Transkript

Forscher	Original	Übersetzung
Dr. James O'Brien	To some extent, yes, we are very influential. But all of these processes existed before we did. And so what we're actually working with are these microorganisms that are, I'm really sorry, they are the most important life on Earth, because they are responsible for a bulk of the climate we have, and we enjoy the gases that we breathe, the nutrients that we end up enriching our body with. They cycle all of those things. So I think just the most important thing, and it's something people don't think of very much is, that they are amazingly diverse. They are very quick at adapting to environmental change. But we still don't know enough; they could be threatened, just like every other species that are out there. And we never think of this in terms of conservation. So I think that would be the thing that I think is important for people should know about microbes, is that yeah, we are still changing things, and they are really important, and they do deserve being preserved and conserved, as much as any other species that's out there.	In gewisser Hinsicht sind wir zwar sehr einflussreich. Aber all diese Prozesse existierten bereits vor uns. Und womit wir tatsächlich arbeiten, sind diese Mikroorganismen, die – es tut mir leid – das wichtigste Leben auf der Erde sind, weil sie für einen Grossteil unseres Klimas verantwortlich sind, und wir die Gase atmen, die sie produzieren, mit ihren Nährstoffen unsere Körper versorgen. Sie halten all diese Dinge in Gang. Ich denke, daher einfach das Wichtigste. Etwas, worüber die Leute nicht oft nachdenken, ist, dass sie unglaublich vielfältig sind. Sie passen sich sehr schnell an Umweltveränderungen an. Aber wir wissen immer noch nicht genug. Sie könnten bedroht sein – genau wie jede andere Art da draussen. Und wir denken dabei nie an Bewahrung. Ich denke also, das wäre das, was ich für wichtig halte, was die Leute über Mikroben wissen sollten: Ja, wir verändern immer noch Dinge. Aber sie sind wirklich wichtig, und sie verdienen es, geschützt und erhalten zu werden, ebenso wie jede andere Art da draussen.
Dr. Martin Sperfeld	Und je tiefer man reinzoomt, landet man am Ende bei der einfachsten, kleinsten, biologischen Einheit und das ist halt einfach ein Bakterium.	And the deeper you zoom in, eventually you end up at the simplest, smallest biological unit, and that's simply a bacterium.

	Das ist vielleicht auch ein bisschen ähnlich wie bei Physikern, die wirklich immer weiter in die Atome reingucken wollen, dann bei irgendwelchen kleinen Quanten sind oder so. Und das ist wahrscheinlich bei uns das Bakterium, was das Quantum ist für einen Physiker.	This is perhaps a bit similar to physicists who really want to keep looking deeper into atoms, then end up at some small quanta or something like that. And for us, the bacterium is probably what the quantum is for a physicist.
Dr. James O'Brien	In terms of understanding more about the microbial world, I do think it's important because of the ecosystem services they give. I've said the nutrients that they cycle, the air we breathe, clean water, all of those things can be achieved by microorganisms.	Was das Verständnis der mikrobiellen Welt angeht, so halte ich dies für wichtig wegen der Ökosystemleistungen, die sie erbringen. Ich habe bereits erwähnt, dass sie Nährstoffe rezyklieren; die Luft, die wir atmen, und sauberes Wasser – all das kann durch Mikroorganismen bereitgestellt werden.
Dr. Martin Sperfeld	Generell sind Bakterien und Mikroorganismen so schnell, sie brauchen nicht mehr unbedingt ein Gehirn, um eine Information zu speichern, da sie sich genetisch extrem schnell anpassen können. Sie tauschen genetische Informationen aus wie bei einem Kartenspiel, so einzelne Fähigkeiten, werden hin und her ausgetauscht, das kann innerhalb von sehr kurzen Generationszeiten, innerhalb von Tagen passiert so etwas. Wenn sie z. B. lernen, hier, da ist ein giftiger Stoff, dann haben sie die Möglichkeit teils von anderen Bakterien, die die Möglichkeit haben, diese Stoffe abzubauen, sich davor zu schützen, diese genetischen Informationen auszutauschen. Damit ist es das dann schon eine Art von lernen, nur dass sie sofort in der Genetik fest eingebrannt wird.	Generally, bacteria and microorganisms are so fast that they don't necessarily need a brain to store information, as they can adapt genetically extremely quickly. They exchange genetic information like playing cards, swapping individual traits back and forth; this can happen within very short generation times, sometimes within days. For example, if they "learn" that there is a toxic substance here or there, they have the option to exchange genetic information with other bacteria that possess the ability to break down these substances, thereby protecting themselves. In this way, it is indeed a form of learning, except that it is immediately etched into their genetics.

Prof. Jan Roelof van der Meer	Häufig sind das sehr interessante, sagen wir mal Schaltkreise, molekulare Schaltkreise, weil: Das heisst, sie müssen eine Wahrnehmung haben, diese Wahrnehmung muss irgendwie übertragen werden in der Zelle und dann muss es irgendetwas auslösen. Und daraus kann man viel lernen auch für komplexere Lebewesen, die häufig ähnliche Mechanismen aufweisen, einfach komplexer sind, weil sie dann gelernt haben, mit vielen zusammenzuarbeiten oder so in einem Gewebe oder in einem multizellulären Organismus. Und zum Teil sieht man auch so Mechanismen, die für multizelluläre Organismen eher häufig sind, zum Beispiel Differenzierung von der Zelle. Das sieht man bei gewissen Bakterien auch. Die können sich also unter gewissen Umständen differenzieren und auch diese Schaltkreise und Signalketten und so sind sehr interessant für Mikrobiologen zu entziffern, weil es zeigt uns etwa, was die Basis-Prinzipien von etwas sind, das übergeordnet ist, ob das jetzt Wahrnehmen und Reaktion ist oder dann Wahrnehmen, Reaktion und etwas Kompliziertes. Aber, klar, ich meine Bakterien haben keine Nervenzellen, also von dem her kein Bewusstsein.	Often these are very interesting, let's say, circuits—molecular circuits—because: That means they need to have perception, this perception somehow needs to be transmitted within the cell, and then it must trigger something. And from this, one can learn a lot for more complex organisms as well, which often exhibit similar mechanisms, simply because they are more complex—they have learned to cooperate with many others or within tissues or in a multicellular organism. And sometimes you also see mechanisms that are more common for multicellular organisms, for example, cell differentiation. You can see this in certain bacteria as well. So under certain circumstances, they can differentiate, and these circuits and signaling chains are very interesting for microbiologists to decipher because it shows us, for instance, what the basic principles are of something that is overarching, whether that is perception and reaction, or then perception, reaction, and something more complicated. But, of course, I mean bacteria don't have nerve cells, so in that sense, no consciousness.

Dr. James O'Brien	Something like an E. coli that we might find on our toilet, a generation for that might be 24 hours. And then you think about our generations of what 40 years, some 30 to 40 years. So they are just growing at a rate that we can't imagine. And because of that, it is, yes, they are adapting faster and it does come across as intelligence.	Bei einem E. coli-Bakterium, das wir vielleicht auf unserer Toilette finden, könnte eine Generation 24 Stunden dauern. Und dann denkt man an unsere Generationen von 40, 30-40 Jahren. Sie wachsen einfach in einer Geschwindigkeit, die wir uns nicht vorstellen können. Und deswegen passen sie sich schneller an und es erscheint tatsächlich wie Intelligenz.
Dr. Martin Sperfeld	Also die ganze klassische Fortpflanzungsmethode ist einfach nur: Sie teilen sich und dann wird das verdoppelt.	So the entire classic method of reproduction is simply: they divide, and then it gets doubled.
Dr. Martin Sperfeld	Die haben ganz viele Möglichkeiten, genetisches Material auszutauschen. Sie haben so richtig kleine Nano-Möglichkeiten. . . so nano. . . wie heissen die. . . Nano-Wires. Pili gibts auch noch. . . mit denen Kontakt herstellen können und direkt genetisches Material hin- und hertransferieren und dann das auch einbauen und dann wäre das auch eine Art sexuelle Reproduktion. Aber generell, ja, ist viel über Zellteilung. Es gibt aber auch so extrazelluläre Partikel, mit denen genetisches Material hin- und hertransferiert werden kann, ohne direkten Kontakt. Das bleibt irgendwo liegen und jemand anders nimmt das auf. Oder sagen wir mal, eine Zelle stirbt. Dann wird ihr genetisches Material frei und das kann von einer anderen Zelle aufgenommen werden. So was gibts. Dann sind Viren und so mobile genetische Elemente können eine Rolle spielen. . .	They have many ways to exchange genetic material. They have these tiny nano-possibilities. . . these nano. . . what are they called. . . Nanowires. PLDs (?) exist too. . . with which they can establish contact and directly transfer genetic material back and forth, and then incorporate it, which would also be a kind of sexual reproduction. But generally, yes, it's mostly about cell division. However, there are also extracellular particles with which genetic material can be transferred back and forth without direct contact. It just lies around somewhere, and someone else takes it up. Or let's say a cell dies. Then its genetic material is released, and that can be taken up by another cell. Things like that exist. Then viruses and other mobile genetic elements can play a role. . .

	Aber Viren sind auch schon im Prinzip eigentlich Partikel, die den einen infizieren, dann den anderen infizieren und darüber wird dann genetisches Material ausgetauscht. Also es ist sehr wild und eigentlich ist alles möglich.	But viruses are, in principle, actually particles that infect one, then infect another, and through that, genetic material is exchanged. So it's very wild, and basically everything is possible.
Prof. Jan Roelof van der Meer	Ich glaube auf der einen Seite, was mich fasziniert, ist die enorme Diversität, weisst du, du kannst es wirklich nicht beschreiben, so divers ist diese mikrobielle Vielfalt. Und auf der anderen Seite, also die Anpassungsfähigkeiten von den Mikroben, ist auch etwas: Es ist ungeheuerlich unvorstellbar.	I think on one hand, what fascinates me is the enormous diversity—you really can't describe it, this microbial variety is so diverse. And on the other hand, the adaptability of microbes is also something: it is unimaginably incredible.
Dr. Martin Sperfeld	Wenn man aber ein bisschen zurückguckt, so evolutionär, wann ist Biologie entstanden, wie ist sie entstanden, dann steht alles in Zusammenhang. Man kann nichts voneinander trennen. Es ist nie eine Zelle entstanden, ohne Kontakt zu haben mit einer anderen Zelle. Und das sind extrem verschränkte, evolutionäre Prozesse. Es gibt zum Beispiel bei der Entwicklung der Tiere ein sehr ursprüngliches Tier, mehrzelliger Organismus, ist der Schwamm. Ich glaube, ich habe das schon mal berichtet, aber eine Anekdote, die ich sehr schön finde: Der Schwamm filtert Meerwasser und filtert organische Verbindungen aus dem Meerwasser, von denen er sich ernährt. Und der Schwamm besteht zur Hälfte aus Bakterien. Das ist eine Ansammlung von Bakterien und Zellen. Und Zellen, die tierischen Schwammzellen, müssen in nahem Kontakt sein mit den Bakterien, die Bakterien setzen die Verbindung um, produzieren Stoffe von denen die tierischen Zellen sich ernähren können.	If we look back a bit, evolutionarily speaking, when and how did biology emerge, then everything is interconnected. Nothing can be separated from anything else. A cell never emerged without being in contact with another cell. These are extremely intertwined evolutionary processes. For example, in the development of animals, there is a very primitive animal, a multicellular organism: the sponge. I believe I may have mentioned this before, but here is an anecdote I find very beautiful: The sponge filters seawater and extracts organic compounds from it, which it feeds on. The sponge consists of half bacteria. It is an accumulation of bacteria and cells. The animal sponge cells must be in close contact with the bacteria; the bacteria convert these compounds, producing substances that the animal cells can feed on.

Es ist ein relativ uneffektiver Prozess, sehr verschwenderisch. Und dann gab es irgendwann den Durchbruch, dass es zu einer Art Spezialisierung in diesem Organismus kam: Dass jetzt Bakterien sich nicht mehr überall in dem kompletten Organismus verteilen, sondern dass es ein Organ gibt, in dem dieser Prozess stattfindet.

It is a relatively inefficient process, very wasteful. Then, at some point, there was a breakthrough where a kind of specialization occurred within this organism: instead of bacteria being distributed everywhere throughout the entire organism, an organ developed where this process takes place.

Und ein Durchbruch in der Evolution bei Tieren war es dann von Schwämmen Richtung Korallen z. B. und Seeanemonen – einfache Tiere, die haben eine Art Sack entwickelt. Sie haben eine Schleimschicht entwickelt, mit dem sie. . . sie haben teils Tentakel entwickelt, mit denen sie jetzt organische Dinge aus dem Ozean gezielt herausfischen können. Und diese organischen Verbindungen werden in diesen Sack transportiert. Und dort sitzen jetzt mittlerweile die Mikroorganismen. Die sind nicht mehr jetzt überall verteilt im Körper.

A major breakthrough in animal evolution was the transition from sponges to, for example, corals and sea anemones—simple animals that developed a sort of sac. They developed a mucus layer, and partly tentacles, with which they now specifically fish out organic matter from the ocean. These organic compounds are transported into this sac. Nowadays, microorganisms sit there; they are no longer distributed everywhere in the body.

Die Schleimschicht sorgt auch dafür, dass die Mikroorganismen gezielt tendenziell eher dort hingehen, wo sie hingehören, wo sie halt organische Verbindungen verdauen können. Und das hat Prozesse sehr viel effektiver gemacht und dadurch ist auch die Komplexität des Lebens explodiert, kann man sagen.

The mucus layer also ensures that microorganisms tend to go specifically where they belong, where they can digest organic compounds. This made processes much more efficient, and as a result, the complexity of life exploded, one could say.

Und das ist auch so, wie das heute noch funktioniert. Wir haben quasi. . . unser Sack hat mittlerweile nicht nur eine Öffnung, sondern auch einen Ausgang. Und Dinge laufen da durch, Mikroorganismen befinden sich in der Mitte und setzen für uns Dinge um.

And this is still how it works today. Our “sac” now has not just one opening but also an exit. Things pass through it; microorganisms are located in the middle and convert things for us.

	Und das sind Prozesse, die gehen Hand in Hand, da sind die tierischen Zellen, da sind die mikrobiologischen Zellen, die Bakterien. Und das Eine kann man nicht ohne das Andere denken.	These are processes that go hand in hand: there are the animal cells, and there are the microbiological cells, the bacteria. One cannot be thought of without the other.
Prof. Jan Roelof van der Meer	Also in den meisten Fällen machen die Mikroben uns nicht krank, aber sie machen einfach ihr eigenes Ding. Unser Leben überschneidet sich einfach mit dem von den Mikroben. Und also viele neue Erkenntnisse zeigen auch: Erstens: Wir können nicht ohne Mikroben leben. Also steril können wir nicht leben. Das ist unmöglich. Wir würden krank werden, wir entwickeln uns nicht richtig, nichts entwickelt sich richtig. Von dem her, wir können nicht ohne. Das heisst: Wir müssen damit zurechtkommen, ob wir das wollen oder nicht. Und natürlich gibt es eben die sehr gefährlichen Mikroben. Das muss man nicht verharmlosen oder so in diesem Sinne. Aber ich finde es wichtig, dass die Leute verstehen: Okay, es ist eine unbekannte Welt, aber wir sind quasi, wir sind eingebunden in diese Welt.	So, in most cases, microbes don't make us sick; they simply do their own thing. Our lives just overlap with those of the microbes. And many new findings also show: First, we cannot live without microbes. We cannot live in a sterile environment. That is impossible. We would become sick, we wouldn't develop properly, nothing would develop correctly. Therefore, we cannot survive without them. This means: We have to learn to deal with it, whether we want to or not. Of course, there are very dangerous microbes. One shouldn't downplay that or minimize it in that sense. But I think it's important for people to understand: Okay, it's an unknown world, but we are, in a way, embedded within this world.
Dr. Martin Sperfeld	Mit der Frage so von wegen hier Tiere – Bakterien, wer ist hier auch der Herrscher, wer trägt wen hier rum, sind wir nur ein Bioreaktor? Es gibt auch gute Forschung, die zeigt, wie unsere Darmbakterien auch mit dem Gehirn in Verbindung stehen. Da gibt es die sogenannte Darm-Hirn-Achse. Und es ist zum Beispiel gut bekannt, dass, wenn es Probleme in der Mikrobiotazusammensetzung im Darm gibt, das kann zum Beispiel mit Depressionen oder Angststörungen in Verbindung stehen.	With the question of who is the ruler here between animals and bacteria—who carries whom—are we merely a bioreactor? There is also good research showing how our gut bacteria communicate with the brain. This is known as the gut-brain axis. For instance, it is well-known that if there are problems with the composition of the microbiota in the gut, this can be linked to depression or anxiety disorders.

	Man kann Mäuse komplett bakterienfrei, mikroorganismenfrei, kultivieren im Labor. Dort gibt es zum Beispiel gestörte Immunsysteme bei diesen Mäusen. Gestörte Mikrobiota stehen in Zusammenhang mit Typ 2 Diabetes, zum Beispiel Fettleibigkeit, metabolischen Syndrom. Und das zeigt, dass wir Menschen ohne unsere Bakterien nicht mehr vollständig funktionieren.	Mice can be bred completely free of bacteria and microorganisms in the laboratory. In these mice, for example, immune systems are impaired. Disrupted microbiota are associated with Type 2 diabetes, obesity, and metabolic syndrome. This demonstrates that humans cannot function completely without our bacteria.
Dr. James O'Brien	There is often a thing that's said is that there are 10 times more microorganism cells in you than there are of your own. Right? And I, again, I don't think that number is 100% correct. But even if it is one cell of you to one cell of bacteria, who's in charge? So it really is a thing like are you you or are you bacteria?	Oft wird gesagt, dass sich zehnmal mehr Mikroorganismenzellen in dir befinden als menschliche. Und ich denke wiederum nicht, dass diese Zahl zu 100% korrekt ist. Aber selbst wenn es eine menschliche Zelle auf eine Bakterienzelle ist: Wer hat hier das Sagen? Es ist wirklich eine Frage: Bist du du selbst, oder bist du Bakterien?
Dr. Martin Sperfeld	Sie waren auf jeden Fall definitiv die Herrscher. Ohne die, sage ich mal, die Pionierarbeit von Mikroorganismen diesen Planeten zu formen, würde es uns so heute nicht geben. Sie haben den Planeten für uns verändert, transformiert. Ohne Mikroorganismen könnten wir zum Beisipel keine moderne Landwirtschaft betreiben. Was ich auch interessant finde, ist, in alten Kulturen war fermentierte Nahrung elementar. Nahrung wächst nicht die ganze Jahreszeit. Man kann Getreide oder Tiere zu einigen Saisons ernten und dann ging es aber darum, das haltbar zu machen und das waren immer mikrobiologische Prozesse.	They were definitely the rulers. Without, let's say, the pioneering work of microorganisms in shaping this planet, we would not exist as we do today. They transformed the planet for us. Without microorganisms, for example, we could not practice modern agriculture. What I also find interesting is that in ancient cultures, fermented food was essential. Food does not grow all year round. One can harvest grain or animals in certain seasons, but then the challenge was to preserve it, and that always involved microbiological processes.

	Der Mensch hat sehr früh Fermentation erfunden, hat anscheinend auch sehr früh schon Bierproduktion und so was erfunden, was halt auch einfach ursprünglich nur eine Möglichkeit war, um Wasser auch teils zu entgiften und das auch teils trinkbar zu machen. Insofern waren wir schon immer in unserer Entwicklung abhängig von Produkten der Mikrobiologie. Ein interessanter Punkt noch zum Beispiel: Es gibt zwanzig verschiedene Aminosäuren, der Mensch kann neun davon selber nicht herstellen. Und wenn wir zum Beispiel jetzt nur Zucker essen würden, dann würden uns neun Aminosäuren fehlen. Das sind aber Bakterien im Endeffekt, die dann auch Zucker, wenn sie auch noch eine Stickstoffquelle haben, in diese Aminosäuren umwandeln können, mit denen wir dann überleben.	Humans invented fermentation very early on; apparently, beer production and similar things were also invented very early, which originally served simply as a way to detoxify water partially and make it drinkable. In this regard, we have always been dependent on microbiological products throughout our development. One more interesting point: There are twenty different amino acids, and humans cannot produce nine of them themselves. If we were to eat only sugar, for example, we would lack those nine amino acids. But ultimately, it is bacteria that can convert sugar, provided they also have a nitrogen source, into these amino acids, allowing us to survive.
Dr. Martin Sperfeld	20 Prozent aller Arten im Ozean befinden sich in Korallenriffen.	Twenty percent of all species in the ocean are found in coral reefs.
Dr. James O'Brien	Symbiodinium is the name of the group of algae. They're what gives coral its color. So they produce oxygen. And what we are wanting to explore is the, that do they form bubbles of oxygen, do the bubbles go up. And what we're hypothesizing is that the bacteria get captured in the bubbles, and then they get trapped at the surface of the ocean, and then eventually another bubble will burst, and then it will go into the air. So yes, indeed, there might be, and we are really trying to give evidence to support this, that bacteria may be hitchhiking from corals into the atmosphere.	Symbiodinium ist der Name der Gruppe von Algen, die Korallen ihre Farbe verleiht und Sauerstoff produzieren. Was wir untersuchen möchten, ist, ob sie Sauerstoffblasen bilden und ob diese Blasen nach oben steigen. Unsere Hypothese lautet, dass Bakterien in diesen Blasen eingefangen werden, dann an der Meeresoberfläche festgehalten werden und schliesslich, wenn eine weitere Blase platzt, in die Luft gelangen. Ja, tatsächlich könnte es also sein – und wir versuchen wirklich, Beweise dafür zu liefern –, dass Bakterien von Korallen aus in die Atmosphäre trampen.

Dr. Martin Sperfeld	Sie beobachten was Interessantes: Dass zum Beispiel im Ozeanwasser... so Inseln und so haben sie sich angeguckt. Da messen sie diese Aerosole und die sehen, tagsüber entstehen viel mehr Aerosole als nachts. Das sind einfach kleine, lustige Partikel, die in die Luft gehen. Und wenn man die sequenziert, findet man dort auch Bakterien, die man an den Korallen finden würde. Finde ich ganz interessant. Da überlegt man jetzt – ist noch sehr am Anfang, diese Forschung –, aber ob hier... Korallen, die produzieren ja auch ein bisschen Gase und so auch durch die Algen... Und dann gibts an der Oberfläche Aerosolbildung, ob das ein Weg ist für die halt auch von der Koralle in die Luft zu gehen und dann über die Luft dann auch weiter zu kommen an andere Orte.	They are observing something interesting: For example, in ocean water around islands, they measured aerosols and noticed that significantly more aerosols form during the day than at night. These are just small, tiny particles rising into the air. When these are sequenced, researchers also find bacteria there that are typically found on corals. I find this quite fascinating. This research is still in its early stages, but it raises the question: Corals produce gases, partly through the algae... and then there is aerosol formation at the surface. Could this be a pathway for bacteria to move from the coral into the air, and then travel via the air currents to other locations?
Dr. James O'Brien	What we have so far is that we know the microbiome of these corals and we know the microbiome of the very top layer of the ocean and we know the microbiome of the air above that. That top layer of the ocean throughout the day as well as the air above it starts looking more similar, so its microbiome starts looking more similar to a coral throughout the day. And then as the nighttime comes it looks less similar to a coral in terms of its microorganisms that are in there.	Bisher wissen wir Folgendes: Wir kennen das Mikrobiom dieser Korallen, das Mikrobiom der obersten Schicht des Ozeans sowie das Mikrobiom der Luft darüber. Im Laufe des Tages beginnen diese oberste Schicht des Ozeans sowie die Luft darüber, mikrobiologisch gesehen, immer ähnlicher zu werden – und zwar ähnlicher dem Mikrobiom einer Koralle. Mit Einbruch der Nacht hingegen nimmt diese Ähnlichkeit in Bezug auf die darin enthaltenen Mikroorganismen wieder ab.

Dr. James O'Brien	The other thing that corals do is they produce a mucus, right? And this is like yours and my skin, so it's to protect yourself. But it is full of bacteria.	Eine weitere Sache, die Korallen tun, ist die Produktion von Schleim, richtig? Dieser ist ähnlich wie unsere Haut und dient dem Schutz. Doch er ist voller Bakterien.
	And they actually shed the mucus. So sometimes and in particular some coral reefs. . . When the tide goes down, the corals end up being exposed to direct sunlight and the air. Okay, so they can be sitting there for a couple of hours, just exposed to that. While that's happening, they just produce mucus and mucus and mucus.	Korallen stossen diesen Schleim tatsächlich ab. Manchmal, insbesondere bei bestimmten Korallenriffen, passiert Folgendes: Wenn die Flut zurückgeht, werden die Korallen direktem Sonnenlicht und der Luft ausgesetzt. Sie können dort für einige Stunden einfach liegen bleiben, dieser Einflüsse ausgesetzt. Währenddessen produzieren sie kontinuierlich Schleim – immer mehr und mehr.
	And then when the tide comes back up, all the mucus and all the microorganisms that live in that mucus, and there's a lot of them, probably get lifted up to that surface. And then all it takes again is another bubble, gusts of wind, and we have all of a sudden coral microorganisms flying in the air.	Wenn die Flut dann wieder hereinbricht, wird all dieser Schleim samt der darin lebenden Mikroorganismen – und es sind sehr viele – wahrscheinlich an die Oberfläche gehoben. Und dann braucht es nur noch eine weitere Blase oder Windböen, und plötzlich haben wir Korallen-Mikroorganismen, die durch die Luft fliegen.
Dr. Martin Sperfeld	Algen produzieren genau so viel Sauerstoff wie Pflanzen.	Algae produce exactly as much oxygen as plants do.
Dr. Martin Sperfeld	Was jetzt aber zum Beispiel schon bekannt ist, ist dass sich Mikroalgenblüten verändern: Stichwort zum Beispiel toxische Algenblüten. Da gibt es die Cyanobakterien, die Blaualgen oder auch Dinoflagellaten, die bilden Blüten; die sorgen dafür, dass komplette Ökosysteme auch zusammenbrechen, sterben, Sauerstoff verschwindet.	What is already known, for instance, is that microalgal blooms are changing. A prime example is toxic algal blooms. There are cyanobacteria, bluegreen algae, and dinoflagellates that form these blooms; they cause entire ecosystems to collapse, leading to mass die-offs and the disappearance of oxygen.

	Da kann man zum Beispiel an diese... Das war vor zwei, drei Jahren gross in den Medien... In der Türkei – The Sea of Marmara –, wo halt komplette Binnenmeere bedeckt sind mit einer schleimigen Algenschicht und in denen dann eigentlich für die Fischwelt und so nichts mehr übrig bleibt. Und das ist so ein Zusammenbruch von etablierten Ökosystemen, eine grosse Veränderung, und die Ökosysteme sind noch nicht drauf eingestellt.	You can think of an incident that was widely reported in the media two or three years ago: in Turkey, the Sea of Marmara. There, entire inland seas were covered with a slimy layer of algae, leaving essentially nothing left for fish and other marine life. This represents a collapse of established ecosystems—a massive shift that the ecosystems are not yet adapted to handle.
Dr. James O'Brien	The phytoplankton that live inside of the algae, they would be the ones responsible for producing the oxygen. Because they are the photosynthetic organisms that produce oxygen.	Das Phytoplankton, das in den Algen lebt, wäre für die Sauerstoffproduktion verantwortlich. Denn es sind die photosynthetischen Organismen, die Sauerstoff erzeugen.
Dr. Martin Sperfeld	Bei marinen Mikroorganismen weiss man, dass sie bestimmte Schwefelverbindungen produzieren, die auch in die Atmosphäre gehen und dort zum Beispiel Effekte haben bei der Wolkenbildung und damit wirklich eine direkte Rückkopplung mit unserer Atmosphäre haben. Wasser kondensiert an diesen kleinen Schwefelpartikeln, an der Schwefelchemie, und können lokal auch Veränderungen auf das Klima haben.	With marine microorganisms, it is known that they produce certain sulfur compounds that enter the atmosphere and, for example, affect cloud formation there, thus having a direct feedback loop with our atmosphere. Water condenses on these tiny sulfur particles, on the sulfur chemistry, and can locally impact the climate.
	Was halt auch wichtig ist: Es gibt viele so organische Kohlenstoffsenken auf dem Planeten, wo halt CO_2 aus der Atmosphäre in Biomasse gebunden ist – ich denk da zum Beispiel an Humus. Die Erde, auch Bäume und so, aber hauptsächlich wichtig sind so Bestandteile wie Moore und Erde und das sind alles mikrobiologische Prozesse, die dafür gesorgt haben, dass CO_2 aus der Atmosphäre rausgeht und in biologischen Kohlenstoffsenken gebunden ist.	Another important point: There are many organic carbon sinks on the planet where CO_2 from the atmosphere is bound in biomass—I'm thinking of humus, for instance. The Earth, trees, and so on, but most importantly, components like peatlands and soil. All of these are microbiological processes that have ensured CO_2 is removed from the atmosphere and stored in biological carbon sinks.

Dr. Martin Sperfeld	*Wie beeinflusst dein Wissen über die Mikroorganismen deinen Blick auf die Welt?* Er macht mich relativ optimistisch, da Mikroorganismen sich sehr, sehr schnell auf verändernde Situationen anpassen können. Mikroorganismen haben auch gute Möglichkeiten mit Umweltgiften umzugehen. Generell haben sie, sage ich mal vereinfacht, eine heilende Wirkung. Sämtlichen Müll, den wir produzieren – wenn man ihnen Zeit gibt –, können sie den wieder umsetzen und Dinge reparieren. Wenn wir Menschen es endlich schaffen würden, diese ganzen Gifte nicht mehr in die Umwelt zu entsorgen, dann wären wahrscheinlich Mikroorganismen in relativ kurzen Generationen in der Lage dazu, auch wieder gute, gesunde Ökosysteme herzustellen. Man müsste nur dafür endlich aufhören, den Planeten so sehr zu belasten und nicht über unsere zur Verfügung stehenden Ressourcen hinausgehen.	*How does your knowledge of microorganisms influence your view of the world?* It makes me relatively optimistic, because microorganisms can adapt to changing situations very, very quickly. They also have effective ways of dealing with environmental toxins. Generally speaking, simplified, they have a healing effect. All the waste we produce—if we give them time—they can break it down and repair things. If we humans could finally manage to stop disposing of all these toxins into the environment, microorganisms would likely be able to restore healthy ecosystems again within relatively few generations. We would just need to finally stop burdening the planet so heavily and not exceed our available resources.
Prof. Jan Roelof van der Meer	Und wir sind immer noch an dieser Problematik interessiert, wie Bakterien mit Umweltschadstoffen umgehen, weil wir haben gesehen, dass sie sich wirklich. . . sie können sich verändern, weisst du. Also viele Bakterien in ihrer natürlichen Umgebungen sind vielleicht an Korallen angepasst, oder Fische oder Pflanzen, oder so, aber gerade diese Anpassungsfähigkeit hat in meiner Forschung eine sehr grosse Rolle gespielt, um zu schauen. . . Okay, ja, wir haben vieles falsch gemacht in der Umwelt, aber können die Bakterien etwas dagegen tun?	And we are still interested in this issue—how bacteria cope with environmental pollutants—because we have seen that they truly. . . they can change, you know. Many bacteria in their natural environments are perhaps adapted to corals, or fish, or plants, or something like that, but precisely this adaptability played a very significant role in my research—to examine. . . Okay, yes, we have made many mistakes in the environment, but can the bacteria do something about it?

Und es scheint tatsächlich... Also wir haben verschiedene Beispiele gefunden von Schadstoffen, wo die Bakterien sich darauf spezialisiert haben, quasi das als ihre Nahrung zu verwenden. Und das fand ich eigentlich... Ich finde das immer noch prächtig, dass so etwas existieren kann und es ist auch ganz besonders, natürlich. Und auch die Implikationen sind sehr wichtig, schlussendlich, weil... Ich meine, wir reden jetzt über die PFAS-Schadstoffe und so und vor 30 Jahren waren das irgendwie chlorierte Pestizide und Fungizide und so. Und hoffentlich, ja, wiederholt sich etwas Ähnliches und das hilft natürlich dann auch die Umwelt sauberer zu machen dank dieser Bakterienarbeit, die eigentlich umsonst gemacht wird.	And it actually seems... We have found various examples of pollutants where the bacteria have specialized in using that, so to speak, as their food source. And I actually found that... I still find it magnificent that something like this can exist, and it is also quite special, naturally. And the implications are also very important, ultimately, because... I mean, we are talking now about PFAS pollutants and such, and 30 years ago it was somehow chlorinated pesticides and fungicides and so on. And hopefully, yes, something similar will repeat itself, and that will of course help make the environment cleaner thanks to this bacterial work, which is essentially done for free.
Aus dieser Optik raus haben wir dann auch immer die Anwendungsidee dabei gehabt. Okay, wenn man das schon sieht, dass die Bakterien sich anpassen, könnte man das dann nicht besser einsetzen? Oder sagen wir jetzt mal in der Schweiz spielt ja diese Grundwasserproblematik eine Rolle, nicht? Alle Grundwasser sind quasi verunreinigt. Wir verstecken das so halb: „Ja, es ist nicht so schlimm...“ Aber eigentlich natürlich ist es schlimm und vielleicht... Also wir haben uns überlegt und viele anderen natürlich auch: Kann man nicht Baktieren, die man irgendwo bekommen hat, die sich angepasst haben, kann man die nicht irgendwie einsetzen, damit sie dann die Gewässer aufreinigen?	From this perspective, we always had the application idea in mind as well. Okay, if one already sees that the bacteria adapt, couldn’t one utilize that better? Or let’s say, in Switzerland, this groundwater problem plays a role, right? All groundwater is virtually contaminated. We kind of hide it: “Yes, it’s not that bad...” But actually, of course, it is bad. And maybe... So we thought about it—and many others, of course, too: Can’t we take bacteria that we’ve obtained somewhere, that have adapted, and use them somehow to clean the water bodies?

Dr. James O'Brien	We know specific things about microorganisms that could potentially mitigate climate change, very effectively, but we don't know what would happen after that, which is why it hasn't happened yet.	Wir wissen bestimmte Dinge über Mikroorganismen, die den Klimawandel potenziell sehr effektiv mildern könnten, aber wir wissen nicht, was danach passieren würde. Deshalb ist dies bisher noch nicht geschehen.
	Would you like an example? If you go out to the ocean, say the Mediterranean Sea. If we talk about marine phytoplankton, which, again, they produce oxygen, they do so by taking carbon dioxide out of the water and out of the atmosphere. In order to have those phytoplankton grow in most ocean environments, you need nitrogen and you need phosphorus.	Möchtest du ein Beispiel? Gehen wir ins Meer, sagen wir das Mittelmeer. Wenn wir über marines Phytoplankton sprechen, das – wie bereits erwähnt – Sauerstoff produziert, indem es Kohlendioxid aus dem Wasser und der Atmosphäre entfernt: Damit dieses Phytoplankton in den meisten Ozeanumgebungen wachsen kann, benötigt es Stickstoff und Phosphor.
	It's the same as growing a tomato plant in your backyard. That's what they rely upon, but the Southern Ocean, the surroundings of Antarctica, it has very high nitrogen, it has very high phosphorus, but it doesn't have amazing plant growth until you add iron. So just compound iron—if you give it in a bio-available form, so not talking about the metal that we work with, but if it's in a liquid form, these plants bloom.	Das ist dasselbe wie beim Anbau einer Tomatenpflanze in deinem Garten. Das benötigen sie. Im Südlichen Ozean, in den Gewässern rund um die Antarktis, gibt es jedoch sehr viel Stickstoff und sehr viel Phosphor, aber dennoch kein beeindruckendes Pflanzenwachstum, bis man Eisen hinzufügt. Nur Eisenverbindungen – wenn man sie in einer biologisch verfügbaren Form zuführt, also nicht das Metall, mit dem wir arbeiten, sondern in flüssiger Form – lassen diese Pflanzen blühen.
	Okay, and it is to the point that since the 1980s, we have known that if you go down to this patch of the ocean and you put iron in the water, you will produce a phytoplankton bloom. And there's a very controversial scientist from the 1980s—his name was John Martin—and he famously said that if you give me two tankers full of iron—so the boats that carry fuel most of the time. . . but he said if you give me two of those full of iron, I will give you your next ice age.	Und seit den 1980er-Jahren wissen wir: Wenn man zu diesem Teil des Ozeans fährt und Eisen ins Wasser gibt, entsteht eine Phytoplanktonblüte. Es gab einen sehr umstrittenen Wissenschaftler aus den 1980er-Jahren – sein Name war John Martin –, der bekanntermassen sagte: „Wenn Sie mir zwei Tanker voll Eisen geben" – also die Schiffe, die meist Treibstoff transportieren – „werde ich Ihnen Ihre nächste Eiszeit bescheren."

	Because the calculations are that: if you put that amount of iron into the Southern Ocean, all of the carbon dioxide that we've produced since the industrial revolution could be captured in the ocean.	Die Berechnungen besagen nämlich: Wenn man diese Menge Eisen im Südlichen Ozean entlädt, könnte das gesamte Kohlendioxid, das wir seit der industriellen Revolution produziert haben, im Ozean gebunden werden.
Prof. Jan Roelof van der Meer	Mikroben haben ihre eigene Agenda, weisst du... Die machen einfach und wenn sie Opportunities sehen, dann gehen sie da rein. Wir können höchstens probieren... Also was wir sehen, sagen wir mal so, auch aus unserer eigenen Forschung her... Ja, sie sind anpassungsfähig. Das heisst: Wenn es neue Perspektiven gibt – das haben wir gesehen mit diesen Schadstoffen vor 20 Jahren und so... Da gab es eine Perspektive, weil die meisten Habitate für die Mikroben sind eher immer limitiert an Nährstoffen. Und wenn sich dann da etwas anbietet, das quasi ein exklusiver Nährstoff wäre, sogar wenn das ein Schadstoff ist... Aber wenn du die einzige bist, die diesen Schadstoff verwenden kann, dann hast du einen Vorteil. Und das haben wir gesehen. Also von dem her: Ja, es gibt diese Anpassungsfähigkeit, wenn das eine Perspektive ist. Jetzt ist die Frage natürlich: Ab welchem Moment kann etwas einen selektiven Vorteil bieten? Aber jetzt sieht man zum Beispiel bei vielen Arten von diesem Plastik, dass es zwei entscheidende selektive Vorteile für Bakterien und andere Mikroben gibt, um sich da anzupassen. Zwar auf der eine Seite: Es ist eine Oberfläche, wo sie anhaften können. Und das hat einen ökologischen Vorteil, weil man dann unter anderen Bedingungen Nährstoffe aufnehmen kann. Das hat einen Vorteil.	Microbes have their own agenda, you know... They just do their thing, and when they see opportunities, they go for it. At best, we can try... What we see, let's say, from our own research... Yes, they are adaptable. This means: If there are new perspectives—as we saw with these pollutants 20 years ago and so on... There was an opportunity, because most habitats for microbes are generally limited in nutrients. And if something presents itself that acts as an exclusive nutrient, even if it is a pollutant... But if you are the only one capable of using that pollutant, then you have an advantage. And we have seen that. So, yes, there is this adaptability if it offers a perspective. Now the question is, of course: At what point can something offer a selective advantage? But now, for example, with many types of plastic, we see two decisive selective advantages for bacteria and other microbes to adapt. On one hand: It is a surface where they can attach. This provides an ecological advantage because they can then absorb nutrients under different conditions. That is an advantage.

Und zweitens sieht man wirklich auch Bakterien, die von diesem Plastik profitieren, weil es ein Nährstoff ist. Also, sie probieren das Plastik... dann... wahrscheinlich hat sich das entwickelt, weil... Ich meine, Bakterien und Schimmelpilze... Es muss irgend schon mal etwas geben, das ein Enzym produziert, das ein bisschen etwas mit diesem Plastik macht und so und davon profitiert und so kann sich das weiterentwickeln. Aber das sieht man richtig, also bei gewissem Plastik hat man das jetzt gesehen. Da verwenden die Bakterien das als Nahrung und dann werden sie das auch abbauen.

Das Problem für uns ist natürlich: Das kann riesig lang gehen. Und in der Zwischenzeit ist das Problem immer noch da. Ja, und ich meine, es kann auch sein, dass der Mikroplastik einfach sedimentiert und dann ist er weg, dann haben die Bakterien auch keine Chance mehr, da etwas zu machen. Aber ja, man sieht, sie passen sich an. Aber die Anpassungszeiten – das kann lange dauern. Und jetzt mit diesen PFAS sieht man das Gleiche: Das taucht jetzt überall auf. Vielleicht in zehn Jahren sieht man: Okay, das nimmt doch langsam wieder ab, weil sie sich angepasst haben. Kann aber zu langsam sein für das, was wir erreichen möchten und dann haben wir ein Problem. Daraus auch diese Idee: Ok, wenn wir jetzt Plastik abauende Bakterien hätten – auch wenn die in Japan isoliert wurden –, macht das Sinn, die in Deutschland oder in der Schweiz anzuwenden, um diesen Plastikkram abzubauen. Und da sind natürlich viele Leute, die denken: „Ja, ja. Eigentlich, wieso nicht?“

And secondly, we really see bacteria that benefit from this plastic because it is a nutrient. So, they try the plastic... then... probably it evolved because... I mean, bacteria and fungi... There must have been something at some point that produces an enzyme that does something with this plastic, benefits from it, and thus evolves further. But we see it clearly now; with certain plastics, we have observed this. The bacteria use it as food and then they also break it down.

The problem for us, of course, is: This can take a very long time. And in the meantime, the problem is still there. Yes, and I mean, it could also be that the microplastics simply sediment and are gone; then the bacteria no longer have a chance to do anything about it. But yes, you see, they adapt. But the adaptation times—it can take a long time. And now with these PFAS, we see the same thing: They are appearing everywhere. Maybe in ten years we will see: Okay, it is slowly decreasing again because they have adapted. But it might be too slow for what we want to achieve, and then we have a problem. From this comes the idea: Okay, if we now had plastic-degrading bacteria—even if they were isolated in Japan—does it make sense to apply them in Germany or Switzerland to break down this plastic stuff? And there are, of course, many people who think: “Yes, yes. Actually, why not?”

Aber möglicherweise kreiert man das gleiche Problem, was wir hatten... Wollen wir einen Öl-Tanker mit marinen Baktieren, die Öl abauen, die zwar im Wattenmeer isoliert wurden... Wollen wir die in den mexikanischen Golf transportieren? Weil okay, das löst dann doch irgendein ökologisches Ungleichgewicht aus. Aber das ökologische Ungleichgewicht hat sich schon ausgelöst mit diesem Öl. Was ist dann schlimmer oder besser?

But possibly, one creates the same problem we had... Do we want to take an oil tanker with marine bacteria that degrade oil, which were isolated in the Wadden Sea... and transport them to the Gulf of Mexico? Because, okay, that might trigger some ecological imbalance. But the ecological imbalance has already been triggered by that oil. So, which is worse or better?

Es ist ja bei vielen Dingen so: diese menschengemachten Katastrophen und der Versuch, es zu retten*. Aber es ist oft schlimmer danach, also bei manchen. Wenn man einmal das ins Ungleichgewicht gebracht hat.* Die gute Nachricht: Ja, es bildet sich ein neues Gleichgewicht – eventually. Die schlechte Nachricht, das dauert möglicherweise länger, als wir das für gut halten würden.

It is like this with many things: these man-made disasters and the attempt to save *them. But often it is worse afterwards, at least in some cases. Once you have thrown something out of balance.* The good news: Yes, a new equilibrium eventually forms. The bad news: It might take longer than we would consider acceptable.

Und das Gleiche gilt jetzt im Klimabereich auch, weil auch da... Okay, ja, Klimabereich, was heisst das jetzt? Okay, entweder, man muss die Mikroben ankurbeln, damit sie mehr CO_2 fixieren, zum Beispiel in den Ozeanen. Okay, was ist da limitierend für das Wachstum? Es ist nicht die CO_2-Konzentration, es ist Eisen. „Okay, okay, ja, schmeissen wir Eisen da in den Ozean.“ Okay, wo gehen wir dann hin, nicht? Oder sagt man in den Böden... Ja, wir wissen, Böden nehmen sehr viel organischen Kohlenstoff auf. Wäre es möglich, das irgendwie anzukurbeln, wäre es möglich, das ganz langsam zu steuern, damit die Bakterien sich mehr entwickeln in den Böden, mehr Kohlenstoff aufnehmen und so.

And the same applies now in the climate sector, because there too... Okay, yes, climate sector, what does that mean now? Okay, either you have to stimulate the microbes to fix more CO_2, for example in the oceans. Okay, what is limiting growth there? It is not the CO_2 concentration; it is iron. “Okay, okay, yes, let’s throw iron into the ocean.” Okay, where do we go from there, right? Or do we say in the soils... Yes, we know soils absorb a lot of organic carbon. Would it be possible to stimulate that somehow, would it be possible to steer it very slowly so that bacteria develop more in the soils, absorb more carbon, and so on?

Man muss schon wissen, was man da macht, natürlich. Aber leider zeigt die Erfahrung, dass wir in den meisten dann Fällen doch schon irgendetwas anwenden, ohne dass wir genau verstehen, was das ist. Kreiert man wieder ein neues Problem. Aber sie sind auf eine Art. . . Mikroben sind die true rulers of the planet, weil sie machen einfach, sie machen ihr Ding.	You certainly need to know what you are doing, of course. But unfortunately, experience shows that in most cases we do apply something without fully understanding what it is. One creates a new problem again. But in a way. . . Microbes are the true rulers of the planet, because they just do their thing.