



● Nicole Dubilier begutachtet mit Caroline Verna, Karina van der Heijden, Silke Wetzel und Dennis Fink (v. links) auf einer Karte des Mittelatlantischen Rückens ein Feld von Hydrothermalquellen. Foto: Björn Schwentker

deren Stoffwechselprodukte untersuchen. Die Forschenden erhalten quasi einen Schnappschuss der Bakterien bei der Arbeit – so, wie sie in ihrer natürlichen Umwelt, in diesem Fall innerhalb einer tierischen Zelle, aktiv sind.

Nicole Dubilier lieferte sowohl die erste metagenomische – also die Gesamtheit der genomischen Information innerhalb eines Lebensraums umfassende – Analyse eines komplexen symbiotischen mikrobiellen Konsortiums, als auch die erste genomische Analyse eines chemosynthetischen Symbionten. Vor Kurzem überraschte sie mit der Entdeckung bislang unbekannter Energiequellen, die die üppigen Lebensgemeinschaften an Hydrothermalquellen antreiben: Sie entdeckte, dass auch Wasserstoff von chemosynthetischen Symbionten als Energiequelle genutzt wird. In

ihren neueren Arbeiten erforschte die Gruppe von Nicole Dubilier auch bakterielle Symbionten in Tiefseemuscheln, die Asphaltvulkane im Golf von Mexiko bevölkern. Die Bakterien können Bestandteile von Ölen und Gasen nutzen, die aus den Asphaltvulkanen austreten. Bislang war man davon ausgegangen, dass die breite Palette der Symbiosen nur durch reduzierte Schwefelverbindungen und Methan angetrieben wird. Die Untersuchung im Golf von Mexiko zeigte auch, dass freilebende ölabbauende Bakterien, die dort nach der Explosion der Deepwater Horizon Ölbohrplattform gefunden wurden, die gleichen Prozesse wie die Muschelsymbionten nutzen, um Ölkomponenten abzubauen.

Die Bedeutung der Forschungsergebnisse von Nicole Dubilier und ihrem Team am Max-Planck-Institut



● Nicole Dubilier beim Anfertigen von Dünnschnitten einer Muschelkieme. Foto: Björn Schwentker

für Marine Mikrobiologie geht weit über die reine Symbiosenforschung hinaus. Sie erweitern insgesamt unser Verständnis der Funktion und des Stoffwechsels symbiotischer und freilebender Mikroorganismen. Zudem erlauben sie uns einen anderen Blick auf treibende Kräfte der Evolution: Die ungeheure Artenvielfalt auf unserer Erde ist nicht allein durch Wettkampf und die Selektion des Stärkeren entstanden. Vielmehr sind alle Pflanzen und Tiere, auch wir Menschen, keine Einzelwesen, sondern artenreiche Ökosysteme voller symbiotischer Mikroorganismen. Kooperation und Zusammenarbeit haben maßgeblich zur Entstehung und Entwicklung des Lebens beigetragen. Ohne Symbiosen ist das Leben, wie wir es auf dieser Erde kennen, nicht denkbar.



Die Tiefseemuschel *Bathymodiolus* an einer hydrothermalen Tiefseequelle, wo heißes, mineralreiches Wasser aus dem Meeresgrund strömt. Foto: MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften

VIELFALT IM DUNKELN – DIE FASZINIERENDE WELT DER CHEMOSYMBIOSEN

22. PETERSEN EXZELLENZ-PROFESSUR 09/2020

Werner
Petersen
Stiftung

Nicole Dubilier promovierte an der Universität Hamburg in Meeresbiologie. Nach einer Stelle als Postdoc an der Harvard University kehrte sie 1995 an die Universität Hamburg zurück. 1998 wechselte sie an das Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie in Bremen (MPI Bremen). Seit 2012 ist sie Professorin für Mikrobielle Symbiose an der Universität Bremen und Assoziierte Professorin am MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen und seit 2013 Direktorin am MPI Bremen, wo sie Leiterin der Abteilung Symbiose ist.

Professorin Dubilier wurde für ihre Forschungsarbeiten mehrfach ausgezeichnet, unter anderem mit dem Leibniz-Preis der Deutschen

Forschungsgemeinschaft und einem ERC Advanced Grant des Europäischen Forschungsrates.

Nicole Dubilier ist Präsidentin der Internationalen Gesellschaft für Mikrobielle Ökologie (ISME) und Mitglied in vielen nationalen und internationalen Akademien wie der Leopoldina und der Europäischen Organisation für Molekularbiologie (EMBO) sowie Fellow der American Academy of Microbiology. Sie ist Autorin von mehr als 90 begutachteten Artikeln in wissenschaftlichen Fachzeitschriften, Buchbeiträgen und Büchern. Darüber hinaus engagiert sie sich regelmäßig durch Fernseh- und Radiointerviews und Vorträge für die Verbreitung ihres Wissens in der Öffentlichkeit.

VITA

PROF. DR. NICOLE DUBILIER

Position:

Direktorin und Leiterin der Abteilung Symbiose am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, Bremen

Forschungsinteresse:

Symbiosen zwischen Tieren und chemosynthetischen Bakterien im Meer

Foto: A. Esken/MPI MM



Symbiosen in der Tiefsee



Bathymodiolus-Muscheln findet man an Hydrothermalquellen in allen Ozeanen. Oft dominieren sie die dortige Lebensgemeinschaft. Sie leben in Symbiose mit Bakterien, die in speziellen Kiemenzellen untergebracht sind, wo sie von Schwefel, Wasserstoff oder Methan leben.

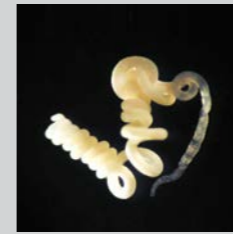


Die Schnecke *Ifremeria nautili* ist eines der am häufigsten vorkommenden Tiere an Hydrothermalquellen im Westpazifik. Sie beherbergt in ihren Kiemen mindestens 4 bakterielle Symbionten sowie weitere Proteobakterien unbekannter Funktion.



Die Garnelenart *Rimicaris* bildet riesige Schwärme auf hydrothermalen Schlotkaminen im Atlantik und im Indischen Ozean. Obwohl man davon ausgeht, dass ihre Symbionten zur Ernährung der Garnelen beitragen, gibt es dafür noch keine direkten Beweise.

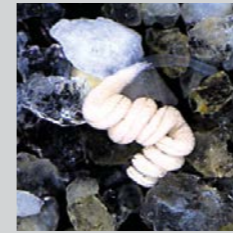
Symbiosen in Küstengewässern



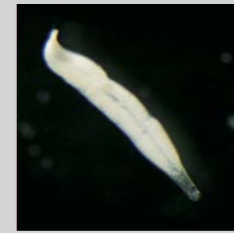
Darmlose Oligochaeten leben in den Sandböden von Seegraswiesen und Korallenriffen. Ihre bakteriellen Symbionten sind voller Schwefel, der die weiße Farbe dieser Würmer und anderer chemosynthetischer Tiere verursacht.



Nematoden der Unterfamilie Stilbonematinae kommen sehr häufig in tropischen und subtropischen Flachwassersanden vor. Ihre Symbionten bilden einen dichten Pelz auf ihrer Körperoberfläche.



Paracatenula ist ein mariner Plattwurm, der seit mehr als 500 Millionen Jahren in Symbiose mit Bakterien lebt. Diese können bis zur Hälfte der Gesamtbioasse des Wurms ausmachen.



Kentrophoros: Obwohl die meisten Wirtsorganismen Tiere sind, gibt es auch einige Arten von Ciliaten (einzellige Mikroben) mit symbiotischen Bakterien. Diese fixieren nicht CO₂ wie alle anderen Chemosymbionten, sondern nutzen organischen Kohlenstoff, um ihre Wirte zu ernähren.

FORSCHUNGSGEBIETE DER ABTEILUNG SYMBIOSE AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR MARINE MIKROBIOLOGIE

Die Tiefsee ist kalt und dunkel. Doch obwohl kein Sonnenstrahl und kaum Nahrung diese lebensfeindliche Region erreicht, blüht das Leben an heißen Tiefseequellen. Seit ihrer Entdeckung und der sie umgebenden, reichhaltigen und einzigartigen Lebensgemeinschaften, in den 1970er Jahren wird dieses Wunder der Natur von Biologen erforscht. Das Tiefseeleben wird möglich durch Symbiosen: Bakterien leben in enger Gemeinschaft mit Tieren und versorgen diese mit Nahrung, die die Tiere selbst nicht nutzen können. Diese chemosynthetischen Bakterien nutzen für die Fixierung von Kohlendioxid chemische Verbindungen als Energiequelle. Mittlerweile ist bekannt, dass es solche Symbiosen auch in anderen nährstoffarmen Lebensräumen gibt, etwa in Seegraswiesen und Korallenriffen. Diese faszinierenden Lebensgemeinschaften sind das zentrale Forschungsgebiet von Prof. Dr. Nicole Dubilier vom Bremer Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie.

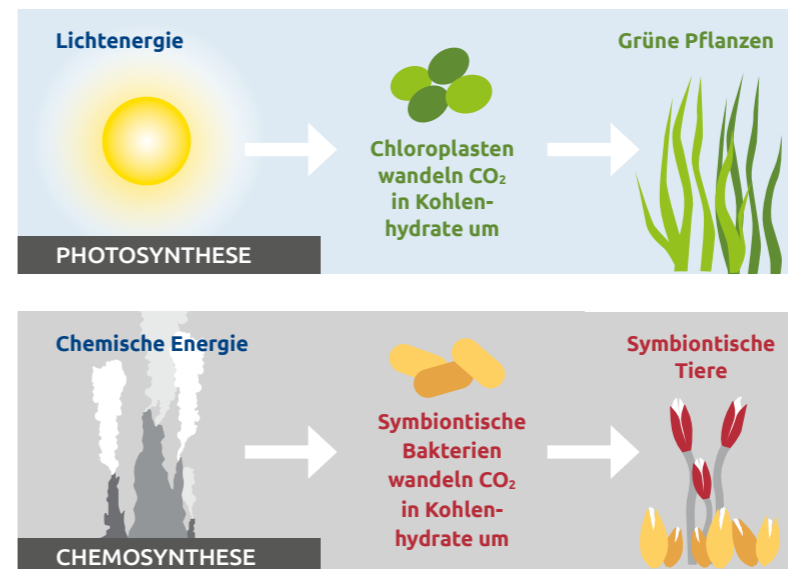
Seit fast 30 Jahren beschäftigt sich Nicole Dubilier mittlerweile mit den bakteriellen Symbionten von Meeresbewohnern. Ihre Arbeiten haben zu einem grundlegenden Wandel in unserem Verständnis der Bedeutung, Vielfalt und Funktion von Symbiosen im Meer geführt. So konnte sie beispielsweise zeigen, dass chemosynthetische Symbiosen nicht nur in entlegenen Tiefseeregionen, sondern auch vor unserer Haustür zu finden sind: Nicole Dubilier und ihr Team entdeckten eine bemerkenswerte Vielfalt chemosynthetischer Symbiosen in Flachwasserökosystemen, etwa in den Sanden um Korallenriffe und Seegraswiesen, aber auch im Wattenmeer vor Sylt – allesamt Lebensräume, von denen man früher annahm, dass sie allein durch

Photosynthese bestimmt werden. Sie zeigte auch, dass die Vielfalt der Symbionten deutlich größer ist, als bisher vermutet. Im Laufe der Evolution sind chemosynthetische Bakterien mit vielen tierischen Wirten aus zahlreichen Tiergruppen

Symbiosen eingegangen. Mit ihrer Forschung widersprach Dubilier so dem Paradigma, dass die Entstehung dieser Symbiosen ein seltenes evolutionäres Ereignis ist, zu dem nur wenige freilebende Bakterien in der Lage sind. Im Gegen-



● Probenahme von *Bathymodiolus*-Tiefseemuscheln am Mittelatlantischen Rücken mit ROV QUEST während der METEOR-Expedition M126. Foto: MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften



Energie aus Licht und Dunkelheit
Bei der Photosynthese nutzen Pflanzen und Algen Licht als Energiequelle, um CO₂ zu binden und in Kohlenhydrate umzuwandeln. Bei der Chemosynthese hingegen, gewinnen die symbiotischen Bakterien die Energie für die Umwandlung von CO₂ in Kohlenhydrate aus chemischen Verbindungen, etwa Schwefelwasserstoff, Methan oder Wasserstoff. Diese „dunkle Energie“, bei der keine Sonnenenergie zum Leben genutzt wird, können nur Mikroorganismen verwenden. Tiere können keine Chemosynthese betreiben. Durch ihre Symbiose mit chemosynthetischen Bakterien bekommen aber Tiere Zugang zur Nahrung, die sie selber nicht verwenden können.

teil: Einzelne Tierarten können sehr viele verschiedene Bakterien als Untermieter beherbergen. Bis zu 16 verschiedene Bakterienstämme wohnen beispielsweise in den Kiemen einer Tiefseemuschel, jeder mit eigenen Fähigkeiten und Stärken. Dank dieser Vielfalt an symbiotischen Partnern kann sich die Muschel hervorragend an ihre sich ständig ändernde Umwelt anpassen. Ein kleiner Wurm wiederum, der im Boden unter Seegraswiesen im Mittelmeer lebt, beherbergt zwar nur wenige Arten von Bakte-

rien in seinem Inneren, die leben aber in vollendeter Vernetzung: Die einen Symbionten produzieren genau die Energiequelle, die die anderen brauchen. Als Team versorgen sie ihren Wirt, den kleinen Wurm, bestens mit Nahrung.

Forschungsarbeiten im Feld, vom Forschungsschiff aus, mit Tauchrobotern in der Tiefsee, sind für diese Studien unverzichtbar. Für ihre Arbeit greifen Dubilier und ihr Team aber auch auf ein breites Spektrum moderner Methoden

aus verschiedenen biologischen Disziplinen zu, von denen viele am Bremer Max-Planck-Institut entwickelt wurden. Dazu gehören neben molekularbiologischen Methoden unter anderem die korrelative Mikroskopie, bei der Licht-, Fluoreszenz- und Elektronenmikroskopie kombiniert werden. Diese ermöglicht es, dieselbe Probe eines Meeresbewohners mit mehreren bildgebenden Verfahren zu untersuchen. So kann man beispielsweise die Partner einer Symbiose identifizieren und gleichzeitig