



ICH BIN META

Menschen, Tiere, Pflanzen & ihre mikrobiellen Mitbewohner

WISSENSCHAFTS- GEDICHT

Reime über Pflanzenzellen

COMIC META

Meta lüftet das
Geheimnis der
Schwämme

FORSCHUNG HYDRA

Wie der Polyp das Verhalten
seiner Bakterien beeinflusst

Außerdem: Mehr spannende Forschung, Kurzgeschichten, Interviews rund ums Thema **Metaorganismus**.

EINFÜHRUNG

Ich heiße Meta	3
-----------------------	----------

HINTERGRUNDWISSEN

Metaorganismen: Bakterien eher Partner als Feinde	4
--	----------

WISSENSCHAFTSCOMIC

Meta und das Geheimnis der Schwämme	6
--	----------

META FORSCHT

Die Ohrenqualle <i>Aurelia aurita</i> – ein neuer Modell-Metaorganismus	8
--	----------

META FRAGT

Zu Besuch bei Prof. Dr. Hinrich Schulenburg	10
--	-----------

META FORSCHT

Der Metaorganismus: Gemeinsam im Kampf gegen Krankheitserreger	14
---	-----------

KURZGESCHICHTE

Wundbrand	16
------------------	-----------

DER HOLOBIONT

Holo, der Holobiont	19
----------------------------	-----------

INFOBOX

Wie erfahren wir von den Ergebnissen wissenschaftlicher Studien?	20
---	-----------

META REIST

Meta in aller Welt	22
---------------------------	-----------

META FORSCHT

Dazwischengeredet – Wie der Wirt die Sprache der Bakterien verändert	24
---	-----------

META DICHET

Die Bakterien- und die Pflanzenzelle	26
---	-----------

DIE BEGUTACHTER

Unsere Partnerklassen	27
------------------------------	-----------

IMPRESSUM

28



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik



META ORIGIN AND
FUNCTION OF
ORGANISMS
COLLABORATIVE RESEARCH CENTRE 1182



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

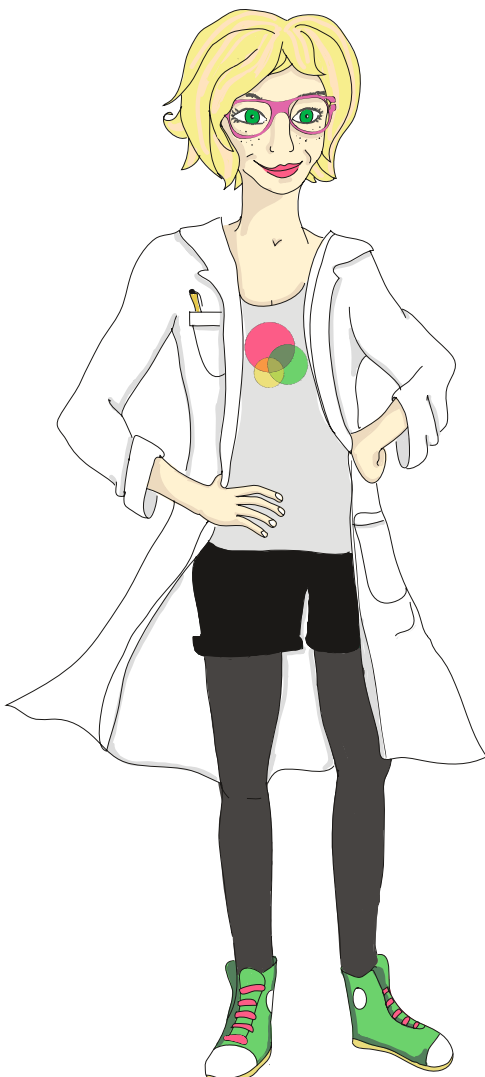


Ich heiße Meta

und bin ein Metaorganismus. Ein Metaorganismus besteht aus einem großen, mit dem bloßen Auge erkennbaren Lebewesen und vielen mikroskopisch kleinen, die das Große bewohnen.

Bakterien und auch Viren oder mikroskopisch kleine Pilze, die man auch als Mikroorganismen bezeichnet, leben zum Beispiel auf unserer Haut, in unserem Mund und unserem Darm. Wie wir später noch sehen werden, wären wir ohne unsere Mikroorganismen schlecht dran. Wir könnten Krankheiten kaum abwehren, unser Essen nicht verdauen und würden uns sogar ganz anders verhalten. Jede und jeder Einzelne von uns besteht also eigentlich nicht nur aus Mensch, sondern aus Mensch mit ganz vielen verschiedenen Lebewesen. Wir sind meta.

Aber nicht nur wir Menschen sind Metaorganismen. Jede Pflanze und jedes Tier um uns herum ist besiedelt von winzig kleinen Lebewesen, die verschiedene Aufgaben übernehmen. Was diese Aufgaben sind und wie diese Zusammenarbeit überhaupt entstanden ist, wissen Forscher oft noch gar nicht.



Menschen, Tiere und Pflanzen sind Metaorganismen.

In diesem Heft stellen wir aktuelle Forschung vor, die genau diesen Dingen auf den Grund gehen will. Im Norden Deutschlands an der Ostsee gibt es einen Sonderforschungsbereich an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, der die Entstehung und das Funktionieren von Metaorganismen untersucht. Dieser hat eine Nummer und einen Namen: SFB 1182 „Origin and Function of Metaorganisms“.

Ein paar der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dieses Sonderforschungsbereichs haben für dieses Heft selbst Artikel geschrieben. Vor der Veröffentlichung mussten diese aber den strengen Augen dreier Schulklassen der Oberstufe standhalten. Erst nach eingehender Prüfung und Korrektur durch diese Gutachtenden durften die Artikel in das Heft. Das Verfahren ähnelt somit dem der Veröffentlichung neuester Forschungserkenntnisse. (Siehe Infokasten auf Seite 20.)

Mein Freund Holo und ich wünschen viel Spaß beim Lesen!

PS: Woher Holo seinen Namen hat, erfahrt Ihr auf Seite 19.

Metaorganismen: Bakterien eher Partner als Feinde

Bakterien besiedeln die Erde in großer Zahl und Vielfalt ungefähr vier Milliarden Jahre länger als der Mensch.



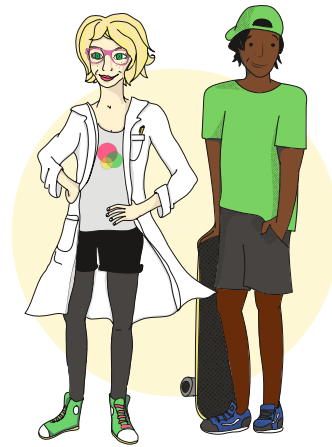
› PROF. DR. THOMAS BOSCH IST SPRECHER DES SONDERFORSCHUNGSBEREICHES 1182 »ORIGIN AND FUNCTION OF METAORGANISMS« UND FORSCHT INSBESONDERE AN DEM MODELL-ORGANISMUS HYDRA. BILD: CAU KIEL

Weniger als 200 Bakterienarten gelten dabei als ausschließlich krankheits-erregend. Das heißt, die überwältigende Mehrheit der verschiedenen Bakterienarten war lange vor unserer Zeit da und ist überwiegend gutartig. Dennoch hat sich die Wissenschaft seit 150 Jahren vor allem auf Bakterien als Krankheitskeime fokussiert. Ohne den Verdienst von Bakteriologie, Mikrobiologie, Immunologie und Pathologie schmälern zu wollen, scheint es heute an der Zeit, sich auch mit der Regel, also den gutartigen Mikroben, zu beschäftigen.

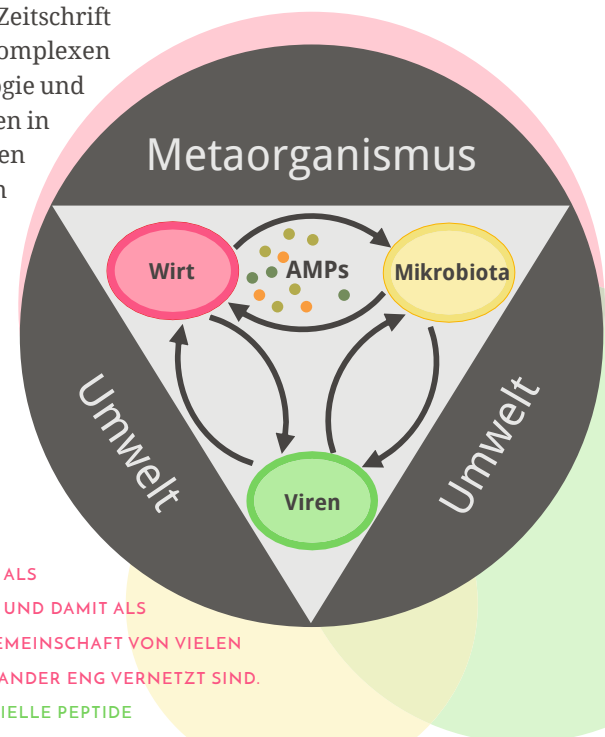
Seit es Louis Pasteur, einem französischen Chemiker und Mikrobiologen, Ende des 19. Jahrhunderts gelang, mit einer neuen Methode einzelne Bakterienstämme gezielt mit Krankheiten in Verbindung zu bringen, standen stets die krankheits-erregenden Bakterien und die molekularen Wechselwirkungen zwischen dem Infektionserreger und dem Wirt im Fokus der mikrobiologischen Forschung. Und auch die Immunologen suchten nach Einblicken in das Abwehrsystem von Pflanze, Tier und Mensch immer mit dem Ziel, die Abwehrkräfte gegen Krankheitserreger steigern zu können.

Heute wissen wir, dass ...

- › alle unsere Körperoberflächen von Bakterien besiedelt sind; dass es zwischen unseren Organen wie der Haut, der Mundhöhle, dem Darm und auch dem Gehirn eine enge zelluläre und molekulare Verbindung zu den besiedelnden Mikroben gibt;
- › die allermeisten der uns besiedelnden Bakterien keine Krankheits-erreger sind, sondern dass wir sie für unsere Entwicklung sowie zum Schutz vor möglichen infektiösen Erregern brauchen;
- › Organismen immer multi-organismisch sind und es im engeren Sinn keine Individuen gibt, die für sich alleine bestehen können;
- › wir nur als Ökosystem in einer evolutionären Partnerschaft mit Bakterien und anderen Mikroben existieren, und
- › wir uns daher besser als Metaorganismus oder Holobiont betrachten müssen.



In dieser Zeitschrift schildern wir, wie modernste Forschungsansätze benutzt werden, um herauszufinden, wie sich Organismen gemeinsam mit ihren besiedelnden Kleinstlebewesen im Laufe der Evolution zu multiorganismischen Einheiten, also zu Metaorganismen, entwickelt haben. Die einzelnen Artikel in dieser Zeitschrift werden deutlich machen, dass immer genauere Kenntnisse über die komplexen Interaktionen von Organismen und Mikroben eine Neudefinition der Biologie und ihrer Disziplingrenzen erfordern. In einem Spektrum vom Zusammenleben in gemeinsamen Ökosystemen bis hin zu engen Kooperationen in Symbiosen kann tierisches und menschliches Leben demzufolge nicht mehr in den Grenzen einzelner Arten betrachtet werden. Jeder Organismus erzählt damit nicht nur von sich selbst, sondern auch von dem Milieu, mit dem er ursprünglich verbunden war und möglicherweise noch ist; und von anderen Organismen, mit denen er vielleicht schon seit Millionen von Jahren eng zusammenlebt. Jedes Gewebe spricht von vielfältigen Interaktionen und Kommunikationswegen mit der Nachbarschaft. Jede Zelle erzählt nicht nur von den Zufällen ihrer Bestimmung, sondern auch von ihrem Standort und den Wegweisern, die sie bereits passiert hat. Und jedes Gen weist auf die komplexen Netzwerke hin, in die es eingebunden ist.

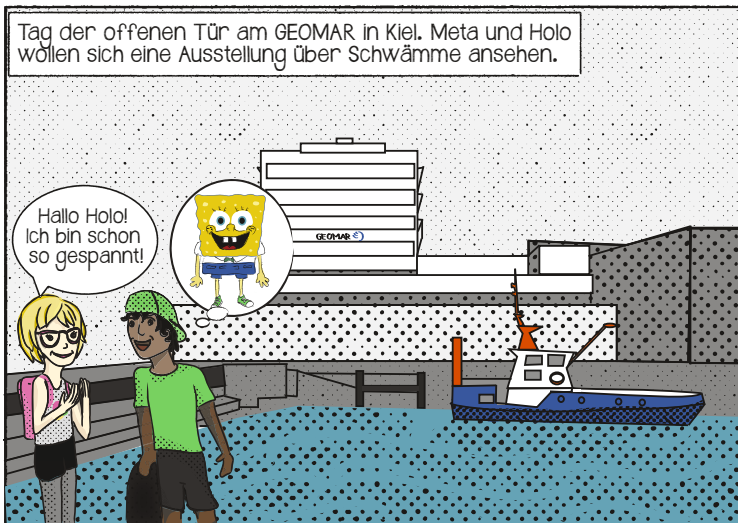


Der Mensch als Ökosystem und Lebensgemeinschaft

Die Metaorganismus-Perspektive erlaubt es den Forschenden, komplexe Gemeinschaften von Lebewesen, Umwelt und Mikroorganismen als funktionelle Einheiten zu betrachten. Am Beispiel ursprünglicher Lebewesen wie Süßwasserpolyphen oder Korallen lernen wir, wie sich im Zuge gegenseitiger Anpassung über Millionen von Jahren die Beziehungen von Organismen und Bakterien herausgebildet haben. Diese Interaktionen von Geweben und Organen und den sie besiedelnden Bakterien stehen im Mittelpunkt eines neuen Verständnisses, wie alle Lebewesen mit ihrer Umwelt in Kontakt stehen und wie sie ihre Lebensfunktionen regulieren.

Insgesamt gibt es im menschlichen Körper etwas mehr Bakterien und deutlich mehr Viren als körpereigene Zellen. Alle Oberflächen unseres Körpers, die Haut, der Darm, die Atemwege, die Lunge, sind von einem stabilen Mikrobiom besiedelt. Wir sehen den Menschen daher als Ökosystem und Lebensgemeinschaft. Wird diese höchst komplex aufgebaute und nach strengen Regeln funktionierende Gemeinschaft gestört, so kommt es zu schwerwiegenden und chronischen Erkrankungen.

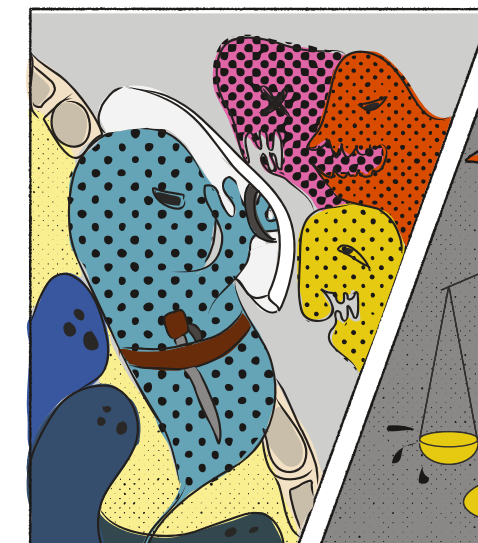
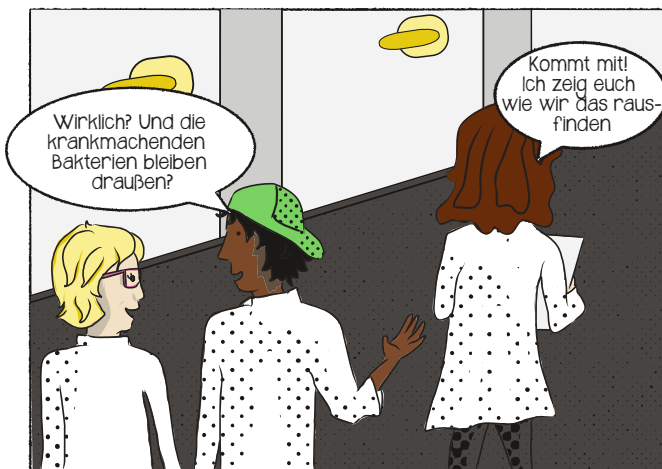
Meta und das Geheimnis der Schwämme



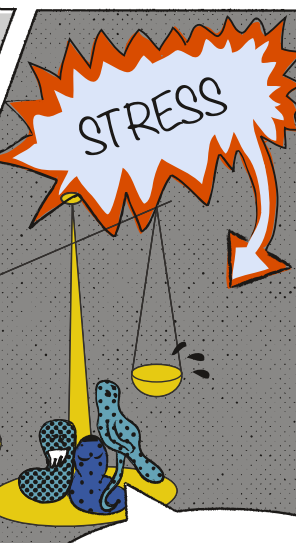
› DR. LUCIA PITA IST WISSENSCHAFTLERIN AM GEOMAR - HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR OZEANFORSCHUNG KIEL UND ERFORSCHT ALS STIPENDIATIN DER ALEXANDER VON HUMBOLDT-STIFTUNG IM SONDERFORSCHUNGSBEREICH 1182 »ORIGIN AND FUNCTION OF METAORGANISMS« SCHWÄMME UND IHRE MIKROBIELLEN MITBEWOHNER.

› DIE MEERESBIOLOGIN DR. LUCIA PITA BEIM SAMMELN VON PROBEN. BILD: ORIOL SACRISTÁN-SORIANO

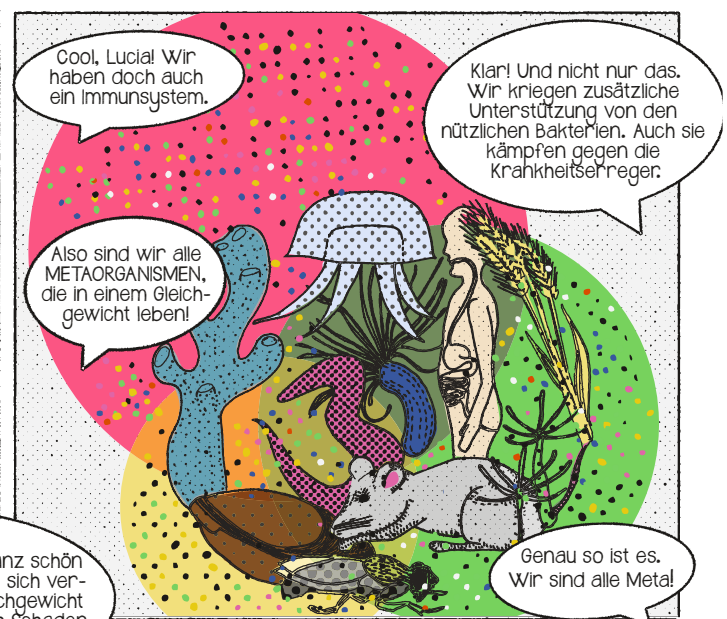
COMIC META



Das Immunsystem der Schwämme sorgt dafür, dass nur nützliche Bakterien da sind. Die Schädlichen werden erkannt und eliminiert. Diesen Job übernehmen Immunzellen. Sie sorgen für das Gleichgewicht.



...allerdings geraten wir ganz schön in Stress, wenn die Umwelt sich verändert. Dann kann das Gleichgewicht kippen und wir können auch Schaden anrichten.



➤ Wir sind alle Meta!

Die Ohrenqualle *Aurelia aurita* – ein neuer Modell-Metaorganismus

Die Ohrenqualle *Aurelia aurita* gehört als Schirmqualle ebenso wie Seeanemonen und Korallen zu den Nesseltieren. Diesen Namen haben sie den Nesselzellen zu verdanken, aus denen teilweise explosionsartig Gifte für den Beutefang ausgestoßen werden. *Aurelia* ist bereits seit Jahrzehnten ein etablierter Modellorganismus in Ökologie oder Physiologie, denn aufgrund ihrer hohen Toleranz gegenüber verschiedenen Umweltfaktoren, wie z. B. Temperatur und Salzgehalt, kommt die Qualle nahezu in allen Küstengebieten der Weltmeere vor und führt in großen Vorkommen sogar zu immensen Problemen im Tourismus oder der Schifffahrt.



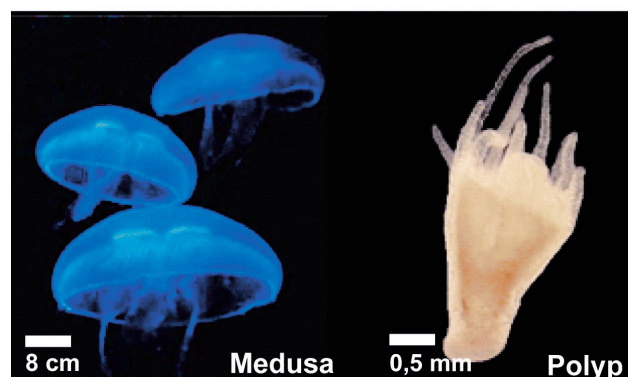
› DR. NANCY WEILAND FORSCHT AN DER OHRENQUALLE *AURELIA AURITA*.
BILD: DANIELA LANGFELDT

Viele von Natur gegebene Eigenschaften machen *Aurelia* allerdings auch zu einem exzellenten Modellorganismus in der modernen Metaorganismus-Forschung, in der man einen mehrzelligen Organismus, wie eben auch *Aurelia*, nicht allein betrachten möchte, sondern mit all seinen Interaktionspartnern. Zu letzteren gehören vor allem Bakterien, die sich überall zu Tausenden im Meer befinden und die Meeresbewohner zudem besiedeln und somit beeinflussen können. *Aurelia* ist evolutionär betrachtet ein sehr altes Tier und besitzt daher einen vergleichsweise einfachen Körperbau. Interaktionen mit Bakterien können nur an den beiden vorhandenen Gewebsschichten stattfinden, was die Erforschung der Interaktionen enorm vereinfacht. Zudem wechselt *Aurelia* im Laufe ihres Lebens zwischen verschiedenen Lebensstadien. Die beiden bekanntesten Lebensstadien sind die Meduse und der an Steinen festgesetzte, nur ca. 3 mm große Polyp (siehe Abbildung). Anhand der zahlreichen Lebensstadien ist es möglich herauszufinden, ob es unterschiedliche Bakterien auf den verschiedenen Lebensstadien gibt und welchen Einfluss diese möglicherweise auf die Entwicklung haben. Auch die bereits erwähnte weite Verbreitung stellt eine wichtige Eigenschaft dar, durch die herausgefunden werden kann, ob Organismen unterschiedlicher Herkunft auch unterschiedlich mit Bakterien besiedelt sind oder ob sogar allen etwas in der Besiedlung gemein ist.

Bakterien
befinden sich
überall im
Meer.

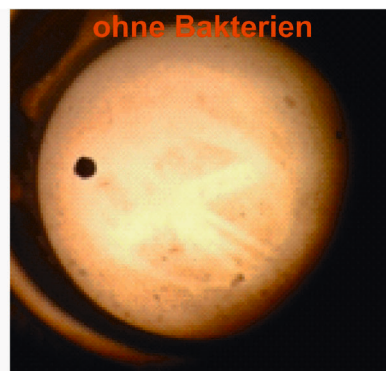
› DIE OHRENQUALLE *AURELIA AURITA*. DIE BEIDEN HAUPTSTADIEN VON *AURELIA* SIND MEDUSE (LINKS) UND POLYP (RECHTS).

ABBILDUNG: NANCY WEILAND





Da Bakterien vermutlich einen entscheidenden und bisher weitgehend unerforschten Einfluss auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit eines Vielzellers haben, ist es von enormer Bedeutung, die besiedelnden Bakterien und deren Einfluss zu kennen. So können Ergebnisse aus der Forschung an *Aurelia* nicht nur Aufschluss über diesen verhältnismäßig einfachen Organismus geben, sondern können möglicherweise auch auf wesentlich komplexere Lebewesen, wie dem Menschen, übertragen werden.



› EINFLUSS DER MIKROBIOTA AUF *AURELIA AURITA*.
ERSCHEINUNGSBILD EINES POLYPEN MIT INTAKTER
MIKROBIOTA (LINKS) UND OHNE MIKROBIOTA (RECHTS).
ABBILDUNG: NANCY WEILAND

Die Bakterien, die sich auf *Aurelia* ansiedeln, sind völlig andere als die im Wasser.

Zu Beginn unseres Forschungsprojektes mit der Ohrenqualle gab es gar keine Informationen über die Besiedlung von *Aurelia* mit Bakterien. Es war weder klar, ob es überhaupt Bakterien auf der Oberfläche von *Aurelia* gibt, noch um welche es sich handelt oder welchen Einfluss sie auf das Tier haben. Nach mehrjähriger Forschung kennen wir heute bereits die Bakterien, die sich auf *Aurelia* ansiedeln und wissen, dass diese völlig andere sind als die im Wasser. Es scheint also Mechanismen zu geben, die es nur bestimmten Bakterien erlauben, auf der Qualle zu siedeln. Im Darm der Qualle sind außerdem ganz andere Bakterien beheimatet als auf der äußeren Oberfläche. Wir möchten nun wissen, durch welche Interaktionen es zu diesen Unterschieden

kommt. Übernehmen die Bakterien im Darm z. B. wichtige Aufgaben in der Verdauung der Qualle oder schützen Bakterien auf der Oberfläche die Qualle? Wir wissen auch, dass die Besiedlung der verschiedenen Lebensstadien völlig unterschiedlich ist. Woher kommen diese Unterschiede? Braucht *Aurelia* vielleicht sogar die Bakterien, um sich vom einen zum anderen Lebensstadium zu entwickeln? Die Bakterien scheinen enorm wichtig zu sein, denn wir haben herausgefunden, dass Bakterien sogar vorhanden sein müssen, damit *Aurelia* frisst, sich fortpflanzt und überlebt (siehe Abbildung). Die Besiedlung mit bestimmten Bakterien schützt die Qualle anscheinend auch vor Krankheitserregern. Wir möchten nun zukünftig herausfinden, welche der vielen Bakterien welche Aufgaben genau von den vielen uns nun bekannten Bakterien wichtige Aufgaben übernimmt und wie die Interaktionen im Detail aussehen, um genau zu verstehen wie der Metaorganismus *Aurelia aurita* funktioniert.

Zu Besuch bei Prof. Dr. Hinrich Schulenburg

Hinrich Schulenburg ist Professor am Zoologischen Institut der Christian – Albrechts – Universität zu Kiel, wo er sich mit der Forschung über Metaorganismen beschäftigt. Vier Schülerinnen des plus-MINT Programms des Internats Louisenlund haben ein Interview mit ihm geführt, um mehr über das Leben eines Wissenschaftlers und seine Forschung herauszufinden.

› KSENIA KRASIKOVA, BJÖRK LUCAS,
NORIEH HASHEMI UND ANNE STUDT
KAMEN MIT VIELEN FRAGEN IM GEPÄCK.

BILD: SONJA TAUT, IPN



› Haben Sie während Ihrer Forschung schon Tiere oder Pflanzen gefunden, die keine Metaorganismen sind? Wenn ja, welche?

Nein, das habe ich noch nicht. So wie wir uns den Körper vorstellen, muss aber auch jeder höhere Organismus ein Metaorganismus sein. Manche von ihnen kommen vielleicht mit wenigen Mikroben aus, dann aber nur für einen kurzen Zeitraum. Wir können Mikroben nicht entkommen.

› Wozu können Ihre Forschungsergebnisse eingesetzt werden?

Unsere Forschung an Metaorganismen ist reine Grundlagenforschung. Vielleicht wird man da etwas auf den Menschen zurückführen können. Wir wollen aber einfach wissen, wie ein Metaorganismus entsteht, welche Eigenschaften positiv oder negativ sind.

Bei Antibiotikaresistenzen* sind wir näher an der Anwendung. Da beschäftigen wir uns damit, unter welchen Umständen Antibiotikaresistenzen entstehen. Das sind dann Erkenntnisse, die wir auf die Medizin übertragen wollen.

› Ab wann wird der Mensch zum Metaorganismus?

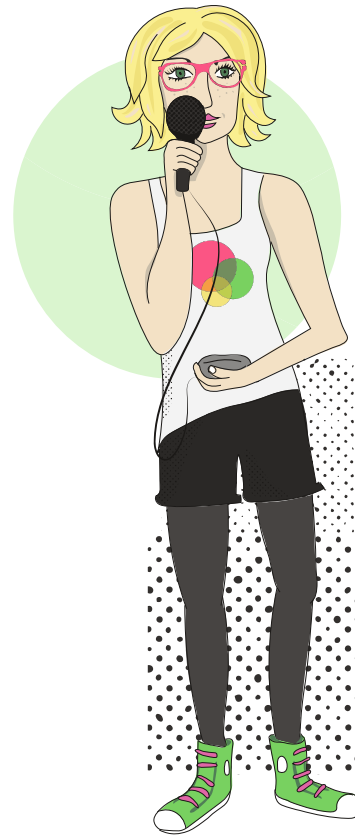
Eigentlich kommen wir gar nicht ohne Mikroben aus. Direkter Kontakt zu Mikroben ist für Ungeborene nicht nachgewiesen worden, aber sie werden indirekt mit den Mikroben der Mutter in Kontakt kommen. Ein Einfluss wird immer da sein.

› Was fasziniert Sie persönlich an Metaorganismen?

Ich komme aus der Evolutionsbiologie. Dort geht man davon aus, dass das Individuum im Zentrum der Selektion und Evolution steht. Das wird nun komplett in Frage gestellt, weil wir nicht alleine sind. Wann immer Evolution stattfindet, ist da eine Abhängigkeit zwischen verschiedenen Organismen. Das haben wir bei all unseren Theorien zur Evolution noch gar nicht berücksichtigt. Es wird unsere Vorstellungen von Evolution komplett verändern, wenn nicht sogar revolutionieren.

Durch den Metaorganismus kann es sein, dass an sich unangepasste Tiere in einer Umgebung trotzdem überleben können.

* EINEM ANDEREN FORSCHUNGSGEBIET SCHULENBURGS; ANM. D. RED.



› PROF. DR. HINRICH SCHULENBURG GIBT
AUSKUNFT ÜBER SEINE ARBEIT UND ZIELE.
BILD: SONJA TAUT, IPN



› **Wenn auf einmal alle Darmbakterien absterben würden, wie schnell würde der Mensch sterben?**

Es muss nicht sein, dass er stirbt. Die Vorstellung ist aber relativ unrealistisch. Bei sterilen Bedingungen würde der Mensch überleben können, es würde ihm aber nicht gut gehen. Als Erwachsener wäre es möglich, mit bestimmter Nahrung zu überleben. Dramatischer ist es, wenn die Mikroben während der Entwicklung fehlen. Babys hätten eine deutlich geringere Überlebenschance.

› **Seit wann forschen Sie an Metaorganismen?**

Seit vier oder fünf Jahren forschen wir da intensiv.

› **Hat sich währenddessen irgendetwas verändert oder weiterentwickelt?**

Das Feld hat sich kontinuierlich weiterentwickelt. Wir können Mikroben jetzt besser charakterisieren und besser verstehen, was sie machen.

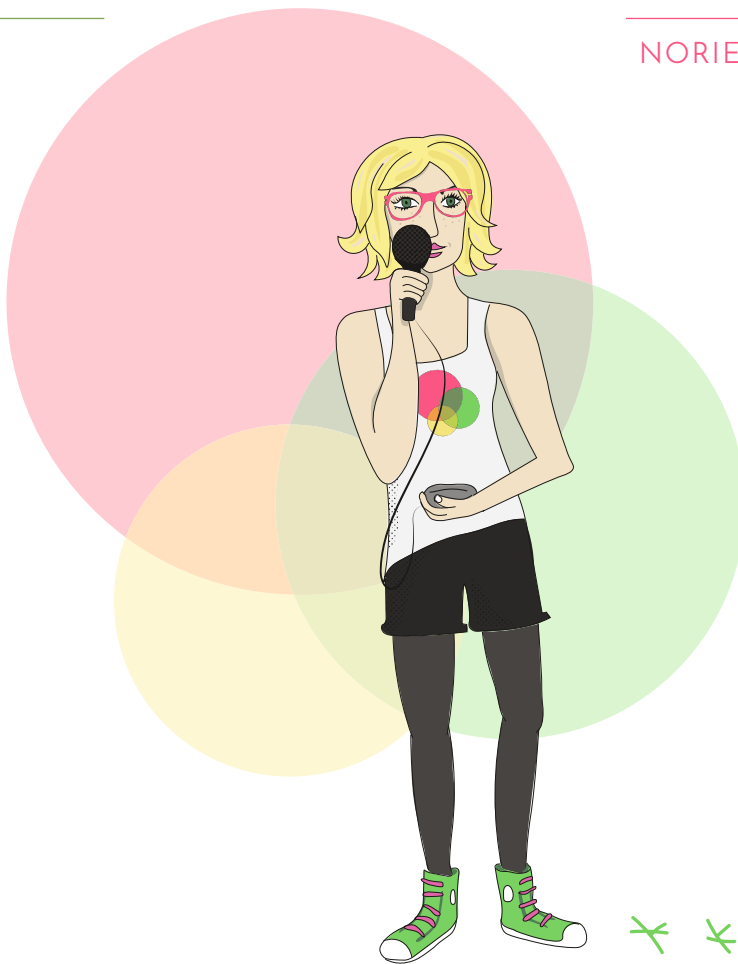
› **Hatten Sie Schwierigkeiten, bestimmte Arten von Mikroben zu bestimmen?**

Klassisch hat man die Mikroben mit dem Fragment eines Gens bestimmt. Das war ungenau. Heute sequenziert man komplette Genome. Diese zu interpretieren ist die nächste Herausforderung. Es ist oft nicht leicht, weil Artengruppen häufig eine sehr große Ähnlichkeit haben. Bakterien können Genmaterial sehr einfach austauschen. Manche Mikroben stimmen mit nur 30–50 % ihres Genmaterials mit ihren Artgenossen überein. Das macht es sehr faszinierend, aber auch herausfordernd.

› **Welche Geräte brauchen Sie und wie komplex sind diese?**

Für unsere Arbeit brauchen wir Mikroskope und ein molekulares Labor, wo wir DNA extrahieren und diese sauber aufbereiten können. Dann beauftragen wir andere Labore, die Sequenzierung durchzuführen. In der Technologie werden wahnsinnige Fortschritte gemacht, deswegen haben wir die Geräte nicht selber. Es ist fast unmöglich für ein einzelnes Labor, diese Geräte immer neu anzuschaffen. Deshalb werden die Proben an Zentrallabore gegeben.

Mikroskope brauchen wir, um die Wirtsorganismen der Mikroben, kleine Würmer, zu sehen. Um die Daten auszuwerten, brauchen wir Computer.



› **Wenn Sie mit den Würmern arbeiten, haben die mehr oder weniger Mikroorganismen als der Mensch?**

Deutlich weniger, weil da eben weniger Platz ist. Sie haben aber auch eine interessante Artendiversität.

› **Hatten Sie schon irgendwelche Laborunfälle?**

Theoretisch kann sehr viel passieren, aber wir haben entsprechende Sicherheitsvorkehrungen. Auch hier ist mal was passiert. Wir müssen zum Beispiel bestimmte Skalpelle mit Alkohol desinfizieren und sie dann abflammen. Es kann dann passieren, dass man den Alkohol anzündet. Das ist tatsächlich schon mal passiert, war aber letztlich dann doch ziemlich harmlos.

› **Was hat Sie dazu bewegt, Wissenschaftler zu werden?**

Zuerst hatte ich ein großes Interesse an Ökologie. Natur- und Umweltschutz, das fand ich faszinierend. Da war auch noch der Hintergedanke, die Welt zu retten. Mit zunehmendem Alter stellt man fest, dass das jedoch leider unrealistisch ist.

› **Hatten Sie das Interesse an Naturwissenschaften schon als Jugendlicher?**

Ich habe immer hin und her geschwankt zwischen sprachlichen und musischen Fächern, wie Deutsch Musik, und den Naturwissenschaften. Ich hatte bis zum Abitur überlegt, etwas Musisches zu machen, habe mich dann aber während meiner Zivildienstzeit dazu entschieden, mich auf Biologie zu konzentrieren.

› **Waren Sie zum Studieren oder Forschen auch im Ausland?**

Vor dem Studium war ich im Ausland, habe eine kleine Weltreise gemacht und mein Studium dann erst mit 22 angefangen. Ich habe auch ein Jahr lang in England studiert, um auch mal ein komplett anderes Wissenschaftssystem kennenzulernen.

› **Warum haben Sie sich auf Zoologie spezialisiert?**

Als ich mich mit Ökologie beschäftigt habe, habe ich speziell Tiere in ihrer Umwelt charakterisiert. Ich fand Tiere immer sehr spannend: Tiere bewegen sich, geben Geräusche von sich, sind häufig sehr schön gefärbt. Am Anfang habe ich mich mit Vögeln und mit Nacht- und Tagfaltern beschäftigt. Diese sind auch sehr faszinierend. Erst später bin ich bei anderen Tieren gelandet.



› DIE SCHÜLERINNEN
BEOBACHTEN DEN WURM
C. ELEGANS, GEGENSTAND
DER FORSCHUNG IN SCHULEN-
BURGS ARBEITSGRUPPE.
BILD: SONJA TAUT, IPN

› **Wie sieht ein typischer Arbeitstag eines Wissenschaftlers aus?**

Üblicherweise sitze ich in meinem Büro, arbeite am Computer, schreibe, lese oder ich treffe mich mit verschiedenen Leuten aus meiner Gruppe.

› **Wie oft sind Sie im Labor?**

Gar nicht mehr, leider. Dafür habe ich nicht mehr die Zeit.

› **Mit wie vielen Leuten arbeiten Sie zusammen?**

Zwischen 20 und 25 Personen arbeiten in meiner Gruppe. Wenn viele Bachelor- und Masterstudenten da sind, kommen wir auch mal auf 30 Personen.

› **Arbeiten Sie auch mit anderen Universitäten zusammen?**

Wir kooperieren in Deutschland, aber auch international: in den USA, Frankreich und England.

› **Was mögen Sie an Ihrer Arbeit am liebsten?**

Die Freiheit, an dem Thema zu arbeiten, auf das ich Lust habe. Seit einigen Jahren arbeiten wir an der Resistenz gegen Antibiotika. Da sind wir zufällig drauf gestoßen und das ist jetzt neu, aber seitdem stark in unserer Arbeit vertreten.

› **Was mögen Sie am wenigsten?**

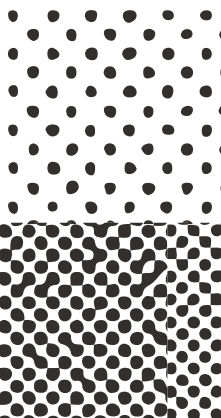
Dass wir relativ viele Termine für Verwaltungsaufgaben und einen großen Stapel Bürokratie haben.

› **Sind Ihre Freunde auch Naturwissenschaftler?**

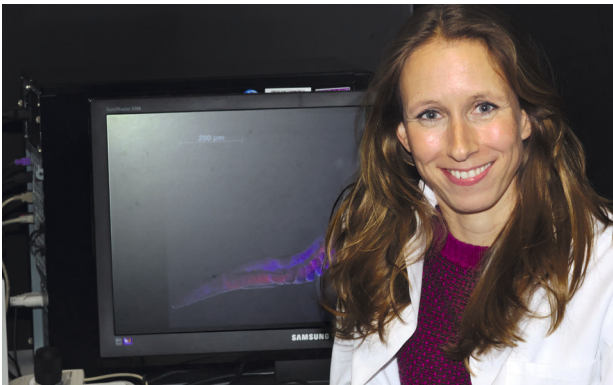
Ich habe relativ viele Freunde, die keine Naturwissenschaftler sind: Architekten oder Musiker.

› **Vielen Dank für das Interview.**

Nach dem Interview führt Prof. Schulenburg uns noch durch die Labore und beantwortet alle Fragen, die uns noch in den Sinn kommen. Und wir können sogar selber einmal Würmer mikroskopieren und ihre Besonderheit, nämlich dass sie durchsichtig sind, bestaunen.



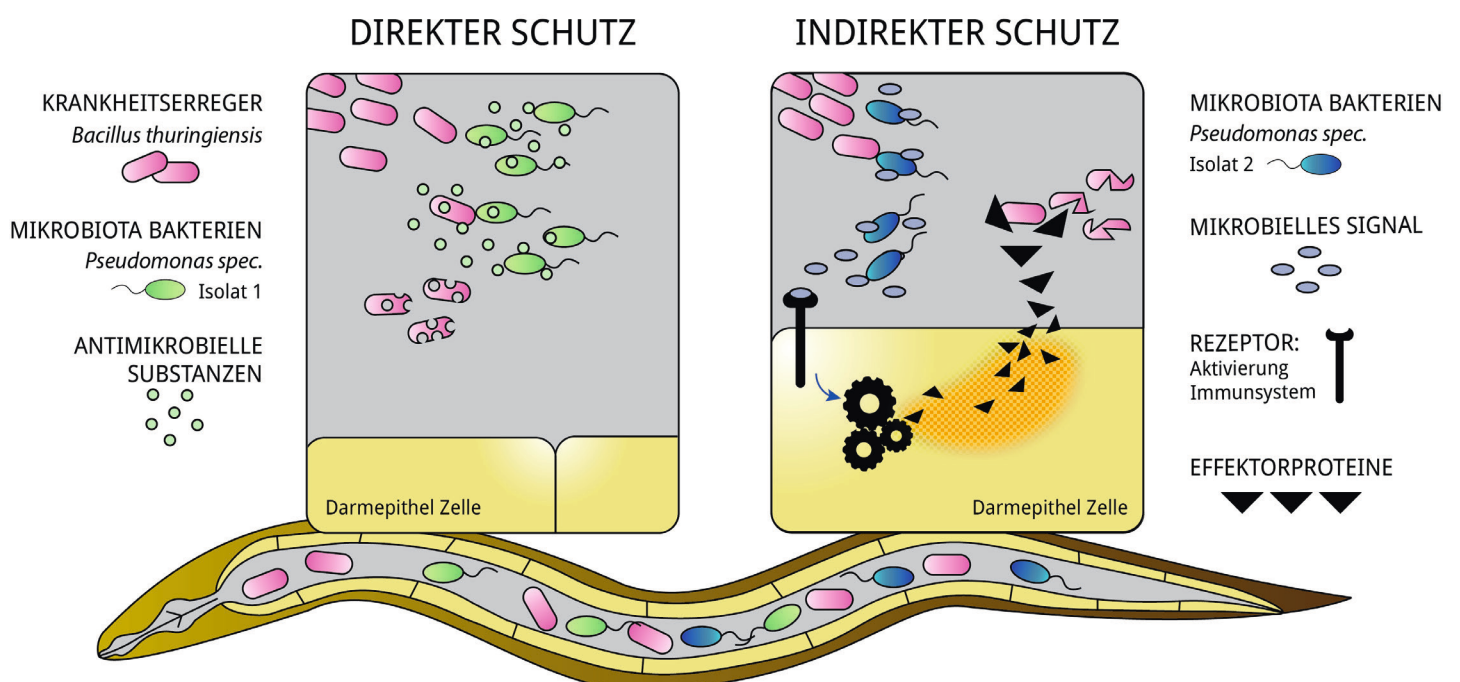
Der Metaorganismus: Gemeinsam im Kampf gegen Krankheitserreger



› DR. KATJA DIERKING IM LABOR VOR EINER
VERGRÖßERUNG DES MODELLORGANISMUS *C. ELEGANS*.

BILD: PHILIPP DIRKSEN

Aus der Werbung für sogenannte probiotische Drinks oder Joghurts kennt man Slogans wie „Unterstütze Dein Immunsystem“, „Aktiviert Abwehrkräfte“ oder „Frühstück für Dein Immunsystem“. Probiotische Lebensmittel enthalten lebende Mikroorganismen, wie Laktobazillen oder Bifidobakterien, die im menschlichen Darm vorkommen und damit Teil des natürlichen Darm-Mikrobioms sind. Bedeutet das also, dass bestimmte Bakterien im Darm dem Organismus helfen, Krankheitserreger zu bekämpfen? Tatsächlich haben zahlreiche Studien gezeigt, dass Darmbakterien Einfluss auf das Immunsystem haben können. Wie genau bestimmte Bakterien das Immunsystem beeinflussen ist aber noch weitestgehend ungeklärt.





Darmbakterien können Einfluss auf das Immunsystem haben und vor Krankheitserregern schützen.

In unserer Forschungsarbeit untersuchen wir, wie Bakterien den Wirt vor Krankheitserregern schützen. Allerdings erforschen wir das nicht am Menschen, sondern an dem Fadenwurm *Caenorhabditis elegans* (siehe Abbildung), einem nur 1 mm langen Wurm, der zu den in der Biologie am häufigsten verwendeten Modellorganismen im Labor gehört. *C. elegans* ernährt sich von Bakterien und lebt in der Natur in mikrobenreichen Habitaten wie Komposthaufen oder faulem Obst. Wir haben getestet, welche der im *C. elegans* Darm natürlich vorkommenden Bakterien den Wurm vor Krankheitserregern schützen können. Dafür wurde *C. elegans* gezielt einzelnen Darmbakterien ausgesetzt und dann mit einem für Fadenwürmer spezifischen Krankheitserreger, *Bacillus thuringiensis*, infiziert. Würmer, die auf bestimmten Bakterien der Gattung *Pseudomonas* gezüchtet wurden, haben die Infektion überlebt, wohingegen Würmer, die auf einem Nährmedium mit anderen Bakterien gezüchtet wurden, gestorben sind. Interessanterweise scheinen die getesteten *Pseudomo-*

nas-Bakterien *C. elegans* auf unterschiedliche Weise vor der Infektion mit *B. thuringiensis* zu schützen: Einige *Pseudomonas*-Bakterien interagieren direkt mit *B. thuringiensis* und bilden antimikrobielle Substanzen, die das Wachstum der Krankheitserreger reduzieren. Wir versuchen nun, die antimikrobiellen Substanzen genau zu identifizieren. Andere *Pseudomonas*-Bakterien scheinen *C. elegans* zu schützen, indem sie das wurmeigene Immunsystem stärken, so dass dieses Krankheitserreger besser bekämpfen kann. Unser Ziel ist es zu verstehen, wie genau diese *Pseudomonas*-Bakterien mit dem *C. elegans* Immunsystem interagieren. Dafür wollen wir auf der Seite der Bakterien die molekularen Signale, die das Bakterium aussendet, identifizieren. Auf der Seite des Wurms untersuchen wir die Gene des Immunsystems, die auf diese Signale reagieren. Da alle Organismen auf den Ebenen der Zellen und Gene dieselbe molekulare Sprache sprechen, können in *C. elegans* gewonnene Erkenntnisse potenziell auch auf den Menschen übertragen werden.



› ARBEITSMODELL: PSEUDOMONAS-BAKTERIEN BIETEN C. ELEGANS

- 1) DIREKTEN SCHUTZ VOR INFektion MIT *BACILLUS THURINGIENSIS* DURCH DIE BILDUNG ANTIMIKROBIELLER SUBSTANZEN, DIE DAS WACHSTUM DER KRANKHEITSERREGER REDUZIEREN ODER
- 2) INDIREKTEN SCHUTZ DURCH DIE INTERAKTION MIT DEM IMMUNSYSTEM DES WURMS, DAS DIE KRANKHEITSERREGER DANN EFFEKTIVER BEKÄMPFT.

ABBILDUNG: SUSANNE LANDIS (SCIENSTRATION), KATJA DIERKING

Übrigens: ob probiotische Lebensmittel wirklich helfen, das Immunsystem zu stärken und damit die Abwehrkräfte gegen Krankheitserreger steigern, ist wissenschaftlich nicht erwiesen. Je besser wir jedoch verstehen, wie genau bestimmte Bakterien auf unser Immunsystem Einfluss nehmen können, desto zielgerichteter können wir Bakterien für die Prävention und die Therapie von Krankheiten einsetzen.

Wundbrand

Der Wissenschaftler Dr. Tim Lachnit hat in Anlehnung an seine Forschung eine Kurzgeschichte geschrieben. Achtung: Nichts für schwache Nerven!



› DR. TIM LACHNIT FORSCHT IM RAHMEN DES SFB AN
VIREN UND PHAGEN ALS TEIL DES MIKROBIOMS.

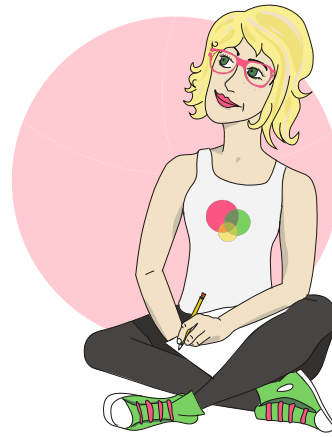
BILD: PRIVAT.

„Lauf, lauf“, schallte es noch in meinen Ohren, als ich langsam wieder zu mir kam. Ich spürte die Kälte des Waldbodens unter mir und ein modriger Geruch von verrottendem Holz stieg mir in die Nase. Vorsichtig versuchte ich mich aufzurichten, doch mein Bein durchzogen schreckliche Schmerzen. Plötzlich packte mich jemand von hinten und half mir aufzustehen. „David, bist Du okay?“ „Anna, Gott sei Dank, du hast es geschafft“, sagte ich erleichtert. „Was ist mit deinem Bein?“, fragte sie, wobei sie vorsichtig mein Hosenbein hochzog. Blut rann ihr entgegen und tropfte auf den Waldboden. Eine breite, tief aufklaffende Wunde kam zum Vorschein, die sich von meinem Schienbein bis tief in meine Wade fortsetzte. Anna reinigte die Verletzung grob und band ihr Stofftaschentuch um meine Wade. So humpelten wir dann langsam heimwärts.

„Alles umsonst!“, dachte ich als ich zuhause in meinem Bett lag und traurig an die Decke starrte. Meine Eltern hatten die Wunde mit ein paar Stoffstreifen, die sie aus einem Bettlaken gerissen hatten notdürftig verbunden. Wir hatten ihnen natürlich nicht erzählt, was wirklich geschehen war. Für sie war ich beim Spielen im Wald gestürzt und hatte mich dabei an einem Ast verletzt. Doch eigentlich waren meine Schwester Anna und ich auf der anderen Seite des Berges, um dort Eier bei einem Bauern zu stehlen. Unsere Ernte war dieses Jahr schlecht ausgefallen und unsere Hühner hatten wir längst geschlachtet und in der Stadt verkauft, um dafür Mehl und Reis zu kaufen. Geld wollte keiner unserer Eltern leihen. Daher beschlossen wir, uns selbst zu helfen. Gregori, so wussten wir aus Erzählungen unserer Eltern, hatte zahlreiche Hühner und war einer der reichsten Bauern in der Gegend. Wir dachten, es würde ihm nie auffallen, wenn ein paar Eier fehlen. So hatten wir uns auf den Weg über den Berg gemacht, der unseren Hof von dem von Gregori trennte. Es schien alles so einfach zu sein, wir kletterten über den Zaun, sammelten einige Eier ein, als uns plötzlich Gregori mit seinem Hofhund entdeckte. Wütend schrie er uns an und hetzte seinen Hund auf uns. Ich war wie erstarrt und konnte mich nicht bewegen, als der Hund auf mich zu lief. „Lauf, lauf“, schrie Anna mich an, worauf ich die Eier fallen ließ, mich umdrehte und hinter ihr her

lief. Wir schafften es gerade über den Zaun, bevor der Hund uns erreichte. Wir liefen und liefen, längst hatte ich Anne überholt, bevor ich hinfiel.

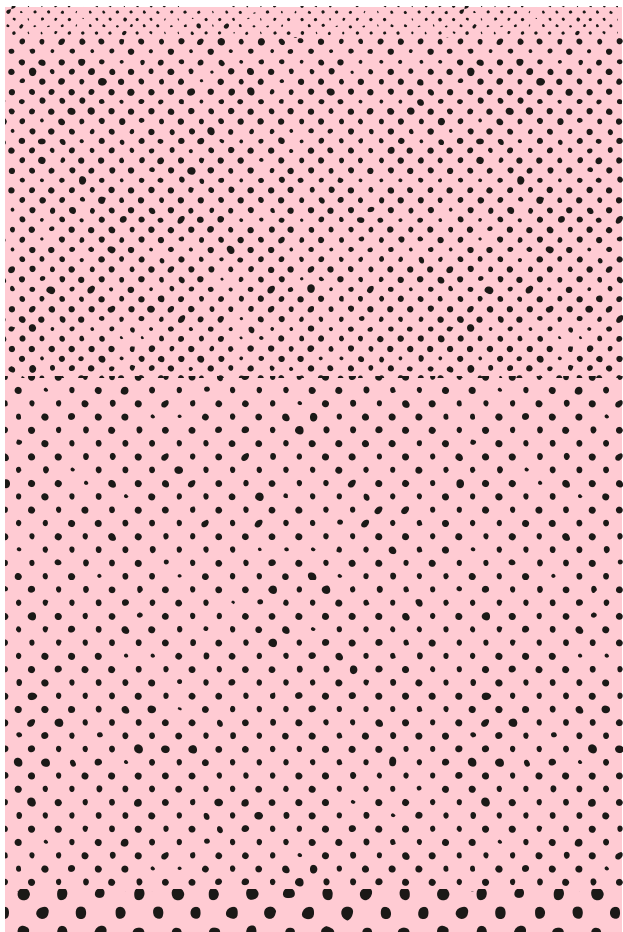
Das Knarren meiner Zimmertür riss mich aus meinen Gedanken. „Wie geht es Dir?“, fragte mich meine Mutter und legte dabei ihre Hand auf meine Stirn. „Ich glaube Du hast Fieber.“ Sie hatte neue Bandagen mitgebraucht und wollte meine Wunde verarzten. Vorsichtig schnitt sie den alten Verband auf und betrachtete sorgenvoll die Wunde. Meine Wade war angeschwollen und die Wunde schwarz verfärbt. Ein übler Geruch breitete sich langsam im ganzen Zimmer aus, der auch von der Jodlösung, die meine Mutter vorsichtig auf die Wunde träufelte, nicht verdrängt wurde. „Er muss zu einem Arzt“, flüsterte sie zu meinem Vater, der in mein Zimmer gekommen war, um zu sehen, wie es mir ging. Er nickte nur und verließ gleich darauf den Raum. Danach ging alles sehr schnell. Er hatte den Pferdewagen vorgefahren, dessen Pritsche mit zahlreichen Decken ausgelegt war. Es war ein weiter Weg von unserem kleinen Dorf Kochbaani bis nach Tiflis und bei jeder Unebenheit über die wir fuhren, fing meine Entzündung heftig an zu pochen, dass ich es bis in meinem Kopf spürte. Dabei wurde mir abwechseln heiß und kalt. Wenn ich wach war, schaute ich hoch zu meinem Vater, der unser altes Pferd unermüdlich antrieb. Es war dunkel als wir bei dem Arzt in Tiflis ankamen. Ich



war bereits so schwach, dass ich getragen werden musste. Nur noch schemenhaft konnte ich den Arzt und seine Helferin neben mir wahrnehmen.

Als ich am nächsten Tag aufwachte, war das Einzige, an das ich mich noch erinnern konnte, die Betäubungsspritze, die ich bekommen hatte. Das Zimmer in dem ich lag, teilte ich mir mit fünf weiteren Patienten, die alle viel älter waren als ich. Die Betten waren entlang der vergilbten Wände nebeneinander aufgereiht und das kalte Licht einer Neonröhre versetzte den Raum in eine unwirkliche Atmosphäre. Es klopfte an der Tür und mein Vater kam in Begleitung einer Ärztin herein. „Na David, wie geht es dir?“, fragte sie mich und strich mir dabei mit ihrer Hand über den Kopf.

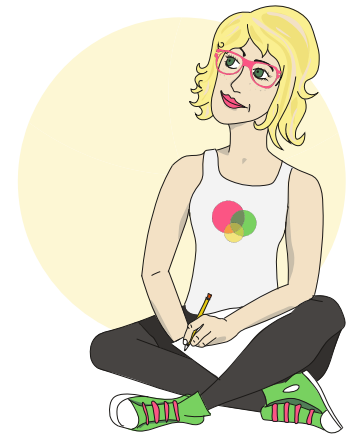
„Müde“, war alles was mir einfiel. „Wir haben deine Wunde gestern gereinigt und desinfiziert, das war alles, was wir bisher machen konnten. Allerdings war die Wunde sehr stark entzündet. Ich denke, dass wir die Bakterien, die für die Entzündung verantwortlich sind, nur zeitweise mit dem Antiseptikum in Schach halten können. Sie werden dann wieder anfangen, sich zu vermehren und es wird dir dann wieder schlechter gehen.“ Ich schaute in das sorgenvolle Gesicht meines Vaters und ahnte Schreckliches. Wenn eine Wunde nicht heilt und Bakterien sich unentwegt ausbreiten, kann das zu einer Blutvergiftung führen, an der man sterben kann. Um dies zu verhindern, gab es meist nur noch eine letzte, grausame Lösung: die Amputation. Bei dem Gedanken daran, dass sie mein Bein amputieren wollten merkte ich, wie mir Tränen in die Augen stiegen und langsam meine Wangen herunterkullerten. „Du brauchst keine Angst zu haben. Zur Vorsicht haben wir die Bakterien, die dich krank machen, aus deiner Wunde isoliert und züchten sie gerade in unserem Labor. Du weißt doch vielleicht, dass es Bakterien gibt, die einen krank machen können. Es gibt aber auch noch viel kleinere Krankheitskeime, mit denen man sich anstecken kann. Das sind Viren, wie das Grippevirus. Viren können sich nicht selbständig vermehren und brauchen eine Zelle, die sie infizieren und in der sie dann vermehrt werden. Die Zellen platzen und lassen neue Viren frei, die dann andere Zellen befallen können.“ Ich konnte ihr nicht wirklich folgen, worauf sie hinaus wollte. Hatte ich jetzt auch noch Probleme mit Viren, die alles noch viel schlimmer machen? War es mit einer bloßen Amputation nicht getan? Die Ärztin merkte, dass wir von all dem nicht viel verstanden, was sie sagte. „Das Gute ist, was ich eigentlich sagen wollte. Nämlich dass auch Bakterien krank werden können. Es gibt Viren, die Bakterien infizieren und diese sogar töten können. Diese nennt man Phagen, und wir haben zahlreiche Phagen in unserem Labor. Aus diesen suchen wir jetzt die heraus, die deine Bakterien infizieren können. Wenn wir mehrere gefunden haben geben wir sie auf deine Wunde und sie helfen deinem Körper die Bakterien zu besiegen. Du kannst es dir vorstellen wie



bei einem Waldbrand, an einer Stelle legt man Feuer und die Flammen vermehren sich von ganz allein, solange genug Bäume da sind, die sie entfachen können.“ Nun verstand ich, was sie vorhatten und in meinen Gedanken sah ich wie eine Armada aus Miniatursoldaten auf meiner Verletzung ausgesetzt wird, die ein Bakterium nach dem anderen töten und dabei hunderte neue Soldaten aus dem besiegten Bakterium hervorbringen. Wie ein Feuerwall kämpfen sich die Phagen gemeinsam ihren Weg durch die Entzündung, bis auch das letzte Bakterium getötet wird.

„Warum so lange warten?“, unterbrach mein Vater meine Gedanken. „Können Sie meinem Sohn nicht gleich Ihre Phagen verabreichen?“ „Das ist nicht so einfach, wie Sie sich das vorstellen. Nicht jede Phage kann alle Bakterien infizieren. Sie sind sehr spezifisch und wir müssen genau die finden, die Davids Bakterien infizieren können. Wir haben bisher nur wenige Phagen in unserem Labor, mit denen wir arbeiten können. Das alles kostet viel Geld und Zeit, was uns leider beides nicht zur Verfügung steht. Gleichzeitig versuchen unsere Wissenschaftler, neue Phagen aus Seen, Flüssen und auch aus Abwässern der Stadt zu isolieren, falls die uns zur Verfügung stehenden keine Wirkung zeigen.“

Es vergingen Tage und mein Zustand verschlechterte sich zunehmend, bis schließlich geeignete Phagen gefunden wurden. Mein Vater kniete neben meinem Bett und hielt meine Hand fest umschlungen, als die Ärzte meinen Verband vorsichtig entfernten. Er presste seine Stirn fest an meine Brust und als er zu mir aufblickte sah ich, dass er weinte. Es war zu spät.



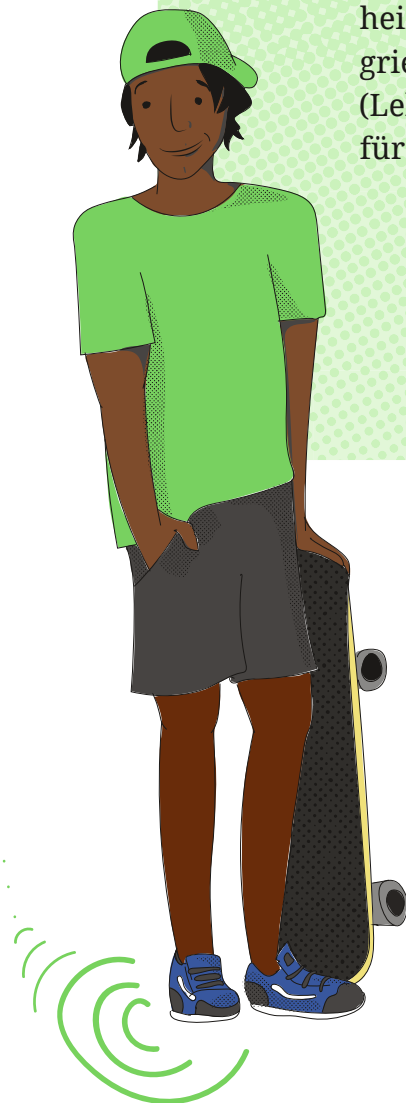
Nachwort

Diese alte Form der Therapie ist schon fast in Vergessenheit geraten. Doch durch die übermäßige Anwendung von Antibiotika sind viele krankmachende Bakterien resistent geworden, gegen die es kaum eine Heilung mehr gibt. Hier verspricht die Renaissance der Phagentherapie eine mögliche Alternative, wofür intensive Grundlagenforschung notwendig ist.

Holo, der Holobiont

Ihr habt Euch vielleicht gefragt, warum Metas Freund Holo heißt. Holo ist kurz für Holobiont. Das Wort setzt sich aus den griechischen Begriffen „hólos“ (ganz, vollständig) und „bios“ (Leben) zusammen. Holobiont ist also einfach ein anderes Wort für Metaorganismus.

In der Wissenschaft gibt es häufiger Synonyme für bestimmte Phänomene oder Konzepte. Erst mit der Zeit setzt sich ein bestimmter Begriff durch und wird dann allgemein in der Fachsprache genutzt.



Wie erfahren wir von den Ergebnissen wissenschaftlicher Studien?

› DIE FORSCHUNGSTEXTE IN DIESER ZEITSCHRIFT WURDEN VON WISSENSCHAFTLERINNEN UND WISSENSCHAFTLERN VERFASST UND VON SCHÜLERINNEN UND SCHÜLERN BEGUTACHTET.

ABBILDUNG: SUSANNE LANDIS (SCIENSTRATION), YASMIN APPELHANS

1 Schreiben gehört zur Wissenschaft

Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler verbringen nicht nur viel Zeit beim Forschen und Experimentieren. Sie müssen auch dafür sorgen, dass ihre Kolleginnen und Kollegen und auch die Öffentlichkeit von ihren Ergebnissen erfahren. Dafür können sie aber nicht einfach an eine ganz normale Zeitung schreiben oder Emails versenden. Damit eine Studie und deren Ergebnisse in den Naturwissenschaften Anerkennung finden, müssen sie in einer speziellen Fachzeitschrift veröffentlicht werden. Dort werden nur Artikel gedruckt, die vorher in einem bestimmten Prozess auf ihre Qualität hin untersucht wurden. Diese Artikel werden dann von Kolleginnen und Kollegen sowie auf Wissenschaftsmeldungen spezialisierte Journalistinnen und Journalisten gelesen.

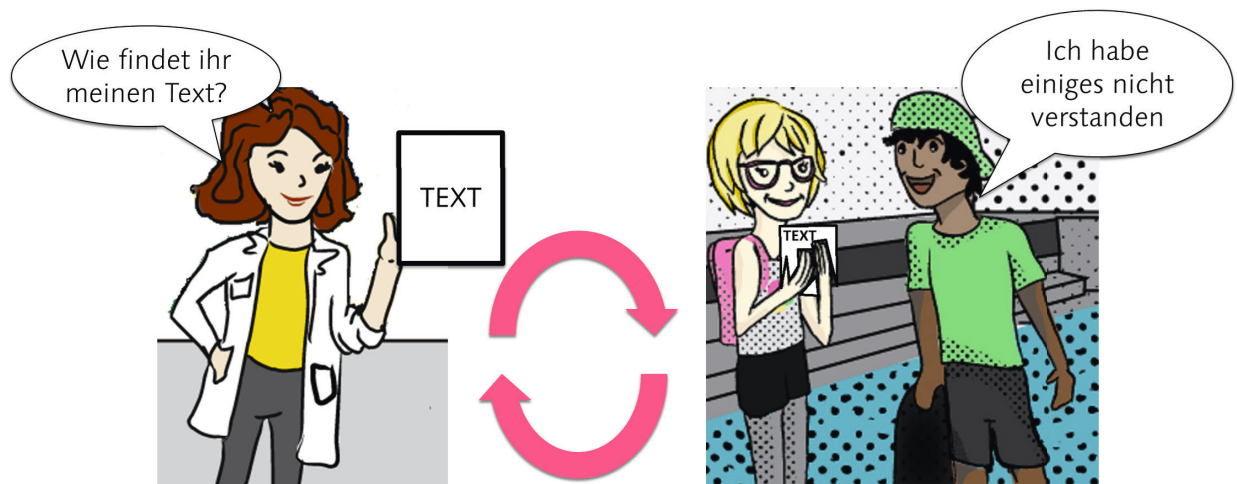
Um einen Artikel in einer solchen Fachzeitschrift (oft auch mit dem englischen Wort „Journal“ bezeichnet) unterbringen zu können, müssen die Forschenden zunächst ihre Erkenntnisse aufschreiben. Die sogenannten Manuskripte sind dabei ähnlich aufgebaut wie die Protokolle, die man aus dem Chemie-, Physik- oder Biologieunterricht kennt.

2 Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser

Der erstellte Text wird mit Abbildungen nun an ein Journal geschickt. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler suchen sich dabei explizit Zeitschriften aus, die in ihr Forschungsgebiet passen.

Jetzt folgt der ungewöhnliche Teil des Prozesses: Die Zeitschrift sucht andere Wissenschaftler oder Wissenschaftlerinnen, die in einem ähnlichen Bereich forschen. Diese bekommen den Text zu lesen und begutachten ihn. Das heißt, sie machen Kommentare zum Text und empfehlen, ob der Text in der Zeitschrift erscheinen darf. Sie achten dabei darauf, dass die Studien nach bestimmten Kriterien für gutes wissenschaftliches Arbeiten durchgeführt wurden, die Untersuchungsergebnisse interessant und relevant sind und die Studie einen Neuheitswert hat.

Die Redaktion der Zeitschrift entscheidet anschließend, ob der Artikel so erscheinen darf, korrigiert werden muss oder ganz abgelehnt wird. Normalerweise gibt es viele Korrekturschleifen, in denen die Artikel zwischen den Autoren bzw. Autorinnen, Zeitschrift und Begutachtenden hin- und hergeschickt werden. Erst wenn alle zufrieden sind, wird ein Artikel gedruckt. Dieser Prozess kann sich über mehrere Monate hinziehen.



Auch Begutachtende können sich irren 3

Komplett ausschließen lässt sich durch die Begutachtung natürlich nicht, dass manche Forschende schlecht oder sogar nie durchgeführte Studien veröffentlichen. So werden immer mal wieder gefälschte Daten enttarnt, die bereits für geeignet befunden und abgedruckt wurden. Auch wird von Zeit zu Zeit Kritik an dem gesamten Prozess der Begutachtung laut. So wird häufig kritisiert, dass Begutachtende nicht objektiv sind und bewusst Studien zurückhalten können, um ihre eigene Forschung voranzutreiben. Andererseits ist das bestehende System schon seit langer Zeit in Gebrauch. Da sich bereits innerhalb eines Fachgebiets wie beispielsweise der Mikrobiologie die Vorgehensweisen und Forschungsrichtungen stark voneinander unterscheiden, können häufig nur ausgewiesene Expertinnen und Experten auf dem Gebiet die Studien überhaupt beurteilen. Der sogenannte „Peer-review-Prozess“ (von dem Englischen peer: Gleichrangiger, Gleichrangige und review: Gutachten) wird noch immer bei den bedeutenden Fachzeitschriften eingesetzt. Er wird als optimale Möglichkeit angesehen, die Qualität der veröffentlichten Ergebnisse zu gewährleisten.

Unsere Zeitschrift: Das 4 Zielgruppengutachten

Da die Artikel in unserer Zeitschrift nicht von anderen Wissenschaftlerinnen oder Wissenschaftlern gelesen werden sollen, sondern von Menschen wie Euch, haben wir uns eine etwas abgewandelte Taktik der Begutachtung überlegt. Wir haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Sonderforschungsbereich 1182 „Origin and Function of Metaorganisms“ gebeten, Texte über ihre Forschung zu schreiben. Diese wurden dann von drei Schulklassen aus Schleswig-Holstein auf ihre Verständlichkeit und den Informationsgehalt hin untersucht und kommentiert.

Das Ergebnis dieses von uns „Zielgruppenbegutachtung“ genannten Prozesses könnt Ihr im Hintergrundartikel auf den Seiten 4–5 und den drei Forschungsartikeln auf den Seiten 8–9, 14–15 und 24–25 sehen.

Meta in aller Welt

Nicht nur in Schleswig-Holstein, in der ganzen Welt wird zum Thema Metaorganismen geforscht. Meta fasst hier kurz spannende Erkenntnisse zusammen.



› BILD: STEFFEN FOERSTER, DUKE UNIVERSITY

Soziale Schimpansen haben mehr nützliche Bakterien

Laut einer Studie kann sich soziales Verhalten unerwartet auszahlen. So kann der enge Kontakt zu Artgenossen bei Schimpansen nicht nur dazu führen, dass Krankheitserreger weitergegeben werden. Auch mehr nützliche Mikroben gelangen so in den Darm.

Forscher verschiedener Institute beobachteten die Menschenaffen acht Jahre lang im Gombe-Nationalpark in Tansania. Sie fanden heraus, dass es mehr Bakterienarten im Verdauungstrakt eines Schimpansen gibt, wenn er geselliger ist.

„Je vielfältiger die Mikrobiome der Menschen sind, desto resistenter scheinen sie gegenüber opportunistischen Infektionen zu sein“, erläutert Andrew Moeller von der Universität von Kalifornien, Berkely, die Bedeutung, die diese Erkenntnis für den Menschen haben könnte.

Moeller A, Foerster S, Wilson M, Pusey A, Hahn B, Ochman H (2016). Social behavior shapes the chimpanzee pan-microbiome. Science Advances.



Mikroorganismen unterstützen Insekten bei lebenswichtigen Prozessen

Auch die mikrobiellen Mitbewohner von Insekten übernehmen verschiedene Aufgaben. So stellen sie beispielsweise für die Insekten lebenswichtige Aminosäuren und B-Vitamine bereit. Einige Mikroben schützen ihre Wirte gegen Krankheitserreger und Parasiten, indem sie bestimmte Gifte produzieren. Teilweise können sie auch das Immunsystem der Insekten steuern. Angela Douglas von der Cornell University in den USA hat diese Erkenntnisse in einer Studie zusammengefasst. Derzeit wird laut Douglas untersucht, ob und wie die Mikroben auch an der Kommunikation zwischen Insekten beteiligt sein könnten.

Durch die Ergebnisse aus der Forschung könnte sich langfristig die Möglichkeit bieten, Insektenschädlinge in der Landwirtschaft durch eine Manipulation ihrer Mikroben zu bekämpfen.

Douglas AE (2015). Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms. *Annu Rev Entomol*.



› BILD: PIXABAY

Wer friert, ändert seine Darmflora

Obwohl bekannt ist, dass die Zusammensetzung der Bakterien im Darm von Tieren über die Zeit relativ konstant ist, können Umwelteinflüsse die Darmflora ändern. Ein Team aus Forschern aus Hamburg und Kiel konnte nun feststellen, dass auch das Leben in Kälte dazugehört.

In einer Studie mit Mäusen zeigten sie, dass Kältestress die Produktion und Ausschüttung von Gallensäuren fördert. Dies hat auch Einfluss auf die Bakterien im Darm. „Die Kälteexposition verändert das Darm-Mikrobiom, und zwar unabhängig davon, was gefüttert wird“, erläutert Malte Rühlemann, vom Institut für Klinische Molekularbiologie an der Medizinischen Fakultät der Universität Kiel und Co-Autor der Studie.

Was diese Änderung der Darmflora für Konsequenzen auf z. B. die Verdauung hat, wird derzeit noch erforscht.

A. Worthmann et al. (2017). Cold-induced conversion of cholesterol to bile acids in mice shapes the gut microbiome and promotes adaptive tumorigenesis. *Nature Medicine*.



› BILD: PIXABAY

Dazwischengeredet – Wie der Wirt die Sprache der Bakterien verändert



› DR. SEBASTIAN FRAUNE FORSCHT AN DER
KOMMUNIKATION ZWISCHEN BAKTERIEN UND
WIRT SOWIE ZWISCHEN BAKTERIEN.

BILD: CHRISTIAN URBAN, CAU KIEL

In der Medizin zeichnet sich immer deutlicher eine Veränderung der Sichtweise ab: Menschen gelten nicht mehr als in sich abgeschlossene Individuen, sondern als hochkomplexe und voneinander abhängige Gemeinschaften aus Wirt und Mikroorganismen, also Metaorganismen. Diese sensiblen Beziehungen zwischen Wirt und Mikroorganismen sind anfällig für Störungen von außen, wie z. B. durch Medikamente oder falsche Ernährung. Wiederholte Störungen können einen Kollaps der gesamten Beziehungen verursachen, was wiederum zu Krankheiten, wie chronischen Entzündungen oder Fettleibigkeit, führen kann. Um diese Krankheiten besser verstehen und behandeln zu können, ist es wichtig zu lernen, wie das Zusammenspiel der verschiedenen Partner gesteuert wird und wie die verschiedenen Partner miteinander kommunizieren.

In den vergangenen Jahren konnten wir am Beispiel des Süßwasserpolyphen *Hydra* zeigen, dass Wirte in der Lage sind, die Zusammensetzung ihrer bakteriellen Gemeinschaft zu steuern. Dazu setzt der Wirt antibakterielle Substanzen ein, die ungewollte und schädliche Bakterien abhalten, gleichzeitig aber die Besiedlung mit gutartigen Bakterien zulassen. Diese Bakterien sind dann wiederum in der Lage, als Wächter den kompletten Metaorganismus gegen Infektionen zu verteidigen.

Aktuell haben wir uns der Frage gewidmet, ob ein Wirt nicht nur die Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft steuern kann, sondern auch in der Lage ist, das Verhalten von Bakterien zu beeinflussen. Dazu muss man wissen, dass Bakterien ab einer be-





Wirte können die Zusammensetzung ihrer bakteriellen Gemeinschaft steuern und das Verhalten ihrer Bakterien beeinflussen.

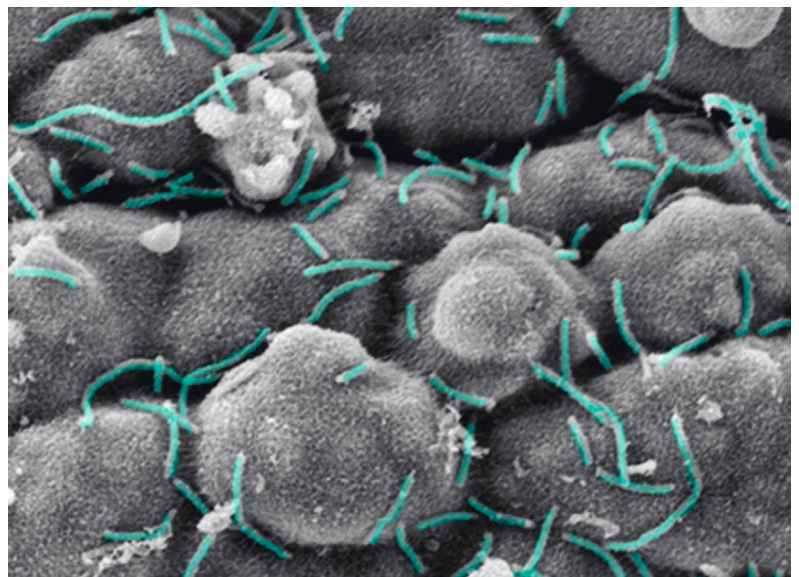
stimmten Dichte als Team agieren und gemeinsam verschiedene Aufgaben, wie die Produktion von biologischem Licht oder Giften, erfüllen können. Für die Koordination dieser Aufgaben verständigen Bakterien sich durch „Quorum Sensing“, ihre eigene Art der Kommunikation. Jedes Bakterium stellt dafür Signalmoleküle her, die es dann an die Umgebung abgibt. Sind viele Bakterien in derselben Umgebung anwesend, steigt die Konzentration dieser Signalmoleküle an. Ab einer bestimmten Konzentration werden diese Signalmoleküle über Rezeptoren von den Bakterien wahrgenommen, die dann gemeinsam die gleichen Funktionen in ihren Zellen ausführen.

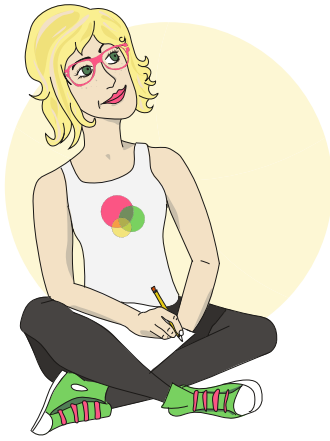
Durch unsere Experimente konnten wir jetzt zeigen, dass der Wirt das Verhalten seiner Bakterien beeinflussen kann, indem er sich in die Kommunikation seiner Bakterien einmischt. Er ist in der Lage, die Signalmoleküle der Bakterien zu modifizieren und damit die Information, die sich die Bakterien senden, zu verändern. Diese Modifikation hat Folgen für die Bakterien: zum Beispiel schränken die Bakterien sich in ihrer Beweglichkeit ein und verändern ihren Stoffwechsel. Auf diese Weise erhöht sich die Anzahl der Bakterien auf dem Wirt, die dann in der Lage sind, den Metaorganismus erfolgreich gegen Infektionskrankheiten zu verteidigen.

Dieses neue Wissen kann in Zukunft helfen, mögliche Störungen in der Kommunikation zwischen dem Menschen und seinen Bakterien im Krankheitsfall zu erkennen und durch die richtige Behandlung wieder herzustellen.

› BAKTERIENBESIEDLUNG (*CURVIBACTER SP.*) AUF DER OBERFLÄCHE VON HYDRA.

BILD: KATJA SCHRÖDER





Die Bakterien- und die Pflanzenzelle

Lange schon ist uns bekannt, dass Bakterien einst vor Jahren in and're Zell'n hineingelangt, die so zu höh'ren wurden.

Die Endosymbios', in Theorie, ist lange schon geläufig. Widerlegt wurd' sie noch nie, untersucht jedoch schon häufig.

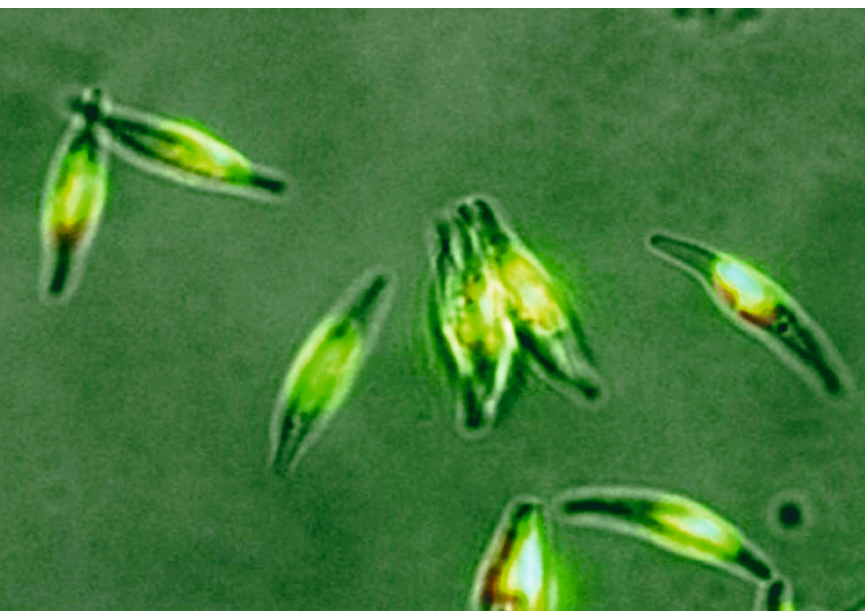
Forscher, nun, bei uns in Kiel und auch in fernen Landen beforschten dieses Wechselspiel, wobei sie Spann'des fanden:

Die Fähigkeit der Pflanzenzell'n, Radikale zu verlieren aus ganz speziellen Organell'n ist mikrobiell getrieben.

Einst übernahmen Pflanzen schon Bakterien als (Vorfahr-)plastiden. Die Fähigkeit'n zur Radikalregulation jetzt in ihren Genen liegen.

Mikrobielle DNA gelangte in die Pflanzen, wodurch ihnen nun gegeben war: Energiegewinn im Ganzen.

Und die Moral von der Geschicht', falls bisher Du's nicht wusstest: Mikroben fallen ins Gewicht. Nicht nur, wenn's grob verschmutzt ist.



› ZELLEN DER KIESELALGE *PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM* MIT MARKIERTEN ZELLORGANELLEN: DER ZELLKERN IST GRÜN UND DIE CHLOROPLASTEN SIND ROT HERVORGEHOBBEN.
BILD: SHIRI GRAFF VAN CREVELD, THE WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

› DIESES GEDICHT BASIERT AUF DER FORSCHUNG VON CHRISTIAN WÖHLE, TAL DAGAN, GIDDY LANDAN, ASSAF VARDI & SHILO ROSENWASSER (2017). EXPANSION OF THE REDOX-SENSITIVE PROTEOME COINCIDES WITH THE PLASTID ENDOSYMBIOSIS. NATURE PLANT





Unsere Partner- klassen

Die Forschungsartikel dieser Zeitschrift wurden von drei verschiedenen Partnerklassen in Schleswig-Holstein begutachtet. Das sind sie:

Auguste-Victoria-Schule, Flensburg

Die Klasse 12a der Auguste-Victoria-Schule in Flensburg hat gemeinsam mit ihrer Lehrerin Christine Plötz (mittlere Reihe ganz links) den Hintergrundtext „Metaorganismen: Bakterien eher Partner als Feinde“ begutachtet.

› BILD: AUGUSTE-VICTORIA-SCHULE FLENSBURG



Lornsenschule, Schleswig

In Schleswig hat die Klasse Q1b der Lornsenschule mit ihrer Lehrkraft Antje Klein (ganz links im Bild) die drei Forschungsartikel unter die Lupe genommen: „Die Ohrenqualle Aurelia aurita – ein neuer Modell-Metaorganismus“, „Der Metaorganismus: Gemeinsam im Kampf gegen Krankheitserreger“ und „Dazwischengeredet – Wie der Wirt die Sprache der Bakterien verändert“.

› BILD: LORNSCHULE SCHLESWIG



Thomas-Mann-Schule, Lübeck

Aus Lübeck haben wir Unterstützung von den Biologie-Profilkursen der Klassen Q1c und Q1e der Thomas-Mann-Schule und ihren Lehrkräften Silke Koslowsky und Susan Knoll bekommen. Auch sie haben die drei Forschungsartikel begutachtet: „Die Ohrenqualle Aurelia aurita – ein neuer Modell-Metaorganismus“, „Der Metaorganismus: Gemeinsam im Kampf gegen Krankheitserreger“ und „Dazwischengeredet – Wie der Wirt die Sprache der Bakterien verändert“.

› BILD: THOMAS-MANN-SCHULE LÜBECK



Herausgeber

› **IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik**

Vertreten durch:

Prof. Dr. Olaf Köller (Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor),
Bent Hinrichsen (Geschäftsführender Administrativer Direktor).
Olshausenstraße 62, 24118 Kiel, www.ipn.uni-kiel.de, info@leibniz-ipn.de

› **Sonderforschungsbereich 1182 „Origin and Function of Metaorganisms“**

Vertreten durch: Prof. Dr. Thomas Bosch (Sprecher),
Prof. Dr. Hinrich Schulenburg (Vizesprecher)

› **Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

Vertreten durch: Prof. Dr. Lutz Kipp (Präsident)

› **Kiel Science Outreach Campus**

Vertreten durch: Prof. Dr. Olaf Köller (Sprecher),
Prof. Dr. Ilka Parchmann (Sprecherin)

› **Redaktion:**

Dr. Yasmin Shirin Appelhans (IPN Kiel),
Prof. Dr. Kerstin Kremer (IPN Kiel), kremer@ipn.uni-kiel.de

› **Fachliche Beratung:**

Prof. Dr. Thomas Bosch, Dr. Cleo Pietschke
(SFB 1182 „Origin and Function of Metaorganisms“)

› **Beratung Konzeptentwicklung:**

Christian Urban (CAU Kiel)

› **Schlussredaktion:**

Ute Ringelband (IPN Kiel)

› **Autorinnen und Autoren:**

Dr. Yasmin Shirin Appelhans, Prof. Dr. Thomas Bosch, Dr. Katja Dierking,
Dr. Sebastian Fraune, Norieh Hashemi, Ksenia Krasikova, Dr. Tim Lachnit,
Björk Lucas, Anne Studt, Dr. Nancy Weiland

› **Cover:**

Dr. Susanne Landis (Scienstration), Katja Duwe-Schrinner (Duwe Design).
Foto: Hydra oligactis, Sebastian Fraune

› **Illustrationen:**

Dr. Susanne Landis (Scienstration)

› **Layout, Satz:**

Katja Duwe-Schrinner (Duwe Design)



ISBN-Nr: 978-3-89088-293-2

Auflage: 750

“Ich bin Meta” wurde auf dem mit dem Umweltzeichen Blauer Engel und dem EU Eco-Label ausgezeichneten Recyclingpapier MUNDOPLUS abgedruckt.

Der Druck erfolgte mit mineralölfreien Ökodruckfarben. Produktion und Versand erfolgten klimaneutral.