sicherstellung einer inklusiven Vertretung und eine systematische Bewertung, wie die Maßnahmen, Kosten und Nutzen unter den verschiedenen Akteuren zu verteilen sind. Modelle und Szenarien können bei der Erforschung alternativer Zukunftsperspektiven für die Natur und die Menschen entscheidend sein.

Insgesamt hat die Studie „Bending the curve of biodiversity loss“ gezeigt, dass die Weltgemeinschaft noch in der Lage ist, den Verlust der Natur zu stabilisieren und umzukehren. Um dies jedoch so früh wie möglich zu erreichen, müssen wir die Art und Weise, wie wir Lebensmittel produzieren und konsumieren, fair und grundlegend ändern und uns mutiger und ehrgeiziger für den Naturschutz einsetzen. Wenn wir dies nicht tun und so weitermachen wie bisher, wird unser Planet heutige und künftige Generationen von Menschen nicht mehr ernähren können.

Referenz: Leclère, D., Obersteiner, M., Barrett, M., Butchart, S.H.M., Chaudhary, A., De Palma, A., DeClerck, F.A.J., Di Marco, M. et al. (2020). Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature* DOI: [10.1038/s41586-020-2705-y](https://doi.org/10.1038/s41586-020-2705-y)

## **Katrin Böhning-Gaese, Friederike Bauer**

### **Katalog von zehn Maßnahmen für Biodiversität**

Auszug aus: *Vom Verschwinden der Arten: Der Kampf um die Zukunft der Menschheit* (Böhning-Gaese und Bauer 2023)

Courtesy Katrin Böhning-Gaese, Friederike Bauer

## **Karlsruher Institut für Technologie, Fakultät für Architektur**

Prof. Dr. Dirk Hebel

*MycoTree*, 2017

Myzel und Bambus

100 x 100 x 150 cm

Courtesy Karlsruher Institut für Technologie, Fakultät für Architektur

Der *MycoTree* ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Nachhaltiges Bauen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der Block Research Group an der

Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich und der Abteilung für Alternative Construction Materials des Future Cities Laboratory Singapore.

Der Frankfurter Kunstverein zeigt einen der Prototypen für das Exponat, das 2017 als zentrale Arbeit auf der Seoul Biennale für Architektur und Städtebau präsentiert wurde. *MycoTree* veranschaulicht, dass regenerative Ressourcen in Kombination mit Bauplanung das Potenzial haben, Alternativen zu etablieren, um neue Methoden zu schaffen, Baumaterialien für eine nachhaltigere Bauindustrie biobasiert herzustellen. Für die nötige Stabilität der Konstruktion ist nicht mehr die Stabilität der eingesetzten Materialien wie beispielsweise Metall und Beton erforderlich, die einen großen ökologischen Fußabdruck aufweisen und planetare Rohstoffe benötigen. Vielmehr setzt das KIT auf Stabilität durch eine veränderte Geometrie im Planungsaufbau. Unter der Leitung von Professor Dipl.-Arch. Dirk E. Hebel wird im Fachbereich Entwerfen und Nachhaltiges Bauen an der Fakultät für Architektur am KIT intensiv zu nachhaltigen Verfahren und Materialien für die Bauindustrie geforscht.

Der *MycoTree* ist eine modellhafte räumliche Verzweigungsstruktur, die aus verschiedenen Myzel- und Bambuskomponenten gefertigt wurde. Der Name *MycoTree* verweist auf seine baumartige Struktur. Die Form wird zum Vorbild einer naturgeschaffenen Geometrie, die von Architekt:innen mithilfe des Statik-Programms 3D-Graphic-Statics weiterentwickelt und berechnet wird. Innerhalb der Struktur des *MycoTree* wurden die modularen Einzelteile mit Steckverbindungen aus dem ebenfalls nachwachsenden Rohstoff Bambus befestigt.

Der *MycoTree* besteht aus organischen Stoffen. Die weißen Baumodule entstehen aus Resten der Agrar-, Forst- oder Textilwirtschaft, die durch Myzelien zusammengehalten werden. Die wesentlichen Produktionsschritte erfordern streng kontrollierte Bedingungen, damit der lebende Pilz optimale Wachstumsbedingungen vorfindet. Die organischen Reststoffe werden sterilisiert, ihnen werden Pilzsporen zugesetzt und die Masse wird für mehrere Wochen bei 30 Grad zum Wachsen gebracht. Gelingt die Aktivierung des Pilzes, wächst dieser einen bis fünf Zentimeter am Tag und durchwurzelt das Substrat. Hat das Myzel die Gesamtheit des Substrates durchdrungen, wird das Wachstum durch Trocknung angehalten und durch anschließende Pressung verdichtet. Die Wurzelfilamente des Pilzes kompaktieren das ursprünglich lose Substrat zu einer festen Form und vermeiden die Zugabe meist toxischer Leimstoffe. Dadurch ist der Werkstoff biologisch vollständig abbaubar. Die Form der Behältnisse, in denen der Pilz wächst, bedingt die Gestaltung des finalen Baumoduls, gleichzeitig aber auch einen erfolgreichen Wachstumsprozess.

Diese Myzelmodule werden durch Steckverbindungen mit Bambusteilen verbunden, um die Stabilität des Objektes zu erhöhen. Auch Bambus ist eine schnell nachwachsende Pflanze, die pro Tag bis zu einem Meter wächst. Bambus ist biegsam und robust und spielt in Asien schon seit Jahrhunderten und bis heute im Hochhausbau eine zentrale Rolle. Im Gegensatz zu Bäumen braucht die Bambuspflanze weniger Wasser und keine Düngemittel und wächst wesentlich schneller.

Das Myzel-Material ist jedoch wenig biegsam und zugfest. Daher muss eine innovative und auf die organische Materialbeschaffenheit ausgerichtete architektonische und statische Planung

entwickelt werden. Der *MycoTree* wurde als Prototyp am KIT Karlsruhe geschaffen, um seine Belastbarkeit zu testen.

Seit Jahren wird weltweit an der Methode der Myzelpräparation organischer Abfälle geforscht und Patente dafür eingereicht. Heute existieren zahlreiche Verfahren und Anbieter verschiedener Materialien, deren Beschaffenheit von leicht, aber bröselig, bis zu hart und kompakt unterschiedliche Bedarfe von Bauprojekten und Innenarchitektur erfüllt, zum Beispiel schallschluckend, wenig brennbar, abdichtend oder durch Pigmente einfärbbar. Biochemisch binden während des Wachstums sowohl der Pilz als auch die Bambuspflanze Stickstoff und Kohlenstoff, der in der Zellulose gespeichert bleibt.

Das 21. Jahrhundert steht vor einem radikalen Paradigmenwechsel dafür, wie wir Materialien für den Bau unserer Lebensräume produzieren. Das lineare Konzept „Produzieren, verwenden und wegwerfen“ hat sich angesichts knapper Ressourcen und exponentiell wachsender Stadtbevölkerungen als nicht tragbar für die zukünftige Bewohnbarkeit des Planeten erwiesen. Für einen Kreislauf aus Produktion, Nutzung und Wiederverwendung müssen alternative Materialien und Bauweisen erforscht und eingesetzt werden.

Ein Umdenken im internationalen Architekturkontext findet zwar statt, was sich auch in der Biennale für Architektur in Venedig 2023 zeigt. Jedoch bilden weder die aktuelle Baupraxis und die Zulieferindustrie noch der behördliche und politische Auflagenapparat den Wandel zu einem veränderten Bauen ab. Rasant steigende Flächenversiegelung, globaler Rohstoffverbrauch und die häufig damit einhergehende Ökosystemzerstörung bleiben eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts.

Prof. Dipl.-Arch. Dirk E. Hebel hat das von ihm geleitete Forschungsinstitut aus der Überzeugung heraus gegründet, dass im Bausektor dringend ein Paradigmenwechsel Einzug halten muss. Seit 1990 hat sich die weltweite Treibhausgasemission, die allein von der Zementindustrie verursacht wird, geschätzt verdreifacht. Die Bauindustrie benötigt exponentiell wachsende Mengen an Holz, Wasser, Bodenressourcen und Energie und ist einer der größten Verursacher von Abholzung, Bodenverbrauch, Wasserverschmutzung und nicht wiederverwendbarer Bauabfälle. Der Abbau von Sand, der zur Herstellung von Beton genutzt wird, wird den Ökosystemen aus Flüssen, Küsten und Meeresböden entnommen, was zur Zerstörung von Lebensräumen für Menschen, Tiere und Pflanzen führt.

Mit der wachsenden Bevölkerung und steigenden Ansprüchen nimmt auch die Nachfrage nach Materialien und Ressourcen zu. Während diese in der Vergangenheit noch meist von lokalen und regionalen Gebieten erfüllt wurde, wird sie nun zunehmend global und weitreichend. Dieses Phänomen hat Materialströme von transkontinentaler Tragweite hervorgebracht und hat tiefgreifende Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit, die Funktionsweise, das Eigentumsgefühl und die Identität der zukünftigen Städte. Die globale Konzentration der Bauindustrie auf einige wenige Materialien setzt unsere natürlichen Ressourcen stark unter Druck. Wenn wir über die Städte der Zukunft sprechen, wird klar, dass sie nicht mit denselben Ressourcen gebaut werden können wie die bestehenden Städte.

Dirk Hebel ist, wie viele andere Teilnehmer:innen von *Bending the Curve*, aktiver Verfechter zirkulärer Wirtschaftsmodelle. Dieser Ansatz würdigt Materialien als kostbare, begrenzte Ressourcen und fördert aktiv ihre Wiederverwendung und Schonung. Ressourcen effizienter zu nutzen und Abfälle zu minimieren, den Lebenszyklus von Produkten zu verlängern und die Wiederverwertung von Materialien zu fördern, sind mögliche Strategien. Die Zeit linearer Modelle, bei denen Produkte nach ihrer Nutzung entsorgt werden, sollte vorbei sein. Kreislaufwirtschaft, Repair-Kultur oder zumindest Recycling müssten politisch gefördert werden, um auch in Zukunft die Bewohnbarkeit unseres Planeten zu ermöglichen.

## 1. Obergeschoss

### Fernando Laposse

*Pink Hammock*, 2019

Hängematte, Gewebtes Sisal, pink eingefärbt

200 x 400 x 100 cm

*Dog benches (pups)*, 2023

Gewobene Agaven-Fasern, Sperrholzstruktur

Jeweils 67 x 40 x 45 cm

*Totomoxtle*, 2023

Vieleckige mehrfarbige Maisplatten

12 m<sup>2</sup>

*Agave Regeneration*, 2019

Video

5:34 min

*Totomoxtle – Biomaterial Made from Mexican Heirloom Corn Husks*, 2019

Video

7:19 min

Courtesy Fernando Laposse

Fernando Laposse fasst Kunst als sozial-ökologische Handlung auf. Für *Bending the Curve* hat der mexikanische Künstler eine sich über 140 Quadratmeter erstreckende Rauminstallation konzipiert, in der die Erzeugnisse der indigenen Gemeinschaft der Mixteken als Exponate in einer inszenierten Landschaft präsentiert werden. Laposse gründete mit ihnen eine Genossenschaft in der ländlichen Gegend Tonahuixtla. Dadurch verbindet er lokales Wissen, ökologischen Wiederaufbau, soziales Gemeinschaftsleben und nachhaltiges Wirtschaften miteinander. Der Künstler revitalisiert brachliegende Gebiete, beugt Bodenerosion vor und engagiert sich für Ernährungssouveränität sowie den Schutz der kulturellen Pflanzenvielfalt und indigenen Wissens.

In dieser Ausstellung konzentriert sich Fernando Laposse auf zwei natürliche Materialien, die aus Tonahuixtla stammen: Maisblätter und Sisalfasern. Sie werden in der Genossenschaft kollektiv hergestellt, traditionell verarbeitet und durch die Kontextverschiebung in den musealen Raum zu zeitgenössischen Kunstwerken. Aus den Maisblättern wurden die bunten Intarsien *Totomoxtle* produziert, die an der Wand präsentiert werden. Die Hängematte *Pink Hammock* und die drei skulpturalen *Dog benches (pups)* sind aus Sisalfasern von Agavenpflanzen entstanden. Die beiden Filme *Agave Regeneration* und *Totomoxtle – Biomaterial Made from Mexican Heirloom Corn Husks* erläutern die Geschichte der Kunstwerke und von Tonahuixtla.

2015 begann die Zusammenarbeit von Laposse mit der indigenen Mixtekengemeinde in Tonahuixtla. Das ländliche Dorf liegt weniger als 50 Kilometer von der weltweit ältesten Stätte der Domestizierung von Mais entfernt – einer Pflanze, die schon immer eine zentrale kulturelle und finanzielle Rolle für die Identität der Gemeinschaft gespielt hat. Die Geschichte dieses Ortes ist geprägt von sozial-ökologischen Herausforderungen, die in den 1990er-Jahren mit der Einführung von Hybridmaissamen und dem Aufgeben traditioneller Anbaumethoden begannen. Diese Entwicklung führte zu einer Vielzahl von Problemen, darunter Bodenerosion, Abwanderung, Arbeitslosigkeit und dem Verlust der Agrobiodiversität und endemischer Pflanzenarten, insbesondere von Mais.

Die Gemeinde Tonahuixtla steht mit ihrer Geschichte nicht allein da. Ihre historische Entwicklung ist exemplarisch für das Schicksal unzähliger ländlicher Gemeinschaften in Südasien und Lateinamerika durch die Verbreitung neuer landwirtschaftlicher Systeme. In Mexiko begann die Modernisierung der Landwirtschaft in den 1950er-Jahren und zielte auf die Steigerung der internen Nachfrage ab. Diese führte zur verstärkten Nutzung hoch ertragreicher, aber weniger qualitativvoller und anpassungsfähiger industrieller Saaten, die teure synthetische Düngemittel, Pestizide und Maschinen erfordern. Im Verlauf weniger Jahre gingen in Mexiko 80 % der Maisvielfalt verloren. Die Folgen dieser Veränderungen waren in Tonahuixtla besonders gravierend, da die Böden dort stark ausgelaugt waren und viele der in die Abhängigkeit von großen Konzernen geratenen Bewohner:innen in die Vereinigten Staaten emigrieren mussten, um ihren Lebensunterhalt zu sichern.

Laposse, der die Gemeinschaft in Tonahuixtla seit seiner Kindheit besuchte, kehrte nach seinem Kunststudium in London dorthin zurück und fand ein Dorf vor, das kurz vor dem Aussterben stand. Als Zeichen des Wandels und der Hoffnung für die Gemeinschaft initiierte er *Totomoxtle*: ein sozial-ökologisches künstlerisches Projekt zur Wiedereinführung einheimischer Maissorten in Zusammenarbeit mit lokalen Familien, die traditionelle Saatgutsorten über Generationen aufbewahrt hatten, sowie mit der Saatgutbank International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) in Texcoco, Mexiko. In nur vier Jahren konnten über 50 Menschen beschäftigt werden und sechs vom Aussterben bedrohte Maissorten in der lokalen Landwirtschaft wieder eingeführt werden. In Kooperation mit der von ihm gegründeten Genossenschaft nutzte Laposse die bunten Blätter des Criollo-Maises, Abfälle aus der Landwirtschaft, um Intarsien für Möbel und Innenräume herzustellen. Der Name dieses neuen Materials, *Totomoxtle*, bezieht sich auf das indigene Nahuatl Wort für Maishülsen. Dabei handelt es sich um ein Furnier, 0,5 bis 8 mm dicke

Blätter, die normalerweise aus Holz und in diesem Fall aus Resten der Maislandwirtschaft bestehen. Nachdem sie von der Pflanze abgeschnitten wurden, behalten Maisblätter ihre Farbe und können dank ihrer Faserstruktur flachgedrückt oder gebogen werden. Die Produktion von *Totomoxtle* schuf Arbeitsplätze vor Ort und motivierte die Gemeinschaft zur Rückkehr zu traditionellen Anbaupraktiken. Handwerk wurde zu einem Motor für eine sozial-ökologische Transformation auf einem niedrigen Level.

In einem zweiten Schritt suchten Laposse und die Genossenschaft nach einer Lösung für das gravierende Problem der Bodenerosion, was zur Wiedereinführung von Agavenpflanzen auf einer Fläche von 120 Hektar führte. Bis zu 150.000 Agaven konnten dort gepflanzt werden. Ihre Wurzeln können sich an Felsen verankern und somit Bodenerosionen vermeiden sowie Wasser in trockenem Boden speichern und die Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen stärken. Die Nutzung der Agavenpflanzen in Tonahuixtla weicht jedoch von der in Mexiko üblichen Verwendung ab. Agaven werden normalerweise industriell für die Herstellung der nationalen Spirituosen Mezcal oder Tequila gezüchtet. Dafür werden die Agaven auf den Feldern gerodet und ihre Blätter als Abfall liegen gelassen, was zu Insektenbefall führen und in großen Mengen schädlich für den Boden sein kann. In Tonahuixtla bleiben die Agavenpflanzen bestehen. Nur ihre Blätter werden geerntet und zermahlen, um Sisalfasern zu gewinnen, die in Textilsulpturen gewebt werden. Die drei Skulpturen *Dog benches (pups)* im Frankfurter Kunstverein weisen die natürliche helle Farbe der Sisalfasern auf. Die Skulptur *Pink Hammock* hingegen wurde mit einem natürlichen Pigment gefärbt. Der rote Farbstoff Cochineal stammt von einem Käfer, der in Mittelamerika auf Kakteen lebt.

In Laposses Wiederaufforstungsprojekt mit Agaven ist die Herstellung von Textilien aus Sisal ein Akt der Vorsorge, der sich von der herkömmlichen Textilindustrie unterscheidet, die natürliche Ressourcen schneller entzieht, als sie sich regenerieren können. Laposses Praxis geht über die Nachhaltigkeit hinaus und regeneriert Ökosysteme und Gemeinschaften, um den lokalen biokulturellen Reichtum für künftige Generationen zu bewahren. Damit demonstriert er die regenerative Kraft der Kunst, komplexe Probleme anzugehen, und zeigt, wie Kunst nicht nur ästhetisch sein, sondern auch eine sozial-ökologische Transformation hervorrufen kann. Laposse handelt im Sinne einer finanziell unabhängigen Gemeinschaft, die in Verbindung mit dem lokalen Ökosystem agiert. Landschaft und Menschen sind in Tonahuixtla vereint in einem ökologisch ausgerichteten Wirtschaftskreislauf. Dabei unterstreicht Laposse die Wichtigkeit der Sensibilisierung und der Förderung von Veränderungen, auch wenn sie nur auf lokaler Ebene stattfinden.

Die Präsentation von Fernando Laposses Werk in der Ausstellung *Bending the Curve* ist exemplarisch für eine ganze Reihe an Künstler:innen, die sich mit ihrer Kunst für die Bewahrung von Agrobiodiversität und für einen Wandel der landwirtschaftlichen Techniken mit lokalen Lösungs- und Forschungsansätzen einsetzen. Dazu zählen u. a. Vivien Sansour mit der *Palestine Heirloom Seed Library*, Marwa Arsanios in ihrer Filmtrilogie *Who is Afraid of Ideology?*, Jumana Manna mit ihren Filmen *Foragers* und *Wild Relatives*, Nida Sinnokrot mit dem Residency-Programm *Sakiya – Art/Science/Agriculture* sowie das Künstler:innenduo Cooking Sections mit seinen Kunstforschungsprojekten *CLIMAVORE* und *Monoculture Meltdown*.

## HINTERGRÜNDE ZUM ERNÄHRUNGSSYSTEM

Die Klimakrise konfrontiert unser Ernährungssystem – Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur – mit neuen Herausforderungen wie steigenden Temperaturen, Waldbränden, Dürren und Überschwemmungen. Was wir essen, wie viel Lebensmittel kosten, wo Land bewirtschaftet werden kann und wie viel Nahrung Menschen zur Verfügung steht, hängt u. a. eng mit der Biodiversität sowie mit dem zunehmend extremeren Klima zusammen. Ein wesentlicher Teil der Biodiversität ist die genetische Diversität, die es erlaubt, dass sich Arten und Populationen an ständig neue Umweltveränderungen anpassen können. Dies eröffnete auch den Menschen eine breite Palette von Optionen an Pflanzen, die sie nutzen und anbauen konnten.

Die Vielfalt der Organismen, die in unseren landwirtschaftlichen Ökosystemen leben, nennt man Agrobiodiversität. Dazu zählen Kulturpflanzen, Nutztiere, Mikroorganismen und Wildpflanzenarten. Es handelt sich zu großen Teilen um ein vom Menschen über die Jahrhunderte geschaffenes Kulturgut und somit um eine Sonderform der Biodiversität. Agrobiodiversität umfasst nicht nur Landwirtschaft und Ernährung, sondern auch Geschichte, Tradition, Identität, Kultur, Geografie, Genetik, Wissenschaft und Handwerk. Da Agrobiodiversität die genetische Grundlage für Nahrungsmittel und landwirtschaftliche Produktion bildet, hängt auch unsere Zukunft davon ab. Die Vielfalt in der Landwirtschaft stärkt die Gesamtwiderstandsfähigkeit unserer Ernährungssysteme und ermöglicht es, widerstandsfähigere Pflanzenarten zu züchten, die den Herausforderungen von Krankheiten, Schädlingen, sich verändernden Umweltbedingungen und anderen Bedrohungen besser standhalten können. Gerade wegen der globalen Erwärmung verbreiten sich zunehmend Krankheitserreger, die Ernten zerstören und ganze Pflanzenarten auslöschen können. Jedoch ist heute die Agrobiodiversität stark gefährdet und damit auch ihr Beitrag zur Zukunft der menschlichen Ernährung.

Wie die Klimakrise ist auch die Vielfaltskrise menschengemacht. Der größte Verlust an Agrobiodiversität begann in den 1960er-Jahren, als Wissenschaftler:innen versuchten, die globale Ernährungssicherheit zu verbessern, indem sie den Ertrag von Weizen, Reis und Mais erhöhten. Um die dringend benötigten zusätzlichen Nahrungsmittel anzubauen, wurden Tausende traditioneller Sorten durch eine kleine Anzahl neuer Sorten (v. a. bei Mais und Soja) ersetzt. Diese wurden mit einer Mischung traditioneller und gentechnologischer Methoden gezüchtet. Die Strategie, die dies durch den Einsatz neuer Technologien gewährleistete – neue Saatgutsorten, mehr Agrochemikalien, höhere Bewässerung– wurde als „Grüne Revolution“ bekannt. Diese Bewegung wurde von verschiedenen Organisationen und Wissenschaftler:innen unterstützt, darunter die Rockefeller Foundation und die Ford Foundation, sowie von Agrarwissenschaftler:innen wie Norman Borlaug. Die Grüne Revolution verbreitete sich weltweit, besonders in Südasien und Lateinamerika, und markierte den Beginn der modernen industriellen Landwirtschaft in Ländern des globalen Südens. Die Einführung von Hybridsorten war oft mit intensivem Einsatz von Agrochemikalien – Düngemitteln und Pestiziden (Herbiziden, Insektiziden, Fungiziden) verbunden. Lediglich vier Agrochemieunternehmen kontrollieren 60 % des weltweiten Saatgutmarktes (und 75 % des Pestizidmarktes); diese Unternehmen repräsentieren damit eine riesige Marktmacht. Durch die Abhängigkeit von Hybridsorten, Düngemitteln und Pestiziden und in den Händen weniger Konzerne gerieten lokale Gemeinschaften von Kleinbauern

und -bäuerinnen oft in finanzielle Schwierigkeiten und ihre Widerstandsfähigkeit sowie das traditionelle landwirtschaftliche Wissen gingen verloren. Denn auch wenn die neuen Verfahren und neue wissenschaftliche Erkenntnisse akute Hungerprobleme in vielen Regionen mildern konnten, rückten dadurch die biologische Vielfalt, lokale Ernährungssysteme, soziale Gerechtigkeit sowie auch die Gesundheit von Böden, Ökosystemen und Gewässern in den Hintergrund.

Als Reaktion auf die negativen Auswirkungen der Globalisierung und der industrialisierten Landwirtschaft entwickelten sich in den 1990er-Jahren Protestbewegungen von Bauern und Bäuerinnen, Landarbeiter:innen und indigenen Gemeinschaften, die sich gegen eine industrielle globalisierte Landwirtschaft stellten und lokale Lösungsansätze priorisierten. Sie propagierten das Konzept der Ernährungssouveränität, das das dominante Modell der Ernährungssicherheit als Priorität infrage stellte. Ernährungssouveränität bezieht sich auf das Recht von Einzelpersonen und Gemeinschaften, die Kontrolle über ihre eigenen Ernährungssysteme zu haben, einschließlich der Art und Weise, wie Nahrungsmittel produziert, verteilt und konsumiert werden. Der Fokus liegt dabei auf lokalem und traditionellem Wissen sowie auf nachhaltigen landwirtschaftlichen Praktiken (Agroökologie).

Heute sind diverse Pflanzenarten, mit denen wir in unserem Alltag vertraut sind, vom Verlust der Agrobiodiversität betroffen. Ein bekanntes Beispiel ist die Geschichte der Bananen. Von den über 100 Arten dieser *Musa paradisiaca*, die aus einem natürlichen Selektionsprozess entstanden waren, wurde die Sorte Gros Michel ohne Samen gezüchtet, weltweit verbreitet und angepflanzt. Nachdem Plantagen der Gros Michel durch einen Bodenzpilz fast komplett vernichtet worden waren, setzte die Industrie auf eine gegen den Pilz resistente Sorte: die Cavendish-Banane. Diese könnte jedoch als einzelne Sorte jederzeit ebenfalls von Pilzen und Krankheitserregern befallen werden. Immer mehr Pflanzen, die auf wenige Sorten reduziert wurden, sind durch den Klimawandel verursachten Gefahren ausgesetzt: die beliebte Avocado-Sorte „Hass“, Arabica-Kaffee, Kakao sowie Äpfel und Kartoffeln und viele mehr. Doch vor allem Pflanzen, auf denen die globale Ernährung basiert, sind in ihrer Vielfalt bedroht: Weizen, Reis und Mais. Bei vielen, auf hohe Erträge optimierten Anbausystemen haben Menschen heute große Herausforderungen – Erträge und Gewinne wurden kurzfristig optimiert, aber langfristig die Vielfalt, die Resilienz und Robustheit des Agrarsystems unterminiert.

Es gibt jedoch gute Möglichkeiten, das Agrarsystem wieder zu verbessern. Parallel mit der Grünen Revolution gibt es seit Jahrzehnten weltweit Bemühungen, die Arten- und Sortenvielfalt in Gen- oder Saatgutbanken zu erhalten. Saatgutbanken sind eine Ressource zur Aufrechterhaltung zumindest eines Teils der historisch gewachsenen Agrobiodiversität; mit großem Potential für die zukünftige Ernährungssicherung. Dort können Forscher:innen Populationen und alte Sorten finden, um damit heute und in Zukunft klimaresistentere oder schädlingsresistentere Sorten zu züchten, die den derzeitigen Umweltveränderungen besser gewachsen sind. Es gibt weltweit etwa 1.700 Saatgutbanken, die Sammlungen von Pflanzenarten beherbergen, die von unschätzbarem Wert für die wissenschaftliche Forschung, Bildung, Artenschutz und die Bewahrung indigener Kulturen sind.

Das Konzept der Genbanken hat sich bei der Rettung von Grundnahrungsmitteln als recht erfolgreich erwiesen, bei Gemüse und Obst jedoch weit weniger. Während die Lagerung von Saatgut unter sorgfältig kontrollierten Bedingungen nicht einfach, aber möglich ist, müssen viele Lebensmittel wie Kaffee, Äpfel, Pfirsiche und Vanille als Pflanzen oder Bäume konserviert werden, was eine weitaus komplexere und teurere Herausforderung ist. Ein Lösungsansatz könnte darin bestehen, die Vielfalt aus den Saatgutbanken zurück auf die Felder der Landwirt:innen zu bringen, wo alte Sorten erneut Teil der Sortenvielfalt und Weiterentwicklung unserer Agrobiodiversität werden können.

In Zukunft brauchen wir eine Vielfalt unterschiedlicher Ansätze, um genug gute, gesunde Lebensmittel zur Verfügung zu haben. Wir brauchen auf der eine Seite hoch produktive Sorten, die unter klimatisch günstigen Bedingungen auf guten Böden, wie in der Ukraine, angebaut werden; dies spielt eine wichtige Rolle für die globale Ernährungssicherung. Auf der anderen Seite müssen wir lokales und indigenes Wissen nutzen, die traditionellen Sorten wiederzuentdecken und weiterzuentwickeln. Von großem Vorteil ist, dabei Techniken zu verwenden, die die Natur nachahmen, die auf Sortenvielfalt, diverse Kulturen und Landschaftsdiversität sowie auf natürliche Schädlingskontrolle setzen. Traditionelles Wissen anzuwenden bedeutet nicht, in die Vergangenheit zurückzugehen. Es bedeutet vielmehr, auf die verschiedenen Ernährungssysteme zu schauen, die die Menschen über Jahrtausende hinweg bewahrt haben, und zu überlegen, wie diese Praktiken unter lokalen Ansätzen im modernen Ernährungssystem des 21. Jahrhunderts Anwendung finden und weiterentwickelt werden können.

## 2. Obergeschoss

### Julia Lohmann

#### *Hidaka Ohmu, 2020*

Algen auf Rattan und Schichtholz verklebt  
535 x 325 x 224 cm

#### *Corpus Maris II, 2023*

Algen auf Rattan und Schichtholz verklebt  
150 x 150 x 130 cm

#### *Department of Seaweed*

Atelierraum: Diverse Prototypen, Arbeitsproben und -material  
Algenfurnier, Rattan-Konstruktionen, Skizzen, getrocknete Algen aus verschiedenen Ländern Europas und Asiens sowie aus Australien, Bildmaterial, Nachdruck des PhD Appendix, Algen auf Seilen hängend, Schneidmatte, Werkstattutensilien, Zeichnungen und Collagen

Courtesy Julia Lohmann Studio

Julia Lohmann ist Künstlerin und Professorin für Praktiken zeitgenössischen Designs an der Aalto-Universität in Helsinki. Seit Jahren forscht sie zu den Wesensmerkmalen und Lebensbedingungen von Seetang und Kelp. Lohmann verfolgt die Idee des „Knowing, Acting, Caring“, des Wissens, Handelns und Fürsorgens, die sie in grafischen Denkmodellen zu den Beziehungsnetzen von Mensch und Natur strukturell aufarbeitet. Die Künstlerin steht für eine Haltung, bei der der kartesianische Dualismus überwunden und zwischen Menschen und nicht menschlichen Lebewesen das Verbindende gesehen wird. Der Blick liegt hier auf dem Verständnis komplexer wechselseitiger Beziehungen von Lebewesen, die alle Teil eines voneinander abhängigen Gesamtsystems sind.

Seit 2007 verwendet Julia Lohmann Seetang als Material für ihre raumgreifenden Skulpturen und andere künstlerische Arbeiten. Seetang ist eine schnellwachsende Makroalge, die dichte Unterwasserwälder und -felder bildet. Alle erforderlichen Nährstoffe für ihr Wachstum bezieht sie aus dem Meerwasser, der Atmosphäre und der Sonne. Sie bindet große Mengen Kohlendioxid, produziert Sauerstoff, reinigt die Meere und bietet anderen dort lebenden Organismen Lebensraum und Nahrung. Sie trägt zur Erosionsverhinderung an den Küsten bei, indem sie die Kraft der Wellen abschwächt und als natürliche Barriere dient.

Bei jedem Atemzug, den der Mensch auf dem Planeten nimmt, stammt die Hälfte des Sauerstoffs von Algen und Plankton, die in den Weltmeeren leben. Diese Photosynthese betreibenden Lebewesen sind seit Billionen Jahren für die besondere Zusammensetzung der Atmosphäre unseres Planeten und somit für alles Leben auf ihm verantwortlich. In den Meeren bilden sie für zahlreiche Lebewesen, bis hin zum Menschen, eine essentielle Nahrungsmittel-Grundlage.

Für *Bending the Curve* hat Julia Lohmann eine große Rauminstallation mit mehreren Elementen konzipiert. *Corpus Maris II* (lat. für „Meereskörper“ oder „Wesen des Meeres“) ist eine von der Decke hängende Plastik, die in ihrer Form an Quallenkörper erinnert. Zentral im Raum steht *Hidaka Ohmu*. Diese Skulptur ist begehrbar, ein organisch geformter Pavillon, dessen Hülle aus halbtransparentem Seetang geschaffen wurde, der über ein leichtes Rattangestell gespannt ist. Die Riesenskulptur ist an den Wänden befestigt, aus denen sie förmlich herauszuwachsen scheint. Geht man durch sie hindurch, gelangt man in einen weiteren Raum, der wie ein *studiolo* anmutet, das der Untersuchung von Kunst, gesellschaftlichen und ästhetischen Erkenntnissen und der Eigenschaften von Algen gewidmet ist und den Lohmann *Department of Seaweed* nennt.

Diese Arbeiten sind exemplarisch dafür, wie Lohmann prozesshaft und experimentell mit Seetang arbeitet und dabei mit den Mitteln der Kunst die übergeordnete Frage nach menschlichem Handeln in und mit Ökosystemen beleuchtet.

Der Titel *Hidaka Ohmu* stellt einen Bezug zu Japan her, wo die Künstlerin ihre Forschungsarbeiten zu Meerespflanzen vor Jahren begonnen hat. In Japan wird Kelp seit vielen Generationen geerntet und ist integraler Bestandteil der Kultur und der Ernährung. Hidaka ist eine Region auf der japanischen Insel Hokkaido, aus der der Kelp stammt. Ohmu ist der Name insektenartiger Fantasiewesen aus dem japanischen Animationsfilm *Nausicaä aus dem Tal der Winde* (1984) des Autors Hayao Miyazaki. In seiner Geschichte beschützen Ohmus den Wald und bringen die von

Menschen aus der Balance gebrachten Ökosysteme von Böden und Wasser in ein Gleichgewicht zurück.

Die in der japanischen Kultur zentrale Idee des „Wabi Sabi“ ist für Lohmanns Arbeitsweise von großer Bedeutung. Vergänglichkeit, Unvollkommenheit und Unbeständigkeit werden hier nicht als Grenzen, sondern als Potenzial für zukünftiges Sein gedeutet. Immer wieder zeigt Lohmann in ihren Arbeiten das Unfertige – das *non finito*, das im „Wabi Sabi“ die Offenheit für alles werdende, das Mehrdeutige und den Raum der Spekulation in den Mittelpunkt stellt. Im Kontext von Kunst, Handwerk und Design bedeutet dies, die Qualitäten von Materialien in ihrer natürlichen Unvollkommenheit zu würdigen und so zu belassen, dass sie nicht verfälscht werden. Ihre achtsame Gestaltung soll die Vorstellungskraft des Betrachters aktivieren und Raum für Mehrdeutigkeit schaffen.

Die Werke verändern sich mit dem Vergehen der Zeit. Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Licht beeinflussen die Beschaffenheit und Farbe der Algenhalme und somit von Lohmanns Skulpturen. Die Pflanzenshafte trocknen aus und ziehen sich in einem natürlichen Prozess zusammen. Die Künstlerin behandelt den Kelp mit Leinöl, sodass er flexibel genug bleibt, um ihn auf die Rattanstruktur zu spannen. Während zerbrechliche Materialien kurze Molekülketten besitzen, verfügen formbare Materialien über lange. In nassem Seetang sind die Molekülketten durch Wasser miteinander verbunden. Beim Trocknungsprozess der Alge verdunstet das Wasser, die Molekülketten verkürzen sich und die Fasern ziehen sich zusammen. Um die Alge ähnlich wie Leder zu strecken, hat Lohmann ein Verfahren gefunden, das ausreichend Wasser in dem hydrophilen Material hält. Dabei unterstützen sich Seetang und Rattan gegenseitig: Seetang bietet Zugkraft und Rattan Festigkeit.

Auch die Farbe des Seetangs unterliegt in Lohmanns Arbeiten einem kontinuierlichen Wandel. Die ursprünglich durch das Chlorophyll grün gefärbten Seetangblätter bei *Hidaka Ohmu* und *Corpus Maris II* sind in der Ausstellung in einem warmen, durchsichtigen Gelb zu sehen.

Bei den Proportionen ihrer Skulpturen richtet sich Lohmann nach der Größe der geernteten Algenhalme. Seetang, insbesondere *Saccharina Japonica*, erreicht in nur einem Jahr eine Länge von bis zu sechs Metern und eine Breite von vierzig Zentimetern. Lohmann versucht, die Meerespflanzen in ihrer Gänze als Materialbahn zu verwenden, um das Aussehen und die Anmutung der natürlichen Form wie unter Wasser zu erhalten.

Lohmann will das biologische Material so wenig wie möglich verfremden. Sie betrachtet Seetang nicht als Rohstoff, sondern als lebendigen, prozesshaften und eigenständigen Organismus, mit dem sie in Interaktion tritt. Die Künstlerin möchte seine Eigenschaft erhalten, seine „*Seaweedness*“ („Seetangartigkeit“) sichtbar machen. Dem Lebewesen Seetang spricht sie eine eigene Handlungsfähigkeit zu, eine eigene „*agency*“. Die Pflanze ist nicht leblos oder passiv und daher kein reiner Materiallieferant, sondern ein Lebewesen, mit dem der Mensch in seinem Handeln in ein Verhältnis tritt.

Daher sind die skulpturalen Installationen keine Oberflächen, die nur durch äußerliche Betrachtung erfahrbar sind. *Hidaka Ohmu* ist begehrbar. Besucher:innen gelangen durch Passagen in sein Inneres, in den Bauch der Skulptur. Spiegeloberflächen im Durchgang erzeugen Doppelungen und Täuschungen. Im Inneren liegt der Geruch des Meeres und der vielen unterschiedlichen Algen, die Lohmann ausstellt, um ihren Arbeitsraum in den Ausstellungsraum zu übersetzen. Diverse Prototypen, Arbeitsproben und Seetang in seiner rohen Form und in unterschiedlichen Trocknungsstadien sind ausgestellt. Unfertige Rattankonstruktionen, Skizzen, Mindmaps und ein Ausdruck von Lohmanns Doktorarbeit geben Einblick in ihre Forschungs- und Produktionspraxis. Es ist nicht das fertige, museale Werk, sondern der Prozess, die Arbeit, das Forschende und das Haptische, was sie fesselt.

Lohmann arbeitet in einer kollektiven Praxis (*community of practice*), im Zusammenschluss mit Menschen verschiedener Disziplinen. Sie praktiziert die Methode der Co-Spekulation: Jede:r kann Imagination und Assoziationskraft einbringen und zu möglichen zukünftigen Formen der Fürsorge für und des Handelns mit Seetang beitragen. Lohmann hat zahlreiche DoS-Prototyping-Workshops an Universitäten, Kulturinstitutionen, aber auch für politische Organisationen wie das EU-Parlament durchgeführt. 2020 wurde Lohmann vom Weltwirtschaftsforum in Davos eingeladen, *Hidaka Ohmu* dort zu zeigen.

Damit das entstandene Wissen und die Forschungsergebnisse zu Seetang stetig erweitert werden, aber der Allgemeinheit immer zugänglich bleiben, orientierte sich Julia Lohmann am Lizenzsystem der Creative Commons (CC): Alle Beiträge und Forschungsergebnisse, die im Rahmen des DoS entstehen, unterliegen den Lizenzbedingungen der CC. Die Verbreitung und Nutzung der Forschungsergebnisse werden gefördert, sofern sie im Einklang mit den Prinzipien der Nachhaltigkeit stehen.

Lohmann teilt eine Haltung, die Reziprozität als Prinzip der Begegnung mit anderen fordert. Aus indigenem Wissen und Handeln hervorgehend, nun immer mehr auch ins westliche Denken einbezogen, ist Reziprozität die Praxis, Dinge mit anderen zum gegenseitigen Nutzen auszutauschen. Die Gegenseitigkeit beschränkt sich nicht nur auf Mitmenschen, sondern fordert einen achtsamen Umgang gegenüber allen Mitlebewesen. Lohmanns *Department of Seaweed* steht für eine regenerative Designforschungspraxis, die vor allem eine ethische Haltung verkörpert.

Vor 450 Millionen Jahren entwickelten sich durch evolutionäre Prozesse erste Pflanzen zu Land aus Meeresalgen. Meeresplankton, also der Urganismus, der zur Photosynthese fähig war, hat vor Billionen Jahren Sauerstoff in die Atmosphäre freigesetzt und so die Grundlage für jede weitere Entwicklung komplexerer Lebensformen auf der Erde gebildet. Algen sind der Ursprung der Pflanzenwelt auf der Erde. Unterschiedliche Disziplinen der Bioökonomie erforschen heute zunehmend Algen und Seetang. Die Pflanzen wachsen schnell und haben die Fähigkeit, Schwermetalle und Schadstoffe aus dem Wasser zu filtern. Sie können auf eine umweltschonende Weise angebaut und geerntet werden. Als „Bambus des Meeres“ kann Seetang aus dem Wasser auch Schadstoffe aus landwirtschaftlichen Abwässern (Nitrat) und Fischeausscheidungen filtern, die Erosion von Küsten aufhalten und die Regeneration von

Küstengebieten fördern. In der Nähe von Fischfarmen und Industrieanlagen angebaut kann Seetang das Wasser filtern und gleichzeitig als erneuerbares Material geerntet werden. Dank seiner Textur wird Seetang zunehmend als umweltfreundliche Alternative zu Kunststoffen, Textilien oder lederähnlichen Materialien genutzt, die keine schädliche Verarbeitung erfordert. Ein ganzheitlicher Ansatz, der die Gesamtheit von Ökosystemen und allen daran teilhabenden Lebewesen in den Blick nimmt, kann in Zukunft nachhaltigere Ökonomien und Lebensgemeinschaften hervorbringen. Die Ansätze im Umgang mit Seetang sind vielversprechend, doch hängt die Nachhaltigkeit im Wesentlichen von einem behutsamen Umgang bei Ernte, Verarbeitung und Nutzung ab. Es zeichnet sich ein wachsendes Bewusstsein dafür ab, dass ein grundlegender Wandel der menschlichen Haltung gegenüber Mitbewesen und Ressourcen nötig ist. Das Überleben des Menschen ist mit dem des Seetangs und allen weiteren Bewohner:innen der Meere verbunden. Für Julia Lohmann steht die Arbeit mit Seetang sinnbildlich für einen nicht ausbeuterischen Umgang mit Natur. Somit ermöglichen ihre Werke Denkräume, die konkrete Handlungen und Haltungen in unterschiedlichen Disziplinen inspirieren können.

## Alexandra Daisy Ginsberg

*Pollinator Pathmaker: AfyLbwTriWhuR7PDkd77LZ (Pollinator Vision, Late Spring)*

*Pollinator Pathmaker: ARr77zvQW8Bq8q6hgDHUmp (Pollinator Vision, Late Summer)*

*Pollinator Pathmaker: AfyLbwTriWhuR7PDkd77LZ (Pollinator Vision, Late Summer)*

*Pollinator Pathmaker: iFADDiPqc5HU3KiFxfBEuG (Pollinator Vision, Early Summer)*

*Pollinator Pathmaker: AfyLbwTriWhuR7PDkd77LZ (Pollinator Vision, Midsummer), 2023*

Fünf Pigmentdrucke auf Barytpapier mit Landschaftskreationen, hergestellt mit der Software

*Pollinator Pathmaker*

Jeweils 203 x 125 cm

Beauftragt von Frankfurter Kunstverein

*Pollinator Pathmaker, 2021*

Online Tool [pollinator.art](http://pollinator.art)

© Alexandra Daisy Ginsberg Ltd

Courtesy Die Künstlerin

Alexandra Daisy Ginsberg arbeitet an der Schnittstelle von Kunst, Ökologie und Technologie. Für den Frankfurter Kunstverein hat sie eine neue Werkserie geschaffen. Fünf großformatige Drucke zeigen die verschiedenen Jahreszeiten der noch nicht realisierten lebenden Kunstwerke von Pollinator Pathmaker. Die gewählte Perspektive ihrer Bilder ist die von Bestäuberinsekten. Pollinator Pathmaker ist Ginsbergs fortlaufendes Kunstwerk, bei dem die Künstlerin Grundstücke zu biodiversen Landschaften umgestaltet. Sie hat einen Algorithmus entwickelt, der standortspezifische Bepflanzungsschemata erstellt, die, sobald sie gepflanzt sind, zu lebenden Kunstwerken für andere Arten werden. Das Design des Algorithmus gestaltet die Bepflanzung nicht nach menschlichen ästhetischen Kriterien, sondern nach den Bedürfnissen und der Art der Nahrungssuche der Bestäuberinsekten, darunter Bienen, Wespen, Motten, Käfer und

Schmetterlinge. Die Auswahl der Pflanzen ergibt sich aus den jeweiligen Bioregionen, an denen bereits Pollinator-Pathmaker „Plant Palettes“ (Pflanzenpaletten) bisher in Auftrag gegeben wurden – zurzeit in Atlantik- und Kontinental-Europa. Die Liste der Pflanzen wurde von der Künstlerin in Zusammenarbeit mit Gartenbaukünstler:innen und Expert:innen für Bestäubung recherchiert und kuratiert.

Jeder Garten ist ein Unikat mit einzigartigem Bepflanzungsplan, der die größtmögliche Vielfalt an lokalen Bestäuberarten unterstützt. Die Künstlerin bezeichnet die Technologie, die sie geschaffen hat, als „altruistischen Algorithmus“ oder als „Empathie-Tool“, weil ihre Priorisierung auf die größtmögliche Anzahl von Vorteilen für Bestäuber und nicht auf Menschen ausgerichtet ist. Berücksichtigt werden Bestäubertypen, Blütezeiten, die Verträglichkeit von Pflanzen miteinander, Blütenform und visuelle Wahrnehmungsspektren von Farbfrequenzen werden berücksichtigt. Der Algorithmus kalkuliert die Auswahl und Anordnung der Pflanzen so, sodass die ganzjährige Blütezeit und die Formen der Nahrungssuche berücksichtigt werden: Einige Insektenarten merken sich die effizientesten Routen zwischen den Blumen, um mit minimalem Energieaufwand so viel Nektar wie möglich zu sammeln, während andere eher zufällig suchen.

Für Bending the Curve sind fünf großformatige Drucke von nicht realisierten Bepflanzungsplänen entstanden, die nicht die menschliche Sichtweise abbilden. Alexandra Daisy Ginsberg malt digital jede Pflanze, die in ihren „Plant Palettes“ erscheint, so dass man sich jedes potentielle lebende Kunstwerk in einem virtuellen Raum vorstellen kann, bevor es gepflanzt wird. Ginsberg ist durch digitale Gärten geflogen und hat die Perspektive von Bestäubern gewählt – aus der Sicht eines niedrigen Fluges oder vom Boden aus. Die Farben der Blüten lassen auf die verschiedenen Farbwahrnehmungsspektren von verschiedenen Insektenarten schließen. Bewusst bricht Ginsberg mit den Prinzipien klassischer Landschaftsmalerei. Man könnte fast an eine extreme Erweiterung der Idee englischer Landschaftsgärten denken. Im 18. Jahrhundert brachen diese mit den mathematisch-geometrischen Anordnungen der damals dominierenden französischen Barockgärten, um sich der natürlichen Pflanzenanordnung anzunähern.

Trotz der Nutzung von Technologie distanziert sich Ginsberg ausdrücklich von der Idee, Klima und Biodiversitätskrisen über sogenannte Techno-Fixes zu lösen. Sie plädiert für eine grundlegende Veränderung des menschlichen Verhaltens, politischer Entscheidungen und wirtschaftlichen Handelns. Alexandra Daisy Ginsbergs Arbeit wird weniger von einer Idee der Reparation geleitet als der einer Fürsorge für nicht-menschliche Mitlebewesen. Pollinator Pathmaker strebt einen Perspektivenwechsel sowohl in der Betrachtung als auch in der Gestaltung des Miteinanders an. Sich von einer rein menschlichen, anthropozentrischen Sicht zu lösen, bedeutet, die vielfältigen nicht-menschlichen Welten wahrzunehmen und in den Blick zu bekommen.

Alexandra Daisy Ginsberg steht für einen Kunstbegriff, der nicht allein das Werk in den Mittelpunkt stellt, sondern auch eine Haltung. Sie schafft Langzeitprojekte, die auf einer wissenschaftlichen Grundlage beruhen und durch einen erweiterten Kunstbegriff in den realen gesellschaftlichen Raum eingreifen. Pollinator Pathmaker aktiviert Menschen und gewinnt sie für gemeinschaftliche Bepflanzungsaktionen. Auf den Flächen entstehen lebende Werke als artenübergreifende soziale Plastiken im öffentlichen Raum. Dafür sucht sie explizit auch die Zusammenarbeit mit

Kulturinstitutionen. So entstanden im Auftrag der LAS Art Foundation ein Pollinator-Pathmaker-Kunstwerk auf dem Vorplatz des Museums für Naturkunde in Berlin, ein weiteres in den Kensington Gardens für die Serpentine Gallery in London und das Eden Project in Cornwall (UK). Ginsberg betrachtet jeden Auftrag als Kunstedition einer stetig wachsenden Serie lebender, prozesshafter Kunstwerke.

Die Künstlerin will ihr Wissen teilen und stellt auf der Webseite [pollinator.art](http://pollinator.art) den Pollinator-Pathmaker-Algorithmus der Allgemeinheit zur Verfügung. Von der Größe eines Blumenkastens bis zu einer Fläche von 15 x 15 Metern kann ein Bepflanzungsplan zur individuellen Umsetzung erstellt werden. Anhand von Größe und geografischer Lage des Areals, der Bodenart, des Lichts und der Exposition berechnet der Algorithmus individuelle Entwürfe für die Bepflanzung. Indem es Ginsbergs digitale Gemälde verwendet erstellt das System ein einzigartiges Design, eine Pflanzanleitung und grundlegende Informationen über die empfohlenen Pflanzen, ihre Entwicklung zu unterschiedlichen Jahreszeiten sowie eine Visualisierung des Gartens aus menschlicher Sicht und aus der von Bestäubern.

Ginsbergs Vision ist es, immer mehr Mitstreiter:innen zu finden, die mit dem Pollinator-Pathmaker-Algorithmus auf dem gesamten Globus ortsspezifische Kunstwerke für Insekten anlegen. Entstehen könnte ein global verteiltes Kunstwerk mit kollektiver Autor:innenenschaft und nicht-menschlicher Nutzung. Jede Edition würde als weiterer Zufluchtsort für Bestäuber dienen und dazu beitragen, ein grenzüberschreitendes Kunstwerk und Netzwerk zu schaffen. Regeneration, so der Umweltschützer Paul Hawken in seinem Buch *Regeneration: Ending the Climate Crisis in One Generation*, bedeutet, das Leben in den Mittelpunkt jeder Handlung und Entscheidung der Gesellschaft zu stellen. Es rücken Fragen der Ethik zwischen den Arten und die Notwendigkeit praktischer Wege in den Vordergrund, wie Menschen und andere Lebewesen Räume gerecht teilen können und wie eine radikale Neuplanung und Neuausrichtung unserer Beziehungen, zum Beispiel zu Insekten, aussehen kann. Es würde bedeuten, anzuerkennen, dass alles Wachstum auf Gegenseitigkeit beruht.

Auch in der zeitgenössischen Kunst tragen Künstler:innen seit Jahren Ideen und praktische Anweisungen für regenerative Ansätze bei. Regeneratives Handeln fordert ein Umdenken in der Art und Weise, wie wir die gebaute Umwelt gestalten und schaffen. Regeneratives Wirtschaften und Handeln trägt mit Ideen und verändertem Vorgehen dazu bei, die Widerstandsfähigkeit der Gesellschaft zu verbessern, die Gesundheit des Planeten wiederherzustellen und ökologische Systeme zu regenerieren. In diesem Kontext bietet Pollinator Pathmaker von Alexandra Daisy Ginsberg einen wegweisenden Ansatz, eine Haltung der Selbstermächtigung im Kampf für den Erhalt der Artenvielfalt.

**BESTÄUBER UND BLUMEN: EINE (NUN GEFÄHRDETE) SYMBIOSE SEIT ÜBER 200 MILLIONEN JAHREN**  
Bienen, Schmetterlinge, Motten, Fliegen, Käfer und Wespen zählen zu den Bestäuberinsekten. Weltweit gibt es 350.000 Arten von Bestäubern. Sie besuchen Blüten, um Nektar zu trinken oder sich von Pollen zu ernähren, und transportieren dabei Pollenkörner von Ort zu Ort. Sie helfen somit der Pflanze bei ihrer Reproduktion und Verbreitung. Weil sich Pflanzen nicht fortbewegen können, gehen sie eine Kooperation mit den Insekten ein, um ihre eigene Existenz zu sichern. Die

Schönheit von Blumen, einschließlich ihrer leuchtenden Farben, spielt eine wichtige Rolle bei der Anziehung von Bestäubern. Insekten werden besonders von blauen Farben angezogen, die in der Natur selten vorkommen. Einige Blumen erzeugen dafür optische Effekte wie das sogenannte Irisieren. Auch Duft spielt eine zentrale Rolle.

Neue Forschungen an der Universität von Tel Aviv (Prof. Lilach Hadany, Molecular Biology Ecology of Plants, Faculty of Life Sciences) beschäftigen sich mit der Phytoakustik, die die Wirkung von Geräuschen auf Pflanzen untersucht. Ihre Erkenntnisse zeigen, dass Blumen die Vibrationen anfliegender Insekten wahrnehmen und darauf reagieren, indem sie süßeren Nektar für diese produzieren. Diese Art symbiotischer Beziehung wird „Mutualismus“ genannt. Die Wechselseitigkeit zwischen Pflanzen und bestäubenden Insekten hat die Geschwindigkeit der Evolution blühender Pflanzen erhöht. Sie passen sich an die körperlichen Merkmale der Insekten innerhalb weniger Generationen an.

Blumenwiesen gehören zu den Ökosystemen mit der höchsten Biodiversität. Ein Drittel der heimischen Pflanzenarten, Bestäuberinsekten und weiterer Tierarten lebt in Blühwiesen. Im letzten Jahrhundert sind rund 98 % der Blumenwiesen aufgrund von Flächenversiegelung sowie der Umwandlung von Land in Monokulturen für agroindustrielle Landwirtschaft, intensiver Düngung mit Gülle und Kunstdünger sowie kurzer Mähintervalle verschwunden. Durch staatliche finanzielle Unterstützung, beachtliche Mittel aus Steuergeldern und EU-Subventionen werden Magerwiesen und Feuchtwiesen in profitables Grünland verwandelt. Die Bedrohung der Blumenwiesen als Lebensraum steht im direkten Zusammenhang mit dem Rückgang der Bestäuberinsekten. Allein in Deutschland sind in den letzten 25 Jahren 75 % der Insekten verschwunden, was einen alarmierenden Rückgang der bestäubenden Insekten bedeutet und den rapiden Verlust der Artenvielfalt verdeutlicht. Der Rückgang betrifft nicht nur die Biomasse der Insekten, sondern vor allem ihre Vielfalt.

Ein Rückgang der Artenvielfalt bei Bestäubungsinsekten steht zudem im direkten Zusammenhang mit dem Rückgang der Pflanzenvielfalt. Der rasante Rückgang der Arten verarmt Ökosysteme und in letzter Instanz bedroht es das menschliche Überleben. Denn Bestäuber unterstützen Ökosysteme und drei Viertel des weltweiten Nahrungssystems. Eine neue Achtsamkeit für die Bedürfnisse von Insekten würde bedeuten, unser Leben auf dem Planeten zu sichern – nicht nur, weil diese Lebewesen den Menschen zugutekommen (nature for people, IPBES), sondern auch, weil sie allein durch ihre Existenz einen Wert haben (nature for nature, IPBES). Der Wert eines Lebewesens kann nicht nur in monetären Begriffen gemessen werden.

Unter der Berücksichtigung, dass die Veränderung der Landnutzung ein direkter Auslöser ist für das Artensterben, die Zerstörung von Ökosystemen und somit das Verschwinden von Insekten, ist die Rückgabe von Raum an die Natur ein regenerativer Lösungsansatz, der von zahlreichen internationalen Wissenschaftler:innen gefordert wird (Bending the Curve of Biodiversity Loss; IPBES; Club of Rome).

Alexandra Daisy Ginsberg (\*1982, London, GB) ist eine multidisziplinäre Künstlerin, die in London lebt und arbeitet. Sie promovierte im Fach Design Interactions am Royal College of Art, London

(GB) und erlangte einen Masterabschluss in Architektur an der University of Cambridge (GB). Seit vielen Jahren beschäftigt sich Ginsberg mit unseren komplexen Beziehungen zur Natur und Technologie. Anhand verschiedener Themen wie Künstliche Intelligenz, synthetische Biologie, Naturschutz und Evolution untersucht sie den menschlichen Drang, die Welt zu verbessern, während er die natürliche Welt um uns herum vernachlässigt. Ihr Projekt Pollinator Pathmaker, das sie im Jahr 2021 veröffentlichte, wurde mit dem S+T+ARTS Grand Prize 2023 for Artistic Exploration bei der Ars Electronica ausgezeichnet. Ihre Arbeiten sind Teil von internationalen Sammlungen wie der des Art Institute of Chicago (US), dem Cooper Hewitt Smithsonian Design Museum in New York (US) und dem ZKM Karlsruhe (DE). Sie hat in zahlreichen internationalen Institutionen ausgestellt, unter anderem im MoMa, New York (US), Centre Pompidou (FR), Bozar – Palais des Beaux Art, Brüssel (BE), Serpentine Galleries, London (GB), Vitra Design Museum, Weil am Rhein (DE) und der Royal Academy of Arts, London (GB). Zu ihren jüngsten Einzelausstellungen gehören Präsentationen im Museum für Naturkunde, Berlin (DE) und im Toledo Museum of Art, Toledo (US).

### 3. Obergeschoss

#### Walter R. Tschinkel

Sechs Ameisenbauten der Arten *Camponotus socius*, *Pogonomyrmex badius*, *Trachymyrmex septentrionalis*, *Formica Dolosa*, *Pheidole morrisi*, *Cyphomyrmex rimosus*

Zinn-guss

Verschiedene Größen

Courtesy Walter R. Tschinkel

Walter R. Tschinkel ist ein US-amerikanischer Biologe, der zur Soziobiologie und Verhaltensökologie sozialer Insekten, insbesondere Ameisen, forscht. Tschinkels jahrzehntelange Arbeit hat dazu beigetragen, die Lebensweise von Ameisen umfassender zu verstehen. In besonderem Maße hat er sich ihrer Nesterarchitektur gewidmet. Seine Studien zeigen, wie Ameisen die Temperatur und Feuchtigkeit in ihren Nestern regulieren. In der Ausstellung sind sechs Objekte aus Walter R. Tschinkels Sammlung zu sehen, die der Wissenschaftler für Forschungseinrichtungen geschaffen hat. Es handelt sich um Aluminium- und Zinnabgüsse von sechs unterirdischen Nestern. Jedes wurde von einer anderen Population gebaut, die alle in demselben 30 ha großen Lebensraum in den Sandhügeln der Kiefernwälder an der Küstenebene Nordfloridas leben. Insgesamt gibt es in diesem Landstrich bis zu 50 verschiedene Ameisenarten in hunderten Populationen.

Walter Tschinkel interessiert sich für diesen speziellen Raum, den er „das Ameisenparadies“ nennt, weil er hier Biodiversität sichtbar machen kann. Auf diesem begrenzten Areal haben Ameisen ganz unterschiedliche Merkmale und Fähigkeiten entwickelt. So hat sich die Riesenameise Florida-Harvester auf Pflanzensamen spezialisiert und sich einen ganz anderen Lebensraum geschaffen als die winzige *Pheidole adrianoi*, die ihre Nestkammern mit Pilzen auskleidet. Nachtaktive Arten können mit tagaktiven Ameisen koexistieren. Sie haben sich auf unterschiedliche Nahrung spezialisiert: Die einen sammeln Raupenkot, andere getrocknete Insektenteile, um ihre Pilzgärten zu ernähren. Die Körpergröße der Arbeiterinnen weicht um das

bis zu Hundertfache voneinander ab, ebenso die Kolonigröße, und entsprechend unterschiedlich bauen sie ihre Nestarchitekturen.

Die verschiedenen Arten nutzen denselben Lebensraum und passen sich so vielfältig an, dass sie in einer erweiterten Gemeinschaft miteinander leben können.

Die Auswahl der Abgüsse in der Ausstellung zeigt, wie die Natur Vielfalt schafft und was genau Vielfalt ist. Auf den ersten Blick sehen die Architekturen unterschiedlich aus, doch Tschinkel stellt fest, dass nestbauende Ameisen individuelle Abwandlungen des gleichen Grundplans schaffen. Diese Grundstruktur – ein vertikaler Schacht mit einer oder mehreren untereinander verbundenen horizontalen Kammern – geht zurück auf die Jagdvespe, aus der sich Ameisen entwickelt haben.

Fast alle modernen Ameisennester folgen diesem Ur-Muster. Die Vielfalt ergibt sich aus vielen kleinen Veränderungen eines Grundmusters.

Für Ökosysteme sind Ameisen als sehr anpassungsfähige Wesen, deren Populationen über kollektive Intelligenz funktionieren, unerlässlich. Sie lockern Böden auf, tragen zur Humusbildung bei, entsorgen abgestorbene Organismen und Parasiten, verteilen Samen und kultivieren Pilzarten in symbiotischer Fürsorge. Zunehmend interessieren sich Wissenschaftler:innen für Ameisen auch wegen ihres biochemischen Bakterienfilms, der sie vor Krankheiten und Pilzbefall schützt. Sie sind wahre Meister der Verwertung und der Logistik.

Immer wieder präsentiert der Frankfurter Kunstverein in seinen Ausstellungen wissenschaftliche Präparate und Kunstwerke in gemeinsamen Räumen. Sowohl Kunst als auch Wissenschaft können Erkenntnisse und Ideen durch materielle Manifestationen sinnlich erfahrbar machen. Durch Sichtbarmachung entsteht Ersichtlichkeit.

Die Hohlraumabgüsse von Tschinkel schaffen eine besondere Brücke zwischen wissenschaftlichem Exponat und skulpturalem Objekt. Sie verdichten Erkenntnisse, die auf langjähriger Beobachtung und Wissenssammlung beruhen. Tschinkel betrachtet Ameisen nicht allein als Objekte wissenschaftlichen Interesses, sondern als Mitbewohnerinnen und Mitgestalterinnen einer gemeinsamen Welt. In der Ausstellung fungieren die Nestabgüsse als Erkenntnisobjekte und gleichzeitig als Materie gewordene Spur der komplexen Lebensprozesse von Wesen, deren Existenz auf dem Planeten seit Millionen von Jahren besteht.

#### INFORMATIONEN ZU DEN EINZELNEN AMEISENARTEN

##### CAMPONOTUS SOCIUS

Dies ist die größte Ameisenart in Tschinkels Areal. Beim Ausheben ihrer Nester verstreuen die Ameisen die ausgehobene Erde in einem fächerartigen Muster, sodass ihre Nestöffnungen an der Basis von Grasbüscheln leicht zu entdecken sind. Die Nester können zwischen bis zu 30 cm oder über einen Meter tief sein, sind aber immer sehr stabil. Die Kolonien haben eine einzige Königin. Sie bewohnen im Sommer bis zu 15 Nester. Gegen Ende der Saison geben sie alle bis auf eines oder zwei auf, um zu überwintern. Die Arbeiterinnen suchen meist einzeln nach Honigtau von

Blattläusen und Schildläusen und bringen diese Flüssigkeit ins Nest. Wie andere Camponotus verpuppen sich die Larven in einem seidigen Kokon, den sie selbst spinnen.

#### POGONOMYRMEX BADIUS

Eine der größeren Ameisenarten, die in den trockenen, sandigen Böden der Küstenebenen von North Carolina bis Mississippi lebt. Die Nestkammern sind auffällig, weil die ältesten Arbeiterinnen in der Umgebung Holzkohlestücke sammeln und diese auf der Nestscheibe ablegen. Die schwarze Nestscheibe hebt sich dadurch von dem weißen Sand ab, in dem das Nest angelegt wird. Von April bis November verlassen die älteren Arbeiterinnen den Bau um acht Uhr morgens. Sie sammeln Samen von bis zu 50 verschiedenen Pflanzenarten sowie Beuteinsekten. Sie lassen alles in die oberen Nestkammern fallen, von wo jüngere Arbeiterinnen das Gesammelte in die unteren Kammern oder zu den Larven im unteren Drittel des Nestes tragen. Da die Samen für die Ameisen zu groß sind, um sie zu öffnen, warten sie darauf, dass diese keimen. Die Keimung variiert je nach Jahreszeit, Art und Bodentemperatur.

Bei allen Ameisenpopulationen besteht eine strikte Arbeitsteilung. Diese richtet sich nach ihrem Alter und geht einher mit ihrer Verortung im Nest. Junge Arbeiterinnen werden im unteren Drittel des Nestes geboren und verbringen die erste Phase ihres Lebens mit der Pflege der Brut. Mit zunehmendem Alter wandern sie im Nest auf und ab und verrichten allgemeinere Arbeiten wie den Transport von Nahrung, die Lagerung von Samen und das Ausheben von Kammern. Sie nehmen die ins Nest gebrachte Nahrung auf und transportieren sie ins Innere des Nestes. Nur die ältesten Arbeiterinnen verlassen für die Nahrungssuche das Nest. Ihre Lebenserwartung beträgt dann nur noch etwa drei Wochen. Im Nest ist eine ständige Aufwärtsbewegung alternder Arbeiterinnen zu beobachten, die diejenigen ersetzen, die während der Nahrungssuche sterben. Der Tod tritt seltener aufgrund des Alters ein, sondern wegen Umweltbelastungen wie Hitze und Austrocknung oder Revierkämpfen.

Die Nester der Harvester-Ameisen sind am größten und schönsten. Sie sind bis zu drei Meter tief und haben schraubenförmige Schächte, die lappige, pfannkuchenartige Kammern miteinander verbinden. Die oberflächennahen Kammern liegen sehr dicht beieinander und sind sehr komplex; mit zunehmender Tiefe werden sie einfacher und liegen weiter auseinander. Die Samenkammern befinden sich in der Regel in den mittleren Tiefen zwischen 40 und 100 cm. Eine Kolonie zieht im Durchschnitt einmal pro Jahr um, meist im Sommer. Sie zieht nicht weit weg – das neue Nest ist meist etwa vier Meter vom alten entfernt. Das neue Nest ist dem alten in Größe und Architektur ähnlich, was die Frage aufwirft, warum sie überhaupt umzieht. Bemerkenswert ist, dass der Aushub des neuen Nestes und der Transport des gesamten Inhalts des ursprünglichen Nestes (einschließlich der Samen) in das neue Nest nur vier bis sechs Tage dauert. Die meisten von Tschinkels Nestabgüssen wurden von kürzlich verlassenen Nestern gemacht, sodass keine Kolonie dafür getötet wurde.

Kolonien sind sehr langlebig. Ihre Reife erreichen sie mit etwa vier bis fünf Jahren, ihre Lebenserwartung beträgt über 30 Jahre. Das Bestehen der Kolonie hängt mit der Lebensdauer der Königin zusammen. Sie ist die Mutter aller Ameisen während der gesamten Lebensdauer der Kolonie. Sie paart sich nur zu Beginn ihres reproduktiven Lebens mit einem Dutzend oder mehr Männchen und speichert einen lebenslangen Vorrat an Sperma in einem kleinen Beutel, der

Spermathek. Alle Weibchen entwickeln sich aus befruchteten Eiern, die Männchen aus unbefruchteten Eiern (wie es für alle Ameisen, Wespen und Bienen typisch ist).

#### TRACHYMYRMEX SEPTENTRIONALIS

Dies ist eine von zwei Arten von Pilzgärtner-Ameisen im Sandhills-Lebensraum. Ihr Verbreitungsgebiet reicht bis nach Long Island, NY, und bis nach Illinois. Die Arbeiterinnen haben stachelige, wulstige Körper. Sie bewegen sich langsam, sind aber extrem zahlreich mit bis zu 1.000 Populationen pro Hektar. Die Nester sind leicht zu erkennen, weil der ausgegrabene Sand halbmondförmig an einer Seite der Öffnung aufgehäuft wird. Wird der Haufen entfernt, schichten die Ameisen den Sand in der gleichen Richtung wieder auf. Auf abschüssigem Gelände befindet sich die Sichel normalerweise hangabwärts. Wenn die Ameisen in der Nähe ihres Nestes einen markanten Orientierungspunkt sichten, richten sie danach ihren Sandhügel aus. Sie orientieren sich also visuell. Offen bleibt eine Frage: Der Sandhügel wird von Arbeiterinnen errichtet, die sich offensichtlich über die Ausrichtung abstimmen. Wie das erfolgt, ist noch nicht erforscht.

In den circa 150 cm tiefen Nestern züchten die Ameisen in eiförmigen Kammern ihren Pilz. Diesen lassen sie auf einem Substrat aus Pflanzenresten und Raupenkot wachsen. Der Pilz ist die einzige Nahrung dieser Ameisen und ihrer Larven.

Etwa im Oktober nehmen die Ameisen die Pilzgärten auseinander und entsorgen sie. Wenn sich der Boden im Lauf des Sommers erwärmt, graben die Ameisen tiefere Kammern und verlegen die Gärten dorthin, wobei sie die höher gelegenen Kammern mit der ausgehobenen Erde auffüllen. Trotz der geringen Größe bewegen diese Ameisen etwa eine Tonne Erde pro Hektar und Jahr und sind somit wichtige Akteure bei der Erddurchmischung.

#### FORMICA DOLOSA

Diese Ameisen sind groß, graben gedrungene Nester und ernähren sich hauptsächlich vom Honigtau von Blattläusen und Schildläusen. Ihre Arbeiterinnen sind flink, beweglich und recht aggressiv. Ihre helle Färbung deutet darauf hin, dass sie hauptsächlich nachts auf Nahrungssuche sind. Die Arbeiterinnen haben große Giftdrüsen in ihren Kiefern und können zur Verteidigung Ameisensäure versprühen, die nach Essig riecht. Ihre dicht unter der Erdoberfläche gebauten Nester sind jedoch für Gürteltiere und Stinktiere dennoch leichte Beute.

Einige Arten lassen Blatt- und Schildläuse von dafür eingesetzten Arbeiterinnen züchten und bewachen. Diese übergeben den gemolkenen Tau anderen Arbeiterinnen, den sogenannten „Tankerinnen“, die zwischen der Blattlauspflanze und dem Nest pendeln. Manche Populationen bewachen ihre Läuse rund um die Uhr.

#### PHEIDOLE MORRISI

Diese Art bildet eine Koloniegröße mit bis zu 80.000 Arbeiterinnen. Sie baut Hügel über ihren unterirdischen Nestern. Diese bestehen aus bis zu vier Schächten mit kleinen, eng beieinander liegenden Seitenkammern. In den Flachwäldern begrenzt der Grundwasserspiegel die Tiefe des Nestes. Die Ameisen und ihre Brut sind abhängig von der Bodentemperatur und -feuchtigkeit. Die Population verteidigt ihre Grenzen gegen benachbarte Kolonien.

## CYPHOMYRMEX RIMOSUS

Die von der Evolution ausgebildete Fähigkeit, Pilze als Nahrung zu züchten, hat sich nach jetzigem Wissenstand nur bei amerikanischen Ameisen nachweisen lassen. In dem Areal, das Tschinkel untersucht, fand er zwei Arten, die *Cyphomyrmex rimosus* und die *Trachymyrmex septentrionalis*. Erstere wanderte ursprünglich aus Argentinien ein, wo sie weit verbreitet ist. Pilzgärtner-Ameisen ernähren sich von Futter, das von anderen Ameisen nicht verwertet wird, insbesondere von toten Insekten. Aus diesen bilden die Ameisen Strukturen, auf denen sie einen hefeartigen Pilz wachsen lassen, den sie fressen. Die Larven werden in Kammern gehalten, die von den Pilzgärten getrennt sind. Der Pilz wächst normalerweise fadenförmig. Wenn Ameisen ihn in Gärten züchten, bildet er eine andere, zellartige Form aus.

Wie die meisten anderen pilzbewohnenden Ameisen beherbergen die Arbeiterinnen auf ihrer Körperoberfläche mehrere Arten von Bakterien und Pilzen, die Antibiotika produzieren, um das Wachstum von Unkrautpilzen in ihren Gärten zu unterdrücken.

Die Nestarchitektur dieser Ameisenart ist anders als die der Artgenossinnen – unregelmäßig, ohne echte Kammern, scheinbar chaotisch. Der Grund ist noch ungeklärt, denn die meisten anderen Ameisenarten bauen eiförmige Kammern, die ihre Pilzgärten beherbergen.

Paarungsflüge finden im Frühsommer statt. Die Männchen bilden einen schwebenden Schwarm, in dessen Mitte die Weibchen fliegen. Die geflügelten, geschlechtsreifen Weibchen nehmen auf ihren Paarungsflügen ein Stück des Pilzes aus ihrem Geburtsnest mit. Wenn sie dann ihr neues Nest durch Graben anlegen, schaffen sie mit toten Insektenteilen wieder eine Struktur, auf der sie die Pilzstücke pflanzen und so einen neuen Garten anlegen.

## Zoo Frankfurt

Exponat erarbeitet von Dr. Johannes Köhler

Atta-Blattschneiderameisenkolonie

System aus Röhren und Kuben mit Ameisen, Nahrungskammern, Abfallkammern

Verschiedene Größen

Courtesy Dr. Johannes Köhler, Zoo Frankfurt

Dank der Kooperation mit dem Zoo Frankfurt präsentiert der Frankfurter Kunstverein eine Atta-Blattschneiderameisenkolonie, die über die Dauer der Ausstellung in den Ausstellungsräumen lebt. Unter der Leitung des Kurators Dr. Johannes Köhler hat der Frankfurter Zoo das Ameisenvolk in gläsernen Kunstbauten herangezogen, sodass Besucher:innen das komplexe, ansonsten unterhalb der Erde stattfindende Leben der Tiere aus der Nähe betrachten können.

Blattschneiderameisen sind in den tropischen Regenwäldern Mittel- und Südamerikas beheimatet. Sie leben in einer komplexen und doch extrem effizienten Symbiose mit Pilzen. Die Lebensgemeinschaft ermöglicht es beiden Arten, ihre Lebensfunktionen gegenseitig zu unterstützen oder sogar erst zu ermöglichen. Die Symbiose ist dabei so eng, dass die beiden Arten nicht mehr ohne einander existieren können. Die Atta-Blattschneiderameisen sind eine von mehreren Ameisen-Gattungen, die diesen Lebensstil entwickelt haben.

Ameisen sind ein essenzieller Teil funktionierender Ökosysteme. Sie züchten andere Insekten (Ko-Existenz), ernähren sich unter anderem von ihnen (Eindämmung von Schädlingen), sie verbreiten Pflanzensamen, entsorgen verstorbene Lebewesen und lockern Böden mit ihren komplexen Bauten auf. Sie tragen große Mengen von Nährstoffen in tiefere Bodenschichten, wodurch diese fruchtbarer werden. Ameisen verwerten große Mengen von Grünpflanzen, sodass der Nährstoffkreislauf intakt bleibt und ein wachstumsfördernder Einfluss auf die Vegetation entsteht.

### SYMBIOSE

In kollektiver Arbeit zerschneiden die großen Blattschneider-Arbeiterinnen mit ihren Mundwerkzeugen Pflanzen in kleinere Stücke und bringen diese in ihren Bau. In speziellen Kammern züchten die Ameisen sogenannte „Pilzgärten“ oder „Pilzfarmen“. Die kleinen Arbeiterinnen in diesen Kammern kauen die Blätter zu einer breiigen Masse, die als Nährboden für die Pilze dient. Sie tasten die Oberfläche des Pilzgeflechts sorgfältig ab und reinigen es von Sporen und Pilzfäden anderer Schimmelpilzarten. Immer wieder pflücken sie kleine Stücke aus der Pilzstruktur heraus, um sie ihren Artgenossinnen als Nahrung zu bringen. Sie setzen auch neue Pilzfäden auf frisches Pflanzenmaterial, um weitere Kulturen heranzuziehen. Die Ameisen düngen den Pilz mit Abfallprodukten und ihrem Kot. Die von den Ameisen gesammelten, schwer verdaulichen Pflanzeninhaltsstoffe werden vom Pilzmyzel durchwurzelt und zersetzt und so in ein für die Ameisen verdauliches Substrat umgewandelt. Studien deuten darauf hin, dass die Ameisen Bakterien auf ihrem Körper tragen, die nicht nur das Wachstum schädlicher Pilze hemmen, sondern auch den Nährpilz düngen.

Im Gegenzug bildet der Pilz an seinen Enden eiweißreiche Knoten, die den Ameisen Proteine spenden, um ihre Larven zu füttern. Zusätzlich schlüsseln die Pilze die Cellulose der Pflanzen so auf, dass sie von den Ameisen verwertet werden kann. Der Pilz hat die Fähigkeit, Gifte abzubauen, die für Ameisen schädlich sind. Das Wachstum des Pilzes hängt direkt von der Nahrungsversorgung und der Anzahl der Arbeiterinnen ab, die sich um ihn kümmern. Die Größe der Ameisengemeinschaft wiederum verhält sich proportional zur Größe des Myzels. Die Königin sorgt mit der Anzahl der von ihr abgelegten Larven dafür, dass die Population im Bau im Verhältnis zur verfügbaren Nahrungsmenge steht.

### ARCHITEKTUR DER AMEISENNESTER

Blattschneiderameisen bauen unterirdische Nester, die aus einem komplexen Netzwerk von Tunneln und Kammern bestehen. Nester können unterirdisch bis zu 70 Quadratmeter Fläche umfassen und mehrere Millionen Ameisen beherbergen. Die verschiedenen Kammern erfüllen dabei spezialisierte Funktionen, die wichtig für das Überleben der Population sind.

Die Pilzkammern sind die zentralen Räume der Nester. In Abfallkammern entsorgen Ameisen die Pflanzenreste aus der Pilzkammer. Die Ameisenkönigin legt ihre Eier in den Brutkammern ab, in denen auch die Larven und Puppen aufgezogen werden. Umsorgt wird die Brut von den Arbeiterinnen. Neben den Pilzen lagern die Ameisen auch Nahrungsreserven in speziellen Vorratskammern. Die Vorräte bestehen aus Pilzen, aber auch Blättern, Blumen, Samen und Tierresten. Jedes Volk baut sein Nest ganz individuell. Die Ameisen reagieren auf Veränderungen ihres Umfeldes und auf äußere Bedingungen mit der Anpassung der Nestarchitektur. Welche

Korrelationen hier eine Rolle spielen, ist noch nicht gänzlich erforscht. Wie unterschiedlich Ameisennester sein können, zeigt die Arbeit von Professor Dr. Walter R. Tschinkel.

#### DIE VIELFALT DER AMEISENPOPULATION – EINE SCHWARMINTELLIGENZ

Blattschneiderameisen funktionieren wie alle Ameisenarten als Schwarmintelligenz. Jedes Individuum ist Träger einer beschränkten Zahl von Informationen. Durch koordinierte Interaktionen und Kommunikation entstehen effiziente Lösungen für komplexe Aufgaben, durch kollektive Intelligenz ohne eine zentrale Instanz. Die Ameisenpopulation funktioniert durch ein komplexes, emergentes System aus einzelnen Individuen, die nur über lokale Informationen verfügen. Ameisen haben keine Kenntnisse über den Gesamtzustand der Gemeinschaft, funktionieren aber durch soziale Koordinationsmechanismen. So entstehen Ameisenstraßen dadurch, dass einzelne Ameisen bei ihrer Suche nach Nahrung eine Pheromonspur hinterlassen. Benutzt eine Ameise den gleichen Weg mehrmals, verstärkt sich diese Spur.

#### AUFBAU DES STAATES

Königinnen sind die reproduktiven Weibchen in der Population. Sie sind deutlich größer als die anderen Artgenossinnen und haben nur die Aufgabe, Eier zu legen. Die Ameisengemeinschaft hat normalerweise nur eine Königin, nur in Ausnahmefällen mehrere. Die Königinnen sind die einzigen weiblichen Ameisen, die Eier legen können. Königinnen und Männchen sind die einzigen Mitglieder der Population, die fliegen können. Dies ist in der Paarungszeit wichtig und um neue Gemeinschaften zu gründen.

Die Hauptfunktion männlicher Ameisen besteht darin, die Königinnen während des Hochzeitsfluges zu befruchten. Die Männchen sind kleiner als die Arbeiterinnen und haben meistens nur eine kurze Lebensdauer. Wenn sie ihre reproduktive Aufgabe erfüllt haben, sterben sie.

Arbeiterinnen sind nicht reproduktive Weibchen. Sie können in verschiedene Kasten unterteilt sein und mit unterschiedlichen Körpergrößen innerhalb einer Population vorkommen. Sie bilden die große Mehrheit des Volkes und sind für das Sammeln von Blättern, das Versorgen der Königin und der Brut, die Pflege der Pilzkulturen und die Verteidigung der Gemeinschaft zuständig.

### **Maurizio Montalti**

#### *RECIPROCITY // Mogu Acoustic ASPEN Fliesen Tiles, 2023*

Biofabrizierte Myzel-Komposit-Akustikplatten, gezüchtet durch Pilzgärung auf geringwertigen Substraten/Reststoffen, einschließlich Hanf, Baumwolle und Myzel-Biomasse  
Dreiecksförmige Module, jedes davon 45,5 x 39,8 cm

#### *RECIPROCITY // The Alchemist – Ganoderma lucidum, 2021*

Pilzbiomasse und Fruchtkörper/Pilze, die auf agroindustriellen Rückständen, einschließlich Hanfstroh und Sägemehl, gezüchtet werden  
Anamorphes Volumen, eingeschrieben im vollen Volumen von 75x75x45 cm

Courtesy Maurizio Montalti / Mogu

***RECIPROCITY // The Lower Fungi, Gefilmt von Wim van Egmond, 2023***

Film, bestehend aus einer maßgeschneiderten Montage hochwertiger Zeitrafferfilme, die das Wachstum und Verhalten von Pilzen auf der Grundlage hochauflösender Mikrofotografien zeigen  
13:30 min

***RECIPROCITY // Metabolic Transformation, 2023***

Filmstill aus *One Minute/Four Seconds* gedreht von Wim van Edgmond, In Auftrag gegeben 2016 für *Fungal Futures*, kuratiert von Officina Corpuscoli / Maurizio Montalti

Makrofotografie, bedruckte Tapete an der Wand montiert

420 x 260 cm

Courtesy Officina Corpuscoli/Maurizio Montalti & Wim van Egmond

Maurizio Montalti ist Künstler, Innovationsforscher und Unternehmer mit einer Ausbildung im Ingenieurwesen. Er arbeitet an der Schnittstelle zur Biotechnologie und leistet seit über einem Jahrzehnt Pionierarbeit bei der Entwicklung nachhaltiger und zukunftsorientierter Materialien. Montalti interessiert sich für ein umfassendes Verständnis der Lebenszyklen im Wechsel von Werden und Vergehen. Er untersucht dafür verschiedene Lebewesen und natürliche Vorgänge mit einer gesamtheitlichen Auffassung, bei der der Mensch (nur) ein Teil ist. Dabei erforscht er biologische Prozesse, die als Grundlage dienen, um biologische Materialien herzustellen. Seine Arbeit mit Pilzen begreift er als eine Kooperation zwischen Menschen und nicht-menschlichen Organismen, die alle Teile eines lebenden Systems sind. Montaltis Wissen basiert auf theoretischen und spekulativen Ideen neuer Formen des Miteinanders und hat von dort aus den Weg ins praktische Handeln gefunden.

Was im Sprachgebrauch als Pilz bezeichnet wird, ist das Fortpflanzungsorgan (Fruchtkörper) eines größeren lebenden Organismus, des Myzels. Dieses wächst in langen Zellsträngen im Boden oder innerhalb abgestorbener nährstoffreicher Organismen und ist meist nicht sichtbar. Das Netzwerk besteht aus pilzförmigen Fäden (Hyphen), die so fein sind, dass sie für das bloße Auge unsichtbar sind, und kann sich zu einem kompakten Geflecht verdichten.

Für die Ausstellung *Bending the Curve* hat Montalti eine Rauminstallation mit dem Titel *RECIPROCITY* konzipiert, in der er einen von Myzelien geschaffenen Kreislauf von Elementen und Transformationsprozessen für die Betrachter:innen sichtbar macht. Montaltis Installation besteht aus verschiedenen Elementen, die das nicht Sichtbare zeigen: einer Wandinstallation aus Myzelmodulen, einer fotografischen Großaufnahme von Myzelfäden in organischem Material, einem Film, der das Wachstum von Schimmelpilzen zeigt, sowie einem Glasobjekt, das ein mit Pilzsporen geimpftes Substrat enthält und auf dessen Oberseite sich eine Pilzskulptur befindet. Montaltis künstlerische Praxis basiert darauf, dass in der Natur der Tod und Verfall biologischer Zellen und Körper Voraussetzung für das Entstehen neuen Lebens sind. Seine Arbeit nimmt diesen natürlichen Prozess und die zentrale Rolle auf, die Pilze in der Umwelt als zersetzende

Akteure einnehmen. Sie bauen abgestorbene Zellen ab und wandeln sie in Substrat um, das Nahrung für das neue Leben anderer Organismen wird.

Der Titel der Rauminstallation – *RECIPROCITY* – fasst die Haltung des Künstlers zusammen. Reziprozität bedeutet, dass jedes Lebewesen in einer wechselseitigen Beziehung zu allen anderen Lebewesen steht. Menschen leben in einer ko-evolutionären Wechselbeziehung mit anderen Tieren, Pflanzen, Bakterien, Viren und Pilzen. Dies bedeutet, dass die Veränderungen und Entwicklungen der Arten jeweils aufeinander reagieren. Mit der Wahl des Titels verweist der Künstler auf die Erkenntnisse der Biologin und Philosophin Lynn Margulis (1938 – 2011), die ihr Leben und ihre Forschung der Evolutionstheorie der Symbiogenese gewidmet hat. Diese beschreibt die Entstehung und Entwicklung von Lebensgemeinschaften, in denen unterschiedliche Organismen eng miteinander interagieren und ihre Lebensfunktionen nur in wechselseitiger Abhängigkeit stattfinden können. Margulis forschte an Mikroorganismen wie Algen, Bakterien, Hefen und Pilzen, die in Symbiose mit anderen Lebewesen DNA-Veränderungen bewirken und dadurch zur Entstehung neuer Arten beitragen.

Im Zentrum der Installation *RECIPROCITY* steht die lebende organische Skulptur *The Alchemist* – *Ganoderma lucidum*. Sie besteht aus einem gewachsenen Pilzkörper, einem ausgereiften Fruchtkörper, der durch Trocknung seine Form beibehält. Der transparente Glassockel, auf dem die Skulptur steht, enthält ein mit Pilzsporen geimpftes Substrat, das seinen Lebenszyklus im Lauf der Ausstellung entwickeln wird. Nicht die Skulptur lebt, sondern der Inhalt des Sockels, was in gewisser Weise die Priorisierung klassischer Präsentationsformen in Kunstmuseen umkehrt. Der Titel *The Alchemist* verweist auf die historische Lehre, die die Eigenschaften der Stoffe und ihre Reaktionen erkundete, oft auch, um sie in Gold zu verwandeln.

Während Pflanzen durch Photosynthese aus Sonnenlicht und Luft ihre Nährstoffe selbst herstellen, gewinnen Pilze ihre Energie, indem sie lebendige oder tote organische Materie verdauen, so wie Tiere es tun. Sie wachsen, verzweigen sich und absorbieren Nährstoffe direkt durch ihre Zellwände. Dabei scheidet das Myzel Enzyme aus, die Zucker aus dem Material abbauen und aufnehmen. In einer natürlichen Umgebung besteht eine ihrer Hauptfunktionen darin, abgestorbenes Material und organische Materie abzubauen und die Nährstoffe dem Boden zuzuführen, damit Pflanzen sie erneut aufnehmen können. Die Geschwindigkeit, mit der sie dies tun, spielt eine große Rolle dabei, wie Regeneration in Ökosystemen stattfindet.

Den natürlichen Abbauprozess von Pilzen betrachtet Montalti als sinnbildlich für den Kreislauf aller Dinge und allen Lebens, bei dem Tod und Verfall notwendig sind, um Raum für neue Lebensformen und Prozesse zu schaffen. Montalti vertritt wie zahlreiche Künstler:innen und Innovationsforscher:innen die Haltung, sein Schaffen im Bewusstsein einer sozial-ökologischen Transformation und Verantwortung umzusetzen. Die Metapher reicht ihnen nicht mehr aus, sondern sie streben eine reale Umsetzung und Handlung an. Montalti ist Mitbegründer des italienischen Unternehmens SQIM und der Marken Mogu und Ephea, die mittels Biodesign Biomaterialien mit Myzelien herstellen, die sie für die Gestaltung von Innenräumen und der Textilfertigung produzieren.

Die Jungunternehmen sind Teil einer Transformation hin zu naturinspirierten, nachhaltigen Materialien und einer neuen Ökonomie. Mit dem Unternehmen SQIM stellt Montalti die Idee einer Kooperation mit nicht-menschlichen Lebewesen ins Zentrum seines unternehmerischen Handelns. Die Idee der Reziprozität und der Ko-Kreation sind wesentlich sowohl für sein künstlerisches Werk als auch für seine unternehmerische Arbeit.

Teil von *RECIPROCITY* ist auch das Wandobjekt, das aus Myzel-Modulen besteht. Das akustische Paneelsystem aus dreieckigen Myzel-Formen produziert der Künstler in seinem von ihm mitgegründeten Jungunternehmen MOGU. Durch ihre poröse Struktur erzeugen die Myzel-Module eine akustische Isolierung. Die Objekte werden biologisch produziert und sind biologisch abbaubar. Durch die Steuerung von Feuchtigkeit, Temperatur und Substratzusammensetzung sowie den Einsatz mineralischer Pigmente können verschiedene Arten von Myzelien mit unterschiedlicher Festigkeit, Dichte und Farbigkeit hergestellt werden. Mit dem Ziel, Teil einer ökologischen Transformation zu sein, haben Maurizio Montalti und seine Mitstreiter:innen von Mogu die Bandbreite myzelbasierter Produkte erweitert und zu einer standardisierten Serienfertigung ausgebaut.

Der Film *The Lower Fungi* und die Makrofotografie *Metabolic Transformation* sind in Zusammenarbeit zwischen dem Mikrofotografen Wim van Egmond und Maurizio Montalti entstanden. Durch beschleunigte Langzeitaufnahmen vom Wachstum der Pilze, die durch Mikroskope und Stereoskope beobachtet wurden, entstanden hochauflösende Aufnahmen im Zeitraffer. Bei dem Objekt der Makrofotografie handelt es sich um dieselbe Art von Pilz, aus dem die Mogu Acoustic ASPEN-Fliesen bestehen.

Biomimicry, das Wissen und die Übertragung natürlicher Formen, Prozesse und Ökosysteme auf menschliches Handeln, ist ein zentraler Teil von Montaltis künstlerischer Praxis. 2010 gründete er in den Niederlanden das multidisziplinäre Studio Officina Corpuscoli, in dem Wissenschaftler:innen und Designer:innen zu biologischen Prozessen und zur Verbindung menschlicher und nicht-menschlicher Wesen forschen. Insbesondere arbeitete Montalti eng mit Mykolog:innen (Pilzwissenschaftler:innen) und Forscher:innen der Universität Utrecht sowie des Fungal Biodiversity Centre CBS zusammen, um vielfältige Formen des Myzels, die Gesamtheit aller fadenförmigen Zellen eines Pilzes, und ihr Potenzial für die Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen zu erforschen. Gemeinsam mit ihnen hat Montalti Methoden entwickelt, die die biologischen Eigenschaften des Myzels nutzen, um biobasierte, abbaubare Produkte als Alternativen für traditionelle, oft umweltschädliche Produkte herzustellen.

„In nature, and that's where you have to look if you want to learn something new, nothing disappears. It simply changes shape.“ (Maurizio Montalti)

#### 4. Obergeschoss

**MYRIAD. Where we connect.**

Ein Projekt der Interactive Media Foundation und Filmtank, in Co-Kreation mit Miiqo Studios, Context Film und Artificial Rome

MYRIAD. Installation, 2023

Vierzehn Module, fünf Sitzblöcke, zwei Sitzbänke aus Holz, Resysta und Ytong, beschichtet mit gefärbtem Beton  
verschiedene Größen

Interaktives Projektions-Mapping auf drei Karbonmodulen, Bodenprojektion, reaktive Multi-Kanal-Audioinstallation

MYRIAD. Virtual Reality Experience, 2023

Virtual-Reality Anwendung  
10 min pro Geschichte

Präsentationsmodul, ein Sitzblock aus Holz, beschichtet mit gefärbtem Beton  
verschiedene Größen

MYRIAD. 360°-3D-Dokumentation, 2021

Stationäre Virtual-Reality Station mit zwei Videos  
10:09 min

Präsentationsmodul, drei Sitzblöcke aus Holz beschichtet mit gefärbtem Beton  
verschiedene Größen

Quellenverzeichnis verwendeter Daten



Courtesy MYRIAD. Where we connect., Interactive Media Foundation und Filmtank, in Co-Kreation mit Miiqo Studios, Context Film und Artificial Rome

Jedes Jahr ziehen Myriaden von Lebewesen über unseren Planeten. Ihre Wanderungen in regelmäßigen Rhythmen takten das Leben unseres Planeten wie das eines pulsierenden Gesamtorganismus. Welche Entscheidungen Tiere auf ihren Reisen treffen, wie sie mit der sich stets wandelnden Umgebung interagieren und welche Konsequenzen ihre Wanderungen auf Ökosysteme haben, verändert unser Verständnis über die wechselseitigen Abhängigkeiten aller Lebewesen und die gemeinsam belebten Räume. Die Naturwissenschaften erforschen diese Zusammenhänge, die somit auch in gesellschaftswissenschaftlichen und philosophischen

Deutungen Wiederhall finden. Und schon antike Geschichten und Mythen unterschiedlicher Kulturen erzählten von der Ganzheitlichkeit, die alle Lebewesen miteinander verbindet.

*MYRIAD. Where we connect.* Ist eine immersive, multimediale Installation an der Schnittstelle von Kunst, Wissenschaft und Storytelling. In der Ausstellung *Bending the Curve – Wissen, Handeln, [Für]Sorge für Biodiversität* feiert das begehbare interaktive Projekt zusammen mit der bereits erfolgreich gezeigten VR-Experience und einer 360-Grad-3D-Dokumentation Premiere. Die Arbeit lässt uns die Perspektive einzelner Tiere einnehmen und nimmt uns mit auf ihre langen Reisen über die Kontinente der Erde.

In der international preisgekrönten Virtual-Reality-Experience *MYRIAD. Where we connect.* folgen Besucher:innen den Wanderungen einer Grünen Meeresschildkröte, eines Polarfuchsweibchens und einer Gruppe von Waldrappen. Jede Reise verbindet wissenschaftliche Erkenntnisse mit ergreifenden Bildern und visuellem Wissen über die Routen der Tiere durch eine Welt, die zunehmend unter dem Einfluss des Menschen steht.

Der ebenfalls ausgezeichnete 360-Grad-3D-Film zeigt den Flug von Waldrappen über die Alpen und ihre erfolgreiche Wiedereingliederung in ihr natürliches Umfeld. Die spektakulären Aufnahmen entstanden mithilfe eines Ultraleichtflugzeugs.

Zentrales Element von *MYRIAD. Where we connect.* ist der Kohlenstoff. In den Äonen des Kosmos entstand der Grundstoff im Inneren von Sternen durch die Fusion von Helium. Aus dem All gelangte er durch unzählige Einschläge von Asteroiden auf unseren Planeten, wo er zum chemischen Grundbaustoff des Lebens wurde. Die Körper aller Lebewesen, von Pilzen und anderen Pflanzen, von Tieren und Menschen, enthalten dieses Element. Daher ist Kohlenstoff eines der zentralen gestalterischen Mittel der multimedialen Kunstinstallation geworden. Die Bildwelten von *MYRIAD. Where we connect.* basieren auf schwarz-weißen Kohlezeichnungen, aus denen digitale Animationen geschaffen wurden. Die Formen der Bindungsstrukturen von Kohlenstoff leben in den skulpturalen Raumelementen und in ihren taktilen, haptischen Oberflächen fort. Alle 3D-Animationen und Elemente der multimedialen Installation sind monochrom gehalten. Sie blenden Wissensfragmente ein und visualisieren künstlerisch Dateninterpretationen.

Auf drei raumgreifenden Karbonobjekten wird die Reise einzelner Tiere auf ihrer Wanderung erzählt. In der insgesamt 22-minütigen Animation folgen Besucher:innen den Flugrouten von Tierschwärmen und den Geschichten einzelner Arten. Zu sehen sind Amur-Falken, Monarchfalter und Graukraniche. Die Luft als eines der Elemente von Tierwanderungen bildet den Auftakt zur Eröffnung im Frankfurter Kunstverein. Grenzen, Hindernisse und Landnutzungen, aber auch Veränderungen im Erdsystem und das Abschmelzen der Pole stellen Lebewesen während ihrer Wanderungen vor große Herausforderungen.

Die Objekte der Installation bestehen aus Holz, beschichtet mit schwarz pigmentiertem Betonspachtel. Diese Materialien wurden durch den Audioeffekt „Convolution Reverb“ klanglich dekonstruiert, erfasst und für den Soundscape verwendet. Die Klangeigenschaften und das

Audioprocessing der Stoffe prägen die Atmosphäre und erzeugen neuartige Klänge von stofflicher Qualität.

Die skulpturalen Elemente der Rauminstallation sind eingebettet in eine 360-Grad-Klanglandschaft. Das akustische Raumerlebnis folgt dem Konzept der Soundscape Ecology. Sie orchestriert biologische Klänge (Biophonie), menschliche Klänge (Anthropophonie) und nichtbiologische, aber klangerzeugende natürliche Phänomene. Das geschaffene akustische Ökosystem reagiert auf die Anwesenheit der Besucher:innen im Raum und symbolisiert so klanglich den sie/sich verändernden Einfluss des Menschen auf seine Umwelt.

*MYRIAD. Where we connect.* entstand in enger Zusammenarbeit mit einem interdisziplinären Team. Die Darstellungen beruhen auf den realen Daten von über 20.000 besenderten Tieren, die zu Wasser, zu Land und in der Luft migrieren. Die Daten stammen aus der Movebank-Datenbank, dem Langzeitprojekt der Abteilung für Tierwanderungen des Max-Planck-Instituts für Verhaltensbiologie. *MYRIAD. Where we connect.* vereint aktuelle Forschungsinhalte aus den Bereichen Tiermigration, Verhaltensbiologie, Klimaforschung und Infrastrukturentwicklung und greift unter anderem auf die Big Data des Movebank-Projektes zurück. Die Abstraktion der Daten und Informationen werden durch die Kraft poetischer Erzählungen, skulpturaler Inszenierungen und Klanglandschaften zu Erlebnissen, die durch die Mittel der Kunst eine Verbindung zwischen der Imagination der Menschen und dem Wissen über die globale Vernetzung der Ökosysteme unseres Planeten herstellen.

*MYRIAD. Where we connect.* ist ein Projekt der Interactive Media Foundation und Filmtank in Co-Kreation mit Miiqo Studios, Context Film und Artificial Rome. Künstlerische Leitung: Lena Thiele, Sebastian Baurmann und Dirk Hoffmann. Die Soundszenografie wurde von kling klang klong entwickelt, die Ausstellungsarchitektur wurde von unit-berlin gestaltet.

#### Interactive Media Foundation gGmbH

Die Interactive Media Foundation ist eine gemeinnützige Organisation mit philanthropischem Hintergrund, die sich der Entwicklung gesellschaftlich relevanter Themen durch audiovisuelle Medienformate (Film, Virtual Reality, Ausstellungen) widmet. Sie produziert und finanziert ihre Projekte mithilfe privater Stiftungen und öffentlicher Mittel und führt den Vertrieb gemeinsam mit diversen Partner:innen durch. Die Grundlagen ihrer Arbeit sind ein gemeinschaftlicher kreativer Prozess und ein großes Partner:innennetzwerk. Die Interactive Media Foundation bringt Spezialist:innen aus verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen zusammen und kombiniert Fachwissen, Erkenntnisse und Techniken aus unterschiedlichen Disziplinen, um neue, oft überraschende Perspektiven auf Themen zu eröffnen, die faszinieren und berühren. Ihre Produktionen werden weltweit auf Medienkunst- und Filmfestivals sowie in zahlreichen Kultureinrichtungen gezeigt. Die Anerkennung von Expert:innen und Jurys aus verschiedenen Bereichen spiegelt sich in renommierten Auszeichnungen wie dem Bundespreis für kulturelle Bildung, dem Grand Prix des Art Directors Clubs oder der Aufnahme in die Forbes-Liste für herausragende Kreativität wider. Die Interactive Media Foundation wurde 2013 in Berlin gegründet.

### Filmtank GmbH

Filmtank ist eine vielfach preisgekrönte Produktionsfirma mit Sitz in Hamburg, Berlin und Stuttgart. Die Macher:innen kommen ursprünglich aus dem Dokumentarfilmbereich und produzieren heute ganze Themenuniversen. Filmtank bringt alte Meister:innen und junge Erfinder:innen zusammen. Dadurch entstehen neue Perspektiven.

### Miiqo Studios UG

Miiqo Studios wurden 2012 in Berlin gegründet und legen ihren Fokus auf die Gestaltung immersiver Welten an der Schnittstelle von Kunst, Wissenschaft und Storytelling. Sie verfolgen einen ganzheitlichen Ansatz und verbinden zeitgemäße digitale Technologien und gesellschaftsrelevante Themen zu emotionalen und berührenden Erlebnissen.

### Context Film GmbH

Die Context Film steht seit 2004 für anspruchsvolle Dokumentationen, innovatives fiktionales Erzählen und hochwertige Informationsfilme, die sich mit vielfältigen und komplexen Lebenswirklichkeiten beschäftigen. Die Arbeiten brechen gewohnte Denkmuster auf, frei in der Form und unabhängig erzählt.

### Artificial Rome GmbH

Artificial Rome ist ein Studio für digitales Design und visuelle Kommunikation mit Fokus auf immersiven Erlebnissen. Seit 2014 entwickelt das Team interaktive Kommunikationsformate aus der Verbindung von digitaler Technologie, schöpferischer Vision und klarer gestalterischer Handschrift.

### klng klang klong GmbH & Co. KG

Das Berliner Kreativstudio klng klang klong komponiert Sounds und Codes für Klangerlebnisse. Das Team aus Komponist:innen, Sounddesigner:innen, kreativen Denker:innen, Wissenschaftler:innen und Techniker:innen erkundet neue Wege, um Menschen durch Klang zu berühren. Die Arbeiten sind in physischen und virtuellen Umgebungen, Ausstellungen, Museen und bei Events international präsent.

### **Untergeschoss**

## **Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP)**

Prof. Dr. Alexander Böker, Direktor Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP

Dipl.-Ing. Thomas Büsse, Leitung Verarbeitungstechnikum für Biopolymere Schwarzheide

Dr. Jens Balko, Leitung Verarbeitungstechnikum für Biopolymere Schwarzheide

Heiko Ziller, Technischer Mitarbeiter

Danny Pytek, Technischer Mitarbeiter

Jens Kunkel, Versuchsplanung und Zusammenstellung Exponate

Fabian Textor, Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Frischhalte-Dosen, Cremedosen, Kabeldurchführungen und Schraubverschlüsse (Spritzguss), Joghurt-Becher und Schalen (Thermoform), Trink- und Shampooflaschen (Blasform), Folien (Flach- und Blasfolien) aus Polybutylensuccinat

Diverse Größen

Courtesy Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP

Kunststoffe kommen aufgrund ihrer Materialeigenschaften in allen Anwendungsfeldern zum Einsatz: von Verpackungen in unserem Alltagsgebrauch bis hin zu Hochleistungskomponenten in der Luft- und Raumfahrt. Sie haben eine geringe Materialdichte und sind kosteneffizient in der Herstellung. Gegenüber anderen Materialien erzeugen sie weniger Energieeinsatz.

Allein im Jahr 2021 lag die weltweit produzierte Kunststoffmenge bei 391 Mio. Tonnen und die Tendenz steigt nach wie vor. Etwa 90 % der produzierten Menge entfällt dabei auf Massenkunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET) oder Polystyrol (PS) – sie stellen als thermoplastische Polymere einen wesentlichen Teil der Endprodukte in der chemischen Industrie dar. Für diese heute eingesetzten Kunststoffe werden fast ausschließlich fossile Rohstoffe verwendet.

Nur ca. 1,5 % der 2021 produzierten Kunststoffe basieren auf nachwachsenden Rohstoffen. Zur erfolgreichen Transformation einer auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft hin zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft muss der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen in der weltweiten Kunststoffherstellung unbedingt zunehmen.

Ein noch vollständig ungelöstes Problem ist die Menge an Plastik in allen Bereichen der Umwelt, in Flüssen und Meeren, aber auch in Böden. Plastik wird absichtlich weggeworfen, wenn Abfallsammelsysteme fehlen, aber auch unabsichtlich. Große Mengen kommen auch durch Abrieb- und Abnutzungsvorgänge in die Umwelt. Die Kunststoffteilchen sind in allen Größenordnungen bis in den Mikro- und Nanometerbereich zu finden. Das Ausmaß der Auswirkungen auf die Flora und Fauna sowie auf den menschlichen Körper ist erheblich.

Biokunststoffe werden derzeit produziert, um die Massenkunststoffe zu ergänzen und zum Teil schon zu ersetzen. Ein Beispiel für einen Biokunststoff ist Polybutylensuccinat (PBS). PBS ist besonders vielversprechend, weil es ähnliche mechanische, optische und haptische Eigenschaften sowie Verarbeitungsbedingungen wie die ölbasierten Massenkunststoffe PE und PP hat. PBS wird aus zwei Monomeren synthetisiert: Bernsteinsäure und Butandiol. Diese chemischen Grundbausteine werden über ein Polykondensations-Verfahren synthetisiert.

Beide Stoffe können aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, die aus Cellulosehaltigen Abfällen aus der Land- und Forstwirtschaft stammen. Die Cellulose wird in einem chemischen Verfahren aufgespalten und die dabei entstehenden Zucker werden im nächsten Schritt mithilfe von Bakterien zu Bernsteinsäure und Butandiol fermentiert. Aus Bernsteinsäure und Butandiol kann das zu 100 % biobasierte PBS hergestellt werden. Dieser Stoff ist neben der Polymilchsäure (PLA) ein wichtiger Meilenstein im Wandel zu einer biobasierten Kunststoffindustrie.

PBS ist gut biologisch abbaubar. Bei geeigneten Umweltbedingungen hat es ein ähnliches Abbauverhalten wie Holz. Bakterien verstoffwechseln und zerlegen PBS unter Nutzung ihrer Enzyme. Was als Abbaustoffe übrig bleibt, sind Kohlendioxid und Wasser. Bei einem Anstieg des Einsatzes biologisch abbaubarer Biokunststoffe könnte in Zukunft die besorgniserregende Verbreitung ölbasierter Kunststoffe in sämtlichen Biotopen unseres Planeten reduziert werden. Die Produktion und Nutzung von Kunststoffen muss so schnell wie möglich verringert und dann gänzlich vermieden werden. Auf dem Weg zu einer vollkommen nachhaltigen Wirtschaftsweise muss die Steigerung der Rate der Wiederverwendung und des Recyclings ölbasierter Kunststoffe – aber auch von Biokunststoffen – höchste Priorität haben.

PBS kann wie die meisten konventionellen thermoplastischen Kunststoffe recycelt werden, denn es kann in modernen Sortieranlagen erkannt und aussortiert werden. Das heißt, dass Voraussetzungen für eine Wiederverwertung aller Kunststoffe eine moderne Anlage mit optischen Materialerkennungstechniken und die Trennung des Mülls bereits bei den Verbraucher:innen sind.

Wiedergewonnenes PBS kann in neue Produkte eingearbeitet werden. Das Fraunhofer IAP kooperiert mit Industriepartner:innen, um die Typenvielfalt des PBS zu erhöhen und dadurch die Anwendungsmöglichkeiten zu erweitern. Um PBS einzusetzen, bedarf es keiner neuen Verarbeitungstechnologien. Der biobasierte Stoff kann für Spritzgussverfahren, zur Folienherstellung sowie für Blas- und Thermoformen verwendet werden. Die am IAP entwickelten nachhaltigen Materialien stehen an der Schwelle zu ihrem Markteintritt.

### **Magna Glaskeramik**

Stormy Grey Bodenplatten, 2017

24 Glasplatten aus recyceltem Glasbruch und Überschuss beschichteter Solarpaneele  
Jeweils 135 x 60 x 2 cm

Samples

6 Glasfliesen aus recyceltem Glasbruch und Überschuss beschichteter Solarpaneele

Courtesy Magna Glaskeramik

### **BlueBlocks: Seawood**

Samples

Faserplatten aus braunem Seetang

Courtesy BlueBlocks

### **RikMakes: Compostboard**

Samples

Bretter aus agrarwirtschaftlichen Abfällen

Courtesy RikMakes

## **Shards – Fliesen aus Bauschutt**

Samples

Fliesen aus Bauschutt

Courtesy Shards – Fliesen aus Bauschutt

## **Smile Plastics**

Samples

Paneele aus recycelten Kunststoffabfällen

Courtesy Smile Plastics

## **Spared**

Samples

Recycelte Muscheln aus der Fischereiindustrie

## **StoneCycling**

Samples

Ziegelsteine aus Bauschutt

Courtesy StoneCycling

## **UpBoards**

Samples

Platten aus recycelten Kunststoffabfällen

Das 21. Jahrhundert steht vor einem radikalen Paradigmenwechsel dafür, wie viele Materialien unter welchen Produktionsbedingungen hergestellt werden und zum Einsatz kommen. Das lineare Konzept von „Produzieren, verwenden, wegwerfen“ hat sich angesichts knapper Ressourcen und eines exponentiell wachsenden Abfallaufkommens sowie einer rapide steigenden Weltbevölkerung als nicht tragbar für die zukünftige Bewohnbarkeit des Planeten erwiesen. Um den Abbau natürlicher Rohstoffe zu minimieren, müssen Kreisläufe aus Produktion, Nutzung und Wiederverwendung entwickelt werden, die neben einem geringeren Verbrauch von Ressourcen eine Transformation des Wirtschaftens ermöglichen.

*Knowing, Acting, Caring* als Haltung eines veränderten Handelns hat unterschiedliche Stufen der Produktion und eine Bandbreite von Materialien hervorgebracht, die nicht mehr nur als spekulative Forschungsprojekte, sondern zur realen Anwendung zur Verfügung stehen. Die hier präsentierte Auswahl junger Unternehmen steht stellvertretend für eine neue Generation von Firmen, die ihr wirtschaftliches Modell im Zeichen der Transformation entwickelt haben. Magna Glaskeramik, Blue Blocks Seawood, Compost Board, Shards-Fliesen aus Bauschutt, Smile Plastics, Spared, Stone Cycling, UpBoards und Mogu stehen für innovatives Wirtschaften im Bereich der New Materials. Recycling, Urban Mining, der Einsatz natürlich nachwachsender und abbaubarer Rohstoffe bilden das Zentrum ihrer Produktpaletten.

Die erste Stufe für veränderten Wertstoffverbrauch besteht im Ansatz des Recyclings bereits

bestehender Stoffe. Hier geht es darum, bereits vorhandene, oft ölbasierte Materialien wieder zu verwerten, anstatt sie zu entsorgen. Dies reduziert nicht nur den Energieverbrauch bei Neuproduktionen, sondern verringert auch die Menge der Abfälle, die weltweit auf den Deponien landen. Recycling trägt dazu bei, unsere begrenzten natürlichen Ressourcen zu schonen und die Umweltbelastung zu minimieren. Voraussetzung für das Recycling ist die Trennung in einzelne Stoffe. Weil viele Produkte als Verbund zahlreicher Einzelstoffe designt werden, deren Trennung schwierig ist, landen wertvolle Materialien als Ganzes auf den Deponien. Verändertes Design, neue Produktionsverfahren und effizientere Trennung in einzelne Stoffe sind daher die neuen Herausforderungen.

Städte und die gebaute Umwelt befinden sich im ständigen Wandel. Was bleibt, sind Tonnen von Trümmern aus Beton, Ziegeln und diversen anderen Baumaterialien. Die Reste werden als Bauschutt auf Müllhalden entsorgt. Immer mehr wird jedoch verstanden, dass dieser Abbruch auch recycelbare Stoffe liefern kann. Als Urban Mining werden eine neue Wirtschaft und ein Prozess genannt, der Rohstoff nicht aus der Natur, sondern aus bereits verursachtem Abbruch extrahiert und die Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus städtischen Abfällen und Altprodukten betreibt. Dabei werden Techniken wie Recycling, Wiederverwendung und Aufbereitung eingesetzt, um Metalle, Kunststoffe, Elektronik und andere Ressourcen aus Haushalten, Gewerbegebieten und Industrieabfällen zurückzugewinnen. Urban Mining trägt dazu bei, die Abhängigkeit von primären Rohstoffquellen zu reduzieren, und fördert eine nachhaltigere Nutzung von Ressourcen in urbanen Umgebungen.

Shards ist ein junges Unternehmen aus Kassel, das sich auf die nachhaltige Verwertung von Abfällen aus der Bauindustrie spezialisiert hat, indem es Fliesen aus Bauschutt herstellt. Die Fliesen verzichten vollständig auf Primärrohstoffe, geben mineralischen Abfallstoffen, die normalerweise auf Deponien landen würden, ein zweites Leben und etablieren gleichzeitig ein zirkuläres System. Bei einer Beschädigung können sie, ohne zu Abfall zu werden, zu neuen Fliesen recycelt werden. Die Palette von Farben und Oberflächenstrukturen wird ohne Farbstoffe produziert und reicht von Weiß, Creme, Braun, Grau, Schwarz bis zu Grün- und Blautönen. Sie können glänzend, griffig oder rau sein. Bei der Herstellung der Shards-Fliesen setzt das Unternehmen auf erneuerbare Energiequellen und verzichtet vollständig auf fossile Brennstoffe. Aufgrund seiner Nachhaltigkeit wurde das Unternehmen 2018 mit dem Bundespreis Ecodesign und 2021 mit dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis Design ausgezeichnet.

StoneCycling ist ein niederländisches Unternehmen mit Sitz in Amsterdam, das ebenfalls das Ziel verfolgt, den Einsatz von Primärrohstoffen in der Baubranche zu reduzieren. Bereits im Studium hatte der Industrial-Designer Tom van Soest einen Mixer entworfen, der Abbruchabfälle wie Fensterglas, Ziegel und Beton pulverisiert. Dieses Verfahren brachte er später in einem größeren Maßstab mit der Gründung von StoneCycling zu unternehmerischer Reife. Das resultierende Pulver wird gemischt und gebrannt. Recyceltes Glas dient als Bindemittel. Das Material, das aus dem Ofen kommt, hat steinähnliche Eigenschaften. Das Unternehmen StoneCycling produziert heute Ziegel oder Fliesen für nachhaltige Bauprojekte. In der Ausstellung *Bending the Curve* werden Produkte aus der Serie WasteBasedBricks vorgestellt. Die Backsteine werden zu zwischen 60 % und 100 % aus Abfallmaterialien hergestellt und tragen zur Abfallreduzierung bei,

indem sie zwischen 91 kg und 150 kg Abfall pro Quadratmeter aufwerten. Die Produktion ist CO<sub>2</sub>-kompensiert und entspricht den Branchenstandards. WasteBasedBricks eignen sich sowohl für den Innen- als auch den Außenbereich und können in individuellen Formen und Größen geliefert werden.

Die Firma Magna Glaskeramik mit Sitz in Teutschenthal produziert Designprodukte mit Glasabfällen. Für die Ausstellung *Bending the Curve* präsentiert die Firma eine Installation mit Bodenplatten in der Farbe Stormy Grey. Aus 100 % recyceltem Brauchglas stellt Magna Glaskeramik-Platten her, die aus farblich getrennten und geschmolzenen Scherben bestehen. Die Farbpalette umfasst Grau, das aus dem Glas beschichteter Solarpaneele hergestellt wird, Blau aus blauen Mineralwasserflaschen, Grün aus Bierflaschen, Schwarz aus Fehlproduktionen von grauem Flachglas und Weiß aus Abfallglas von Schutzgläsern für Solarzellen. Bei der Herstellung von Flach-, Solar-, Farb- oder Flaschenglas fallen Ausschüsse, Fehlproduktionen und Übermengen von ca. 5 % der gesamten Glasproduktion an. Diese Industrieabfälle stellen die Rohstoffquelle für die Produktion von Magna Glaskeramik dar: Sie werden kontrolliert in Scherben gebrochen und durchlaufen ohne Zusatz von Bindemitteln und ohne Druck, nur mithilfe von Temperatur und Zeit, einen aufwendigen Kompaktierungsprozess, Sinterungsprozess genannt. Anschließend werden die gesinterten Platten in Kühlhauben abgekühlt. In der Endverarbeitung werden die Rohplatten kalibriert, auf Wunsch poliert und auf Endmaß geschnitten. Der Energiebedarf im Produktionsprozess wird aus eigenen Solaranlagen generiert und das Wasser für den Herstellungsprozess wiederaufbereitet und mehrfach verwendet.

Die Unternehmen Smile Plastics, Spered und UpBoards präsentieren in *Bending the Curve* Materialproben aus ihren Produktpaletten, die zu 100 % aus recyceltem Plastikgranulat hergestellt wurden. Plastikabfälle lassen sich zu allen möglichen Formen pressen. Die so entstandenen neuen Materialien haben jeweils eigene Qualitäten und ein verschieden designtes Aussehen. Sie sind für eine breite Palette von Anwendungen konzipiert, die an den Bedarf angepasst werden können. Zusätzlich präsentiert das Unternehmen Spered auch eine Probe des Verbundmaterials Molek, das aus recycelten Muscheln aus der Fischereiindustrie entsteht. 6 bis 8 Millionen Tonnen Muschelabfälle fallen jedes Jahr in der Lebensmittelindustrie an. Der größte Teil davon landet auf der Mülldeponie.

Für das Recycling von Plastik setzen sich nicht nur junge Unternehmen aus der Designbranche ein. Dafür engagieren sich auch weltweite Bürger:innenbewegungen, wie zum Beispiel die Initiative „Precious Plastic“. Diese wurde 2012 von Dave Hakkens in den Niederlanden gegründet. Die Idee basiert auf von Hakkens selbstgebaute Werkzeug für das Recycling von Plastik: einem Schredder, einer Spritzgussmaschine und einer Formpresse. Später stellte Hakkens die Baupläne für die „Recycling-Infrastruktur“ unter dem Creative-Commons-Siegel für jeden verfügbar ins Internet, was bewirkte, dass sich weltweit ca. vierhundert von Bürger:innen gegründete Werkstätten der Bewegung anschlossen.

Diese zweite Stufe veränderter Produktion konzentriert sich auf die Entwicklung und Verwendung neuer Materialien, die organisch und abbaubar sind. Die Materialien sind eine Alternative zu herkömmlichen, nicht abbaubaren Kunststoffen und Chemikalien. Sie sind umweltfreundlicher und

bauen sich nach ihrer Verwendung schneller ab, indem sie möglichst wenige oder gar keine schädlichen Rückstände hinterlassen. Solche Materialien sind besonders wichtig, um die Verschmutzung der Ozeane und Böden zu reduzieren.

Das Holz-ähnliche Produkt CompostBoard basiert auf dem Prinzip Zero Waste. Das Material besteht aus landwirtschaftlichen Abfällen und ist zu 100 % biobasiert, erneuerbar und vollständig kompostierbar. Die Fasern für CompostBoard stammen aus den Niederlanden (Flachs) und Belgien (Hanf), die Verarbeitung erfolgt auf herkömmlichen Holzbearbeitungsmaschinen mit Verfahren wie Fräsen, Sägen und Mahlen. Das Material fördert eine Kreislaufwirtschaft, da es nach Gebrauch zu fruchtbarem Boden für den Anbau von Nutzpflanzen verwandelt werden kann. Der verwendete Klebstoff ist umweltschonend hergestellt und ungiftig, da er keine ölbasierten Stoffe verwendet. Er ist nicht flüchtig sowie umweltschonend hergestellt. Das damit kompaktierte Material bleibt intakt, solange es trocken gehalten wird, und bietet den Benutzer:innen vorteilhafte Eigenschaften wie Atmungsaktivität und ein neutrales Raumklima. Es bindet Wasserdampf, wenn die Luft feucht ist, und gibt ihn in trockenen Zeiten wieder ab. CompostBoard beginnt zu zerfallen, wenn es mehrere Tage lang Regen ausgesetzt ist. Nach sieben bis 14 Tagen in Kontakt mit Wasser zerfällt das Material und kann von Würmern und Insekten zersetzt werden.

SeaWood ist das Resultat einer Kooperation zwischen The Seaweed Company, North Sea Farmers, BlueCity und Circular Factory. Sie produzieren Faserplatten, die aus braunem Seetang hergestellt werden. SeaWood ist ein zu 100 % natürliches, kompostierbares und chemikalienfreies Plattenmaterial, das als Baumaterial für Produkte im Bereich der Inneneinrichtung und als akustische Wandpaneele verwendet werden kann.

Die dritte Stufe transformativen Wirtschaftens wird aktuell unter dem Begriff der Regeneration diskutiert. Der Begriff wurde von Paul Hawken geprägt und sieht eine Umstellung in allen Bereichen der Herstellung, der Gewinnung, des Verbrauchs und der Wiederverwendung von Dingen vor, die Menschen zum Leben brauchen. Die zentrale Forderung ist, dass der Mensch einen weiter belebbaren Planeten hinterlässt und Ökosysteme, Klima und Biodiversität versteht und respektiert. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn ein radikaler kultureller Wandel stattfindet und damit einhergehend neue Methoden und Materialien in möglichst allen Bereichen menschlichen Lebens zum Einsatz kommen.

## **Guts, 2019**

HD-Video, 12:52 min

Mit der Insel Neufundland, CLEAR, Rick Chavolla, und Max Liboiron

Kameraführung und Schnitt von Taylor Hess und Noah Hutton

Der Kurzfilm Guts von Noah Hutton und Taylor Hess adressiert die Verantwortung der Wissenschaft und ihre Unabhängigkeit im Dienst der sozial-ökologischen Transformation. Protagonist ist das Forschungskollektiv CLEAR im kanadischen Neufundland. Gedreht in den Gebieten Beothuk und Mi'kmaq, die von den indigenen Gemeinschaften der NunatuKavut, Nunatsiavut und der Innu Nation bewohnt werden, dokumentiert der Film die Arbeit von CLEAR,

das von Dr. Max Liboiron geleitet wird. CLEAR steht für Civic Laboratory for Environmental Action Research (Bürger:innen-Labor für Umweltforschung und -handlung) und beschreibt sich selbst als ein aktivistisches, anti-koloniales und feministisches Labor.

Das Kollektiv steht für eine neue Wissenschaftler:innen-Generation, die westlich geprägte naturwissenschaftliche Methoden mit lokalem indigenem traditionellem Wissen und ethischem Umgang mit nicht-menschlichen Lebewesen sowie Menschen verbindet. CLEAR ist auf die gemeindebasierte und bürgerschaftliche Überwachung von Plastikverschmutzung spezialisiert, insbesondere in wilden Nahrungsketten, sowie auf die Entwicklung und Anwendung anti-kolonialer Forschungsmethoden. Der Film führt vor Augen, wie sehr die Meere durch Plastik verschmutzt sind und welche Auswirkungen dies auf Mensch und Natur hat. Wie wichtig neue, nachhaltige Materialien und Alternativen zu Plastik sind, wird dadurch umso deutlicher.

Dr. Max Liboiron erklärt im Film, dass Wissenschaft keineswegs apolitisch ist. Die Geschichte von Wissenschaft, Technologie und Medizin ist untrennbar mit der Geschichte von Kolonialismus, Imperialismus und Kriegen verbunden. Sogar die Entscheidung darüber, welche Aspekte eines Phänomens untersucht werden – etwa die Wahl der Quantifizierungsmethoden, welche Statistiken zugrunde gelegt oder erstellt werden, in welchen Bezug Sachverhalte gestellt werden, wo Ergebnisse veröffentlicht werden, mit wem zusammengearbeitet wird, wer die Forschung finanziert – all dies ist politisch. Denn es bedeutet, dass manche Strukturen und Machtverhältnisse sich fortsetzen und beeinflussen, dass manches Wissen gehört wird und anderes nicht. Die dominierenden Wissenssysteme geben traditionell hauptsächlich die Perspektiven weißer, männlicher, westlicher Wissenschaftler wieder, und dies hat zu einer eingeschränkten und voreingenommenen Sicht auf die Welt geführt. Somit ist die Fortsetzung eines Status quo auch in der wissenschaftlichen Arbeit intrinsisch politisch.

Die Arbeit des CLEAR-Labs stützt sich auf das Denken von Donna Haraway und weiteren feministischen Wissenschaftsforscher:innen, die in den 1980er-Jahren den Begriff der situated knowledge geprägt haben. Laut Haraway et al. ist jegliches Wissen situiert, da es von Menschen in spezifischen sozialen, kulturellen und historischen Kontexten erzeugt wird. Diese Auffassung ist für feministische und marginalisierte Perspektiven besonders wichtig: Situiertes Wissen erkennt die vielfältigen Erfahrungen und Perspektiven verschiedener Gruppen an und würdigt den Wert des Wissens, das aus diesen Erfahrungen entsteht. Indem wir die Situietheit des Wissens erkennen, können wir uns der Machtstrukturen bewusster werden, die die Wissensproduktion prägen, und daran arbeiten, inklusivere und gerechtere Wissenssysteme zu schaffen. CLEAR-Lab engagiert sich auf dieser Ebene für die Anwendung neuer Methoden und Ethiken in der Wissenschaft sowie für das Teilen von Wissen und DIY-Forschungsmethoden mit den Bürger:innen (Citizen Science).