Mind the Fungi

Herausgegeben von
Edited by

Vera Meyer und Regine Rapp

Universitätsverlag der TU Berlin

Mind the Fungi

Mind the Fungi

Herausgegeben von
Edited by

Vera Meyer und Regine Rapp

Universitätsverlag der TU Berlin

6 **Prologe**
Prologues

13 **Pilze als nachhaltige Biomaterialien**
Bertram Schmidt, Bastian Schubert, Kustrim Cerimi, Carsten Pohl, Vera Meyer
Fungi as sustainable biomaterials

33 **Flechten als Reservoire für neue Naturprodukte**
Zakieh Zakeri, Stefan Junne, Peter Neubauer
Lichens as natural product reservoirs

47 **Kunst und Naturwissenschaft als Gemeinschaftsmyzelium**
Art and science as community mycelia

48 **Fließende Grenzen. Performative Wissenschaft durch Citizen Science, künstlerische Forschung und DIWO-Praktiken**
Regine Rapp, Christian de Lutz
Fluid Borders. Performative research through Citizen Science, artistic research and DIWO practices

60 **Streifzug zwischen Kunst, Aufmerksamkeit und Wissenschaft**
Theresa Schubert
A foray between art, awareness and science

64 **Zwischen akademischer Forschung und Citizen Science**
Bertram Schmidt
Between academic research and Citizen Science

66 ***Pilzkultivierungskurse* und Citizen Science**
Alessandro Volpato
***Mushroom Cultivation Courses* and Citizen Science**

71 **Kunst- und Designresidenzen in den Laboren**
Artist and designer in laboratory residencies

72 **Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy**
Theresa Schubert
Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy

80 **Design und Koexistenz**
Fara Peluso
Designing co-existence

89 Wie *Mind the Fungi* ausstellen?
Über das Co-Kuratieren von Pilzen und Menschen
Regine Rapp, Christian de Lutz
How to exhibit *Mind the Fungi?* On mycohuman co-curating

101 Transdisziplinär lehren und lernen
Kustrim Cerimi, Bastian Schubert, Birke Weber, Carsten Pohl, Bertram Schmidt, Vera Meyer
Teaching and learning transdisciplinary

113 Das Projekt *Mind the Fungi* – Epilog
The project *Mind the Fungi* – Epilogue

114 Ein Rückblick aus Sicht des Fachgebietes für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie
Vera Meyer, Bertram Schmidt
A retrospective view by the Department of Applied and Molecular Microbiology

118 Eine Chance für visionäre Ideen, um neuartige Organismen und Produkte für die Bioökonomie zu erschließen
Zakieh Zakeri, Stefan Junne, Peter Neubauer
A chance for visionary ideas to develop novel organisms and products for the bioeconomy

121 Ein Rückblick von Art Laboratory Berlin
Regine Rapp, Christian de Lutz
Art Laboratory Berlin looks back

125 Appendix

126 Biografien
Biographies
133 Merging science and art through fungi
Vera Meyer
136 On mycohuman performances: fungi in current artistic research
Regine Rapp
144 *Mind the Fungi* im Überblick
146 *Mind the Fungi* in den Medien
148 Bibliografie
150 Abbildungsnachweis
Picture credits
151 Impressum
Imprint

Prolog 1

SIND WISSENSCHAFT UND KUNST zwei Welten? Oder zwei Seiten ein und derselben Medaille? Die Wissenschaft der Verstand der Welt und die Kunst ihre Seele, wie Maxim Gorki sagt? Zwei immerwährende Bestrebungen der menschlichen Spezies, um zu verstehen, was »die Welt im Innersten zusammenhält«?

Dieses Buch möchte diese Fragen nicht theoretisch abhandeln oder gar beantworten. Stattdessen berichtet es über die Bündelung der beiden visionären und kreativen Kräfte und wie daraus ein lebendiges Dreigespann aus Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft geschmiedet werden kann. Eine schöpferische Triade, die sich über einen Zeitraum von zwei Jahren hinweg gemeinsam der Utopie verschrieben hat, eine Synthese aus nachhaltiger Wirtschaft, gesunder Umwelt und einer gerechten Gesellschaft zu ermöglichen. Da Utopien fiktiv und in einer fernen Zukunft verortet sind, gelten sie meist als nicht realisierbar. Wie holt man sie daher ins Hier und Jetzt und verleiht ihnen entscheidende Impulse, damit sie doch verwirklicht werden können? Indem man einfach anfängt und sich dem Konkreten und Greifbaren widmet.

Als Wissenschaftlerin erforsche ich mit meinen Teams seit zwanzig Jahren ganz konkret, wie die Pilzbiotechnologie Innovationsmotor für eine nachhaltige Wirtschaft und eine gesunde Umwelt sein kann. Pilze sind kleine Zellfabriken, die kraft ihres Stoffwechsels Lebensmittel, Getränke, Medikamente, Enzyme, Biokunststoffe und Rohstoffe für die Polymerchemie produzieren, ohne dass hierbei Erdöl vonnöten ist. Stattdessen werden Pilze auf nachwachsenden pflanzlichen Nährböden kultiviert, woraus sie diese für uns Menschen wertvollen Stoffe herstellen. Wir erforschen die Genome der Pilze und greifen mithilfe gentechnischer Methoden gezielt in ihre Stoffwechselwege ein, um diese sowohl effizienter zu gestalten als auch neue Produkte mit ihnen herzustellen. Eine Vision, die uns Pilzbiotechnolog_innen seit einigen Jahren beflügelt, ist die, wie wir

Prologue 1

ARE SCIENCE AND ART two separate worlds? Or just two sides of the same coin? Science the mind of the world and art its soul, as Maxim Gorki says? Two perpetual efforts of the human species to understand »what holds the core of the world together«?

This book does not want to theoretically address these questions, nor does it want to answer them. Instead, it reports on the bundling of both visionary and creative forces and how a vivid trio of science, art and society emerged from this. A creative triad, which over a period of two years jointly dedicated themselves to the utopia of enabling a synthesis of sustainable economy, healthy environment and a just society. Since utopias are fictional and tend to be based in the future, they are usually considered unrealisable. So how to bring them into the here and now and give them decisive impulses so that they can be realised after all? By simply starting and devoting oneself to the practical and tangible.

As a scientist, I and my teams have been researching for twenty years how fungal biotechnology can be an innovation driver for a sustainable economy and a healthy environment. Fungi are small cell factories that use their metabolism to produce food, beverages, drugs, enzymes, bioplastics and raw materials for polymer chemistry without the need for petroleum. Instead, fungi are cultivated on renewable plant substrates from which they produce these substances so valuable for us humans. We are investigating the genomes of the fungi and specifically intervene in their metabolic pathways using genetic engineering methods in order to make them more efficient and to manufacture new products with them. A vision that has inspired us fungal biotech-

darüber hinaus in der nicht mehr so fernen Zukunft in Häusern wohnen werden, die mit der Kraft der Pilze gebaut wurden, in denen sich mithilfe von Pilzen gezüchtete Möbelstücke befinden und wir uns in Pilzkleidung hüllen, da Textilien wie auch Leder aus diesen bestehen. Die neuen pilzbasierten Produkte und Technologien werden unsere Lebens- und Arbeitswelten entscheidend verändern und könnten sich für einige Branchen als disruptiv erweisen.

Deshalb, so meine feste Überzeugung, müssen diese Entwicklungen durch einen Dialog mit der Gesellschaft begleitet werden. Dabei liegt es in der Verantwortung von uns Wissensschaffenden, das Warum und Wie aktiv in die Gesellschaft zu tragen und mit ihr zu diskutieren. Hierbei leistet die Open-Access-Bewegung, die sich als wichtiger Pfeiler von Open Science versteht, einen erheblichen Beitrag: Durch die Sicherstellung eines freien und kostenlosen Zugangs zu wissenschaftlichen Publikationen machen wir Wissenschaft transparent und tragen sie nach außen. Eine lebendige, verantwortliche und gemeinwohlorientierte Dynamik entsteht aber erst, wenn umgekehrt das Außen auch in das Innere darf, sich das geschlossene System Wissenschaft also für die Bürgerinnen und Bürger öffnet und diese sich – als sogenannte Bügerwissenschaftler_innen oder *citizen scientists* – an Forschungsprojekten beteiligen können, indem sie etwa eigenständig Beobachtungen machen, Messungen vornehmen, Daten erheben, die sie der Wissenschaft zur Verfügung stellen, oder Forschungsprojekte aktiv mitgestalten.

Diese Überlegungen führten zur Idee des Projektes *Mind the Fungi* (»Achtung Pilze«), eines Citizen-Science-Forschungsvorhabens an der TU Berlin, das Bürger_innen die Möglichkeit einer solchen wissenschaftlichen Mitarbeit ermöglichen sollte. Das Projekt sollte einerseits einem breiten gesellschaftlichen Publikum die Bedeutung der Pilzbiotechnologie für eine nachhaltige Zukunft näherbringen und andererseits hier an der TU Berlin ein Forschungsnetzwerk aufbauen, in dem unter anderem mit *citizen scientists* neuartige pilzbasierte Biomaterialien erforscht werden sollten. Für mich, die ich unter dem Pseudonym V. meer seit mehr als zehn Jahren auch künstlerisch arbeite, lag es auf der Hand, auch künstlerische Forschung in das *Mind-the-Fungi*-Projekt mit einzubeziehen. Der künstlerische Blick auf ein Objekt oder einen Organismus kann neue

nologists for some years now is that of how, in the not-so-distant future, we will live in houses built with the power of fungi, in which there will be furniture made out of fungi and where we will wrap ourselves in fungal clothing, since textiles as well as leather are made of them. The new fungal-based products and technologies will significantly change the way we live and work and could prove to be disruptive for some industries.

I am therefore firmly convinced that these developments must be accompanied by a dialogue with the society. It is the responsibility of us, the scientists, to actively bring the why and how into society and discuss it with the public. The Open Access movement, which sees itself as an important pillar of Open Science, makes a considerable contribution to this. By ensuring free and unrestricted access to scientific publications, we transparently present science to the world. However, a lively, responsible and public-interest oriented dynamic only emerges when the outside is allowed to enter the inside, that is when the closed system of science is opened up and citizens are invited to participate in the research as »citizen scientists«.

These considerations led to the idea of the *Mind the Fungi* project, a Citizen Science research project at the TU Berlin. The project pursued the goal of informing the broader public about the importance of fungal biotechnology for a sustainable future, and that of establishing a research network here at the TU Berlin, in which, among other things, novel fungal-based biomaterials were to be researched together with citizen scientists. For me, who have also been working artistically under the pseudonym V. meer for more than ten years, it was obvious to also include artistic research in the *Mind the Fungi* project. Because it approaches objects and organisms without prejudice, the artistic view can bring forth new and surprising ideas. Art is also allowed to irritate and provoke, is experienced in building bridges into the society and makes counter-worlds as well as dream worlds perceptible to us both sensually and intellectually. Therefore, I am glad that I could win over

und unerwartete Ideen hervorbringen, da er sich diesen unvoreingenommen nähert. Auch darf Kunst irritieren und provozieren, ist erprobt darin, Brücken in die Gesellschaft zu bauen, und macht Gegenwelten wie auch Traumwelten für uns sowohl sinnlich als auch intellektuell erfahrbar. Daher freue ich mich, dass ich für eine Mitarbeit am *Mind-the-Fungi*-Projekt nicht nur Wissenschaftler_innen der TU Berlin gewinnen konnte, sondern auch das künstlerisch forschende Art Laboratory Berlin.

Die wissenschaftlichen und künstlerischen Wege im *Mind-the-Fungi*-Projekt, die wir gemeinsam mit der Öffentlichkeit von 2018 bis 2020 gegangen sind, können jetzt mit diesem Buch in Texten und Bildern nachverfolgt werden. Im Namen aller Beteiligten möchte ich der TU Berlin für ihr Citizen-Science-Engagement und die finanzielle Unterstützung danken, ohne die das *Mind-the-Fungi*-Projekt nicht das Licht der Welt erblickt hätte.

Prof. Dr.-Ing. Vera Meyer

not only scientists of the TU Berlin for a cooperation in the *Mind the Fungi* project, but also the art and research platform Art Laboratory Berlin.

The scientific and artistic paths in the *Mind the Fungi* project, which we pursued together with the public from 2018 to 2020, can now be followed via the texts and pictures in this book. On behalf of all participants I would like to thank the TU Berlin for its Citizen Science commitment and financial support, without which the *Mind the Fungi* project would not have seen the light of day.

Prof. Dr.-Ing. Vera Meyer

Prolog 2

ART LABORATORY BERLIN (ALB) ist eine Forschungsplattform für hybride Kunst an der Schnittstelle zu Wissenschaft und Technologie. Mein Partner Christian de Lutz und ich arbeiten seit vielen Jahren daran, neue Formen der künstlerischen Forschung des 21. Jahrhunderts in einen multidisziplinären Kontext zu stellen. Teil von *Mind the Fungi* zu sein, war ein äußerst bereicherndes Unterfangen, das unsere transdisziplinären Forschungsziele bestens traf.

In den Jahren vor *Mind the Fungi* haben wir unser Projekt *Nonhuman Subjectivities* mit Ausstellungen, Vorträgen und Workshops sowie einem Symposium umgesetzt: Wir haben mit Künstler_innen, Natur- und Geisteswissenschaftler_innen über das »Nichtmenschliche« geforscht. Es ging um Fragen der Handlungs- und Empfindungsfähigkeit von Lebewesen, angefangen von Mikroben bis hin zu Affen, dabei spielte auch das Reich der Pilze eine entscheidende Rolle. Wie bei allen unseren Projekten waren die Ziele vielfältig: künstlerische Forschung in Zusammenarbeit mit Natur- und Geisteswissenschaften zu ermöglichen; neue Ideen, aber auch neue mögliche Weltanschauungen im Kontext des Klimawandels, der Biodiversitätskrise und der Entwicklung neuer Technologien zu erkunden. Die vergangenen 250 Jahre haben stets den menschlichen Fortschritt in den Mittelpunkt von allem gestellt und zu großen Entdeckungen und Entwicklungen geführt, aber gerade auch zu einer Reihe grundlegender Krisen, mit denen wir jetzt konfrontiert sind. Doch in der letzten Generation haben wir einen Paradigmenwechsel erlebt. Die Erforschung des Mikrobioms stellt die Singularität des menschlichen Selbst infrage. Da die Antibiotika, die wir im vergangenen Jahrhundert entwickelt hatten, allmählich versagen, bietet uns das Verständnis natürlicher mikrobiologischer Prozesse und der Symbiose in der Umwelt neue Möglichkeiten. Seit 2015 haben wir mit verschiedenen faszinierenden Künstler_innen zusammengearbeitet, deren Projekte nicht nur die Arbeit mit

Prologue 2

ART LABORATORY BERLIN (ALB) is a research platform for hybrid art projects at the meeting point of arts, science and technology. For many years my partner Christian de Lutz and I have worked towards placing new, 21st-century forms of artistic research in a multidisciplinary context. To have been part of *Mind the Fungi* was a highly enriching endeavour, which met our transdisciplinary research goals perfectly.

In the years preceding *Mind the Fungi*, we realised our project *Nonhuman Subjectivities* with exhibitions, talks, workshops and a symposium: encouraging acts of »de-centring« the human, we sought out artists, but also scientists and humanities scholars with an interest in exploring the »nonhuman« in itself, asking questions on the agency and sentience of living beings ranging from microbes to apes – the fungal kingdom also played a vital role here. As in all our projects, the goals were multiple: to enable artistic research, in cooperation with science and humanities; to explore new ideas, but also new possible world views in the context of climate change, the biodiversity crisis, and the development of new technologies. The previous 250 years have placed human progress at the centre of all things, leading to both great discoveries and advances, but also a number of fundamental crises we are now confronted with. However, over the last generation we have faced a paradigm change. Research into the microbiome questions the singularity of the human self. As the antibiotics we developed in the last century begin to fail, understanding natural microbiological processes and symbiosis in the environment offers us new possibilities. From 2015 on we have worked with several

Pilzen beinhalteten, sondern auch deren erstaunliche Fähigkeiten erforschten.[1] Für unsere dreitägige Konferenz *Nonhuman Agents* 2017 haben wir dreißig Künstler_innen, Natur- und Geisteswissenschaftler_innen zusammengebracht. Darunter war auch Vera Meyer, deren interessanter Vortrag die neuesten Fortschritte der Pilzbiotechnologie präsentierte.[2]

Daher haben wir uns sehr gefreut, gemeinsam an diesem interdisziplinären Projekt *Mind the Fungi* zu arbeiten, bei dem Biotechnolog_innen, Künstler_innen, Designer_innen und öffentliche Akteure des Bereichs Citizen Science zusammenkommen, um als vielfältige Gemeinschaft über neue nachhaltige Biomaterialien aus heimischen Baumpilzen nachzudenken. Mit gutem Grund und ganz im Sinne der posthumanen Forschung – Rosi Braidotti plädiert in ihrer Publikation *The Posthuman* für mehr Zusammenarbeit zwischen Natur- und Geisteswissenschaften[3] – habe ich hier als Geisteswissenschaftlerin (Kunstgeschichte) in einem von Biotechnolog_innen initiierten Forschungsprojekt mitgewirkt.

Christians und meine Beiträge für *Mind the Fungi* umfassten Komponenten von STEAM – also der Integration von Kunst in Naturwissenschaft und Technik – und Citizen Science in vielen verschiedenen Formaten. Wir haben Theresa Schubert aufgrund ihrer hervorragenden jahrelangen Erfahrung auf dem Gebiet der Neuen Medienkunst und der Biokunst und ihrer Zusammenarbeit mit Naturwissenschaftler_innen zur Kunstresidenz eingeladen. Für die Designresidenz haben wir die Künstlerin und Industriedesignerin Fara Peluso hinzugezogen, die über große Erfahrung im Bereich Biodesign verfügt, insbesondere mit Biomaterialien aus Algen. Neben ihren eigenen Kunst- und Designforschungsprojekten kommunizierten Theresa und Fara mit den Wissenschaftler_innen, brachten ihre Ideen mit eigenen Beiträgen in den Forschungsprozess ein, interagierten aber auch mit einer großen Öffentlichkeit, hielten Vorträge und gaben Workshops. Wir haben auch TOP lab in das Projekt eingeladen – den Biologen Alessandro Volpato, die Chemikerin Flavia Barragan und die Kulturmanagerin Tuçe Erel –, um Citizen-Science-Kurse zur Pilzkultivierung zu entwickeln, um die akademischen Forschungspraktiken zu erweitern und sie einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Schließlich haben Christian und ich in zwei Ausstellungen im Futurium über 16 Monate hinweg verschiedene wissenschaftliche

fascinating artists whose projects not only included working with fungi, but also exploring their amazing abilities.[1] In our three-day conference *Nonhuman Agents in Art, Theory and Culture* in 2017 we brought together 30 artists, scientists and humanities scholars. Among the scientists was Vera Meyer whose interesting talk on fungal biotechnology presented the newest advances in that field.[2]

Therefore we were delighted to work on this complex multidisciplinary Citizen Science project, bringing together biotechnologists, artists, designers and public actors in *Mind the Fungi* to create a diverse collaborative community and explore the creation of new sustainable biomaterials from local tree fungi. With good reason and in the best sense of posthuman research – as Rosi Braidotti pleads in her publication *The Posthuman* for more collaboration between the sciences and the humanities[3] – I have worked here as a scholar from the humanities (art history) in a research project initiated by our colleagues, the biotechnologists.

Christian's and my contributions for *Mind the Fungi* encompassed both STEAM (integrating *art* into STEM, that is *science, technology, engineering* and *mathematics*) and Citizen Science components in various formats. We invited Theresa Schubert as artist-in-residence, due to her excellent year-long experience in the field of new media and Bio Art and her numerous collaborations with scientists. For the design residence we brought in artist and industrial designer Fara Peluso who is very experienced in biodesign, in particular with biomaterials made from algae. Next to their own art and design research projects, Theresa and Fara were communicating with the scientists, providing input for the research process, but also interacting with myriad publics, giving talks and workshops. We also invited TOP lab into the project – biologist Alessandro Volpato, chemist Flavia Barragan and cultural manager Tuçe Erel – to develop Citizen Science courses on mushroom cultivation, to widen the academic research practices and share them with a diverse public. Finally Christian and I have

und künstlerische Ergebnisse von *Mind the Fungi* einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

Wir danken der TU Berlin für die finanzielle Unterstützung und dem Universitätsverlag der TU Berlin für die Veröffentlichung dieses spannenden Projekts. In den folgenden Kapiteln skizzieren wir unsere künstlerisch-wissenschaftliche Forschung bei *Mind the Fungi* und die vielfältigen Plateaus, die wir für die zahlreichen Pilzdiskurse geschaffen haben.

Regine Rapp

1 ALB präsentierte 2015 die Dissertationsausstellung *Growing Geometries – Evolving Forms* von Theresa Schubert, die sich mit dem Wachstum von Pilzen und Schleimpilzen auseinandersetzte; 2016 die Arbeit *Surface dynamics of adhesion* von Tarsh Bates, die ein medizinisches Biolab und den Austausch mit Mikrobiolog_innen erforderte; 2017 *Myconnect* von Saša Spačal über die Symbiose von Menschlichem / Nichtmenschlichen mit Austernpilzmyzel. – Siehe auch Regine Rapp: »On Mycohuman Performances: Fungi in Current Artistic Research«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 22 (2019); als Zweitveröffentlichung hier im Appendix auf S. 136 zu finden. Zum Konzept »Nichtmenschliche Subjektivitäten« (»Nonhuman Subjectivities«) siehe artlaboratory-berlin.org/html/eng-programme-2016.htm [10.5.2020].

2 Vera Meyer: »Fungal Biotechnology – What We Do With Fungi (and What Fungi Do With Us)«, Vortrag auf der Konferenz *Nonhuman Agents in Art, Culture and Theory* des Art Laboratory Berlin im November 2017, siehe Videodokumentation youtube.com/watch?v=M_F2zYohxSA&feature=emb_logo [10.5.2020].

3 Rosi Braidotti: *The Posthuman,* Cambridge 2013, S. 143 ff.

presented various scientific and artistic outcomes of *Mind the Fungi* in two exhibitions to a broad public at Futurium over a 16-months period.

We are very grateful to TU Berlin for supporting this exciting project and thank the TU Berlin University Press for publishing it. In the following chapters we will give a closer look into the art and science research of *Mind the Fungi* and the manifold plateaus we created for fungal discourses.

Regine Rapp

1 ALB hosted Theresa Schubert's dissertation exhibition, *Growing Geometries – Evolving Forms* (2015) which explored growth and choice in fungi and slime mould; Tarsh Bates' work *Surface dynamics of adhesion* (2016), which necessitated a medical biology lab and exchange with microbiologists; and, in 2017, Saša Spačal's audio-video installation *Myconnect* (2013) on human / nonhuman symbiosis with oyster mushroom mycelium. See also Regine Rapp: »On Mycohuman Performances: Fungi in Current Artistic Research«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 22 (2019), also re-published in this publication's appendix on p. 136 On the concept of »Nonhuman Subjectivities«, see: artlaboratory-berlin.org/html/eng-programme-2016.htm [10.5.2020].

2 Vera Meyer: »Fungal Biotechnology – What We Do With Fungi (and What Fungi Do With Us)«, talk at the conference *Nonhuman Agents in Art, Culture and Theory,* Art Laboratory Berlin, November 2017, see video documentation: youtube.com/watch?v=M_F2zYohxSA&feature=emb_logo [10.5.2020].

3 Rosi Braidotti: *The Posthuman,* Cambridge 2013, pp. 143 ff.

Pilze als nachhaltige Biomaterialien

Bertram Schmidt, Bastian Schubert,
Kustrim Cerimi, Carsten Pohl, Vera Meyer

Fungi as sustainable biomaterials

2019 TITELTE DAS JOURNAL *Scientific American*: »The Mycelium Revolution Is upon Us« (»Eine Pilz-Revolution steht uns bevor«).[1] Was war damit gemeint? 100 Jahre nach der Geburt der Pilzbiotechnologie – die amerikanische Firma Pfizer begann 1919 zum ersten Mal mithilfe des Pilzes *Aspergillus niger* Zitronensäure zu produzieren, ein Produkt, welches heute über einen Milliardenmarkt verfügt – erlebt sie eine Renaissance als Plattformtechnologie und liefert für eine Vielzahl von Industrien tragfähige und nachhaltige Lösungen, die uns helfen werden, unsere erdölbasierte Wirtschaft in eine nachhaltige, biobasierte (Kreislauf-)Wirtschaft zu transformieren. Pilzliche Produkte werden mithilfe biotechnologischer Produktionsverfahren unter anderem für die Lebensmittel-, Getränke-, Pharma-, Biokraftstoff-, Textil-, Auto-, Verpackungs- und die chemische Industrie produziert, ohne dass hierbei auf Erdöl als Ressource zurückgegriffen werden muss.[2] Stattdessen werden pflanzliche Reststoffe aus der Agrar- und Forstwirtschaft als Nahrung genutzt, die den Pilzen während der Kultivierung in Bioreaktoren für Wachstum und Produktbildung zur Verfügung gestellt wird. Meist werden in diesen Bioreaktoren Flüssigkultivierungen durchgeführt, aber auch sogenannte Feststoffkultivierungen sind möglich, das heißt die Pilze werden auf festen, ungelösten Nährböden kultiviert. In beiden Kultivierungsverfahren spalten Pilze die polymere Pflanzennahrung, die zu großen Teilen aus Lignin, Cellulose und Hemicellulose besteht, in ihre monomeren Bestandteile auf und synthetisieren daraus neue organische Moleküle, wie zum Beispiel Proteine, Enzyme, Lipide, Antibiotika, Immunsuppressiva, Cholesterinsenker oder auch organische Säuren. Pilze sind daher sowohl Meister der Zersetzung als auch Meister der Synthese und in der Natur bezüglich ihrer Stoffwechselleistungen unübertroffen. Die Pilzbiotechnologie, da sind sich die Expert_innen einig, ist ein entscheidender Innovationstreiber für die Bioökonomie mit ihren Prinzipien der Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft und essenziell für die Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele[3].

Die Bedeutung der Pilzbiotechnologie für eine gelebte Bioökonomie wird darüber hinaus noch weiter zunehmen. Aktuell wird weltweit erforscht, wie pilzbasierte Biomaterialien in der Textilindustrie, der Möbelindustrie oder auch der Baustoffindustrie eingesetzt werden können, um erdölbasierte Produkte zu ersetzen.[4]

THE JOURNAL *SCIENTIFIC AMERICAN* titled in 2019: »The Mycelium Revolution Is upon Us«.[1] What was meant by this? 100 years after the birth of fungal biotechnology – the American company Pfizer started producing citric acid for the first time in 1919 using the fungus *Aspergillus niger*, a product that today has a market worth billions –, this platform technology is now experiencing a renaissance and provides viable and sustainable solutions for a variety of industries that will help us to transform our petroleum-based economy into a fungal-based economy. Fungal products are produced using biotechnological production processes for the food, beverage, pharmaceutical, biofuel, textile, automotive, packaging and chemical industries, among others, without having to rely on petroleum as a resource.[2] Instead, plant residues from agriculture and forestry are used as raw substrates, which are made available to the fungi during cultivation in bioreactors for growth and product formation. Usually, liquid cultivation is carried out in these bioreactors, but so-called solid-state cultivation is also possible, where the fungi are cultivated on solid, insoluble substrates. In both cultivation methods, fungi split the polymeric plant substrates, which consist largely of lignin, cellulose and hemicellulose, into their monomeric components and synthesise new organic molecules from them, such as proteins, enzymes, lipids, antibiotics, immunosuppressants, cholesterol-lowering agents or even organic acids. Fungi are therefore masters of decomposition as well as synthesis and are unsurpassed in nature in terms of their metabolic performance. The experts agree that fungal biotechnology is a key driver of innovation for the bioeconomy with its principles of sustainability and circular economy and is essential for achieving the UN sustainability goals[3].

In addition, the importance of fungal biotechnology for a vivid bioeconomy will continue to grow. Research is currently being carried out worldwide to find out how fungal-based biomaterials can be used in the textile industry, furniture industry or building materials industry to replace petroleum-based products.[4] Drivers of these

Treiber dieser Ideen waren vor circa zehn Jahren vorrangig Künstler_innen und Designer_innen aus den USA, den Niederlanden und Italien,[5] bevor die Wissenschaft das Thema vor etwa fünf Jahren aufgriff. Mit ihren künstlerischen Forschungsansätzen wurden überzeugende pilzbasierte Konzepte für neuartige Baustoffe und Leder (Philip Ross, MycoWorks), Verpackungsmaterialien (Eben Bayer, Ecovative), Mode (Aniela Hoitink, MycoTex by Neffa) und Gebrauchsgegenstände (Maurizio Montalti, Mogu) entwickelt. Ihre Ergebnisse waren verblüffend und überzeugend zugleich: Mit Pilzen lassen sich tatsächlich tierfreie Textilien, Leder, Möbel, Baustoffe und vielfältige Verpackungsformen ersetzen. Der große Vorteil für die auf Nachhaltigkeit beruhenden Ziele der Bioökonomie: Pilzmaterialien werden biotechnologisch, das heißt nachhaltig produziert und sie sind biologisch abbaubar, wenn sie nicht mehr benötigt werden. Der große Vorteil für die Nutzer_innen: Pilzmaterialien sind stabil, beständig, gut wasserabweisend, stoßabsorbierend und sehr schlecht brennbar.

Die hier genannten Künstler_innen und Designer_innen haben ihre Ideen in Start-ups verwirklicht und ihre Produkte unter anderem in den USA auf den Markt gebracht. (→ Abb. 1) Auch wenn sie ihre Ideen patentrechtlich geschützt haben, verbreiten sie ihre Technologien offen über die sozialen Medien und begeistern so interessierte Laien. Das amerikanische Start-up-Unternehmen Ecovative geht sogar einen Schritt weiter und vertreibt einen *Grow-It-Yourself Kit*, der einen Pilzstamm enthält sowie Espenholz als Nahrungsgrundlage. Mithilfe dieses Sets können sich interessierte Laien zu Hause ihren eigenen Verbundstoff in Formen ihrer Wahl herstellen, der Fantasie sind dabei keine Grenzen gesetzt.

Weltweit wurden im Zeitraum 2009 bis 2018 47 Patente mit Bezug zu pilzbasierten Materialien eingereicht,[6] vorrangig in den USA (28 Patente) und China (14 Patente). Führend hierbei ist Ecovative Design mit 45 Prozent der Patente, gefolgt von Ford Global Technologies (19 Prozent), Shenzhen Zeqingyuan Technology Development Service (17 Prozent) und MycoWorks (6 Prozent). Die verbliebenen 13 Prozent der Patente verteilen sich auf verschiedene Firmen mit jeweils einem Patent. Interessant ist, dass sich eine große Anzahl an Pilzen für die Herstellung von Pilzmaterialien eignet. So wurden in diesen Patenten insgesamt 27 verschiedene Pilzarten beschrieben, die phylogenetisch den Abteilungen der

ideas about ten years ago were mainly artists and designers from the USA, the Netherlands and Italy,[5] before science took up the topic about five years ago. With their artistic research approaches, conclusive fungal-based concepts were developed for novel building materials and leather (Philip Ross, MycoWorks), packaging materials (Eben Bayer, Ecovative), fashion (Aniela Hoitink, MycoTex by Neffa) and consumer goods (Maurizio Montalti, Mogu). Their results were astonishing and convincing at the same time: fungi can be used to replace animal-free textiles, leather, furniture, building materials and any conceivable form of packaging. The great advantage for the bioeconomy's goals which are based on sustainability: fungal materials are produced biotechnologically, that is sustainably, and they are biodegradable when they are no longer needed. The big advantage for the users: fungal materials are stable, durable, highly water-repellent and only poorly flammable.

The artists and designers mentioned here have realised their ideas in start-ups and launched their products in the USA, among others. (→ Fig. 1) Even though they have protected their ideas with patents, they openly share their technologies via social media and thus inspire interested non-professionals. The American start-up company Ecovative even goes one step further and sells a »Grow-It-Yourself Kit« containing their mushroom strain as well as aspen wood as a substrate. With the help of this kit, interested laypeople can produce their own composite material at home in any forms of their choice and with no limits to their imagination.

47 patents were filed worldwide between 2009 and 2018 concerning fungal-based materials,[6] mainly in the USA (28 patents) and China (14 patents). Ecovative Design is the leader with 45 per cent of the patents, followed by Ford Global Technologies (19 per cent), Shenzhen Zeqingyuan Technology Development Service (17 per cent) and MycoWorks (6 per cent). The remaining 13 per cent of the patents are distributed among different companies with one patent each. It is interesting to note that many fungi are suitable for the production of mush-

1

1 Prototypen für pilzbasierte Materialien, entwickelt vom amerikanischen Start-up MycoWorks. Komposite, auch Verbundstoffe genannt, bestehen aus mindestens zwei verschiedenen Werkstoffen, die miteinander derart verbunden sind, dass sie sich nicht leicht voneinander trennen lassen. (↑) Pilzleder für die Textilindustrie besteht aus reiner Pilzbiomasse, ist also kein Verbundstoff. (↓)

Early prototype fungal-based materials developed by the American start-up MycoWorks in 2016. Composite materials consist of at least two different materials that are bonded together in such a way that they cannot be easily separated. (↑) Fungal leather for the textile industry consists of pure fungal biomass and is therefore not a composite material. (↓)

Ständerpilze (Basidiomycota) bzw. der Schlauchpilze (Ascomycota) zugeordnet werden können. (→ Tab. 1)

Welche dieser bereits gelisteten oder weiterer Pilzarten sind in unserer Berlin-Brandenburger Region heimisch? Für uns war dies die wichtigste und entscheidende Frage zu Beginn des *Mind-the-Fungi*-Projektes, denn wir wollten eine Stammsammlung von Pilzen aufbauen, die die vorherrschende Biodiversität widerspiegelt und somit jene Pilze beherbergt, die hervorragend auf regional nachwachsenden pflanzlichen Ressourcen wachsen. Die kenntnisreichsten Pilzexpert_innen in Berlin-Brandenburg sind sicherlich in der Pilzkundlichen Arbeitsgemeinschaft Berlin-Brandenburg e. V. (PAAB) zu finden. Die Mitglieder dieser Vereinigung unternehmen nicht nur im Herbst, sondern das ganze Jahr über regelmäßig Exkursionen ins Berliner Umland, bei denen oft über 100 Arten bestimmt werden. Die gewonnenen Verbreitungsdaten einheimischer Pilze werden in die Datenbank MykIS eingepflegt, die wiederum von der Deutschen Gesellschaft für Mykologie e. V. (DGfM) betrieben wird und von allen Interessierten kostenfrei eingesehen, durchsucht und erweitert werden kann.[7] In dieser Datenbank finden sich nicht nur Verbreitungskarten von nahezu 13 000 Pilzarten in Deutschland, aufgeteilt nach den verschiedenen Bundesländern, sondern auch detaillierte Beschreibungen und Fotodokumentationen der beobachteten Pilze. Die Mitglieder der PABB und der DGfM sind ehrenamtlich aktiv, leisten einen wichtigen Beitrag für die Erforschung der Biodiversität und der Verbreitung heimischer Pilzarten und sind daher *citizen scientists* im besten und ursprünglichen Sinne.

In mehreren *Mind-the-Fungi*-Waldexkursionen, die wir einzeln oder gemeinsam oder unterstützt durch *citizen scientists* im Rahmen von *Walk*-&-*Talk*-Exkursionen (→ S. 46 ff.) im Herbst 2018 durchführten, konnten über 100 verschiedene Pilzarten gesammelt werden. Es gelang uns für 75 von ihnen, Reinkulturen im Labor zu erzeugen. Die meisten dieser Reinkulturen konnten über morphologische und molekularbiologische Bestimmungsmethoden eindeutig den Porlingen (Ordnung *Polyporales*) zugeordnet werden. (→ Abb. 2) Diese Baumpilze bilden an geschädigten oder toten Baumstämmen einjährige oder mehrjährige hutförmige Fruchtkörper aus, die mit vielen Poren versehen sind. Zu nennen wären der Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*), der Eichenfeuerschwamm (*Phellinus robustus*), der Wulstige

room materials. Thus, a total of 27 different species of fungi were described in these patents, which can be phylogenetically assigned to the divisions of Basidiomycota or Ascomycota. (→ Tab. 1)

Which of these already listed or other fungal species are domestic in our Berlin-Brandenburg region? For us this was the most important and crucial question at the beginning of the *Mind the Fungi* project, because we wanted to build up a local strain collection of fungi that reflects the predominant regional biodiversity and thus hosts those fungi that grow perfectly on regional renewable plant resources. The most knowledgeable fungal experts in the Berlin-Brandenburg area are certainly to be found in the Fungal Study Group Berlin-Brandenburg (Pilzkundliche Arbeitsgemeinschaft Berlin-Brandenburg e. V., PABB). The members of this association regularly undertake excursions into the surrounding area of Berlin not only in autumn but throughout the year, often identifying over one hundred species. The obtained data of local fungi are entered into the database MykIS, which in turn is maintained by the German Society for Mycology (DGfM) and can be viewed, searched and expanded by anyone interested free of charge.[7] This database contains not only distribution maps of almost 13 000 fungal species in Germany, broken down by the different federal states, but also detailed descriptions and photo documentations of the observed fungi. The members of the PABB and DGfM, who are volunteers, make an important contribution to the research of biodiversity and the distribution of domestic fungal species and are therefore citizen scientists in the best and original sense of the term.

In several *Mind the Fungi* forest excursions, which we carried out individually or together or with the support of citizen scientists during *Walk* & *Talk* excursions (→ pp. 46 ff.) in autumn 2018, more than 100 different mushroom-forming fungal species could be collected. We succeeded in producing pure cultures in the laboratory for 75 of them. Most of these pure cultures could be clearly assigned to the polypores by morphological and molecular

Phylum	Ordnung Order	Art Species
Basidiomycota	*Agaricales*	*Agrocybe aegerita* *Agrocybe brasiliensis* *Coprinus comatus* *Flammulina velutipes* *Hypholoma capnoides* *Hypholoma sublaterium* *Lentinula edodes* *Macrolepiota procera* *Pleurotus djamor* *Pleurotus eryngii* *Pleurotus ostreatus* *Pleurotus ostreatus var. columbines*
	Polyporales	*Fomes fomentarius* *Ganoderma lucidum* *Ganoderma orogenese* *Ganoderma tsugae* *Grifola frondesa* *Piptoporous betulina* *Polyporus mylittae* *Pycnoporus cinnabarinus* *Trametes versicolor*
	Russulales	*Hericium erinaceus*
Ascomycota	*Pezizales*	*Morchella angusticeps*
	Xylariales	*Xylaria filiformis* *Xylaria hypoxylon* *Xylaria longipes* *Xylaria polymorpha*

Tab. 1 Pilzarten, die sich für die Herstellung biobasierter Materialien eignen. Systematisch gegliedert werden Pilze, wie Tiere und Pflanzen auch, in Ränge. Hier aufgelistet sind die Ränge Phylum, Ordnung und Art.

Fungal species suitable for biobased materials. Mushrooms, including animals and plants, are systematically classified into ranks. Here listed are the ranks phylum, order and species.

2 Mischwälder in Berlin-Brandenburg verfügen über eine hohe Biodiversität an Pilzen, die die Basis für unsere *Mind-the-Fungi*-Stammsammlung bildeten.

Mixed forests in Berlin-Brandenburg harbour a large biodiversity of fungi, which formed the basis for our *Mind the Fungi* strain collection.

3 Der Abbau von Holz durch Braunfäulepilze ist an dem zurückbleibenden würfelbruch-artigen braungefärbten Lignin zu erkennen. Braunfäulepilze bauen vorrangig helle Cellulose ab (oberer Baumstamm). Die Holzzersetzung durch Weißfäulepilze ist an dem Rückstand von heller, faserartiger Cellulose und Hemicellulose zu erkennen (unterer Baumstamm). Weißfäulepilze bauen überwiegend braunes Lignin ab.

The decomposition of wood by brown rot fungi can be recognised by the remaining cube-like broken brown lignin. Brown rot fungi primarily degrade light cellulose (upper tree trunk). Decomposition of wood by white rot fungi can be recognised by the residue of light, fibrous cellulose and hemicellulose (lower trunk). White rot fungi predominantly decompose brown lignin.

2

3

Lackporling (*Ganoderma adspersum*), der Flache Lackporling (*Ganoderma applanatum*) und die Schmetterlingstramete (*Trametes versicolor*). Die zweite Hauptgruppe bildeten Vertreter der Ordnung *Agaricales*, das heißt champignonartige Ständerpilze, die man sehr gut an den radial vom Stiel ausgehenden Lamellen an der Hutunterseite erkennen kann. Isoliert wurden aus dieser Gruppe beispielsweise der Austernseitling (*Pleurotus ostreatus*), der Dunkle Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) und der Hochthronende Schüppling (*Pholiota limonella*). Auch konnten Vertreter aus der Abteilung der Ascomycota, wie die Geweihförmige Holzkeule (*Xylaria hypoxylon*), isoliert werden. (→ Abb. 2)

Fruchtkörper von Pilzen bestehen aus eng gepackten mikroskopisch kleinen Zellfäden, die – für uns unsichtbar – auch Holz, Boden und andere Substrate durchziehen und hierbei ein fein verzweigtes dreidimensional wachsendes Netzwerk ausbilden, welches Myzel genannt wird. Das Myzel wächst kontinuierlich durch die Ausbildung neuer Zellfäden und Verzweigungen und ernährt sich hierbei von den Bestandteilen pflanzlicher Zellwände, dem Lignin, der Cellulose und der Hemicellulose. Wichtig beim Aufbau unserer Stammsammlung war uns, gleichermaßen Vertreter der Braunfäule, die vorrangig Cellulose abbauen, als auch Vertreter der Weißfäule, die vorrangig Lignin abbauen, zu erfassen. (→ Abb. 3)

Obwohl Pilze sich in der Natur auf bestimmte Baumarten als Wirte spezialisiert haben, können sie im Labor auf wesentlich mehr pflanzlichen Substraten kultiviert werden. Dies liegt darin begründet, dass Pilze als Reinkulturen im Labor nicht mit anderen, natürlich vorkommenden und möglicherweise schneller wachsenden Pilzen konkurrieren müssen. In Wachstumsversuchen auf verschiedenen Fest- oder in Flüssigmedien bei uns im Labor konnten daher viele der 75 isolierten Pilzstämme erfolgreich vermehrt und für diese entsprechende Kultivierungsprotokolle entwickelt und optimiert werden. Hierbei wurden auch regional anfallende Restströme aus der Agrar- und Forstwirtschaft als Nahrungsgrundlage getestet. Als wichtige Prämisse galt hierbei, schnell nachwachsende agrarforstwirtschaftliche Bäume und Pflanzen als Substrate zu testen, die nicht für die Lebensmittelindustrie genutzt werden, so zum Beispiel Pappelspäne, Getreidestroh, Rapsstroh oder Hanfschäben. Obwohl in den Brandenburger Wäldern vorrangig Kiefern (70 Prozent), Eichen (7 Prozent)

biological methods. (→ Fig. 2) These tree fungi (order *Polyporales*) form annual or multi-annual hat-shaped fruiting bodies with many pores on damaged or dead tree trunks. To be mentioned here are the tinder fungus (*Fomes fomentarius*), the fire sponge (*Phellinus robustus*), the polypore *Ganoderma adspersum*, the artist's bracket (*Ganoderma applanatum*) and the turkey tail (*Trametes versicolor*), which were among the isolated fungi. The second main group was formed by representatives of the order *Agaricales*, that is champignon-like fungi. Isolates from this group were for example the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), the stump mushroom (*Armillaria ostoyae*) and the similar looking *Pholiota limonella*. Representatives from the phylum Ascomycota, such as the candlestick fungus (*Xylaria hypoxylon*), could also be isolated. (→ Fig. 2)

The fruiting bodies of fungi consist of tightly packed microscopic cell filaments, which – invisibly to us – also pass through wood, soil and other substrates, forming a finely branched three-dimensional network called mycelium. The mycelium grows continuously through the formation of new cell filaments and branches and feeds on the components of plant cell walls, lignin, cellulose and hemicellulose. It was therefore important for the composition of our strain collection to include both representatives of brown rot fungi, which primarily break down cellulose, and representatives of white rot fungi, which primarily break down lignin. (→ Fig. 3)

Although in nature fungi have specialised on certain plant hosts, they can be cultivated in the laboratory on considerably more plant substrates. This is due to the fact that in the laboratory fungi as pure cultures do not have to compete with other naturally occurring and possibly faster growing fungi. In growth experiments on different solid or liquid media in our laboratory, many of the 75 isolated fungal strains were therefore successfully reproduced and appropriate cultivation protocols were developed and optimised. During this process, we also tested regional residual streams from agriculture and forestry as nutrient substrates. An important premise here was to test fast-growing agroforestry trees and

und Buchen (3 Prozent) zu finden sind,[8] waren vor allem Pappeln aus Brandenburger Kurzumtriebsplantagen und auch Rapsstroh aus der Biodieselgewinnung[9] für uns als Substrate interessant. Für die Auswahl der infrage kommenden Substrate waren Diskussionen mit Kolleg_innen aus dem Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam besonders wertvoll für uns, da sie sowohl standortspezifische Nutzungskonzepte für pflanzliche Biomasse erforschen als auch Technologien für Bioraffinerie- und Kaskadennutzungskonzepte entwickeln, um so zu einer nachhaltigen, biobasierten Stoff- und Energiewirtschaft beizutragen.

Interessanterweise setzten sich in unseren Laborkultivierungsversuchen vor allem die Weißfäulepilze *Fomes fomentarius, Pleurotus ostreatus* sowie *Trametes versicolor* als am schnellsten wachsende Pilze durch. Aufgrund verschiedener Überlegungen entschieden wir uns, unsere weiteren Forschungsarbeiten auf *Fomes fomentarius* zu konzentrieren. (→ Abb. 4 → S. 12) Der Zunderschwamm ist weitverbreitet in der nördlichen Hemisphäre der Erde, das heißt er ist in Europa, Asien und Nordamerika gleichermaßen heimisch. Er ist als Vital- und Heilpilz sowohl der Traditionellen Chinesischen Medizin als auch der Traditionellen Europäischen Medizin bekannt und kann daher auf eine reichhaltige ethnomykologische Tradition zurückblicken.[10] Auch wurde *Fomes fomentarius* bereits im 18. Jahrhundert für die Herstellung von Textilien und Wundauflagen in Thüringen genutzt. Sogar für prähistorische Menschen war der Zunderschwamm von großer Bedeutung. So trug Ötzi diesen Pilz in seinem Gepäck, da offensichtlich bereits damals schon bekannt war, dass ein bestimmter Teil des Fruchtkörpers, Trama genannt, Funken auffangen kann und sich zum Aufbewahren und Transport von Glut eignet.[11] Heutzutage widmet sich das 2015 von der Berliner Designerin Nina Fabert gegründete Designstudio Zvnder der Wiederbelebung dieser Tradition und entwirft Mode-Accessoires wie Taschen, Mützen und Portemonnaies aus dem Trama des Zunderschwammes.

Im Zuge unserer Forschungsarbeiten entwickelten wir Methoden und Technologien, um Verbundstoffe aus *Fomes fomentarius* herzustellen und diese für potenzielle Verwendungen in der Baustoffindustrie und Architektur zu testen. Hierbei war unser Anspruch, auch Kultivierungsmethoden für *Fomes fomentarius* zu etablieren, die gleichermaßen bei uns im mikrobiologischen

plants as substrates that are not used for the food industry, such as cottonwood chips, cereal straw, rape straw or hemp shives. While pines (70 per cent), oaks (7 per cent) and beeches (3 per cent) are the main trees found in the forests of Brandenburg,[8] mainly poplars from short-rotation plantations in Brandenburg as well as rape straw from biodiesel production[9] were interesting substrates for us. Discussions with colleagues from the Leibniz Institute of Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB) in Potsdam were particularly valuable for us in the selection of suitable substrates, as the Potsdamers research site-specific productions of plant biomass and develop new technologies for biorefinery and cascade utilization concepts in order to contribute to a sustainable, biobased material and energy economy.

Interestingly, the white rot fungi *Fomes fomentarius*, *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* were the fastest growing fungi in our lab cultivation experiments. Various considerations let us to focus our further research on *Fomes fomentarius.* (→ Fig. 4 → p. 12) Tinder fungus is widespread in the northern hemisphere of the earth and equally domestic to Europe, Asia and North America. It is known as a vital and medicinal fungus of Traditional Chinese Medicine as well as Traditional European Medicine and therefore has a rich ethnomycological tradition.[10] *Fomes fomentarius* was also used as early as the 18th century for the production of textiles and wound pads in the German state of Thuringia. Even for prehistoric people, tinder fungus was of great importance. For example, Ötzi carried this mushroom in his luggage because it was apparently already known at that time that a certain part of the fruiting body, called *trama*, could pick up sparks and was suitable for storing and transporting glowing embers.[11] Today, the Zvnder design studio, founded in 2015 by the Berlin designer Nina Fabert, is dedicated to reviving this tradition and developing fashion accessories such as bags, caps and wallets from the *trama* of the tinder fungus.

In the context of our research we developed methods and technologies to produce composites from *Fomes*

Labor als auch unter Do-it-yourself-Bedingungen, das heißt in der Küche oder im Keller von interessierten Laien und *citizen scientists*, funktionieren und zu reproduzierbaren Ergebnissen führen. Bei der Entwicklung dieser Kultivierungsmethoden ließen wir uns von Publikationen in wissenschaftlichen Fachjournalen und Lehrbüchern, von Sachbüchern wie *Radical Mycology*[12] und auch von frei im Internet verfügbaren Informationen inspirieren. Im Folgenden haben wir unsere wichtigsten Protokolle für Do-it-yourself-Anwendungen zusammengefasst (→ S. 26–29), um die Leser_innen dieses Buches anzuregen, sich selbst an die Herstellung eines pilzlichen Verbundstoffes zu wagen. Ausgangspunkt dieser Protokolle bildet eine Reinkultur auf einer mit Nährmedium gefüllten Petrischale, einer sogenannten Agarplatte.

Basierend auf diesen Protokollen und in Zusammenarbeit mit den TU-Fachgebieten für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung (Prof. Harald Kruggel-Emden), für Werkstofftechnik (Prof. Claudia Fleck) und Sustainable Engineering (Prof. Matthias Finkeiner) sowie dem Fachgebiet Digitales und experimentelles Entwerfen der Universität der Künste Berlin (Prof. Sven Pfeiffer) entwickelten wir verschiedene normierte dreidimensionale Pilz-Pflanzen-Komposite. (→ Abb. 6) Diese wurden für erste Analysen von Materialeigenschaften wie Bruch-, Zug- oder Biegefestigkeit herangezogen. Weiterhin wurden Ökobilanzen erstellt, um die Treibhauseffekte abzuschätzen, und Optimierungsstudien zu den Prozessabläufen durchgeführt. Ein Ziel war es, architektonisch nutzbare und in beliebiger Menge und Größe produzierbare Pilzbauelemente mithilfe von digitalen, auf die Trageigenschaften von Pilzwerkstoffen abgestimmten Formfindungsprozessen zu designen. Wie das Myzel der Pilze wächst auch das Netzwerk der Forscher_innen im Berlin-Brandenburger Raum kontinuierlich weiter, die wir für eine Mitarbeit, auch noch weit über das Ende des *Mind-the-Fungi*-Projektes hinaus, gewinnen konnten.

fomentarius in order to test them for potential applications in the building materials industry and architecture. Our aim was to establish cultivation methods for *Fomes fomentarius* that work equally well in our microbiological laboratory and under do-it-yourself conditions, that is in the kitchen or basement of interested laypeople. In the development of these cultivation methods we were inspired by publications in scientific journals and textbooks, by non-fiction books such as *Radical Mycology,*[12] as well as by information freely available on the internet. Below is a summary of our most important protocols for do-it-yourself applications (→ pp. 26–29) to inspire the readers of this book to try their hand at making a fungal composite for their own use. The starting point for these protocols is a pure culture in a Petri dish filled with culture medium, a so-called agar plate.

Based on these protocols and in co-operation with the TU Departments of Mechanical Process Engineering and Processing (Prof. Harald Kruggel-Emden), of Materials Engineering (Prof. Claudia Fleck) and Sustainable Engineering (Prof. Matthias Finkbeiner) as well as the Department of Digital and Experimental Design of the University of the Arts Berlin (Prof. Sven Pfeiffer), we developed various standardised three-dimensional fungal-plant composites. (→ Fig. 6) These were used for preliminary analyses of material properties such as breaking, tensile and bending strength. Furthermore, life cycle assessment studies were carried out with a focus on assessable greenhouse effects and optimisation studies of the process flows. One aim was to design architecturally usable and scalable fungal-shaped building elements using digital form finding processes adapted to the support properties of fungal materials. Like the fungal mycelium, the network of researchers in the Berlin-Brandenburg area is growing continuously. We were able to win them over for a collaboration even far beyond the end of the *Mind the Fungi* project.

1 Eben Bayer: »The Mycelium Revolution is Upon Us«, in *Scientific American*, Blogbeitrag vom 1. Juli 2019, blogs.scientificamerican.com/observations/the-mycelium-revolution-is-upon-us/ [25.5.2020].

2 Vera Meyer et al.: »Current Challenges of Research on Filamentous Fungi in Relation to Human Welfare and a Sustainable Bio-Economy: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **3,** 6 (2016); und Vera Meyer et al.: »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **7,** 5 (2020).

3 Meyer et al., »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology«.

4 Meyer et al,: »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology«.

5 Meyer et al., »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology«.

6 Kustrim Cerimi et al.: »Fungi as Source for New Bio-Based Materials: A Patent Review«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 17 (2019).

7 DGfM: *Datenbank der Pilze Deutschlands – Deutsche Gesellschaft für Mykologie*, bearbeitet von Frank Dämmrich et al., pilze-deutschland.de [19.5.2020].

8 Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg (Hrsg.): *Wälder Brandenburgs – Ergebnisse der ersten landesweiten Waldinventur,* Potsdam 2015.

9 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.): *Statistischer Bericht C II 2 – j / 18. Ernteberichterstattung über Feldfrüchte und Grünland im Land Brandenburg 2018*, Potsdam 2019.

10 Ulrike Grienke et al.: »European Medicinal Polypores – a Modern View on Traditional Uses«, in *Journal of Ethnopharmacolog,* **154,** 3 (2014), S. 564–83; und Philipp Dresch et al.: »Fungal Strain Matters: Colony Growth and Bioactivity of the European Medicinal Polypores *Fomes fomentarius, Fomitopsis pinicola* and *Piptoporus betulinus*«, in *AMB Express* **5,** 4 (2015), S. 4.

11 Grienke et al., »European Medicinal Polypores«.

12 Peter McCoy: *Radical Mycology: A Treatise On Seeing And Working With Fungi,* Portland, Oregon 2016.

1 Eben Bayer: »The Mycelium Revolution is Upon Us«, in *Scientific American*, blog entry from 1 July 2019; blogs.scientificamerican.com/observations/the-mycelium-revolution-is-upon-us/ [25.5.2020].

2 Vera Meyer et al.: »Current Challenges of Research on Filamentous Fungi in Relation to Human Welfare and a Sustainable Bio-Economy: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **3,** 6 (2016); and Vera Meyer et al.: »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **7,** 5 (2020).

3 Meyer et al., »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology«.

4 Meyer et al,: »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology«.

5 Meyer et al., »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology«.

6 Kustrim Cerimi et al.: »Fungi as Source for New Bio-Based Materials: A Patent Review«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 17 (2019).

7 DGfM: *Datenbank der Pilze Deutschlands - Deutsche Gesellschaft für Mykologie*, edited by Frrank Dämmrich et al., pilze-deutschland.de [19.5.2020].

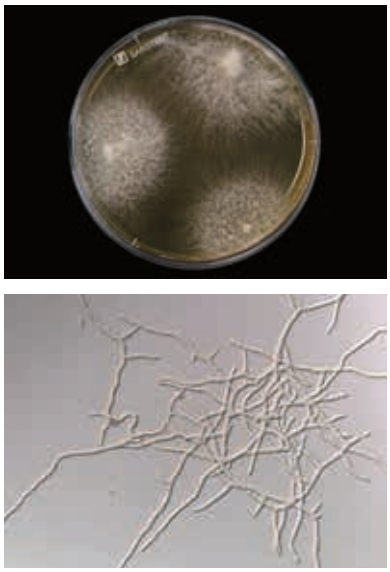
8 Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg (Ed.): *Wälder Brandenburgs – Ergebnisse der ersten landesweiten Waldinventur,* Potsdam 2015.

9 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Ed.): *Statistischer Bericht C II 2 – j / 18. Ernteberichterstattung über Feldfrüchte und Grünland im Land Brandenburg 2018*, Potsdam 2019.

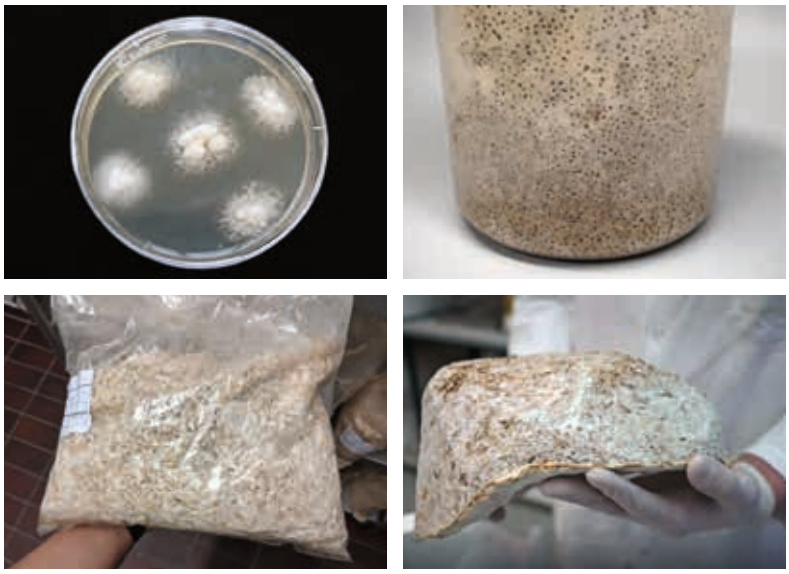
10 Ulrike Grienke et al.: »European Medicinal Polypores – a Modern View on Traditional Uses«, in *Journal of Ethnopharmacology* **154,** 3 (2014), pp. 564–83; and Philipp Dresch et al.: »Fungal Strain Matters: Colony Growth and Bioactivity of the European Medicinal Polypores *Fomes fomentarius, Fomitopsis pinicola* and *Piptoporus betulinus*«, in *AMB Express* **5,** 4 (2015), p. 4.

11 Grienke et al., »European Medicinal Polypores«.

12 Peter McCoy: *Radical Mycology: A Treatise On Seeing And Working With Fungi,* Portland, Oregon 2016.



4



5

4 Der Zunderschwamm *Fomes fomentarius* wird in der Natur für uns sichtbar über seinen Fruchtkörper zum Beispiel an Birken und Buchen. (↑) (→ S.12) Wenn aus einem Fruchtkörper eine Reinkultur auf Agar in Petrischalen angelegt wird, kann das myzelartige Wachstum, welches zu kreisrunden Kolonien führt, für das Auge sichtbar gemacht werden. (←) Erst unter dem Mikroskop jedoch erkennt man die filigrane Struktur pilzlicher Zellfäden mit ihrem zufälligen Verzweigungsmuster. (↓)

The tinder fungus *Fomes fomentarius* becomes visible to us in nature through its fruiting body for example on birches and beeches. (↑) (→ p.12) If a pure culture is obtained from a fruiting body on agar medium in a Petri dish, the mycelium-like growth, which leads to circular colonies, can be made visible to the eye. (←) Only under the microscope, however, the fine structure of fungal cell filaments with their random branching pattern becomes visible. (↓)

5 Vier Kultivierungsschritte sind nötig, um von einer Reinkultur von *Fomes fomentarius* zu einem Pilz-Pflanzen-Komposit zu gelangen. Eine Pilz-Reinkultur auf einer Agarplatte bestehend aus fünf einzelnen Kolonien. In diesem Wachstumsstadium erkennt man sehr gut eventuelle Verunreinigungen durch andere Mikroorganismen (↖). Hirsekörnerbrut in einem Becherglas (↗). Substratbeutelkultur (↙). Pilz-Pflanzen-Komposit in der Form eines Fahrradhelmes (↘).

Four cultivation steps are necessary to obtain a fungal-plant composite from a pure culture of *Fomes fomentarius*. A fungal pure culture on an agar plate consisting of five individual colonies. During this stage, potential microbial contaminations can be easily recognised (↖). Millet bred in a beaker (↗). Substrate bag culture (↙). Fungal-plant composite in the form of a bicycle helmet (↘).

6

6 Auswahl an dreidimensionalen Pilz-Pflanzen-Kompositen, die mit dem Zunderschwamm *Fomes fomentarius* und biotechnologischen Kultivierungsmethoden auf pflanzlichen Reststoffen aus der Berlin-Brandenburger Region hergestellt wurden. Der Kultivierungsprozess im Labor erlaubt die Herstellung von festen, stabilen, jedoch sehr leichten Verbundwerkstoffen. Zylinder (↖), Ziegel (↗), Quader (↓)

Selection of three-dimensional fungal-plant composites produced with the tinder fungus *Fomes fomentarius* and biotechnological cultivation methods on plant residues from the Berlin-Brandenburg area. The cultivation process in the laboratory allows the production of solid, stable but very light composite materials. Cylinder (↖), brick (↗), cuboid (↓)

Stammerhaltung durch Kultivierung auf Agarplatten

Eine Agarplatten-Kultivierung dient dazu, Pilz-Reinkulturen am Leben zu erhalten, zu vermehren und vor Kontaminationen durch Bakterien, Hefen und Schimmelpilze zu schützen.

Sterile Agarmedien in Petrischalen herstellen: Hierfür wird Malz-Extrakt-Agar – entweder fertig im Laborhandel erhältlich (z. B. von Roth) oder DIY-Agar – verwendet.

Eine Reinkultur des Pilzes bestehend aus 5 einzelnen kreisrunden Kolonien ist bereits vorhanden und frei von Kontaminationen. (→ Abb. 5) Mögliche Kontaminationen sind durch schleimigen Bewuchs (Bakterien, Hefen) oder farbigen Pelz (Schimmel) erkennbar. Ein DIY-Protokoll für die Herstellung von Pilz-Reinkulturen ist auf Seite 68 zu finden.

Mit einem sterilen Holz-Zahnstocher werden kleine Stücke aus den Randgebieten einer Kolonie entnommen und in eine neue Petrischale gesetzt. Die Myzelstücke am besten etwas in den frischen Agar hineindrücken.

Petrischalendeckel auflegen und die Petrischale mit Tesafilm zukleben, um Austrocknungs- und Kontaminationsgefahren zu verringern.

Die Petrischale mit dem Deckel nach unten lagern, um zu vermeiden, dass das sich nun bildende Kondenswasser auf die im Wachstum befindlichen Kolonien tropft. Das Myzel wird 7–10 Tage benötigen, um zu großen Kolonien heranzuwachsen. (→ Abb. 5)

Die Bebrütung des Myzels sollte bei Raumtemperatur und im Dunkeln stattfinden.

Sterile Arbeitsbedingungen. Sterile Utensilien lassen sich am besten durch Erhitzung in einem Schnellkochtopf gewinnen. Die Verwendung von Einmalhandschuhen wird empfohlen.

Strain maintenance through agar plate cultivation

The purpose of agar plate cultivation is to keep pure fungal cultures alive, to multiply them and to protect them from contamination by bacteria, yeasts and moulds.

Prepare sterile agar media in Petri dishes: For this purpose, commercially available ready-to-use malt extract agar (e. g. Roth) or DIY agar is used.

A pure culture of the fungus consisting of 5 individual circular colonies is already available and free from contamination. (→ Fig. 5) Possible contaminations can be recognised by slimy growth (bacteria, yeasts) or coloured fur (mould). A DIY protocol for the production of pure fungal cultures can be found on page 69.

Using a sterile wooden toothpick, small pieces are taken from the margins of a colony and transferred to a new Petri dish. It is best to press the mycelium pieces slightly into the fresh agar.

Place the plate lid on top and seal the Petri dishes with adhesive tape to reduce the risk of drying out and contamination.

Store the Petri dishes with the lid upside down to prevent the condensation that now forms from dripping onto the growing colonies. The mycelium will need 7–10 days to grow into large colonies. (→ Fig. 5)

The incubation of the mycelium should take place at room temperature and in the dark.

Sterile working conditions. Sterile utensils are best obtained by heating in a pressure cooker. The use of disposable gloves is recommended.

Herstellung von Körnerbrut

Gereinigte Getreidekörner, die man mit einer Pilz-Reinkultur beimpft und komplett durchwachsen lässt, werden als »Körnerbrut« bzw. »Brut« bezeichnet. Die Herstellung einer Brut dient als wichtiger Zwischenschritt, der später eine gleichmäßige Beimpfung des Substrates sicherstellt. Hirsekörner eignen sich hervorragend zur Herstellung einer Körnerbrut.

Vermischen von 250 g Braunhirse, 2,5 g Gips und 250 ml Wasser in einem Becherglas und anschließendes Sterilisieren im Schnellkochtopf.

* Das Hirsegemisch umrühren, um Verkleben zu verringern, und auf Raumtemperatur abkühlen lassen.

* Die Agar-Reinkultur aus 2 Petrischalen mit einem sterilen Messer in Stücke schneiden und mit der Hirse vermischen. Die Hirsekultur luftdurchlässig, z. B. mit Parafilm, verschließen.

Im Dunkeln bei Raumtemperatur ca. 10–14 Tage bebrüten, hierbei wird die Hirse komplett vom Pilz durchwachsen. (→ Abb. 5)

* Sterile Arbeitsbedingungen. Sterile Utensilien lassen sich am besten durch Erhitzung in einem Schnellkochtopf gewinnen. Die Verwendung von Einmalhandschuhen wird empfohlen.

Mushroom spawn production

Purified cereal grains inoculated with a pure fungal culture and left to grow through completely are called »mushroom spawn«. The production of a spawn serves as an important intermediate step, which later ensures a uniform inoculation of the substrate. Millet grains are excellently suited for the production of mushroom spawn.

Mix 250 g brown millet, 2.5 g plaster and 250 ml water in a beaker and then sterilise in a pressure cooker.

* Stir the millet mixture around to reduce sticking. Allow cooling down to room temperature.

* Cut the pure agar culture from 2 Petri dishes into pieces with a sterile knife and mix with the millet. Seal the millet culture so that it is permeable to air, e. g. with parafilm.

Incubate in the dark at room temperature for about 10–14 days, and the millet will be fully covered by the fungus. (→ Fig. 5)

* Sterile working conditions. Sterile utensils are best obtained by heating in a pressure cooker. The use of disposable gloves is recommended.

Kultivierung im Substratbeutel

In einem luftdurchlässigen Substratbeutel wird ein pflanzliches Nährmedium mit der Hirsekörnerbrut beimpft. Hierfür eignen sich am besten kommerziell vertriebene Pilz-Substratbeutel (Zebrabags). Alternativ können klassische Plastiktüten verwendet werden, die durch Umfalten nur leicht verschlossen werden dürfen, damit ausreichend Luft aus der Umgebung hineingelangen kann. Am Ende dieser Kultivierung entsteht ein lockeres Pilz-Pflanzen-Gemisch.

Eine an die Beutelgröße angepasste Substratmenge, z. B. 200 g Hanfschäben, Stroh, Rapsstroh oder Holzspäne, in den Substratbeutel einwiegen.

Wasser (150 % des Substratgewichts) mit 3 % Weizenmehl unter ständigem Rühren erhitzen (90 °C), bis die Mischung andickt.

Das Wasser-Mehl-Gemisch in den Substratbeutel geben, vermischen, im Schnellkochtopf sterilisieren und abkühlen lassen.

*** 30 g der Hirsekörnerbrut in die Substratbeutel geben, diesen verschließen und kneten, um beides miteinander zu vermischen.

Der Pilz benötigt ca. 10–14 Tage, um das Substrat im Beutel vollständig zu durchwachsen. Dies ist an dem sich ausbildenden weißlichen Myzel zu erkennen. (→ Abb. 5)

*** Sterile Arbeitsbedingungen. Sterile Utensilien lassen sich am besten durch Erhitzung in einem Schnellkochtopf gewinnen. Die Verwendung von Einmalhandschuhen wird empfohlen.

Cultivation in substrate bags

A plant-based substrate is inoculated with the mushroom spawn in an air-permeable substrate bag. Commercially distributed mushroom substrate bags are best suited for this purpose. Alternatively, classic plastic bags can be used, which must be closed only slightly by folding them over so that sufficient air from the surrounding area can diffuse into them. At the end of this cultivation, a loose fungus-plant mixture is formed.

Weigh a substrate quantity adapted to the bag size, e. g. 200 g hemp shives, straw, rape straw, or wood shavings into the substrate bag.

Heat water (150 % of the substrate weight) with 3 % wheat flour while stirring continuously until the mixture thickens (90 °C) .

Add the water-flour mixture to the substrate in the bags, mix them, then sterilise the mass in a pressure cooker and let it cool down.

Add 30 g of the millet spawn into the substrate bags, seal them and mix the contents thoroughly.

*** The fungus needs about 10–14 days to grow fully through the substrate in the bag. It is done, when the whitish mycelium becomes visible. (→ Fig. 5)

*** Sterile working conditions. Sterile utensils are best obtained by heating in a pressure cooker. The use of disposable gloves is recommended.

Kompositherstellung

Im letzten Schritt wird das feuchte Pilz-Pflanzen-Gemisch in eine gewünschte dreidimensionale Negativform des gewünschten Objektes/Gegenstandes überführt. Im Laufe der sich anschließenden Kultivierung verdichtet der weiterhin wachsende Pilz das Gemisch zu einem festen und sehr dichten Verbundwerkstoff, auch Komposit genannt, der die finale, von außen vorgegebene Gestalt der Form annimmt.

Die Substratbeutel werden durchgeknetet, bis das weiße Myzel fast nicht mehr sichtbar ist.

* Die Beutel öffnen, mit etwas Druck das durchgeknetete Myzelkomposit in eine sterile Negativform füllen und diese mit Frischhaltefolie verschließen.

Der Pilz benötigt ca. 3–6 Tage, um die Form dicht zu durchwachsen. (→ Abb. 5)

* Das Komposit aus der Form lösen. Entweder direkt trocknen (s. u.) oder erneut für ca. 2–5 Tage bebrüten, sodass sich eine samtige Myzelschicht an der Außenseite bilden kann. Hierfür das Komposit in eine sterile Box geben, in der durch wassergetränkte Papiertücher eine feuchte Atmosphäre sichergestellt werden muss, um eine letzte Wachstumsphase zu ermöglichen.

Das Komposit bei 70 °C abhängig von seiner Größe für 5–48 Stunden trocknen. Die Trocknung ist abgeschlossen, wenn sich das Gewicht nicht weiter verringert. Durch diese Hitzebehandlung wird der Pilz abgetötet.

* Sterile Arbeitsbedingungen. Sterile Utensilien lassen sich am besten durch Erhitzung in einem Schnellkochtopf gewinnen. Die Verwendung von Einmalhandschuhen wird empfohlen.

Composite production

In the last step, the damp fungus-plant mixture is transferred into a three-dimensional mould of the desired object. In the course of the subsequent cultivation, the fungus, which continues to grow on the plant substrate, compresses the mixture into a solid and very dense composite material which will adopt the shape of the mould.

Knead the substrate bags until the white mycelium is almost no longer visible.

* Open the bags and fill the kneaded mycelium composite with a little pressure into a sterile mould. Close the mould's opening with cling film.

The fungus needs about 3–6 days to grow through the kneaded mass into the desired form. (→ Fig. 5)

* Remove the composite from the mould. Either dry directly (see below) or incubate again for approx. 2–5 days, so that a velvety mycelium layer can develop on the outside. For this purpose, place the composite in a sterile box, in which a moist atmosphere must be ensured by water-soaked paper towels to allow a final growth phase.

Dry the composite at 70 °C for 5–48 hours depending on its size. Drying is complete when the weight is no longer reduced. This heat treatment kills the fungus.

* Sterile working conditions. Sterile utensils are best obtained by heating in a pressure cooker. The use of disposable gloves is recommended.

Ein Fahrradhelm aus Pilzen?

Interview mit unserem Studenten Bastian Schubert, der im Rahmen seiner Bachelorarbeit Fahrradhelm-Prototypen aus *Fomes fomentarius* entwickelte

Wie ist der Gedanke entstanden, einen Fahrradhelm aus einem Pilzverbundstoff zu entwickeln?

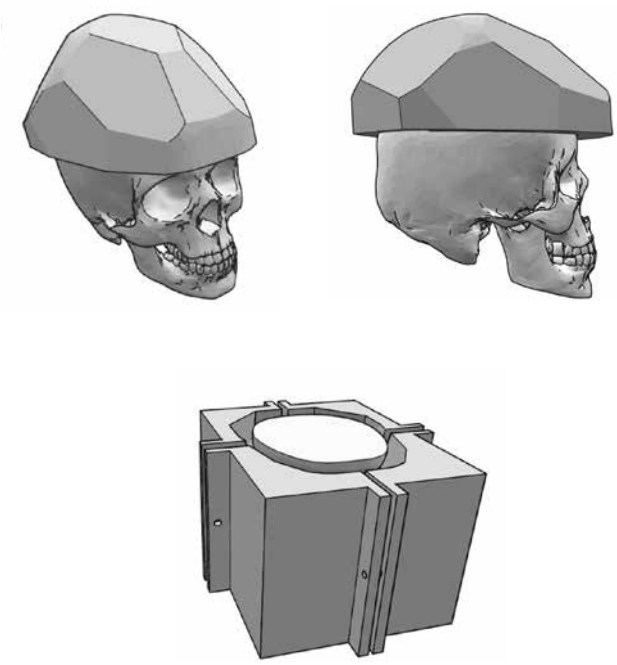
Der Gedanke entstand beim ersten Gespräch mit meinem Betreuer Bertram Schmidt über das mögliche Thema meiner Bachelorarbeit. Als er mir die potenziell erreichbare Stoßstabilität des Materials erläuterte, musste ich an die Tausenden Myzelfäden denken, die Kraft absorbieren und über das Myzel hinweg verteilen können, ohne dabei zu kollabieren oder zu platzen. Sofort kam mir eine Verwendung als Fahrradhelm in den Sinn.

Wie hast du deine Idee umgesetzt?

Der Grundgedanke war, mithilfe einer Design-Software (CAD) die Innen- und Außenform des Helms am Computer zu entwerfen und diese anschließend mit einem 3D-Drucker herzustellen. Im Zwischenbereich sollte dann das Pilz-Pflanzen-Komposit wachsen und sich der vorgegebenen Form anpassen. (→ Abb. 7) Bei der Umsetzung konnte ich viel von meinem Mitstudenten Kustrim Cerimi lernen, der zeitgleich im *Mind-the-Fungi*-Projekt an seiner Masterarbeit forschte und schon viel Erfahrungen mit CAD, 3D-Druck und *Fomes fomentarius* hatte.

Gab es Verbesserungsmöglichkeiten, und wie bist du diese angegangen?

Die ersten Versuche lieferten gute Ergebnisse, vor allem die Wachstumsdichte des Myzels war sehr gut. Trotzdem wurde der erste Prototyp des Helms im nächsten Schritt vergrößert und die Wanddicke erhöht. Auch wurden verschiedene Substratkombinationen ausprobiert, wobei uns eine Mischung aus Hanf und Raps am sinnvollsten erschien. Weitere Versuche verfolgten die Strategie einer Mehrschichtigkeit des Helms, das heißt der Helm sollte durch eine äußere Pflanzenfaserschicht verstärkt werden oder durch eine Außenschicht aus Bioplastik komplett wasserabweisend werden. Noch laufen die Versuche inklusive Sicherheitstests. Aber ich bin zuversichtlich, dass wir bald vielversprechende Daten bekommen werden. Ich hoffe sehr, dass ich mit diesem Projekt dazu beitragen kann, die zukunftsweisenden Chancen von Pilzverbundstoffen weiter in und auf die Köpfe der Menschen zu bringen.



7 Erster Helmprototyp im CAD-Programm (↗) und daraus abgeleitete Außen- und Innenformen, die mithilfe eines 3D-Druckers aus dem Bioplastik Polylactid gedruckt wurden – im Zwischenbereich soll das Pilz-Pflanzen-Komposit in Helmform wachsen (↘).

First helmet prototype in the CAD program (↗) and outer and inner forms derived from it which were printed from the bioplastic polylactide with the help of a 3D printer – in the space between the outer and inner part, the fungus-plant composite should grow (↘).

A mushroom bicycle helmet?

Interview with our student Bastian Schubert, who developed bicycle helmet prototypes from *Fomes fomentarius* as part of his bachelor thesis project

8 Fertig gewachsener Helmprototyp aus *Fomes fomentarius*, Hanf- und Rapsstroh

Finished helmet prototype made of *Fomes fomentarius*, hemp and rape straw

Where did you get the idea of developing a bicycle helmet from a fungal composite material?

The idea came up during the first conversation with my supervisor Bertram Schmidt about the possible topic of my bachelor project. When he explained to me the potentially achievable shock stability of the material, I had to think of the thousands of mycelial filaments that can absorb and distribute forces across the mycelium without collapsing or bursting. Immediately the use as a bicycle helmet came to my mind.

How did you realise your idea?

The basic idea was to design the inner and outer shape of the helmet using a software (CAD) and then to produce it with a 3D printer. In the space between the outer and inner part, the fungus-plant composite should grow and adapt to the given shape. (→ Fig. 7) During the implementation, I could learn a lot from my fellow student Kustrim Cerimi, who was simultaneously working on his master thesis in the framework of the *Mind the Fungi* project and already had a lot of experience with CAD, 3D printing and *Fomes fomentarius*.

Were there any possibilities for improvement and how did you approach them?

The first attempts delivered good results, especially the growth density of the composite was very good. Nevertheless, the first prototype of the helmet was enlarged during the next step and the wall thickness was increased. Various substrate combinations were also tried, whereby a mixture of hemp and rape seemed to us to make the most sense. Further tests pursued the strategy of a multi-layer helmet, that is the helmet should be reinforced by an outer plant fibre layer or become completely water-repellent by an outer layer of bioplastics. The experiments, including safety testings, are still ongoing. But I am confident that we will soon get promising data. I very much hope that with this project I will be able to contribute to the future of fungal composites and bring these ideas into and onto people's heads.

Flechten als Reservoire für neue Naturprodukte

Zakieh Zakeri, Stefan Junne, Peter Neubauer

Lichens as natural product reservoirs

FLECHTEN STELLEN MIT WEIT über 30 000 Arten einen beträchtlichen Teil der weltweiten Biodiversität der Pilze dar. Sie kommen überall auf der Erde vor. So können sie unter sehr extremen Bedingungen existieren, von den Polargebieten bis zum Äquator, vom felsigen Meeresufer bis auf den höchsten Bergspitzen. Sie sind Erstbesiedler auf vulkanischem oder vom Dauereis befreitem Gestein. Sie wachsen auf vielen Gehölzen und sind so an nahezu jedem Baum zu finden, auch mitten in Stadtgebieten. Sie bewachsen aber auch Gehwegplatten, Mauern und Zäune. Flechten sind keine einzelnen Organismen, sondern bestehen aus einem Pilz, der der Flechte ihren Namen gibt, und einem oder mehreren Photosynthese betreibenden Partnern, die in einer Gemeinschaft (Symbiose) miteinander leben. Diese Photobionten sind Grünalgen oder / und Cyanobakterien.

Im Zuge der Anpassung an ihre teilweise extremen natürlichen Umgebungen und durch die Interaktion mit anderen Lebewesen der Ökosysteme konnten die oft langsam wachsenden Flechten durch die Bildung einer Vielzahl von Naturstoffen, sogenannten Flechtenstoffen, überleben. Viele der bisher in ihrer chemischen Struktur aufgeklärten Flechtenstoffe, zu denen Carotenoide, Chinone, Chromone, Depside, Depsidone, Dibenzofurane, Mono- und Polysaccharide, aliphatische Säuren und andere gehören,[1] kommen ausschließlich in Flechten vor. (→ Abb. 4) Sie können bis zu 40 Prozent der Flechten-Trockenmasse ausmachen und kristallisieren sogar teilweise an der Flechtenoberfläche aus. Bisher sind circa 700 dieser Flechtenstoffe bekannt; wahrscheinlich gibt es aber viel mehr, da schon das Genom eines einzelnen Pilzes die Information für die Bildung von über 100 Substanzen enthalten kann.

Die in Flechten enthaltenen Substanzen sind die Grundlage für die schon seit dem Altertum erfolgte Nutzung durch den Menschen, etwa als Färbemittel und in der Medizin, als pH-Indikator (Lackmustest) oder als Duftstoff. So wird ein Extrakt des sogenannten Eichenmooses *(Evernia prunastri)* für die Herstellung von Parfüm genutzt. Die giftige Wolfsflechte *(Letharia vulpina)* wurde historisch als Farbstoff eingesetzt.[2]

Die Rolle der Flechtenprodukte in der Natur ist bisher nur ansatzweise verstanden. Manche Stoffe besitzen antibiotische Eigenschaften, zum Beispiel wirkt Usninsäure, die von Flechten der Gattung *Usnea* gebildet wird, gegen Gram-positive Bakterien und wird für antibioti-

WITH WELL OVER 30 000 species, lichens account for a substantial part of the worldwide biodiversity of fungi. They occur all over the world. Thus they can exist under very extreme conditions and can be found from the polar regions to the equator, from the rocky sea shore to the highest mountain peaks and are first colonisers on volcanic ground or on rock freed from permanent ice. They grow on many trees and shrubs and can therefore be found on almost every tree, even in the middle of urban areas. But they also grow on pavement slabs, walls and fences. Lichens are not single organisms, but consist of a fungus, which gives its name to lichens, and one or more photosynthetic partners who live in a community (symbiosis). These photobionts are green algae or / and cyanobacteria.

In their course of adaptation to diverse and sometimes extreme environments, and in interaction with other living organisms in the ecosystems, the often slow-growing lichens have been able to survive by forming a variety of natural substances, the so-called lichen substances. Many of the lichen substances whose chemical structure has been elucidated so far, including depsides, depsidones, dibenzofurans, quinones, chromones, carotenoids, mono- and polysaccharides, aliphatic acids et cetera, are found exclusively in lichens.[1] (→ Fig. 4) They can make up up to 40 per cent of the dry mass of lichens and sometimes even crystallise on the lichen surface. So far about 700 lichen substances are known; but there are probably much more, since the genome of a single fungus can contain the information for the formation of over 100 substances.

Substances occurring in lichens have been used since ancient times, for example as dyes or for medical purposes, as pH indicator (litmus test), or as fragrances – *Evernia prunastri* (oakmoss) is an important basic fragrance in the perfume industry. The toxic *Letharia vulpina* was historically used as a dye, but also to poison wolves and foxes.[2]

The role of the lichen compounds in nature is barely known so far. Some of the substances have anti-

sche Salben sowie als Kosmetikum zur Unterdrückung von Fußgeruch genutzt. Derivate der Usninsäure und andere Flechtensubstanzen, wie etwa Isohypocrellin, Pannarin oder Vulpinsäure, könnten durch ihre hemmenden Effekte auf das Zellwachstum in der Krebstherapie eingesetzt werden. »Isländisches Moos« *(Cetraria islandica)* wird bei Reizhusten, Bronchitis und Magen-Darm-Beschwerden genutzt und hat eine fiebersenkende Wirkung. Andere Substanzen wie Vulpinsäure wirken abschreckend gegen Schnecken oder hemmen das Wachstum von Insektenlarven und Moosen, was ihren Einsatz als biologische Pflanzenschutzmittel nahelegt. Einige Flechtenstoffe bilden Komplexe mit Metallen und könnten industriell für eine schonende Metallgewinnung Verwendung finden, andere wie Pulvinsäure und Rhizocarpsäure haben eine UV-Licht filternde Wirkung, wie zum Beispiel Depside, Depsidone und Bisxanthone,[3] und könnten so in Sonnencremes eingesetzt werden. Allerdings gibt es bisher nur wenige Beispiele für die praktische Nutzung von Flechtenstoffen, entsprechend groß erscheinen die unerschlossenen Potenziale.

Derzeit werden nur wenige Flechtenarten wie Isländisches Moos, Rentierflechte und Bartflechte kommerziell gesammelt und in der Naturkosmetik oder -heilmedizin angewandt. Durch ihr langsames Wachstum und die relativ geringen Biomassen, in denen sie oft vorkommen, ist eine derartige Nutzung der Flechten aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes allerdings problematisch. So wurde inzwischen die Entnahme der meisten traditionell genutzten Flechtenarten aus der Natur für wirtschaftliche Zwecke in den Ländern Mitteleuropas gesetzlich verboten. Die Entwicklung von biotechnologischen Kultivierungsstandards für interessante Flechtenarten könnte daher in der Zukunft eine wichtige Bedeutung für die kontinuierliche, zuverlässige Bereitstellung von Flechten und ihren vielfältig nutzbaren Naturstoffen bilden.

Für das Erschließen möglicher Verwertungspotenziale ist ein besseres Verständnis der Biologie der Flechten notwendig, das insbesondere die symbiotische Verbindung zwischen dem Pilz, einem Mykobionten, und der Alge und/oder einem Cyanobakterium, sogenannten Photobionten, betrachtet. Es können auch zwei Photobionten gleichzeitig in einer Flechte vorkommen, während immer nur eine Pilzart als Mykobiont dient.[4] In der Symbiose produziert der Photobiont mithilfe der Photo-

biotic properties; usnic acid from lichens, for example, leads to lysis of Gram-positive bacteria and is used for antibiotic treatments or as cosmetics for the suppression of foot odour. Derivatives of usnic acid and other lichen substances such as isohypocrellin, pannarin or vulpinic acid could be used in cancer therapy due to their inhibitory effects on cell growth. »Iceland moss« (*Cetraria islandica*) is widely used against dry cough, bronchitis and gastro-intestinal diseases, but also has fever-reducing properties. Other substances like vulpinic acid are efficient repellents, effective for example against snails, or suppress the development of insect larvae, or bryophytes, which suggests their use in pest management. Some lichen substances form complexes with metals and thus could be used industrially for leaching. Others like pulvinic acid and rhizocarpic acid have UV light filtering properties, such as depsides, depsidones and bisxanthones and could be added to sun creams.[3] However, so far there are only very few examples for the practical use of lichen substances and the untouched potential seems to be correspondingly large.

At present, only a few lichen species such as Iceland moss, reindeer lichen and beard lichen are commercially collected and used in natural cosmetics or natural medicine. However, due to their slow growth and the relatively small total biomass, such use of lichens is problematic from the point of view of nature conservation and environmental protection. Therefore, the commercial collection of most of the traditionally used lichen species from nature has been prohibited by law in the countries of Central Europe. The development of cultivation standards for interesting species could therefore be of great importance for the continuous, reliable supply of lichens and their versatile natural products in the future.

For a possible biotechnological use of lichens it is necessary to understand their biology. Lichens are dual organisms that arise from a symbiotic relationship between a fungus, the mycobiont, and an alga and/or

synthese Kohlenhydrate (Zucker), die der Mykobiont, der selbst keine Photosynthese durchführen kann, als Nahrung nutzt. Dieser wiederum versorgt den Photobionten mit Mineralien, Vitaminen und Wasser, schützt mit seinem Gewebe die Algen vor Austrocknung und verankert die Flechte am Untergrund.[5] Einige der Photobionten können in der Natur auch selbstständig existieren. Im Gegensatz dazu haben sich die pilzlichen Partner ganz auf die Symbiosengemeinschaft spezialisiert und können ohne den Photobionten nicht frei in der Natur leben.

Über diese seit langem bekannte Symbiose hinaus haben Studien der vergangenen Jahre ergeben, dass Flechten noch wesentlich kompliziertere Gemeinschaften bilden, in die noch andere assoziierte Pilze, Algen und Bakterien involviert sind, die in oder auf der Flechte leben. Durch diese multiple Partnerschaft ist die Flechte in der Lage, auf die verschiedenen Umweltbedingungen in den komplexen Ökosystemen besser zu reagieren als ungeschützt wachsende und nicht-symbiotisch lebende Algen und Pilze.[6]

Bisher ist es extrem schwierig, die Flechtensymbiose im Labor nachzustellen und größere Mengen an Biomasse und die gleichzeitig synthetisierten Flechtenstoffe zu produzieren. Dies liegt einmal daran, dass die auf oder im sogenannten Flechtenthallus, dem gesamten Flechtenkörper, enthaltenen Fremdbakterien und -pilze in einem nährstoffreichen Labormedium schneller wachsen als die Flechtensymbionten. Um eine reine Flechtenkultur zu erhalten, müssen die Flechtensymbionten daher in Reinkultur, als Isolate, vorliegen (siehe nächster Abschnitt). Die jeweiligen Isolate können auf Fest- oder Flüssigmedien mit diversen Kohlenstoff- und Stickstoffquellen vermehrt werden. Falls dann beide Symbionten kontaminationsfrei vorliegen, kann ihre gemeinsame Kultivierung zur Neubildung einer Flechte führen.[7] Die Optimierung vieler Umweltparameter wie Licht, pH-Wert, Nährstoffversorgung, Feuchtigkeit und Temperatur sind für die Flechtenkultur entscheidend. Die Kulturbedingungen sind von Art zu Art sehr unterschiedlich und müssen jeweils angepasst werden.[8]

Ziel unseres Projektes war es, Flechten in und um Berlin zu isolieren, Erfahrungen in der Isolation und kontrollierten Kultivierung unter Laborbedingungen zu sammeln und das Produktspektrum dieser Kulturen zu untersuchen. Gleichzeitig wurden gemeinsame Laborkultivierungen von Pilzen und Algen durchgeführt, die

cyanobacterium, the photobiont. Two photobionts can also occur simultaneously in a lichen, while only one fungal species serves as a mycobiont.[4] In symbiosis, the photobiont produces carbohydrates (sugars) via photosynthesis, which are used by the mycobiont, which cannot perform photosynthesis itself. The mycobiont in turn supplies the photobiont with minerals, vitamins and water, protects the alga from dehydration with its tissue and gives the whole lichen a hold on its base.[5] Some of the photobionts can also exist independently in nature. In contrast, the fungal partners have specialised completely in the symbiosis community and cannot live freely in nature without the photobiont.

In addition to this long-known symbiosis, studies in recent years have shown that lichens form much more complex communities involving other associated fungi, algae and bacteria living in or on the lichen thallus (the entire lichen body). Through this multiple partnership, lichens are able to react more sensitively to the various environmental conditions in complex ecosystems than unprotected growing and non-symbiotically living algae and fungi.[6]

Up to now, it has been extremely difficult to simulate the lichen symbiosis in the laboratory and to produce larger quantities of biomass and the lichen substances synthesised at the same time. One reason for this is that the contaminating bacteria, algae and fungi contained on or in the lichen thallus grow faster in a nutrient-rich laboratory medium than the lichen symbionts. To obtain a pure lichen culture, the pure culture of the individual lichen partners is a prerequisite (see next section). The respective isolates can be incubated on solid or liquid media with various carbon and nitrogen sources. If both symbionts are then obtained as a pure culture, their co-culture can lead to the formation of a new lichen.[7] The optimisation of many environmental parameters such as light, pH, nutrient supply, humidity and temperature are particularly relevant for the growth of lichens and thus for lichen culture. Culture conditions vary greatly from species to

in der Natur keine Symbiose bilden. Ziel dieser Untersuchungen war die Klärung der Frage, ob sich durch die gemeinsame Kultivierung der Organismen eventuell makromorphologische Strukturen ausbilden und interessante Produkte synthetisiert werden. Dazu wurden spezielle Bioreaktoren genutzt, die durch eine dreidimensionale Schüttelbewegung eine gute Versorgung mit Sauerstoff gewährleisten und anders als viele gerührte Bioreaktoren nur eine geringe Scherbeanspruchung hervorrufen. In diesem sogenannten CELL-tainer-Konzept konnte eine sehr starke Anhaftung der Algenzellen und Pilzmyzelien beobachtet werden. (→ Abb. 1) Diese makromorphologische Besonderheit lässt Interaktionen auf anderen zellulären Ebenen vermuten, die es zukünftig weiter zu erforschen gilt.

Isolierung und Kultivierung von Flechten im Labor

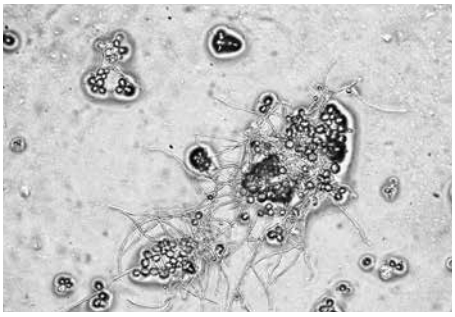
Die Kultivierung von Flechten aus dem Thallus (Flechtenkörper) ist selten erfolgreich, da dieser dann meistens von Fremdbakterien und -pilzen überwachsen und kontaminiert wird. Deshalb müssen spezifische Isolationsverfahren zusammen mit individuellen Wachstumsmedien entwickelt werden.

Isolierung und Kultivierung der Flechtenpilze (Mykobiont)

Um Flechtenpilze zu isolieren und kultivieren, werden entweder ihre Sporen, die sogenannten Ascosporen, verwendet oder der Thallus, wenn möglich mit Soredien, eine der Strukturen für die vegetative Vermehrung. Die sporenbasierte Methode ist bei Flechten mit Ascomata, das heißt Fruchtkörpern, leicht zu etablieren und im Protokoll 1 beschrieben. (→ Abb. 5 → S. 42)

Die Thallusmethode wird für alle Flechtenarten mit oder ohne Ascomata angewandt. Die Isolierung der Flechtenthalli wurde 1985 von Yoshikazu Yamamoto beschrieben und von anderen Autoren modifiziert.[9] Da diese Methode jedoch sehr aufwendig ist und es häufig zu Kontaminationen kommt, haben wir eine abgewandelte Methode entwickelt, die in Protokoll 2 beschrieben wird. (→ S. 43)

Alle Petrischalen wurden 3-mal pro Woche inspiziert, um Kontaminationen so schnell wie möglich zu entfernen, das heißt herauszuschneiden. Aus dem gut gewachsenen Teil der Platten wurden kleine Blöcke ausgeschnitten und jeweils einzeln in eine neue Petrischale mit Modified Bold's Basal Medium (MBB) (→ Tab. 2) gelegt.



1 Durchdringung von Algen (runde Zellen) und Filamenten eines Pilzes in einer flüssigen Kokultur (400-fache Vergrößerung)

Penetration of algae (round cells) and filaments of a fungus in a liquid co-culture (400-fold magnification)

species and probably have to be identified specifically for each species.[8]

In order to develop a basis for the biotechnological use of lichens, the main goal of our investigations was to collect lichens occurring naturally in the Berlin area and to gain experience with the isolation of lichen partners and their culture in the laboratory. For this purpose, special emphasis was placed on selecting taxonomically and functionally reliable systems and finding suitable conditions for pure culture. At the same time, joint laboratory cultivations of fungi and algae were carried out, which do not form a symbiosis in nature. The aim of these investigations was to clarify whether the joint cultivation of the organisms leads to the formation of macromorphological structures and the synthesis of interesting products. For this purpose, special bioreactors were used which, on the one hand, ensure a good supply of oxygen by means of a three-dimensional shaking movement and, on the other hand, in contrast to many stirred bioreactors, cause only a low shear stress. In this

Bold's Basal Medium (BMM)

Lösung Nr. Solution No.	H_2O	400 ml
1	$NaNO_3$	10 g
2	$KH2PO_4$	7 g
3	$K2HPO_4$	3 g
4	$MgSO_4$ $7H_2O$	3 g
5	CaCl	1 g
6	NaCl	1 g
		1000 ml
7	H_3BO_3	11,42 g
8	$FeSO_4$ $7H_2O$ $ZnSO_4$ $7H_2O$ MnCl2 $4H_2O$	4,98 g 8,82 g 1,44 g
9	MoO_3 $CuSO_4$ $5H_2O$ $Co(NO_3)_3$ $6H_2O$	0,71 g 1,57 g 0,49 g
10	EDTA KOH	50 g 31 g

Tab. 1 Je 10 ml der ersten sechs Lösungen Nr. 1–6 und je 1 ml der folgenden vier Lösungen Nr. 7–10 werden 1 l destilliertem Wasser zugegeben, um BBM herzustellen.

10 ml of the first six solutions No. 1–6 and 1 ml of the following fours solutions No. 7–10 are added to 1 l of distilled water to produce BBM (the comma in the table marks a decimal number).

Modified Bold's Basal Medium (MBB)

Nährstoffe Nutrients	Gesamtmenge in 1 l MBB Total amount of nutrient in 1 l MBB
BBM	1000 ml
Pepton Peptone	10 g
L-Glutamin L-Glutamine	2 g
Glucose	15 g
Thiamin Thiamine	100 µg entspricht 1 ml der Stammlösung von 100 mg/l 1 ml from the stock solution of 100 mg/l
Biotin	5 µg entspricht 200 µl der Stammlösung von 25 mg/l 200 µl from the stock solution of 25 mg/l
Agar	30 g

Tab. 2 Um MBB herzustellen, wird BBM mit Vitaminen, Kohlenstofflieferanten (Glucose) sowie Stickstoffquellen (Glutamin und Pepton) angereichert.

To produce MBB, BBM is enriched with vitamins, carbon suppliers (glucose) as well as nitrogen sources (glutamine and peptone).

Die Petrischalen des Pilzisolats wurden bei 16–20 °C im Dunkeln inkubiert. (→ Abb. 2, 3) Nach etwa 8 Wochen wurden die auf dem Agar gewachsenen Flechtenkolonien mit 3 sterilen Glaskügelchen (3 mm Durchmesser) und 1 ml MBB für 1 Minute in einer Kugelmühle geschüttelt. Danach wurde die Biomasse in einem Schüttelkolben mit 50 ml flüssigem MBB überführt und für 2 Monate kultiviert. (→ Abb. 6) Zur taxonomischen Identifizierung der isolierten Kulturen wurden DNA-Sequenzierungen durchgeführt.

Isolierung und Kultivierung der Algen (Photobiont)
Dasselbe Verfahren, das zur Isolierung von Mykobionten aus dem Flechtenthallus genutzt wurde, wurde auch zur Isolierung von Algen genutzt. (→ S. 43) Die Isolierung wurde mit Bold's Basal Medium (BBM) (→ Tab. 1) durchgeführt, das keinen Zucker enthält und so die meisten Pilzkontaminationen verhindert.[10] Die Kultivierung der Algen erfolgte mit einer abwechselnden Hell-Dunkel-Phase (10 Stunden Licht, 14 Stunden Dunkelheit) bei 20 °C. Die Petrischalen wurden 3-mal wöchentlich inspiziert. Für jede Flechtenart wurden 4 Petrischalen (jede Petrischale mit 8 Inokula) beimpft.

Nach wiederholter Subkultur der Algen in einer neuen Petrischale wurden Reinkulturen erreicht. Diese Reinkulturen wurden für 1–2 Monate in Kolben mit flüssigem BBM überführt. Zur taxonomischen Identifizierung der isolierten Kulturen wurden DNA-Sequenzierungen durchgeführt.

Kokultivierung von Alge und Pilz
Die Kokultivierung aus dem kultivierten Mykobionten (2-Monats-Kultur) und dem verwandten Photobionten (1-Monats-Kultur) erfolgte in den verschiedenen festen oder flüssigen Medien MBB, BBM, MY (Malz-Hefe-Extrakt)[11] oder LB (Lilly-Barnett-Medium)[12]. (→ Abb. 6)

Die Kokulturen wurden unter gleichen Bedingungen gelagert wie die Algenkulturen. Das Zellaggregat der Symbionten war nach wenigen Wochen ausgebildet. In den meisten Fällen waren pellet-förmige Aggregate auf dem festen Medium zu beobachten; in einigen Fällen bildete sich ein undifferenziertes Gewebe aus. (→ Abb. 7) Insgesamt dauert dieser Prozess sehr lang, da unter Laborbedingungen Flechtensymbionten als Zellaggregate zwar viel schneller als in der Natur wachsen, aber immer noch viel langsamer als andere Mikroorganismen.

so-called CELL-tainer concept, a very strong adhesion of the algae cells and fungal mycelia could be observed. (→ Fig. 1) This macromorphological peculiarity suggests interactions at other cellular levels, which will need to be further investigated in the future.

Laboratory isolation and cultivation of lichen
Cultivation of lichens from the entire lichen body (thallus) is seldom successful, since it is usually overgrown by contaminating bacteria and fungi present on the extracted tissue. Therefore, specific isolation procedures have to be developed together with individual growth media.

Isolation and cultivation of fungi (mycobiont)
For isolating and cultivating fungi from lichens, either their spores, the so-called ascospores, are used or the thallus, if possible with soredia, one of the structures for vegetative reproduction. The spore-based method is easily established for lichens with ascomata, that is fruiting bodies as described in Protocol 1. (→ Fig. 5 → p. 43)

The thallus method is used for all lichen species with or without ascomata. The isolation of lichen thallus was described by Yoshikazu Yamamoto in 1985 and modified by others.[9] However, since this method is very laborious and contamination is frequent, we have developed a modified method that is described in Protocol 2. (→ p. 43)

All Petri dishes were inspected 3 times a week in order to remove contaminations as quickly as possible, by cutting them out. Later, small blocks were cut out of the well-colonised part of the plates and each block was individually placed in a new agar plate with MBB (Modified Bold's Basal Medium). (→ Tab. 2) These Petri dishes with the fungal isolates were incubated at 16–20 °C in the dark. (→ Fig. 2, 3) After about 8 weeks, the lichen colonies grown on the agar were shaken with 3 sterile glass beads (3 mm diameter) and 1 ml MBB for 1 minute in a bead mill. The biomass was then transferred to a shake flask with 50 ml liquid MBB and cultivated for 2 months. (→ Fig. 6) DNA sequencing was performed for taxonomic identification of the isolated cultures.

1 Siegfried Huneck und Isao Yoshimura: *Identification of Lichen Substances*, Berlin / Heidelberg / New York 1996.

2 Roland Moberg und Ingmar Holmåsen: *Flechten von Nord- und Mitteleuropa. Ein Bestimmungsbuch*, Stuttgart / Jena / New York 1992.

3 Khanh-Hung Nguyen et al.: »UV-Protectant Metabolites From Lichens and Their Symbiotic Partners« , in *Natural Product Reports* 30 (2013), S. 1490–508.

4 Peter H. Raven, Ray F. Evert und Susan E. Eichhorn: *Biologie der Pflanzen*, 4. Auflage, Berlin 2006. Es wurden aber auch Basidiomycetenhefen im Kortex der Ascomyceten-Makroflechte nachgewiesen, siehe dazu Toby Spribille et al.: „Basidiomycete Yeasts in the Cortex of Ascomycete Macrolichens", in *Science* **353,** 6298 (2016), S. 488–92.

5 Vernon Ahmadjian: *The Lichen Symbiosis*, New York 1993.

6 Elfriede Stocker-Wörgötter: »Resynthesis of Photosymbiodemes« , in Ilse Kranner, Richard P. Beckett und Ajit K. Varma (Hrsg.): *Protocols in Lichenology: Culturing, Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring*, Berlin / Heidelberg / New York 2002 (Springer Lab Manual), S. 47–60.

7 Stocker-Wörgötter, »Resynthesis of Photosymbiodemes«.

8 Tami R. McDonald, Ester Gaya und François Lutzoni: »Twenty-Five Cultures of Lichenizing Fungi Available for Experimental Studies on Symbiotic Systems« , in *Symbiosis* **59** (2013), S. 165–71.

9 Yoshikazu Yamamoto, Ryuzo Mizuguchi und Yasuyuki Yamada: »Tissue Cultures of *Usnea rubescens* and *Ramalina yasudae* and Production of Usnic Acid in their Cultures«, in *Agricultural and Biological Chemistry* 49 (1985), S. 3347 f.

10 Temd R. Deason und Harold C. Bold: *Phycological Studies*, I: *Exploratory Studies of Texas Soil Algae*, Austin, Texas 1960.

11 Vernon Ahmadjian, *The Lichen Symbiosis*, New York 1993.

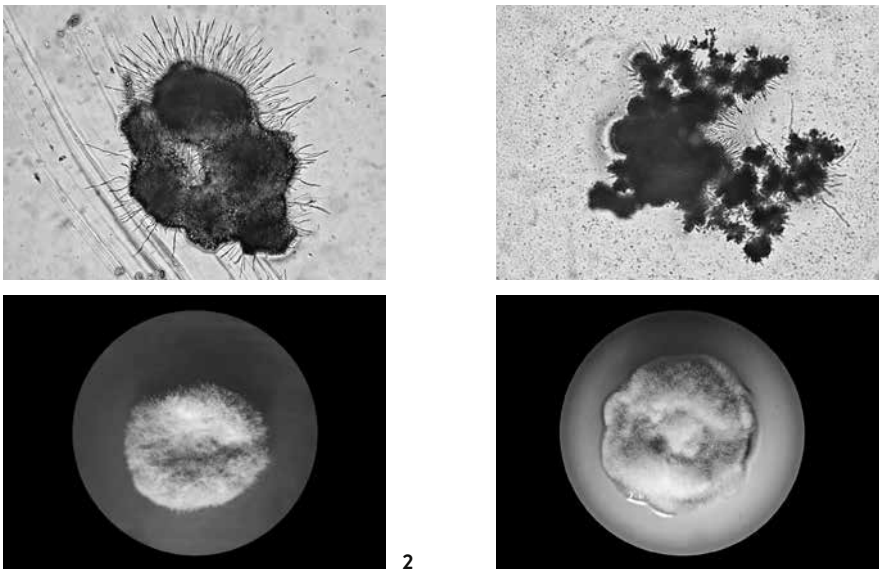
12 Virgil Greene Lilly und Horace L. Barnett: *Physiology of the Fungi*, New York 1951.

Isolation and cultivation of algae (photobiont)
The same procedure for isolating mycobiont from the lichen thallus was used to isolate algae from the scratched thallus plate. (→ p. 43) The isolation was performed with BBM (Bold's Basal Medium) (→ Tab. 1), which contains no sugar and thus prevents most fungal contamination.[10] The cultivation of the algae took place with alternating light-dark phases (10 hours light, 14 hours dark) at 20 °C. The plates were inspected 3 times a week. For each lichen species, 4 Petri dishes were then inoculated with algae isolate (each Petri dish with 8 tiny pieces / inocula).

After repeated subculture of the algae in a new Petri dish, pure cultures were obtained. These pure cultures were transferred to flasks with liquid BBM for 1–2 months. DNA sequencing was performed for taxonomic identification of the isolated cultures.

Co-cultivation
Co-cultivation from the cultivated mycobiont (2-months culture) and the related photobiont (1-month culture) were created in solid and liquid media of MBB, BBM, MY (Malt-Yeast Extract)[11] and LB (Lilly-Barnett medium)[12]. (→ Fig. 6)

The co-cultures were stored under the same conditions as the algae cultures. After a few weeks, the cell aggregates of the symbionts were fully formed. In most cases, they grew together on the solid medium just like pellets, and in some cases they created an undifferentiated tissue. (→ Fig. 7) Overall, this process takes a very long time; although lichen symbionts grow under laboratory conditions much faster than in nature, they still grow slower than many other microorganisms.



2 3

2 Ein isoliertes Thallusteil nach 1 Woche Kultivierung (200-fache Vergrößerung) (↖), und nach 2 Monaten Kultivierung (20-fache Vergrößerung) (↙)

An isolated thallus part after 1 week culturing (200-fold magnification)(↖), and after 2 months culturing (20-fold magnification) (↙)

3 Eine isolierte Soredia nach 1 Woche Kultivierung (100-fache Vergrößerung) (↗), und nach 2 Monaten Kultivierung (20-fache Vergrößerung) (↘)

An isolated soredia after 1 week culturing (100-fold magnification) (↗), and after 2 months culturing (20-fold magnification) (↘)

---

1 Siegfried Huneck and Isao Yoshimura: *Identification of* Lichen Substances, Berlin / Heidelberg / New York 1996.

2 Roland Moberg and Ingmar Holmåsen: *Flechten von Nord- und Mitteleuropa. Ein Bestimmungsbuch,* Stuttgart / Jena / New York 1992.

3 Khanh-Hung Nguyen et al.: »UV-Protectant Metabolites From Lichens and Their Symbiotic Partners« , in *Natural Product Reports* 30 (2013), pp. 1490–508.

4 Peter H. Raven, Ray F. Evert and Susan E. Eichhorn: *Biologie der Pflanzen,* 4th edition, Berlin 2006. But basidiomycete yeasts in the cortex of the ascomycete macrolichens have also been proven, see Toby Spribille et al.: »Basidiomycete Yeasts in the Cortex of Ascomycete Macrolichens«, in *Science* **353,** 6298 (2016), pp. 488–92.

5 Vernon Ahmadjian: *The Lichen Symbiosis,* New York 1993.

6 Elfriede Stocker-Wörgötter: »Resynthesis of Photosymbiodemes« , in Ilse Kranner, Richard P. Beckett & Ajit K. Varma (Eds): *Protocols in Lichenology: Culturing, Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring,* Berlin / Heidelberg / New York 2002 (Springer Lab Manual), pp. 47–60.

7 Stocker-Wörgötter, »Resynthesis of Photosymbiodemes« .

8 Tami R. McDonald, Ester Gaya und François Lutzoni: »Twenty-Five Cultures of Lichenizing Fungi Available for Experimental Studies on Symbiotic Systems«, in *Symbiosis* 59 (2013), pp. 165–71.

9 Yoshikazu Yamamoto, Ryuzo Mizuguchi and Yasuyuki Yamada: »Tissue Cultures of *Usnea rubescens* and *Ramalina yasudae* and Production of Usnic Acid in their Cultures«, in *Agricultural and Biological Chemistry* 49 (1985), p. 3347 f.

10 Temd R. Deason and Harold C. Bold: *Phycological Studies, I: Exploratory Studies of Texas Soil Algae,* Austin, Texas 1960.

11 Vernon Ahmadjian, *The Lichen Symbiosis,* New York 1993.

12 Virgil Greene Lilly and Horace L. Barnett: *Physiology of the Fungi,* New York 1951.

1. Isolierung von Pilzen aus Ascosporen

Die Oberfläche der Flechtenstücke wurde mit einer Bürste gereinigt, um verbliebenen Schmutz und Staubpartikel zu entfernen.

Ein steriles Skalpell wurde zur Präparation verwendet, um kleine Stückchen der Flechte mit den die Sporen enthaltenen Ascomata zu isolieren.

Die Flechtenstückchen mit Ascomata bzw. nur einem einzelnen Ascoma wurden mit einer kleinen Menge Vaseline oder Klebeband auf der inneren Seite des Deckels einer Petrischale mit 5 cm Durchmesser befestigt. Die Petrischale enthielt steriles festes Medium (MBB, BBM, MY oder LB) und die Inkubation erfolgte kopfüber. Hierbei wurden innerhalb weniger Tage die Sporen automatisch vom Ascoma an den darüberliegenden Agar geschossen.

Die Petrischalen wurden mit Klebeband versiegelt, um Austrocknen und Kontaminationen zu vermeiden.

Die Agaroberfläche wurde täglich mit einem Stereomikroskop untersucht, und nachdem die Ascosporen ausgetreten waren, wurde der Deckel der Petrischale mit dem Ascoma gegen einen sterilen neuen Deckel ausgetauscht.

Die Petrischalen wurden alle 2 Tage unter dem Stereomikroskop auf Kontamination überprüft.

Die Petrischalen wurden generell mit dem Deckel nach unten inkubiert, um zu verhindern, dass sich bildendes Kondenswasser auf die wachsenden Kolonien tropft.

Die Inkubation der Pilzsporen sollte bei 16–20 °C im Dunkeln erfolgen.

Die Ascosporen keimen meistens zwischen dem 3. und 15. Tag, nachdem sie auf den Agar entladen wurden.

Die Sporen brauchen 20–60 Tage, um zu Kolonien zu wachsen. (→ Abb. 5)

1. Isolation of fungi from spores

The surface of the specimens was cleaned with a brush to remove any remaining soil and debris.

A sterile scalpel was used to dissect specimens to obtain small portions with ascomata.

The portions of lichen with ascomata, or occasionally only a single ascoma, were attached with a small quantity of petroleum jelly or tape onto the inverted lid of a 5 cm diameter Petri dish. The spores could shoot upwards onto an overlying layer of agar plate with different media (MBB, BBM, MY, LB).

The plates were sealed with adhesive tape to reduce the risk of drying out and contamination.

The agar surface was examined daily with a stereomicroscope, and once ascospores had been discharged, the upper lid was exchanged for a new sterile one.

The plates were checked for contamination under the stereomicroscope every 2 days.

The plates were generally stored with the lid upside down to prevent the condensation that now forms from dripping onto the growing colonies.

The incubation of the fungi spores should take place at 16–20 °C in the dark.

The spores germinate 3–15 days after discharging.

The spores will need 20–60 days to grow into colonies. (→ Fig. 5)

2. Isolierung von Pilzen aus Thallus und Soredien

Unter dem Stereomikroskop wurde ein möglichst kontaminantenfreier Teil des Thallus (mit Soredien, falls vorhanden) selektiert.

Die Oberfläche des ausgewählten Thallusteils wurde mit einer Bürste gereinigt, um verbliebenen Schmutz und Ablagerungen zu entfernen.

Das ausgewählte gereinigte Thallusteil wurde vorsichtig mit einer sterilen Pinzette oder einem Skalpell in eine sterile Petrischale gekratzt.

Unter dem Stereomikroskop wurde sodann der sehr kleine Teil des selektierten Thallusteils (bzw. der Soredien) aus der Petrischale entnommen und auf eine Petrischale mit MBB und 9 cm Durchmesser gelegt (wir setzen mindestens 8 kleine Thallusteile in jede Petrischale).

Die Platten wurden alle 2 Tage unter dem Stereomikroskop auf Kontamination überprüft, um Kontaminationen herauszuschneiden oder den gut gewachsenen Teil der Platten in eine neue Petrischale zu überführen.

Zur Isolierung von Algen aus dem Thallus wird das gleiche Verfahren genutzt, wobei jedoch BBM statt MBB verwendet werden sollte.

Die Inkubation der Algen sollte mit einer Hell-Dunkel-Phase von 10 Stunden Licht und 14 Stunden Dunkelheit bei 20 °C erfolgen.

Einige Subkulturen sind erforderlich, um eine reine Algenkultur zu erreichen.

Die Algen benötigen 10–20 Tage, um in jeder Subkultur zu grünen Kolonien zu wachsen.

2. Isolation of fungi from thallus and soredia

A part of the thallus (with soredia, if available) without any contamination and parasites was selected under the stereomicroscope.

The surface of the selected thallus part was cleaned with a brush to remove any remaining soil and debris.

The selected cleaned thallus part was carefully scratched with sterile tweezers or a scalpel into a sterile Petri dish.

Under the stereomicroscope, the very small part of the scratched thallus (or soredia) was taken from the Petri dish and put on a Petri dish of 9 cm diameter with MBB (we place at least 8 inocula of the small part of the thallus in each Petri dish).

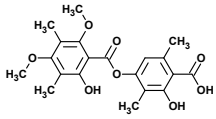
The plates were checked for contamination under the stereomicroscope every 2 days. Contaminations were cut out, or the well-grown part of the plates was transferred into a new Petri dish.

The same procedure is used to isolate algae from the scratched thallus plate. Here, however, with BBM instead of MBB.

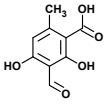
The incubation of the algae should take place with alternating light-dark phases of 10 hours light and 14 hours darkness at 20 °C.

Some subcultures are required in order to achieve a pure algal culture.

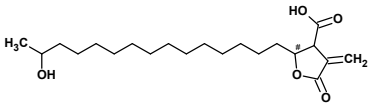
The algae will need 10–20 days to grow into green colonies in each subculture.



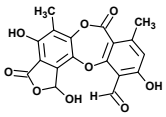
Diffractaic acid



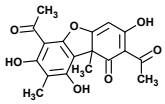
Haematomic acid



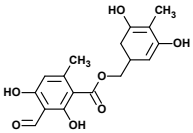
Murolic acid



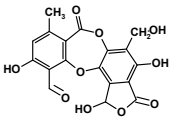
Norstictic acid



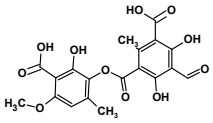
Usnic acid



Alectorialin



Salazinic acid



Thamnolic acid

4 Chemische Zusammensetzung einiger Flechtensubstanzen

Chemical composition of some lichen substances

5 Gelbflechte *Xanthoria parietina* in der Natur (↖), Petrischale mit Ascomata der Gelbflechte, die den Prozess der Sporenmethode zeigt (↗), gekeimte Spore von *X. parietina* nach 6 Tagen (400-fache Vergrößerung) (↙), und Koloniebildung gekeimter Sporen nach 6 Wochen (20-fache Vergrößerung) (↘)

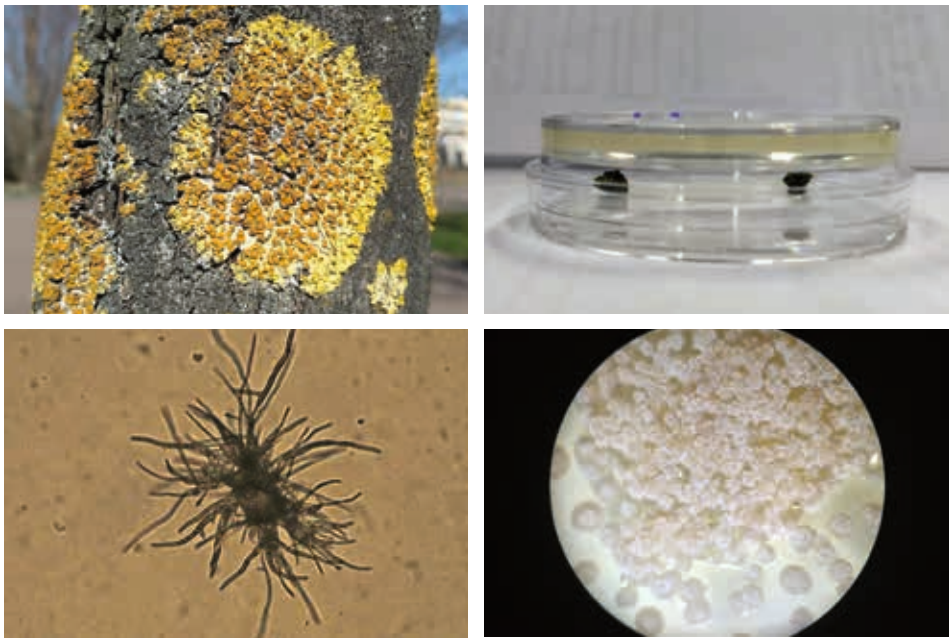
Xanthoria parietina in nature (↖), Petri dish with ascomata of *X. parietina* showing the process of the spore method (↗), germinated spore from *X. parietina* after 6 days (400-fold magnification) (↙), and colony building of germinated spores after 6 weeks (20-fold magnification) (↘)

6 Flüssigkulturen der Gelbflechte in MBB, von links nach rechts: Reinkultur aus Alge *Trebouxia decolorans;* Reinkultur aus Pilz *Xanthoria parietina;* und Kokultivierung beider Reinkulturen (Alge + Pilz)

Liquid cultures of the lichen *Xanthoria parietina* in MBB, from left to right: pure culture from alga *Trebouxia decolorans;* pure culture from fungus *Xanthoria parietina;* and co-cultivation of both pure cultures (alga + fungus)

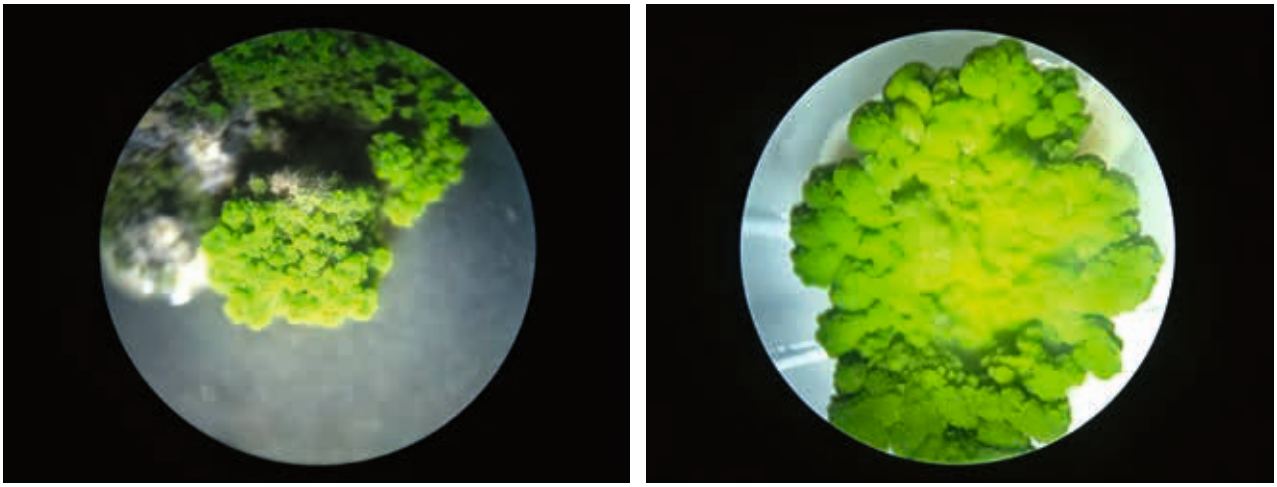
7 Flechtenpellets nach 8 Wochen Kokultivierung (←), undifferenziertes Flechtengewebe nach 8 Wochen Kokultivierung (→)

Lichen pellets after 8 weeks co-cultivation (←), undifferentiated lichen tissue after 8 weeks co-cultivation (→)



5

6



7

Kunst und Naturwissenschaft als Gemeinschafts-myzelium

Regine Rapp, Christian de Lutz, Theresa Schubert,
Bertram Schmidt, Alessandro Volpato

Art and science as community mycelia

Fließende Grenzen.
Performative Wissenschaft durch Citizen Science, künstlerische Forschung und DIWO-Praktiken

DURCH VERSCHIEDENE FORMATE und Plattformen wie Vorträge, Laborbesuche, Workshops und Do-it-yourself- bzw. DIY-Kurse haben Art Laboratory Berlin (ALB) und seine Partner_innen der Öffentlichkeit regelmäßig die Möglichkeit geboten, sich aktiv am Forschungsprojekt *Mind the Fungi* zu beteiligen und Erkenntnisse zu gewinnen.[1] (→ Abb. 1–14) In diesem Kapitel wollen wir strukturelle Phänomene einer multidisziplinären Forschung bei *Mind the Fungi* untersuchen.

Eines der öffentlichen Formate war besonders erfolgreich – die *Walk & Talks*, da sie fließende Grenzen darstellten: eine Verschmelzung von akademischer Forschung und In-situ-Erfahrung im Wald mit interaktiver Einbindung der Öffentlichkeit in den Forschungsprozess. Es war ein gelungenes Format von Citizen Science, wenn wir darunter die *aktive Einbeziehung* von Bürger_innen in wissenschaftliche Projekte verstehen, die neues Wissen oder Verständnis hervorbringt.[2] (→ Abb. 4, 5, 9–11, 13)

Situatives Wissen umsetzen

Was mit dem Bedarf an heimischem Forschungsmaterial begann, endete als multidisziplinäre, performative Forschungsstrategie mit einem holistischen Ansatz: Im Herbst 2018 und 2019 realisierte die Künstlerin Theresa Schubert gemeinsam mit dem Umweltmikrobiologen Bertram Schmidt und dem Biotechnologen Carsten Pohl, beide von Vera Meyers Fachgebiet für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie (AMM) der TU Berlin, mehrere *Walk & Talks* in Berlin und Brandenburg. Theresa vermittelte vielfältige Perspektiven auf den Wald und seine kulturelle Bedeutung und wandte spezifische künstlerische Methoden an, um die Öffentlichkeit

Regine Rapp, Christian de Lutz

Fluid Borders.
Performative research through Citizen Science, artistic research and DIWO practices

THROUGH DIFFERENT FORMATS and platforms like talks, lab visits, workshops and DIY courses, Art Laboratory Berlin (ALB) and its partners have offered the general public a regular opportunity to actively participate in the research project *Mind the Fungi* and obtain insights.[1] (→ Fig. 1–14) In this chapter we want to investigate structural phenomena of multidisciplinary research at *Mind the Fungi.*

One of the public formats has been especially successful – the *Walk & Talks*, which offered fluid borders, merging of academic research and *in situ* experience in the forest with interactive public engagement in the research process. It was a true format for Citizen Science activities, if we understand Citizen Science to *actively involve* citizens in scientific endeavours that generate new knowledge or understanding.[2] (→ Fig. 4, 5, 9–11, 13)

Performing situated knowledge

What started with the need for local research material ended up as a multidisciplinary performative research strategy with an intensely holistic approach: In autumn 2018 and 2019 artist Theresa Schubert realised several *Walk & Talks* in Berlin and Brandenburg together with environmental microbiologist Bertram Schmidt and biotechnologist Carsten Pohl, both from Vera Meyer's Department of Applied and Molecular Microbiology

für das Potenzial von Pilzen und Flechten zu sensibilisieren. Ganz im Sinne der »Intra-Aktivität« der Philosophin Karen Barad aktivierte sie die Öffentlichkeit, um ein erweitertes Bewusstsein für das Habitat und insbesondere für Pilze zu entwickeln.[3] Dies geschah auf multisensorischer Ebene (schweigend gehen, beobachten, riechen, berühren und schließlich verschiedene Baumpilzproben sammeln) und auf ästhetischer Ebene (Gespräche über bestimmte Formen oder die Farbe von Pilzen et cetera).[4]

Die komplementäre Zusammenarbeit von Künstlerin und Naturwissenschaftlern funktionierte perfekt, nicht zuletzt dank ihrer aller Offenheit für die Methoden der und des jeweils anderen. Bertram und Carsten vermittelten mikrobiologisches und biotechnologisches Wissen über Baumpilze. Anschließend zeigten sie den Teilnehmer_innen, wie man Proben von Pilzen und Flechten sammelt und für weitere Untersuchungen sowie zur Kultivierung konserviert. Bei einem darauffolgenden Laborbesuch am Fachbereich AMM wurden die Teilnehmer_innen eingeladen, die gesammelten Proben zu reinigen und in Petrischalen auf Nährmedium zu kultivieren. (→ Abb. 5) Die Proben stellten ein wesentliches Element des zweijährigen Forschungsprojekts dar, da sie einen großen Teil der *Mind-the-Fungi*-Stammsammlung ausmachen.

Die *Walk* & *Talks* und Laboraktivitäten verknüpften modernste biologische Forschung, Citizen Science und künstlerische Forschung; dabei lag der Schwerpunkt auf dem Sein und Tun. Sie sind ein ausgezeichnetes Beispiel für Donna Haraways Begriff »situiertes Wissen«[5], da das Studium der Pilze in einem multidisziplinären Prozess engagierter Beobachtung und Praxis stattfand, in den Wissenschaftler_innen, Künstler_innen und Teilnehmer_innen jeweils ihre eigenen Erfahrungen und Beiträge einbrachten. »In den Künsten wird situiertes Wissen zu einer situierten Textualität«, betont Lynette Hunter, also zu einem »Wissen, das immer im Entstehen begriffen ist und sich auf den Prozess konzentriert, aber immer dann situiert wird, wenn es ein Publikum einbezieht.«[6] Zahlreiche Gespräche mit dem Publikum haben uns bestätigt, dass von den *Walk* & *Talks* kreative Impulse ausgingen und sie eine stimulierende Wirkung auf die Forschungshaltung der Teilnehmer_innen hatten. Deren hochmotivierte Stimmung hing sicherlich auch mit einer aktivierten Verbindung von Körper

(AMM) at TU Berlin. Theresa provided diverse perspectives on the forest and its cultural meaning, and applied specific artistic methods to connect and sensitise the public to the potentialities of fungi and lichens. Paradigmatic of philosopher Karen Barad's notion of »intra-activity« she engaged the public to develop an expanded awareness of the habitat and fungi in particular.[3] This happened on the multisensory level (walking in silence, observing, smelling, touching and finally collecting various tree fungi samples) and on the aesthetic level (discussing certain shapes or the colour of fungi samples).[4]

The complementary collaboration of artist and scientists worked perfectly, in part thanks to their openness to each other's methods. Bertram and Carsten engaged the public with microbiological and biotechnological knowledge of tree fungi. They then showed the participants how to collect samples of fungi and lichens and preserve them for further study and cultivation. At a follow-up lab visit at AMM, participants were invited to actively inoculate Petri dishes with collected and cleaned samples for cultivation. (→ Fig. 5) The collected samples constituted a basic element of the two-year research project, as they form part of *Mind the Fungi*'s strain collection.

The *Walk* & *Talks,* together with the lab activities, combined cutting edge biological research, citizen science and artistic research, with a special emphasis on being and doing. They are an excellent example of Donna Haraway's definition of »situated knowledge«[5], as the study of fungi took place in the process of engaged observation and practice, to which scientists, artist and participants each brought their own multi-disciplinary experience and input. »In the arts, situated knowledge becomes a situated textuality,« Lynette Hunter points out, »knowledge always in the making, focusing on process but situated whenever it engages an audience.«[6] Numerous conversations with the audience confirmed the creative impulses and the positive impact of the *Walk* & *Talks* towards an activated research attitude of

1

2

3

4

1 Baumpilz Schmutzbecherling *Bulgaria inquinans,* November 2018, Tegler Forst
Tree fungi *Bulgaria inquinans,* November 2018, Tegel Forest

2 Baumpilz Genus *Armillaria,* November 2018, Tegeler Forst
Tree fungi genus *Armillaria,* November 2018, Tegel Forest

3 Baumpilz *Fomes fomentarius,* Oktober 2018, Briesetal
Tree fungi *Fomes fomentarius,* October 2018, Briesetal

4 *Walk & Talk,* Oktober 2018, Briesetal
Walk & Talk, October 2018, Briesetal

und Geist zusammen, da das Gehen bekanntlich kreative Prozesse fördert. Es eröffnet den freien Fluss von Ideen und ist eine »einfache und solide Strategie, um die Kreativität zu steigern und die körperliche Aktivität zu erhöhen«.[7]

In den *Walk & Talks* haben alle drei – Theresa, Bertram und Carsten – das geschaffen, was wir »Metabolismus des Wissens« nennen möchten. Es ist eine wichtige Plattform für Wissenschaft, Kunst und Öffentlichkeit entstanden. Die *Walk-&-Talk*-Teilnehmer_innen waren aktive Bürgerwissenschaftler_innen auf mehreren Ebenen, ähnlich der Definition von Caren Cooper: »Bürger_innen sind diejenigen, die das Recht und die Verantwortung haben, sich an einem größeren Kollektiv (etwa der Regierung) zu beteiligen, und Bürgerwissenschaftler_innen sind somit Menschen, die ihre Rechte und Pflichten wahrnehmen, um an kollektiven wissenschaftlichen Bestrebungen teilzunehmen.«[8] Während des zweijährigen Projekts wurde die Beteiligung der Öffentlichkeit nicht nur in naturwissenschaftlicher und künstlerischer Forschung umgesetzt, sondern prägte auch den Verlauf und die Ergebnisse des Projekts. (→ Abb. 5, 10, 11, 13)

Öffnung der Wissenschaft durch DIWO-Praktiken

Tatsächlich wurde *Mind the Fungi* als gemeinsames Forschungsprojekt mit akademischer und bürgerwissenschaftlicher Komponente konzipiert und realisiert.[9] Ein Grund für die Einbeziehung von Theresa Schubert – einer *Hybrid-Art*-Künstlerin, die an der Schnittstelle zu Wissenschaft und Technologie arbeitet – war unter anderem ihre Rolle als Vermittlerin zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit, aber auch ihre eigene Erfahrung beim Aufbau eines hybriden Labors.[10] Zusätzlich haben wir eine wichtige Plattform für Citizen Science in Berlin hinzugezogen: TOP lab ist ein gemeinschaftlich genutztes Biolabor, angesiedelt im Kunst- und Kulturraum TOP e.V. in Berlin.[11]

TOP-lab-Mitglied und Biologe Alessandro Volpato entwirft schon seit Jahren Hilfsmittel und Strukturen für Citizen Science und DIY-Biologie. Wir hatten ihn eingeladen, einen öffentlichen Kurs für die Pilzkultivierung einzurichten. Ziel war es, unsere wachsende Öffentlichkeit zu erreichen und sie sowohl in das Wissen als auch in die Anwendung der Pilzbiotechnologie einzubeziehen. Wäre dies auch außerhalb eines akademischen Labors möglich?

the participants. The highly motivated attitude of the participants was surely also related to an activated mind-body connection, as walking has a special relation to creativity. Walking opens up the free flow of ideas and is a »simple and robust solution to the goals of increasing creativity and increasing physical activity«.[7]

In the *Walk & Talks* all three – Theresa, Bertram and Carsten – created what we want to call a »metabolism of knowledge« and a substantial meeting point for science, art and the public. The *Walk & Talk* participants were active citizen scientists on multiple levels, according to author Caren Cooper's definition: »*Citizens* are those with rights and responsibilities to participate in some larger collective (such as governance), and *citizen scientists* are thus people exercising their rights and responsibilities to participate in collective scientific endeavors.«[8] Throughout the two-year project public participation was not only folded into scientific and artistic research but also shaped the trajectory and outcome of the project. (→ Fig. 5, 10, 11, 13)

Opening up science with DIWO practices

Indeed, *Mind the Fungi* was conceived and realised as a joint research project with both academic and Citizen Science components.[9] Part of the reason for the inclusion of a hybrid artist like Theresa Schubert was her role as an intermediary between the scientists and the public, but also her own experience in setting up a hybrid lab.[10] Additionally we brought in an important Citizen Science practitioner in Berlin: TOP lab is a community biolab, based at the art and cultural space TOP e.V. in Berlin.[11]

TOP lab's member Alessandro Volpato, a biologist who has worked for years to design tools and structures for Citizen Science, and particularly the DIY biology scene, was asked to create a public course for mushroom cultivation. The goal was to reach out to our growing public and involve them in both the knowledge and application of fungal biotechnology. Would this be possible outside an academic lab?

Together with his colleagues Flavia Barragan and Tuçe Erel, Alessandro has so far run two separate

Zusammen mit seinen Kolleginnen Flavia Barragan und Tuçe Erel hat Alessandro bisher zwei Kurse realisiert, einen zur *Pilzkultivierung* und einen zur *Mykofabrikation*, also der Herstellung von Objekten aus Pilzmyzel. Sein erster Schritt war, sich mit Bertram und Carsten vom Fachgebiet AMM zu treffen und mit ihnen einfache DIY-Protokolle zu erstellen, die außerhalb eines professionellen Labors durchgeführt werden können. Der nächste Schritt bestand darin, einen Kurs zu entwickeln, in dem die Teilnehmer_innen die Prozesse des *Mind-the-Fungi*-Projekts kennenlernen, aber auch ihr eigenes Myzel für die Mykofabrikation züchten sollten.

Bertram und Carsten spielten eine wichtige Rolle in diesem Kurs, indem sie Vorträge über die Biologie der Pilze hielten und ihren Forschungsprozess, ihre Techniken und Ergebnisse beschrieben. Jeder Tag des Kurses beinhaltete verschiedene Vorträge, darunter auch einige von Alessandro und uns, aber der Großteil des Kurses war der praktischen Produktion vorbehalten. Von der Verwendung eines Schnellkochtopfes als Heimwerker-Autoklav[12] über die Beimpfung der ersten Petrischalen bis hin zur Erzeugung von Körnerbrut und der späteren Beimpfung von Substratbeuteln mit Myzel lernten die Teilnehmer_innen, wie sie einen Teil der AMM-Forschung selbstständig durchführen können. (→ Abb. 6, 12, 14)

Alessandro setzte sich im ersten Kurs ein ehrgeiziges und faszinierendes Ziel: Könnte eine gemischte Gruppe von Amateur_innen aus Myzel funktionale Objekte züchten und diese verwenden? Ziel des Kurses war es, eine Reihe von Kisten aus Myzel herzustellen, die per Post verschickt werden konnten. Ausgangspunkt war eine Reihe von Myzelproben, die am Fachgebiet AMM entnommen oder online beschafft wurden, sowie einfache Austernpilze vom Wochenmarkt. Die Ergebnisse waren so erfolgreich, dass wir mehrere dieser Kisten in unserer ersten *Mind-the-Fungi*-Ausstellung im Futurium von September 2019 bis Juni 2020 zeigen konnten. (→ Abb. 7)

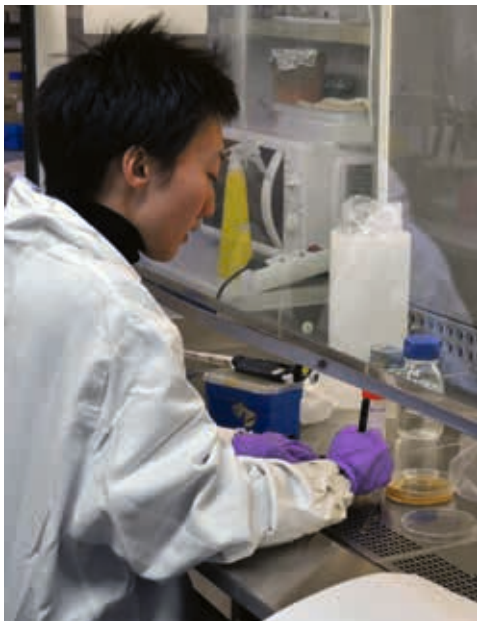
Die Teilnehmer_innen kamen aus den verschiedensten Bereichen, zumeist nicht aus der Wissenschaft. Es waren ein paar Designer_innen darunter, aber auch engagierte Bürger_innen, die an der Erforschung nachhaltiger Materialien für eine bessere Zukunft interessiert waren. Gemeinsam arbeiteten sie in Teams, und viele sind weiterhin Teil der *Mind-the-Fungi*-Gemeinschaft. Wie oft angemerkt wird, ist DIY (do it yourself)

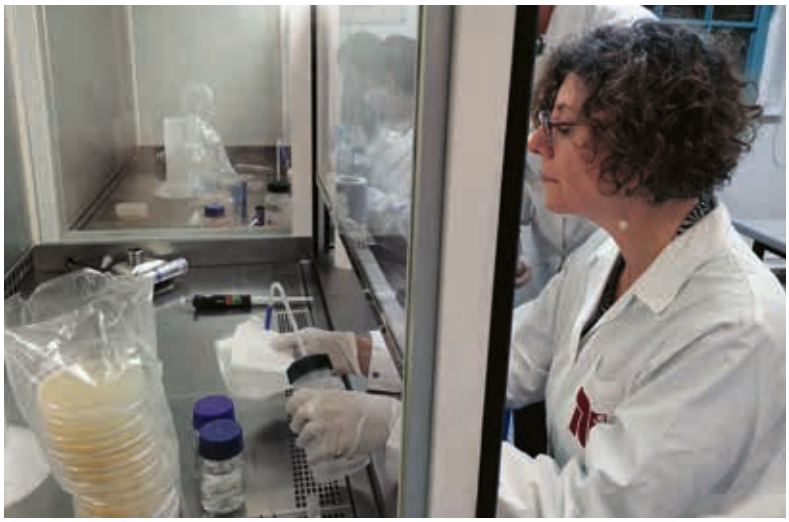
courses, one on *Mushroom Cultivation*, the other on *Mycofabrication*. His first step was to meet with Bertram and Carsten from AMM, and create with them simple DIY protocols that could be executed outside a professional lab. The next step was to develop a course where the participants would learn about the processes of the *Mind the Fungi* project, but also grow their own mycelium for mycofabrication.

Bertram and Carsten played a vital role in the course, lecturing on the biology of fungi and describing their research process, techniques and results. Each day of the course featured different talks, including some by Alessandro and us, as well, but most of the course was taken up by hands-on production by the diverse groups of participants. From using a pressure cooker as a DIY autoclave[12] to inoculating first Petri dishes to generating grain spawn and later inoculating bags of substrate with mycelium, participants learned how to replicate some of the AMM's research on their own. (→ Fig. 6, 12, 14)

Alessandro set himself an ambitious and intriguing goal in the first course: Could a mixed group of amateurs grow functional objects from mycelium and put them to use? The goal of the course was to produce a series of mycelium boxes that could be sent by post. The starting point was a set of mycelium samples, taken from the AMM or procured online, and simple oyster mushrooms from a local market. The results were so successful that we included several of the boxes in our first exhibition at the Futurium in September 2019. (→ Fig. 7)

Participants came from a variety of backgrounds, mostly non-scientific. Some worked in design, others were »involved citizens«, interested in exploring sustainable materials for a better future. Together they worked in teams and many have continued to be part of the *Mind the Fungi* community. As is often noted, DIY (Do It Yourself) is actually an incorrect description for a movement better described by DIWO (Doing It With Others).[13] More recently Alessandro, Bertram and Malte Larsen, a biologist and fungi enthusiast from





5

5 *Walk & Talk,* Arbeit im Labor: Sichtung der gesammelten Pilze mit Theresa Schubert und Carsten Pohl (↑), Teilnehmerinnen reinigen die gesammelten Proben und kultivieren sie in Petrischalen (↓), 2018 und 2019, Fachgebiet AMM, TU Berlin

Walk & Talk, laboratory work: viewing of the collected fungi with Theresa Schubert and Carsten Pohl (↑), participants clean and cultivate the collected samples on Petri dishes (↓), 2018 and 2019, Department of AMM, TU Berlin

6 *Pilzkultivierungskurs,* April/Mai 2019, TOP lab, Berlin

Mushroom Cultivation Course, April/May 2019, TOP lab, Berlin

7 Myzel-Schachteln, hergestellt während des *Pilzkultivierungskurses* bei TOP lab, *Mind-the-Fungi*-Ausstellung, Futurium, September 2019

Myco-fabricated boxes produced during the *Mushroom Cultivation Course* at TOP lab, *Mind the Fungi* exhibition, Futurium, September 2019

6

7

eigentlich eine unpassende Bezeichnung für eine Bewegung, die sich besser mit dem Begriff DIWO (*Doing It With Others*) beschreiben lässt.[13] Anfang 2020 initiierten Bertram, Alessandro und Malte Larsen, ein Biologe und Pilzenthusiast aus Eberswalde, einen »Pilzstammtisch« bei TOP lab, um unsere wachsende Gemeinschaft zu festigen.

Wie vermittelt man einen Design-Workshop virtuell?

Wir planten einen zweitägigen Design-Workshop mit der Designerin-in-Residence Fara Peluso, der ursprünglich für März 2020 angesetzt war. Durch spekulative Forschung verbindet die Künstlerin und Designerin in ihrer Arbeit den Menschen mit der Natur, lebenden Organismen und biologischen Prozessen, um eine tiefere Beziehung herzustellen. Zusammen mit den Biotechnolog_innen von *Mind the Fungi* hatte sie sich auf die Erforschung der Symbiose von Algen und Pilzen konzentriert, um dieses Wissen in Kunst und Design anzuwenden.[14]

Aufgrund der Covid-19-Krise musste der bereits voll ausgebuchte praktische Workshop auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden. Gemeinsam mit Fara beschlossen wir, das große Interesse zu nutzen und einen virtuellen Workshop mit Online-Diskussion zu realisieren, der Anfang Mai 2020 als Livestream stattfand. Fara erörterte ihre Forschungsarbeiten zu den Methoden des Material Driven Design (MDD)[15] und berichtete, wie sie gelernt hatte, ein neues Material durch das Studium und die Verwendung eines lebenden Organismus wie Myzel herzustellen. Die Teilnehmer_innen diskutierten die Eigenschaften, Möglichkeiten und Grenzen von Materialien auf Myzelbasis und dachten über die Züchtung und Entwicklung neuer Materialien und den Bau von 3D-Objekten nach. Ausgangspunkt war ein Protokoll, das Fara befolgt hatte, um einen neuen Verbundstoff auf der Grundlage von Myzel und Algen herzustellen.

Was ursprünglich als provisorischer Online-Ersatz geplant war, erwies sich als eine intensive Veranstaltung, die reich an internationalem Austausch war: Die eingeladenen Teilnehmer_innen mit nordamerikanischem, südamerikanischem und europäischem Hintergrund beteiligten sich aktiv an der Diskussion, und Bertram und Kustrim Cerimi vom Fachgebiet Angewandte und Molekulare Mikrobiologie gaben auch einen kurzen Ein-

Eberswalde, initiated a *Pilzstammtisch* – regular fungi community meetings – at TOP lab to move our growing community on to another level.

How to virtually mediate a design workshop?

This event was to be followed by a two-day *Material Driven Design Workshop* with designer-in-residence Fara Peluso, originally planned for March 2020. Through speculative research her work connects the human being with nature, living organisms and biological processes to form a deeper relationship. Together with biotechnologists from the *Mind the Fungi* team, she had pursued research into algal and fungal symbiosis and applied that knowledge to the fields of Art and Design.[14] Then the Covid-19 crisis intervened and the hands-on workshop, which had been fully booked, had to be put off to a later point. Along with Fara, we decided to tap into the large interest and present an online discussion and virtual workshop, which took place in early May 2020 as a livestream. Fara discussed her research on the methodologies of Material Driven Design (MDD)[15], learning how to build a new material by studying and using a living organism like mycelium. Discussing the features, possibilities and limits of mycelium-based materials, the participants reflected on growing and developing new material and building 3D objects, based on a protocol Fara had followed to produce a new biofilm composite on the basis of mycelium and algae.

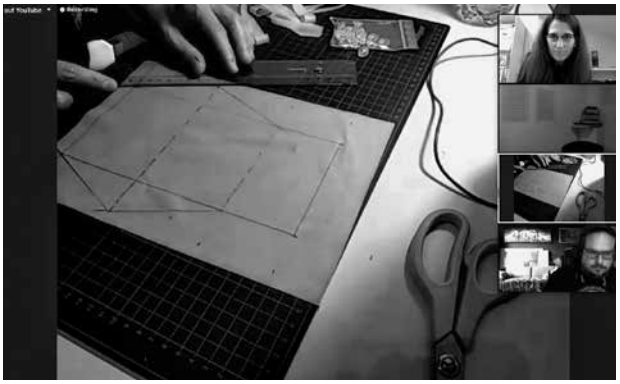
What was originally planned as a provisional online replacement turned out to be an intensive event, rich in international exchange: the invited participants with North and South American as well as European background actively contributed to the discussion, Bertram and Kustrim Cerimi from AMM also gave a brief look at their latest research. During the livestream we had more than 180 virtual visitors from North and South America, Europe and India (two weeks after the event more than 520 visitors had viewed the video online). It was important to see such a big and international demand for the topic. However, an online format can never replace an

8

blick in ihre neuesten Forschungsergebnisse. Wir konnten während des Livestreams mehr als 180 virtuelle Besucher_innen aus Europa, Nord- und Südamerika sowie Indien verzeichnen, wie sich aus Kommentaren und E-Mails entnehmen ließ. Und zwei Wochen nach der Veranstaltung hatten weit mehr als 500 Nutzer_innen das Video online angesehen. Es war eine wichtige Bestätigung, eine derart große und internationale Nachfrage nach dem Thema wahrzunehmen. Und doch sind wir uns im Klaren, dass ein Online-Format niemals einen In-situ-Workshop ersetzen kann, der nicht zuletzt auch auf der physischen Wahrnehmung des Biomaterials basiert. (→ Abb. 8)

Metabolismus des Wissens

Mit verschiedenen Formaten und zahlreichen Veranstaltungen zu Pilzen konnten wir etwas entwickeln, das wir »Metabolismus des Wissens« nennen – multidisziplinäre, nicht-hierarchische und ganzheitliche Wissensproduktion. Dies konnten wir erreichen durch die Einbettung künstlerischer Forschung und Praxis in die naturwissenschaftliche Forschung, die Erarbeitung von situiertem Wissen, die Integration von DIWO-Praktiken



8 *Material Driven Design. Sculpting with Bioplastic Textile*, Workshop/ Livestream mit Fara Peluso, Mai 2020
artlaboratory-berlin.org/html/de-event-Material-Driven.htm

Material Driven Design. Sculpting with Bioplastic Textile, workshop/ livestream with Fara Peluso, May 2020
artlaboratory-berlin.org/html/eng-event-Material-Driven.htm

in situ workshop based on the physical exploration of the biomaterial. (→ Fig. 8)

Metabolism of knowledge

With various formats and numerous events in *Mind the Fungi* we could develop what we call a »metabolism of knowledge« – multidisciplinary, non-hierarchical and holistic knowledge production. By implementing hybrid art practices in scientific research, applying *situated knowledge* and integrating DIWO practices in academic research as well as opening up the research labs to a broad public, we have enabled an expanded discourse on and application of new biomaterials based on tree fungi. Public access and participation are necessary elements for the successful acceptance of sustainable methods and materials our society needs to achieve a better future.

We thank all our colleagues and collaborators, especially all the participants who have made *Mind the Fungi* a success.

in die akademische Forschung sowie die Öffnung der Forschungslabore für ein breites Publikum. Damit haben wir einen erweiterten Diskurs über die Anwendung neuer Biomaterialien auf der Basis von Baumpilzen ermöglicht. Öffentlicher Zugang und Beteiligung der Bürger_innen sind notwendige Elemente für die erfolgreiche Akzeptanz nachhaltiger Methoden und Materialien, die unsere Gesellschaft für eine bessere Zukunft braucht.

Wir danken allen Kolleg_innen, insbesondere allen Teilnehmer_innen, die *Mind the Fungi* erfolgreich mitgestaltet haben.

1 Projekt-Website *Mind the Fungi*: artlaboratory-berlin.org/html/de-Mind-the-Fungi.htm [20.5.2020].

2 Susanne Hecker et al. (Hrsg.): *Citizen Science Innovation in Open Science, Society and Policy*, London 2018, S. 29.

3 Karen Barad: »Posthumanist Performativity: Toward an Understanding of How Matter Comes to Matter«, in *Signs* **28,** 3 (2003), S. 803.

4 Ausführlicher im Text von Theresa Schubert »Streifzug zwischen Kunst, Aufmerksamkeit und Wissenschaft« in diesem Kapitel.

5 Donna J. Haraway: »Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective«, in *Feminist Studies* **14,** 3 (1988).

6 Lynette Hunter: »Situated Knowledge«, in Shannon R. Riley und Lynette Hunter (Hrsg.): *Mapping Landscapes for Performance as Research*, New York 2009, S. 151–53.

7 Marily Oppezzo und Daniel L. Schwartz: »Give Your Ideas Some Legs: The Positive Effect of Walking on Creative Thinking«, in *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 40, 4 (2014), S. 1142.

8 Caren Cooper: *Citizen Science. How Ordinary People are Changing the Face of Discovery*, New York 2016, S. 6.

1 Project website *Mind the Fungi*: artlaboratory-berlin.org/html/eng-Mind-the-Fungi.htm [20.5.2020].

2 Susanne Hecker et al. (Eds): *Citizen Science Innovation in Open Science, Society and Policy*, London 2018, p. 29.

3 Karen Barad: »Posthumanist Performativity: Toward an Understanding of How Matter Comes to Matter«, in *Signs* **28,** 3 (2003), p. 803.

4 Read in detail in Theresa Schubert's text »A Foray between Art, Awareness and Science« in this chapter.

5 Donna J. Haraway: »Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective«, in *Feminist Studies* **14,** 3 (1988).

6 Lynette Hunter: »Situated Knowledge«, in Shannon R. Riley and Lynette Hunter (Eds): *Mapping Landscapes for Performance as Research*, New York 2009, pp. 151–53.

7 Marily Oppezzo and Daniel L. Schwartz: »Give Your Ideas Some Legs: The Positive Effect of Walking on Creative Thinking«, in *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 40, 4 (2014), p. 1142.

8 Caren Cooper: *Citizen Science. How Ordinary People are Changing the Face of Discovery*, New York 2016, p. 6.

9 The programme came from an open Call for Research in tandem with »Citizen Science« at TU Berlin in January 2018: www.personalabteilung.tu-berlin.de/fileadmin/abt6/Aktuelle_Mitteilungen/2018/Aktuelle_Mitteilung_Ausschreibung_zum_Strategischen_Call_Citizen_Science.pdf [20.05.2020].

10 While working on her PhD thesis Theresa played a major role in the setup of a biology lab for art students at Bauhaus University Weimar, in cooperation with Prof. Ursula Damm.

11 For more information about TOP lab: top-ev.de/about/lab/ [20.5.2020].

12 An autoclave is an airtight sealable pressure vessel used in science and industry to carry out chemical reactions at high pressure or to sterilise medical devices and canned goods with the help of water vapour.

13 Some excellent resources on the history and practice of DIWO can be found at furtherfield.org/diwo-do-it-with-others-resource/ [20.5.2020].

9 Das Projekt geht auf den Open Call »Citizen Science« der TU Berlin im Januar 2018 zurück, siehe: www.personalabteilung.tu-berlin.de/fileadmin/abt6/Aktuelle_Mitteilungen/2018/Aktuelle_Mitteilung_Ausschreibung_zum_Strategischen_Call_Citizen_Science.pdf [20.05.2020].

10 Während der Arbeit an ihrer Dissertation war Theresa maßgeblich am Aufbau eines Biologielabors für Kunststudierende an der Bauhaus-Universität Weimar in Zusammenarbeit mit Prof. Ursula Damm beteiligt.

11 Zu TOP lab siehe: top-ev.de/about/lab/ [20.5.2020].

12 Ein Autoklav ist ein in Wissenschaft und Industrie verwendeter luftdicht verschließbarer Druckbehälter, um chemische Reaktionen bei hohem Druck durchzuführen oder medizinische Geräte und Dosenkonserven mithilfe von Wasserdampf zu sterilisieren.

13 Eine sehr gute Quelle zu Geschichte und Praktiken von DIWO: furtherfield.org/diwo-do-it-with-others-resource/ [20.5.2020].

14 Mehr zu diesem Workshop hier: artlaboratory-berlin.org/html/de-event-Material-Driven.htm [24.8.2020].

15 Auf der Website der TU Delft findet sich folgende Definition: »Material Driven Design (MDD) unterstützt den Entwurf von sinnvollen Materialanwendungen mit dem Material als Ausgangspunkt. Designer_innen qualifizieren das Material nicht nur für das, was es ist, sondern auch für das, was es tut, was es uns sagt, was es uns entlockt und was es uns tun lässt. MDD hilft Designer_innen, ihre Handlungen im Design für Materialerfahrungen zu strukturieren, zu kommunizieren und zu reflektieren und Designkompetenzen zu erwerben, um neuartige Materialeigenschaften zu erforschen, zu verstehen, zu definieren und zu mobilisieren.« (Übers. R. Rapp); tudelft.nl/io/studeren/ide-design-master-classes/previous-master-classes/material-driven-design/ [20.5.2020]. Zum Thema siehe auch den Aufsatz von Elvin Karana et al.: »Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences«, in *Journal of Design* **4,** 2 (2015), S. 35–54.

14 For more information about this workshop: artlaboratory-berlin.org/html/eng-event-Material-Driven.htm [24.8.2020].

15 The website of TU Delft offers the following definition: »Material Driven Design (MDD) supports the design of meaningful material applications with the material as a point of departure. Designers qualify the material not only for what it is, but also for what it does, what it expresses to us, what it elicits from us, and what it makes us do. MDD helps designers structure, communicate and reflect on their actions in design for material experiences, and gain design competences in exploring, understanding, defining and mobilizing the novel material properties.« See tudelft.nl/io/studeren/ide-design-master-classes/previous-master-classes/material-driven-design/ [20.5.2020]. See also the essay of Elvin Karana et al.: »Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences«, in *Journal of Design* **4,** 2 (2015), p. 35–54.

Streifzug zwischen Kunst, Aufmerksamkeit und Wissenschaft

Pilze zu sammeln ist ein Akt der Verlangsamung. Ein vorsichtiger Tritt und Aufmerksamkeit für Zeichen in der Natur sind die Voraussetzungen, um gute Pilzorte zu erkennen: eine bestimmte Baumart, ein schattiger Fleck, Beulen unter Moos oder ein Blick unter umgestürzte Bäume. (→ Abb. 9, 10)

Während der verschiedenen *Walk & Talks* hatten unsere Gruppen eine durchschnittliche Gehgeschwindigkeit von 2,9 km/h und standen durchschnittlich 40 % der Zeit still und waren 60 % in Bewegung.[1]

Der Avantgarde-Komponist John Cage war ein begeisterter Pilzsammler, und für ihn erforderte es eine besondere Hingabe. Cages geschätzte »Aufmerksamkeit für das Hier und Jetzt der Begegnung«[2] kann ich in Donna Haraways jüngstem Ruf nach einer Verwandtschaft mit der nicht-menschlichen Seite des Lebens – »*the earth-bound*«[3] – nachhallen hören.

Diese Gedankengänge bildeten meine Grundlagen für die *Walk & Talks*, um ein Bewusstsein für die umgebende Natur und die eigene Wahrnehmung zu entwickeln. Zu Beginn jeder Exkursion bat ich die Teilnehmer_innen, ihre Telefone nicht zu benutzen und nicht miteinander zu sprechen. Diese 15 Minuten des Schweigens erwiesen sich als äußerst schwierig.

Unsere *Walk & Talks* dienten als Schnittstelle, um die Öffentlichkeit in ein wissenschaftliches Forschungsprojekt miteinzubeziehen. Die Teilnehmer_innen lernten, Baumpilze zu sammeln, zu kennzeichnen, zu klassifizieren und zu kultivieren. Als künstlerische Leiterin habe ich verschiedene kreative Interventionen konzipiert. So habe ich beim ersten Spaziergang eine persönliche Perspektive einfließen lassen, indem ich meinen langjährigen Kollaborateur und Labororganismus *Physarum polycephalum* während einer rituellen Performance renaturiert habe. Für weitere

Theresa Schubert

A foray between art, awareness and science

To go on a mushroom foray is an act of slowing down. One must walk cautiously and develop attention for specific signs in nature that create favourable conditions for fungi growth: a certain type of tree, a shady spot, dents under moss, or a look under fallen trees. (→ Fig. 9, 10)

During the *Walk & Talks* our groups had an average walking speed of 2.9 km/h and were on average 40 % of the time standing still and 60 % in motion.[1]

The avant-garde composer John Cage was a mushroom enthusiast and for him hunting mushrooms required a particular kind of devotion. Cage's much valued »attention to the here and now of encounter«[2], I can somewhat hear reverberate in Donna Haraway's recent call for a kinship with the nonhuman side of life, »the earth-bound«.[3]

These thoughts formed my underlying principles for the *Walk & Talks* to develop awareness for the surrounding nature and one's own perception. At the beginning of each excursion, I asked the participants to not use their phones and to not talk to each other. These 15 minutes of walking in silence turned out to be extremely difficult.

Our *Walk & Talks* served as an intersection to open a scientific research project to the public. Participants learned how to collect, label, classify and cultivate arboreal fungi. As the artist-facilitator, I conceived several artistic interventions. In the first walk, I included a personal perspective by bringing along my long-term nonhuman collaborator, *Physarum polycephalum*, and releasing the lab creature into its natural habitat during a ritualistic performance. For other walks, I devised a performative gesture that was my ironic statement to

Walks entwickelte ich eine performative Geste als ironisches Statement zu wissenschaftlichen Messgeräten. Karen Barads Idee einer »direkten materiellen Auseinandersetzung mit der Welt«[4] zur Verbesserung der Wissensproduktion in der Wissenschaft schien mir schon immer der Kunst immanent gewesen zu sein. Indem ich temporäre Tattoos in Form eines Lineals verteilte, lud ich die Teilnehmer_innen ein, mit ihrem Körper die Größe von Pilzen zu messen und gleichzeitig mit *the earth-bound* in Kontakt zu treten. Dieses einfache *enhancement* des Körpers ließ die Teilnehmer_innen ihre Umgebung anders betrachten. Je nachdem, auf welchem Körperteil sie das Lineal anbrachten, mussten sie eine andere Person um Hilfe bitten, um die Zahlen zu lesen, oder plötzlich ungewohnte Gesten ausführen, um das Lineal neben den Pilz halten zu können. Diese kreative Art der Partizipation ermöglichte eine veränderte Wahrnehmung der Natur. (→ Abb. 11)

Durch die Praxis einer performativen Waldexkursion wurden die Teilnehmer_innen auf sinnliche Weise an wissenschaftliche Arbeit herangeführt, aber beeinflussten auch die Umwelt. Dies zeigte sich an den gesammelten Pilzen, die dann nicht mehr an ihrem Ursprung waren, aber es gab auch verstecktere Spuren, ausgelöst durch das Erleben des Selbst als konstitutivem Teil einer naturkundlichen Untersuchung und der Umwelt. Einige der Teilnehmer_innen berichteten in den folgenden Wochen über die nachhaltige Wirkung der Exkursion und die positiven Effekte in ihrem Alltag. *Shinrin-yoku* in Aktion.[5]

1 Laut Geo-Tracker-App der Autorin.

2 Anna Lowenhaupt Tsing: *The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins*, Princeton / Oxford 2015, S. 46.

3 Donna J. Haraway: *Staying with the Trouble. Making Kin in the Chthulucene*, Durham / London 2016, S. 102.

4 Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Durham 2007, S. 49 (Hervorhebung im Original).

5 *Shinrin-yoku* ist ein japanischer Ausdruck für »Waldbaden« oder buchstäblich das Aufsaugen der Waldatmosphäre.

scientific measurement devices. Karen Barad's idea of »a direct material engagement with the world«[4] to improve knowledge production in science seemed to me to have always been intrinsic in art. By handing out temporary tattoos in the form of a ruler, I invited participants to use their body to measure the size of fungi and simultaneously get in touch with *the earth-bound*. This simple enhancement of their body made people look at their environment differently. Depending on which body part they put the ruler, they needed to ask another person for help to read the numbers or suddenly perform unusual gestures to be able to put the ruler next to the fungus. These participatory and creative possibilities enabled a changed perception of nature. (→ Fig. 11)

Through the practice of a performative forest excursion, the participants were introduced to scientific work in a sensual way, but also influenced the environment. This was evident from the fungi that had been collected, which were then no longer at their original place, but there were also more hidden traces triggered by the experience of oneself as a constitutive part of a natural history investigation and the environment. Some of the participants reported on the lasting impact of the excursion and positive effects in their everyday life in the following weeks. *Shinrin-yoku* in action.[5]

1 According to the Geo Tracker app of the author.

2 Anna Lowenhaupt Tsing: *The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins*, Princeton / Oxford 2015, p. 46.

3 Donna J. Haraway: *Staying with the Trouble. Making Kin in the Chthulucene*, Durham / London 2016, p. 102.

4 Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Durham 2007, S. 49 (Hervorhebung im Original).

5 *Shinrin-yoku* is a Japanese expression for »forest bathing« or literally soaking up the forest atmosphere.

9

10

11

12

9 Theresa Schubert, Performance während eines *Walk & Talk,* Oktober 2018, Briesetal

Theresa Schubert, performance during a *Walk & Talk,* October 2018, Briesetal

10 *Walk & Talk,* Teilnehmerin notiert Standort und Umgebung der gesammelten Pilzproben, November 2018, Tegeler Forst

Walk & Talk, participant notes location and surroundings of the collected mushroom samples, November 2018, Tegel Forest

11 *Walk & Talk,* Theresa Schubert gibt eine Einführung, Oktober 2018, Briesetal

Walk & Talk, Theresa Schubert gives an introduction, October 2018, Briesetal

12 *Pilzkultivierungskurs,* Kursteilnehmer_innen bereiten Formen vor, um das Pilzsubstrat wachsen zu lassen, April / Mai 2019, TOP lab, Berlin

Mushroom Cultivation Course, course participants preparing moulds for substrate growth, April / May 2019, TOP lab, Berlin

Zwischen akademischer Forschung und Citizen Science

Das *Mind-the-Fungi*-Projekt war in vielerlei Hinsicht durch Offenheit geprägt und daher außergewöhnlich: offen für Menschen, die mitmachen oder auch nur etwas über Pilze erfahren wollten; zeitlich offen, weil viele Events des Projektes am Wochenende oder abends stattfanden; offen hinsichtlich der konventionellen Grenze zwischen Arbeits- und Privatleben; und schließlich offen, was die wissenschaftlichen Schwerpunkte und Forschungsziele anbetraf. Unsere Aktivitäten und Ergebnisse wurden über die gesamte Projektlaufzeit offen und öffentlich kommuniziert – keine Selbstverständlichkeit in der Wissenschaft, da hier Verwertungsinteressen oft Geheimhaltung vorschreiben.

Das Format *Walk & Talk*, wissenschaftlich betrachtet eigentlich »nur« eine Probennahme, stellte einen Höhepunkt unserer Zusammenarbeit mit *citizen scientists* dar. Für mich als entschiedenem Umweltmikrobiologen war das die reine Freude, da ich mich auch sonst oft und lange in der Natur aufhalte. Die gesammelten Pilzproben wurden dann im zweiten Teil des Tages im Labor weiterverarbeitet. Kleinere Stückchen der Pilze wurden in mehreren Schritten gereinigt, desinfiziert und auf Agarplatten gesetzt. Dies war der Anfang der Isolierung, also des Versuchs, Myzel-Reinkulturen von den gesammelten Pilzen zu erhalten. Diese Veranstaltungen ähnelten mikrobiologischen Grundpraktika, die wir für die Studierenden anbieten, denn auch diese haben ja oft wenig Vorkenntnisse in der praktischen Laborarbeit. Hierbei war interessant, dass einige Teilnehmer_innen dann doch lieber nur reden wollten, andere sich geradezu als Naturtalente im Labor erwiesen.

Eine große Herausforderung blieb, *citizen scientists* auch in die darauffolgenden Schritte der wissenschaftlichen Arbeit zu integrieren. Dies war bei *Mind the Fungi* unser Ziel und betraf auch die abstrakteren Arbeiten der Forschung, insbesondere in der Molekularbiologie.

Bertram Schmidt

Between academic research and Citizen Science

The *Mind the Fungi* project was characterised by openness in many ways and was therefore quite exceptional: open to people who wanted to participate or just learn about mushrooms; open in terms of time, because many events took place at weekends or in the evenings; open with regard to the conventional boundary between work and private life; and finally open with regard to the scientific focus and research objectives. Our activities and results were openly and publicly communicated throughout the entire project – not a matter of course in science, where commercial interests often dictate secrecy.

The *Walk & Talk* format, which from a scientific point of view is actually »only« a sampling foray, was a highlight of our collaboration with citizen scientists. For me, as a determined environmental microbiologist, this was pure joy, since I also got to spend a lot of time in nature. Afterwards, we further processed the collected fungal samples in the laboratory. Smaller pieces of fungi were cleaned, disinfected and placed on agar plates in several steps. This was the beginning of isolation, that is the attempt to obtain pure mycelium cultures from the collected fungi. These activities were similar to basic microbiological practical courses that we offer to undergraduate students, since they too often have little previous knowledge of practical laboratory work. It was interesting that some participants preferred to just talk, while others turned out to be natural talents in the laboratory.

Integrating citizen scientists into the subsequent steps of the scientific work process remained a big chal-

Die hierzu oft nötigen umfangreichen Spezialkenntnisse führten dazu, dass die Heterogenität der Teilnehmer_innen es teilweise erschwerte, jede_n »abzuholen«. Besonders deutlich wurde dies bei einem Abend, den wir zum Thema »Sequenzierung der DNA zur Identifikation der Pilze« gestaltet hatten. Hier konnten die Teilnehmer_innen bioinformatische Programme nutzen, um DNA-Sequenzen bekannter Pilzarten in Internet-Datenbanken zuzuordnen und einen kleinen Stammbaum, der Verwandtschaftsverhältnisse zeigt, zu erstellen. Während einige Teilnehmer_innen immer speziellere Fragen stellten, waren andere schon bei den Anfangsschritten ausgestiegen.

Sehr anregend waren insgesamt die vielen Gespräche mit interessanten Menschen mit unterschiedlichem Hintergrund. Besonders schön war bei *Mind the Fungi* auch, dieselben Menschen bei unterschiedlichen Veranstaltungen wiederzutreffen und mit einigen auch zusammenzuarbeiten.

13

lenge. This was our goal in *Mind the Fungi* and also concerned the more abstract work of research, especially in molecular biology. The extensive specialist knowledge often required for this meant that the heterogeneity of the participants made it difficult to bring everyone up to the same level. This was particularly clear during the evening we organised on the topic »DNA sequencing for the identification of fungi«. Here the participants were able to use bioinformatic programs to assign fungal sequences of known species in internet databases and to create a small family tree showing relationships. While some of the participants asked more and more specific questions, others had already dropped out during the initial steps.

The many conversations with interesting people from different backgrounds were very stimulating. It was especially nice to meet the same people at different events and to work together with some of them.

13 Teilnehmer_innen des *Walk & Talk* beim Sammeln von Baumpilzproben, November 2018, Tegeler Forst

Participants of *Walk & Talk* collecting samples of tree fungi, November 2018, Tegel Forest

Pilzkultivierungskurse und Citizen Science

Die Motivation hinter unseren wissenschaftlichen Do-it-yourself-Praktiken ist verbunden mit der besseren Einbeziehung der Bürger_innen in den Prozess der technischen Gestaltung der Zukunft unserer Gesellschaft. Damit ungeschulte Personen an dieser Diskussion teilnehmen können, müssen sie den wissenschaftlichen Hintergrund der Vorhaben verstehen, und deren Auswirkungen müssen gründlich erklärt werden.

Bei TOP nähern wir uns der Wissenschaft aus der Perspektive der Bürger_innen, schulen Praktiker_innen darin, ihre eigenen Ziele technisch zu verfolgen, und fördern die kritische Diskussion über Wissenschaft und Innovation.

In das Projekt *Mind the Fungi* hat man uns mit der Aufgabe eingebunden, einen Kurs über die Anwendungen der Mykologie zur Verbesserung der Nachhaltigkeit menschlicher Aktivitäten zu entwerfen, um die Forschung aus den Institutionen hinauszutragen und interdisziplinäre Ideen bei Bürger_innen und Wissenschaftler_innen gleichermaßen zu generieren.

Um dies zu erreichen, bestand die Herausforderung des Kurses darin, den Bürger_innen eine wissenschaftliche Ausbildung zu bieten und ein Labor für die Forschung außerhalb der Universität einzurichten.

Wir folgten einem Crashkurs-Ansatz, bei dem wir an geeigneter Stelle grundlegendes Know-how vermittelten und Haushaltsmaterialien zur Reproduktion von Laboreinrichtungen, Geräten, Chemikalien und Protokollen verwendeten. Schließlich konnten die Teilnehmer_innen an vier nicht aufeinander folgenden Workshop-Tagen Pilzmaterialien mit Haushaltsmitteln herstellen und waren gut vorbereitet, ihre eigenen Projekte zu starten. (→ Abb. 14)

Aus meiner persönlichen Sicht als Wissenschaftspraktiker außerhalb der Universität war die Organisation dieses Kurses aufgrund der Synergien zwischen

Alessandro Volpato

Mushroom Cultivation Courses and Citizen Science

The motivation behind our Do-It-Yourself science practices is the better inclusion of citizens in the process of designing the future technologies and materials of our society. For untrained individuals to take part in this discussion, they have to understand the scientific background behind the proposals, whose implications need to be thoroughly explained.

At TOP, we approach science from a citizen perspective, train practitioners to technically pursue their own goals, and foster critical discussion about science and innovation. The project *Mind the Fungi* required us to design a course about the applications of mycology for the improvement of sustainability in human activity, aiming to bring research out of institutions and generate interdisciplinary ideas among citizens and scientists. To achieve that, the course's challenge was to provide scientific training to citizens and build a laboratory set up for research outside the university.

A crash course approach was used, where essential know-how was given at appropriate moments, while using household materials to reproduce laboratory setups, equipment, chemicals and protocols. Eventually, participants were able to grow/fabricate fungal materials using household resources in four non-consecutive workshop days, and felt confident in starting their own projects. (→ Fig. 14)

From my personal perspective as a science practitioner outside the university, arranging this course was a satisfying experience, due to the synergies created among the institutions involved, which together

den beteiligten Institutionen eine zufriedenstellende Erfahrung. Unsere Ziele trafen sich, die Wissenschaft für die Berliner Bürger_innen zugänglicher zu machen und sie in die Forschungsaktivitäten der TU Berlin einzubeziehen. Die Begeisterung der Bürger_innen für das Projekt war ein Zeichen dafür, dass die Gesellschaft positiv auf diese Initiativen reagiert.

Das Aufgreifen von Inputs aus verschiedenen Perspektiven wie Kunst, Design, Ingenieurwesen, Programmierung oder anderen Wissenschaften eröffnet neue interdisziplinäre Forschungsbereiche. Wissenschaftler_innen und Ausbilder_innen können dann auch die Erwartungen einer forschenden Gesellschaft und in diesem Fall das Engagement der Öffentlichkeit für Nachhaltigkeit und Biomaterialien besser verstehen.

Informierte Bürger_innen können ihre Entscheidungen besser bewerten. Schließlich ist die Zusammenarbeit zwischen Institutionen und Graswurzelbewegungen, bei der Citizen-Science- und DIY-Science-Ansätze zusammengeführt werden, der Schlüssel, um Einzelpersonen in einen verantwortungsvollen technologischen Fortschritt einzubeziehen.

Vielen Dank an Flavia Barragan, Tuçe Erel und Max Fowler für ihre Unterstützung.

14

14 Objekte auf Basis von Myzelkomposit, die im Rahmen des *Pilzkutlivierungskurses* von Teilnehmer_innen selbst gezüchtet wurden, April/Mai 2019, TOP lab, Berlin

Objects based on mycelium composite that participants of the *Mushroom Cultivation Course* cultured and grew themselves, April/May 2019, TOP lab, Berlin

pushed the goal of making science more accessible to Berlin's citizens and involved them into TU Berlin's research activities. Nevertheless, the enthusiasm those citizens brought to the project was a sign that society reacts positively to these initiatives.

Picking up inputs from diverse perspectives, such as art, design, engineering, programming or other sciences, triggers the exploration of new interdisciplinary research areas. In addition, scientists and trainers can better understand the expectations of an inquiring society, and in this case, the public involvement in sustainability and biomaterials.

Educated citizens can better evaluate their decisions. And last but not least, the collaboration between institutions and grass-roots movements, merging Citizen Science and DIY Science approaches, is the key to including individuals into a responsible technological advancement.

Thanks for contributing to Flavia Barragan, Tuçe Erel and Max Fowler.

DIY-Protokolle für die Kultivierung von Pilzen

Die Wissenschaftler_innen der TU Berlin stellten dem Team des TOP lab ihre allgemeinen Protokolle zur Verfügung, also Schritt-für-Schritt-Anweisungen. Deren Ausführungen passten wir beim TOP lab an die Ausstattung unseres DIY-Labors an und erstellten einen Workflow, der die Teilnehmer_innen in die wissenschaftliche Methodik einführte.

1. Petrischalen mit Soja-Agar-Medium vorbereiten

- 2 g Sojamehl, 1 g Rote-Bete-Melasse und 2 g Agar-Agar wiegen.
- Die Zutaten in ein Glasgefäß geben, 100 ml destilliertes Wasser hinzufügen und gut mischen.
- Das Gefäß mit Aluminiumfolie abdecken und die Lösung 40 Minuten lang im Dampfkochtopf kochen.
- Langsam abkühlen lassen.
- Silikonhandschuhe anziehen und mit Alkohol desinfizieren.
- Die warme Mischung in sterile Petrischalen gießen.

2. Wildpilze isolieren

- Den Fruchtkörper einer Pilzprobe finden und mit einer Bürste reinigen.
- Ein kleines Stück (1 mm^3) herausschneiden und mithilfe einer Pinzette für 5 Minuten in 3 %iges Wasserstoffperoxid (H_2O_2) tauchen.
- Diesen Vorgang mit insgesamt 9 Pilzstücken wiederholen.
- In jede Petrischale 3 Pilzstücke aus dem H_2O_2-Bad geben.
- Jede Petrischale mit Parafilm oder Küchenfolie verschließen (Küchenfolie leicht abschneiden, um Luftzufuhr zu ermöglichen).
- Mehrere Tage warten.
- Bei Verunreinigungen ein Stück Myzel von einem sauberen Rand abschneiden und in eine neue Petrischale geben (so steril wie möglich arbeiten).
- Die letzten beiden Schritte wiederholen, bis die Probe frei von Verunreinigungen ist.

3. Körnerbrut generieren

- 100 g Roggenkörner 1 Stunde in destilliertem Wasser einweichen.
- Wasser abtropfen lassen und 2 g Gips (Calciumsulfat) hinzufügen und gut mischen.
- Die Masse in ein Glas geben.
- Ein Loch in den Deckel stechen und etwas Watte in das Loch stopfen.
- Den Deckel schließen und mit Aluminiumfolie bedecken.
- 40 Minuten im Dampfkochtopf kochen.
- Wenn das Glas abgekühlt ist, etwas lebendes Myzel aus einer Petrischale mit einem sterilen Messer oder Skalpell (so steril wie möglich) hinzufügen.
- Das Wachstum in den nächsten 2 Wochen gut beobachten.

4. Beutel vorbereiten für den Anbau von essbaren Pilzen oder Substrat für Biofabrikation

- 1600 g Buchenholzspäne 24 Stunden einweichen.
- Die Buchenholzspäne abtropfen lassen.
- 850 g Weizenkleie, 3250 g Sägemehl und 125 g Gips wiegen.
- 4 l Wasser zum Kochen bringen, auf die Weizenkleie gießen und umrühren.
- Sägemehl mit dem Gips mischen.
- Buchenholzspäne hinzufügen.
- Die Weizenkleie abtropfen lassen, hinzufügen und gut mischen.
- Unter 35 °C abkühlen lassen.
- Silikonhandschuhe anziehen und mit Alkohol waschen.
- Von Hand die Körnerbrut in den Gläsern in kleine Stücke brechen.
- Substrat mit der Körnerbrut impfen, indem die Stücke mit dem Substrat vermischt werden.
- Das geimpfte Substrat in Pilzwachstumsbeutel legen und diese schließen.
- 2 Wochen oder länger beobachten, bis das Substrat von Myzel vollständig durchzogen ist. (Wenn man Fruchtkörper wachsen lassen möchte, in den Beutel stechen und feucht halten.)

5. Pilzobjekte züchten

- Eine Negativform des gewünschten Objekts herstellen, zu dem der Pilz wachsen soll.
- Die negative Form in Frischhaltefolie hüllen.
- Silikonhandschuhe anziehen und mit Alkohol die Oberfläche der Form desinfizieren.
- Beutel mit myzelisiertem Substrat öffnen und das Material in kleine Stücke zerlegen.
- Form mit dem zerlegten myzelisierten Substrat füllen und mit einem Stück Karton abdecken.
- 1 bis 2 Wochen warten oder zumindest so lange, bis das Substrat von Myzel gut durchsetzt ist.
- Gegenstand aus der Form nehmen, in eine Plastiktüte legen und die Tüte locker schließen, damit etwas Luft hineingelangen kann.
- Weitere 1 bis 2 Wochen warten, bis das Objekt vollständig von Myzel umhüllt ist.
- Objekt 1 Stunde bei 60–70 °C im Ofen trocknen und eine weitere Stunde abkühlen lassen.
- Diesen Schritt wiederholen, bis das Objekt vollständig trocken ist.
- 24 Stunden warten und das Objekt noch einmal 1 Stunde lang im Ofen trocknen.
- Das Objekt ist fertig.
- Wenn Schimmel auf dem Objekt auftritt, Objekt mit Alkohol waschen und einen Trocknungsschritt wiederholen, wie zuvor erwähnt.

Mehr Informationen zu TOP lab:
top-ev.de/about/lab

DIY protocols for mushroom cultivation

TU scientists provided TOP lab's team with their generic protocols, stepwise instructions to execute a technique, which we adapted to the community lab's equipment, creating a workflow which introduces participants to scientific methodology.

1. Prepare Petri dishes with soya-agar medium

- Weigh 2 g of soya flour, 1 g of beetroot molasses and 2 g of agar-agar.
- Put the ingredients in a glass vessel, add 100 ml of distilled water and mix well.
- Cover the vessel with aluminium foil and pressure-cook the solution for 40 minutes.
- Slowly let cool down.
- Wear silicone gloves and disinfect them with alcohol.
- Pour the warm mixture in sterile Petri dishes.

2. Isolate wild mushrooms

- Find the fruiting body of a specimen and clean it with a brush.
- Cut a small piece (1 mm^3) and put it with tweezers in hydrogen peroxide 3 % (H_2O_2) for 5 minutes.
- Do the same with a total of 9 pieces of mushroom.
- Transfer in each Petri dish 3 pieces of mushroom from the H_2O_2 bath.
- Close each Petri dish with parafilm or kitchen wrap (slightly cut the kitchen wrap to allow airflow).
- Wait several days.
- In case of contamination cut a piece of mycelium from a clean border and transfer it to a new Petri dish (work as sterile as possible).
- Repeat the last two steps until the specimen is free of contamination.

3. Generate grain spawn

- Soak 100 g of rye grain in distilled water for 1 hour.
- Remove the excess of water, add 2 g of gypsum (calcium sulphate) and mix well.
- Transfer the mass to a glass jar.
- Pierce a hole in the lid, and insert some wadding into the hole.
- Close the lid and cover it with aluminium foil.
- Pressure-cook the mass for 40 minutes.
- When the jar has cooled down, transfer with a knife or scalpel under sterile conditions (as far as possible) some living mycelium from a Petri dish.
- Monitor the growth over the next 2 weeks.

4. Prepare bags for growing edible mushrooms or substrate for biofabrication

- Soak 1600 g of beech wood chips for 24 hours.
- Drain the beech wood chips.
- Weigh 850 g of wheat bran, 3250 g of sawdust and 125 g of gypsum.
- Bring to boil 4 l of water, pour it on the wheat bran and stir.
- Mix the sawdust with the gypsum.
- Add the beech wood chips.
- Drain and add the wheat bran and mix well.
- Let cool down below 35 °C.
- Wear silicone gloves and wash them with rubbing alcohol.
- With the hands, break the grain spawns in the jars into small pieces.
- Inoculate substrate with the grain spawn by mixing the pieces with the substrate.
- Put the inoculated substrate into mushroom grow bags and close them.
- Monitor for 2 weeks or more, until the substrate is fully myceliated. (If you want to grow fruiting bodies, pierce the bag and keep it moist.)

5. Growing fungal materials

- Build a negative mould of the object you want to build, into which you want the mushroom to grow.
- Envelop it in kitchen wrap.
- Wear silicone gloves and clean the mould surfaces with alcohol.
- Open the bags with myceliated substrate and break down the material in small pieces.
- Fill the negative mould with the broken-up material and cover it with a piece of clean cardboard.
- Wait 1 to 2 weeks or until the substrate is well myceliated.
- Remove the mycelium-formed object from the mould and put it in a plastic bag. Close the bag loosely, to allow airflow and prevent contamination at the same time.
- Wait another 1 to 2 weeks until the object is completely enveloped with mycelium.
- Dry the object in the oven at 60–70 °C for 1 hour and let cool down for another hour.
- Repeat this step until the object is completely dry.
- Wait 24 hours and dry the object once more in the oven for 1 hour.
- The object is ready.
- If mould appears on the object, wash the object with alcohol and repeat the drying step previously mentioned.

More information about TOP lab:
top-ev.de/about/lab

Kunst- und Designresidenzen in den Laboren

Theresa Schubert, Fara Peluso

Artist and designer in laboratory residencies

Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy

Wie nehmen Pilze Klänge wahr?
Als Jakob von Uexküll zu Beginn des 20. Jahrhunderts seine *Umwelttheorie* definierte, war eine seiner wichtigsten Errungenschaften, das Tier als Subjekt wahrzunehmen: »Jedes Lebewesen besitzt seinen eigenen Raum und seine eigene Zeit«,[1] was für ihn bedeutete, dass biologische Prozesse in ihrem Gesamtzusammenhang, in ihrer Zeit und unter Berücksichtigung ihrer Umwelt zu analysieren sind. In Erinnerung an Uexküll war meine Idee für die Labor-Residenz von *Mind the Fungi*, eine sensorische Situation für Pilze zu schaffen, die für den Menschen nicht unbedingt wahrnehmbar sein musste, sondern die Sinne der Pilze ansprach. Meine Absicht war es, eine Erfahrung für Pilze zu schaffen, die ihnen Raum und Zeit gab, sich unter neuartigen Bedingungen zu entwickeln, und deren individuelle Reaktion beobachten zu können.

Der amorphe Körper der Pilze ist die perfekte Grundlage für Netzwerkmetaphern, die mich nicht nur ästhetisch faszinieren, sondern auch, weil ich das *Myzel-Sein* als eine Philosophie der Beziehungen, des Prozesses und des Raums betrachte. Obwohl die Pilzfäden bzw. Hyphen für unsere menschlichen Augen verborgen sind, verbinden sich einige von ihnen als Netzwerk in der Erde der Wälder mit den Baumwurzeln, um eine symbiotische Hyper-Spezies zu schaffen. Diese Mykorrhiza sind in der Lage, über biochemische Signale zu kommunizieren und Nährstoffe auszutauschen.[2] Als Metapher dafür, dass Pilze und Pflanzen miteinander »sprechen«, beschloss ich, Klang als Medium für meine Interaktion mit den Pilzen zu verwenden. Bei meiner Recherche zum Einfluss von Schall auf das Myzel-Wachstum war ich überrascht, auf dem Gebiet der arborealen Pilze, unserem Untersuchungsgegenstand, keine Publikationen finden zu können. Welchen Einfluss könnte Schall auf ihre Morphologie und ihren Stoffwechsel haben? Könnte eine Beschallung die Dichte des Myzels oder die Festigkeit der Hyphen

Theresa Schubert

Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy

How do fungi perceive sound?
When Jakob von Uexküll defined his *Umwelttheorie* at the beginning of the 20th century, one of his main achievements was to perceive the animal as a subject: »every living being has its own space and its own time«,[1] which meant to him that biological processes are to be analysed within their overall context, time and in consideration of their environment. Remembering Uexküll, my idea for the *Mind the Fungi* residency was to create a situation for fungi that did not necessarily need to be perceivable by humans but stimulate the fungi's senses. My intention was to create an experience for fungi that gave them space and time to evolve under novel conditions and to be able to observe their individual response.

Fungi's distributed amorphous body is the perfect ground for network metaphors, intriguing me not only due to its aesthetics but also by looking at the mycelial being as a philosophy of relations, of process and space. Although the fungi filaments or hyphae are hidden to our human eyes, as a network in the forests' earth some connect to tree roots to create a symbiotic hyper-species. These mycorrhiza are able to communicate via biochemical signals and to exchange nutrients.[2] Taking this as a metaphor for fungi and plants »talking« to each other, I decided to use sound as a medium to interact with them. While researching the influence of sound on mycelium growth, I was surprised that there was nothing published in the area of arboreal fungi, our subject of study. What influence could sound have on their morphology and metabolism? Could sound exposure change mycelium density or strength and hence make it a different design or building material?

verändern und dadurch neue Designperspektiven oder Baumaterialien ermöglichen?

The Box Experiment

Für das Experiment konstruierte ich spezielle schallisolierte Boxen, die Lautsprecher und ausgewählte Pilzmyzelien[3] aus unseren *Walk & Talks* enthielten. Über mehrere Wochen beschallte ich die Pilze mit einer bestimmten Tonfrequenz. Parallel dazu kultivierte ich die gleiche Pilzart in Stille als Gegenprobe. Ich beobachtete mit Enthusiasmus, dass sich die Beschallung auf das Wachstum und den Stoffwechsel des Myzels auswirkte, vermutlich, weil Pilze die physikalische Stimulation der Schallwellen wahrnehmen, auch wenn sie den Schall an sich nicht hören können.

Im Laufe der Residenz wiederholte ich das Experiment viermal, nahm Messungen vor, dokumentierte sie fotografisch und machte lichtmikroskopische Analysen. (→ Abb. 1, 3, 4, 7) Bei jeder Wiederholung änderte ich die Tonfrequenz. Da es keine verfügbaren Vorstudien mit arborealem Pilzmyzel gab, bezog ich mich bei der Wahl der Frequenz auf eine Studie aus der Pflanzenakustik, in der Pflanzenwurzeln auf 220 Hertz reagieren.[4] Außerdem testete ich 110 Hertz und 440 Hertz als kontinuierliche Sinuswelle und Ein-/Ausschaltintervalle von 10–30 Sekunden. Unabhängig von der Frequenz konnte ich bei den meisten Spezies starke Reaktionen beobachten, bei einigen war die Wirkung nicht eindeutig.

Von Laborsemiotik zu Ästhetik

Nach Abschluss meiner Labor-Residenz erkannte ich Widersprüche zwischen meiner ursprünglichen Idee, eine objektive Erfahrung für Pilze zu ermöglichen, und dem unvermeidlichen Anthropozentrismus, dass ein Experiment immer ein Akt der vom Menschen auferlegten Kontrolle und Reduktion im Gegensatz zur Freiheit der Natur und ihrer Komplexität ist. Eine Bedeutungsverschiebung hat bereits stattgefunden, indem man Wesen aus der Natur ins Labor bringt, wo sich ihre *Umwelt* plötzlich aus einer Petrischale konstituiert, in der Raum, Nahrung, Luft und Temperatur reguliert sind, und später die Schallwellen als unerwartete, möglicherweise irritierende Parameter in dieser Umgebung einführt. (→ S. 93) Weiter genährt durch meine Neugierde auf *the earth-bound*,[5] übersetzte ich das Experiment in eine ästhetische Erfahrung mittels einer interaktiven

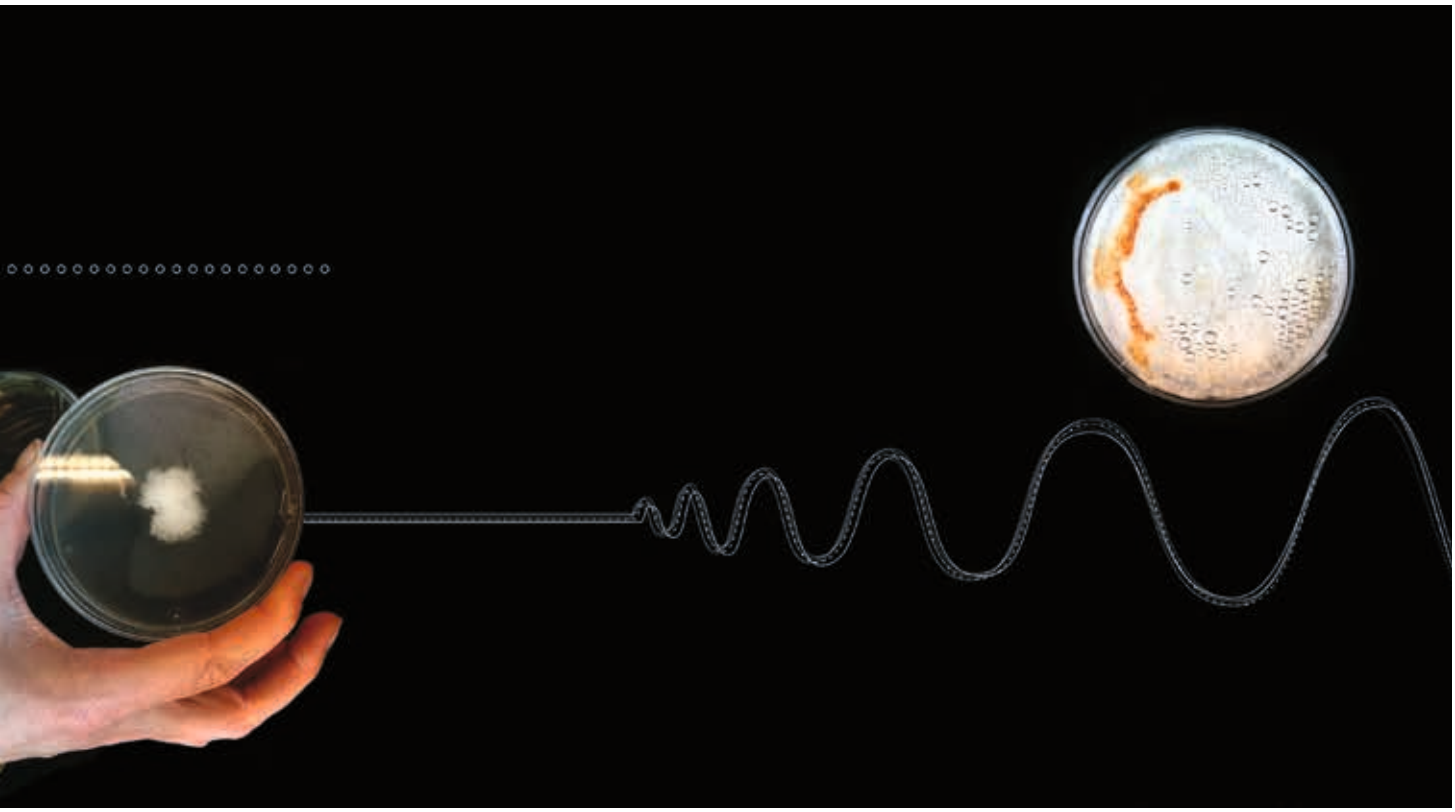
The Box Experiment

For the experiment, I built custom soundproofed boxes that were housing speakers and selected fungi mycelia[3] stemming from our public *Walk & Talks*. For several weeks, I exposed the fungi to a specific sound frequency. In parallel, I cultivated the same species in silence for crosschecking. I was excited to see that the sound had an effect on mycelial growth and metabolism, presumably because fungi can perceive the physical stimulation of the sound waves, even if they cannot hear the sound per se.

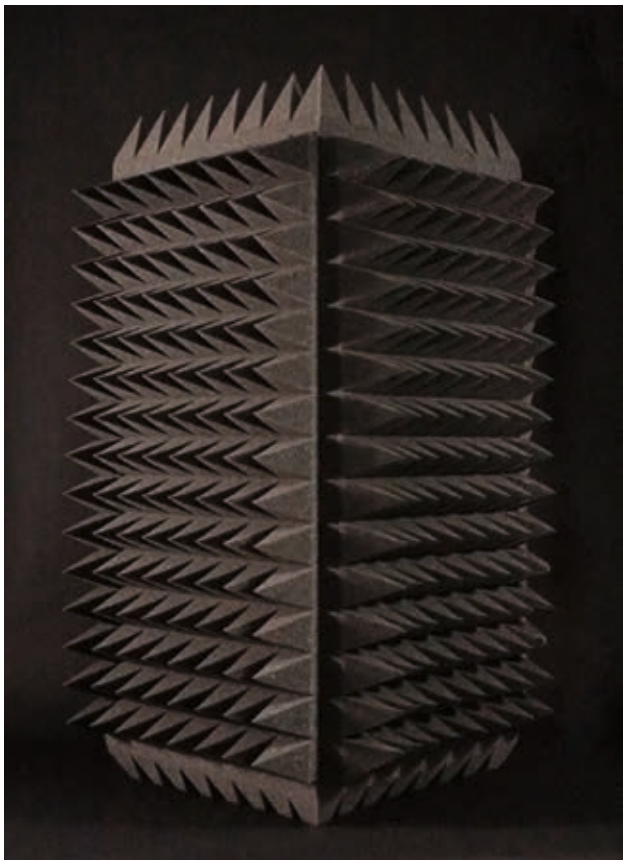
Over the course of the residency, I repeated the experiment four times, took measurements, documented via photographs and made optical microscopic analyses. (→ Fig. 1, 3, 4, 7) With every repetition, I changed the sound frequency. Since there were no available preliminary studies with arboreal mycelium, I based my choice of frequency on research from plant acoustics where a measurable response in roots occurs at 220 Hertz.[4] Further, I tested 110 Hertz and 440 Hertz as continuous sinus wave and on/off intervals of 10–30 seconds. Irrespective of the frequency, I could observe strong responses in most species, in some, the effect was inconclusive.

From lab semiotics to aesthetics

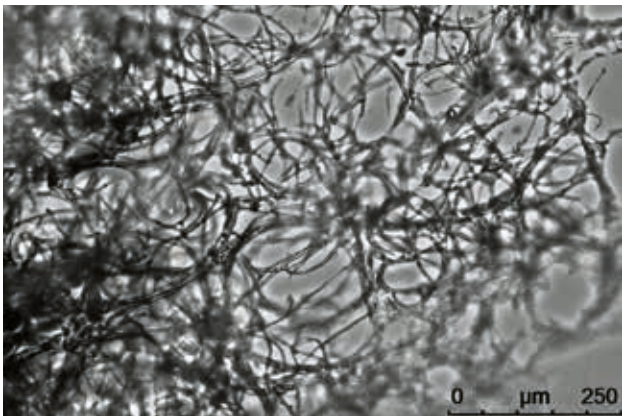
After conclusion of my lab residency, I realised contradictions between my initial idea of facilitating an objective experience for fungi and the unavoidable anthropocentrism where an experiment is always an act of human-imposed control and reduction in contrast to nature's freedom and complexity. A shift in the meaning had already occurred by taking fungi from nature to the laboratory where all of a sudden their *Umwelt* is constituted by a Petri dish confined space, regulated nutrition, air and temperature and later introducing sound waves as unexpected, possibly irritating, parameters in this setting. (→ p. 93) Further nourished by my curiosity of understanding *the earth-bound*[5] and fascinated by my mycelia observations, I translated the experiment



1



2



3

4

1 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, 2020, Visualisierung von Myzel von *Pleurotus ostreatus* 20 Tage nach Inokulation. Links: Petrischale, in Stille kultiviert; rechts: Petrischale, die mit 220 Hz beschallt wurde

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, 2020, visualisation of mycelium *Pleurotus ostreatus* 20 days after inoculation. Left Petri dish mycelium cultivated in silence, right Petri dish under sound exposure of 220 Hz

2 Theresa Schubert, *Sound for Fungi. The Box Experiment*, speziell angefertigter, schallgedämmter Kasten des Experiments, 2019

Theresa Schubert, *Sound for Fungi. The Box Experiment*, custom-built, soundproofed box from the experiment, 2019

3 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, 2020, mikroskopische Aufnahme von *Pleurotus ostreatus*, 20 Tage nach Inokulation und Beschallung (↑)

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, 2020, microscopic image of *Pleurotus ostreatus* mycelium, 20 days after inoculation and exposed to sound (↑)

4 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, Kunstresidenz im Labor des Fachgebiets für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie, 2019

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, art residence at the laboratory of the Department of Applied and Molecular Microbiology, 2019

Videoinstallation mit dem Titel *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy,* ergänzt durch Arrangements von Fotos, Zeichnungen und Diagrammen. (→ Abb. 5 → S. 88)

Indeterminacy ist eine von John Cage entwickelte Improvisationstechnik, die viele Parameter einer Komposition undefiniert lässt und der Entscheidung der Interpret_innen, dem Zufall oder der Natur anheimstellt.[6] Der Mykologe Alan Ryner verbindet Pilze mit *Indeterminacy* durch ihre formwandelnde Gestalt. Myzelien breiten sich immer weiter aus, wachsen und haben verschiedene Lebenszyklen, einige sind theoretisch sogar unsterblich.[7] (→ Abb. 6) Hier liegt eine weitere Faszination für mich, denn Pilze zeigen Möglichkeiten für Offenheit und Endlosigkeit, Begriffe, die auch zur Beschreibung von Cages Kompositionen verwendet werden. Ich finde die Cage'sche Idee der *Indeterminacy* hier besonders treffend, da Improvisation – nicht so sehr als musikalischer Prozess, sondern als natürliches Lebensphänomen verstanden – zu einer notwendigen Bedingung wird, um eine Brücke zwischen »existing and emerging entanglements«[8] zu schlagen, und somit einen Zustand der Existenz selbst darstellt. Wie Benjamin Piekut über Cages Verständnis sagt: »Being is an act the outcome of which is unknown.«[9] Diese Akzeptanz der Ungewissheit ermöglicht Spontaneität und Emergenz, Prinzipien, die meiner Kunst zugrunde liegen.

Die mit Sage Jenson entwickelte Installation besteht aus einem algorithmischen, generativen Video, das das Wachstum von Myzelien simuliert und über einen Handtracking-Sensor Interaktion ermöglicht. So können die Besucher_innen als Tonfrequenz agieren, die das Wachstum der Hyphen in Echtzeit moduliert und Bewegung durch das Netzwerk ermöglicht. Die Vielfalt der Pilze wird greifbar, indem man in einer 3D-Umgebung die Perspektive ändern und fließend von einer Makrosicht auf die zelluläre Ebene wechseln kann, wodurch sich fragile Topologien aus Knotenpunkten, Verbindungen und deren Umgebungen eröffnen. (→ Abb 5 → S. 96 f.)

Für die Begleitung, Unterstützung und Beratung bedanke ich mich beim Fachgebiet AMM, insbesondere Prof. Vera Meyer, Carsten Pohl und Bertram Schmidt, sowie meiner Atelierassistenz Simona Dossi.

into an aesthetic experience via an interactive video installation entitled *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy,* complemented by arrangements of photos, drawings and diagrams. (→ Fig. 5 → p. 88)

Indeterminacy is an improvisational technique developed by John Cage that leaves many parameters of a composition undefined and up to the decision of the interpreter, chance or nature.[6] Mycologist Alan Ryner is linking mushrooms to indeterminacy through their shape-shifting *Gestalt*. Fungi keep expanding, growing through different life cycles, some of them, in theory, are even immortal.[7] (→ Fig. 6) Here lies another fascination for me because fungi show possibilities for openness and open-endedness, terms used to describe Cage's compositions as well. I find the Cagean idea of *Indeterminacy* here particularly apt, as improvisation – not so much as a musical process but understood as a natural life phenomenon – becomes a necessary condition to bridge between »existing and emerging entanglements«[8] and hence is representing a condition of existence itself. As Benjamin Piekut writes about Cage's understanding, »Being is an act the outcome of which is unknown«.[9] This acceptance of uncertainty enables spontaneity and emergence, which are principles applied in my artwork.

Developed with Sage Jenson, the resulting installation consists of a code-based generative video that simulates the hyphae's growth and via a hand tracking sensor allows people to interact with these. Thus, a visitor can take on the role of a sound frequency modulating the hyphae's growth in real-time and move through the network. The multiplicity of fungi becomes tangible through being able to change perspective in a 3D environment and fluidly shift from a macro view to a cellular level opening up fragile topologies made of nodes, connections and their environment. (→ Abb 5 → pp. 96 f.)

I would like to thank the AMM group, especially Prof. Vera Meyer, Carsten Pohl and Bertram Schmidt for their guidance, support and advice, as well as my studio assistant Simona Dossi.

1 Jakob von Uexküll & Georg Kriszat: *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen*. Hamburg 1956 (Originalausgabe 1935), S. 167.

2 Marcel G. A. van der Heijden & Thomas R. Horton: »Socialism in Soil? The Importance of Mycorrhizal Fungal Networks for Facilitation in Natural Ecosystems« , in *Journal of Ecology* **97**, 6 (2009), S. 1139–50.

3 *Pleurotus ostreatus, Fomes fomentarius, Meripilus giganteus, Phellinus robustus, Hypholoma fasciculare, Xylaria hypoxylon.*

4 Monica Gagliano, Stefano Mancuso & Daniel Robert: »Towards Understanding Plant Bioacoustics« , in *Trends in Plant Science* **17**, 6 (2012), S. 323–25.

5 Siehe zu diesem Begriff von Donna Haraway meinen Text »Streifzug zwischen Kunst, Aufmerksamkeit und Wissenschaft« auf S. 60 f.

6 Holger Schulze: *Das aleatorische Spiel. Erkundung und Anwendung der nichtintentionalen Werkgenese im 20. Jahrhundert*, München (2000), S. 168.

7 Anna Lowenhaupt Tsing: *The Mushroom at the End of the World. On the Possibility of Life in Capitalist Ruins*, Princeton / Oxford 2015, S. 46 f.

8 Benjamin Piekut: »Chance and Certainty. John Cage's Politics of Nature« , in *Cultural Critique* 84 (2013), S. 136.

9 Piekut: »Chance and Certainty«, S. 157.

1 Jakob von Uexküll & Georg Kriszat: *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen*, Hamburg 1956 (original edition 1934), p. 167.

2 Marcel G. A. van der Heijden & Thomas R. Horton: »Socialism in Soil? The Importance of Mycorrhizal Fungal Networks for Facilitation in Natural Ecosystems«, in *Journal of Ecology* **97**, 6 (2009), pp. 1139–50.

3 *Pleurotus ostreatus, Fomes fomentarius, Meripilus giganteus, Phellinus robustus, Hypholoma fasciculare, Xylaria hypoxylon, Trametes versicolor, Phlebia radiata.*

4 Monica Gagliano, Stefano Mancuso & Robert Robert: »Towards Understanding Plant Bioacoustics«, in *Trends in Plant Science* **17,** 6 (2012), pp. 323–25.

5 For this term in the understanding of Donna Haraway see also my text »A foray between art, awareness and science« on pp. 60 f.

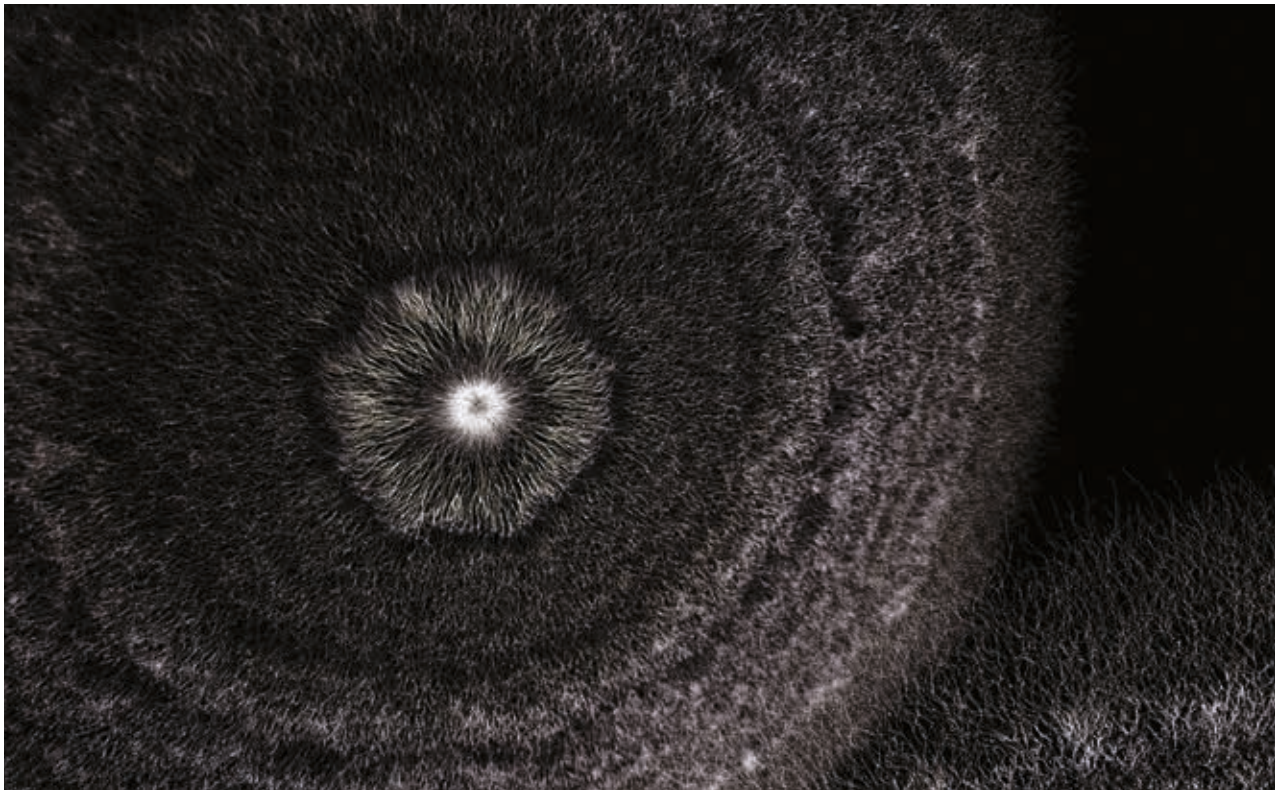
6 Holger Schulze: *Das aleatorische Spiel. Erkundung und Anwendung der nichtintentionalen Werkgenese im 20. Jahrhundert,* München 2000, p. 168.

7 Anna Lowenhaupt Tsing: *The Mushroom at the End of the World. On the Possibility of Life in Capitalist Ruins.* Princeton / Oxford 2015, pp. 46 f.

8 Benjamin Piekut: »Chance and Certainty. John Cage's Politics of Nature«, in *Cultural Critique* 84 (2013), p. 136.

9 Piekut: »Chance and Certainty«, p. 157.

5



6

7

5 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, interaktive Videoinstallation, Installationsansicht, Ausstellung *Mind the Fungi. Art & Design Residencies*, Futurium, Berlin 2020

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, interactive video installation, installation view, exhibition *Mind the Fungi. Art & Design Residencies*, Futurium, Berlin 2020

6 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, Bildschirmaufnahme der Videoinstallation

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, screen capture of video installation

7 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, experimentelle Messung von *Hypholoma fasciculare*, 2019

Theresa Schubert, *Sound for Fungi. The Box Experiment*, experimental measurement of *Hypholoma fasciculare*, 2019

Design und Koexistenz

Interview mit Fara Peluso von Regine Rapp und Christian de Lutz

Dein Material für deine designbasierte künstlerische Forschung sind Algen. Was hat dich zuerst an ihnen interessiert, und wie hat sich dein Ansatz mit der Zeit verändert?

Als Absolventin im Fach Industriedesign begann ich mich für Algen zu interessieren, indem ich ihre Formen und Strukturen in der Natur betrachtete und sie als eine großartige Designstrategie ansah. Tatsächlich waren die ersten Algenmikroorganismen, die mich faszinierten, Kieselalgen mit einer harten porösen Zellwand, der sogenannten Frustule, die nur unter dem Mikroskop sichtbar ist. Dass Designer_innen und Bauingenieur_innen deren Strukturen als eine Lösung und Herausforderung im Bauwesen erkannten und sie als ideale Objekte für biomimetische Anwendungen in Architektur und Industriedesign betrachteten, war der erste Grund, warum ich mit ihnen zu arbeiten begann. Damals galt mein Interesse allein dem Menschen und der Befriedigung seiner Bedürfnisse. Später weitete ich meine Perspektive und nahm alle Lebensformen und ihre Interaktion in den Blick, um zu einem ganzheitlicheren und nachhaltigeren Verständnis der Bedingungen unserer Existenz auf diesem Planteten zu gelangen.

Wie hat deine frühere Arbeit mit Algen deine Herangehensweise an Pilze beeinflusst?

Seit ich begonnen habe, mit einem kritischen und spekulativen Ansatz zu experimentieren, interessiere ich mich dafür, das Konzept symbiotischer Beziehungen zu erforschen und wie man sich von diesen Naturphänomenen inspirieren lassen oder von ihnen lernen kann. Durch meine Forschung in Zusammenhang mit Algen habe ich einige interessante Formen der Symbiose entdeckt, an denen Algen und andere lebende Organismen beteiligt sind, wie zum Beispiel Flechten – ein Organismus, der aus der Symbiose zwischen Algen und Pilzen entsteht. Als ich diese Koexistenz entdeckte, wollte ich sie in mein Forschungsprojekt für *Mind the Fungi* einbringen. Ich wollte mit einem neuen Material experimentieren und eine Skulptur entwerfen, die über unser Verhältnis zur Natur erzählt.

Wie hat die Zusammenarbeit mit Biotechnolog_innen deine Herangehensweise an designbasierte und künstlerische Praxis verändert?

Die Arbeit mit den Biotechnolog_innen hat bestätigt, was ich schon in den Jahren meiner spekulativen Designpraxis gesucht hatte. Seit 2014 forsche ich zu zahlreichen Organismen, die es auf der Erde gibt, und neue Beziehungen zwischen anderen Organismen, unserer gemeinsamen Umwelt und uns. Bei *Mind the Fungi* habe ich viele wissenschaftliche Techniken und Prozesse kennengelernt. Die Arbeit mit Mikroorganismen hat mir auch die Möglichkeit gegeben, ihre Umwelt und Wachstumsbedingungen zu beobachten, was den Zeitplan des Designprozesses stark beeinflusst und mich veranlasst hat, ihn zu überdenken. So habe ich neu abgewogen, was ein lebender Organismus tatsächlich bedeutet, wie er sich in eine künstlerische und designbasierte Praxis einbinden lässt und dabei hierarchische Beziehungen vermieden werden können. Wesentlich für meinen Arbeitsprozess war auch, viel zu experimentieren, ohne die komplette Kontrolle zu haben.

Welche Erfahrungen hast du in deine Arbeit am Fachgebiet Angewandte und Molekulare Mikrobiologie einfließen lassen? Und wie hat die Zusammenarbeit mit den Wissenschaftler_innen im Labor deine Sichtweise auf das Arbeiten mit Biomaterial verändert?

Seit Beginn meiner Forschung habe ich mich auf das Thema Koexistenz konzentriert. Ich wollte erforschen, was es wirklich bedeutet, wenn in der Natur verschiedene lebende Organismen zur gleichen Zeit und im gleichen Gebiet existieren. Da ich bereits mit Algen gearbeitet hatte und am *Mind-the-Fungi*-Projekt beteiligt war, entdeckte ich die Existenz von Flechten als einer Symbiose von Algen und Pilzen. Davon ausgehend wollte ich einen Rahmen für Koexistenz und Symbiose entwerfen, in dem Konkurrenten die Artenvielfalt erhalten und in derselben ökologischen Umgebung leben können. Dies wollte ich in meiner künstlerischen und designbasierten Forschung zur Entwicklung eines neuen Verbundmaterials umsetzen. Es ging mir um die Schaffung eines neuen organischen Materials, aber auch um die Frage, was der Mensch aus der Symbiose lernen kann.

Designing co-existence

Interview with Fara Peluso by Regine Rapp and Christian de Lutz

8 Fara Peluso: *Niche*, Installation mit lebenden Kokulturen aus der Alge *Chlorella sorokiniana* und dem Pilz *Rhizopus microsporus var. oligosporus*, 2020, Futurium, Berlin

Fara Peluso: *Niche*, installation with living co-cultures of the alga *Chlorella sorokiniana* and the fungus *Rhizopus microsporus var. oligosporus*, 2020, Futurium, Berlin

Your basic research material are algae. What first made you interested in them and how has your approach changed in time?

Coming from an industrial design education I started to be interested in algae looking at their forms and structures in nature, and considering them great design strategies. Indeed the first algae microorganisms I was fascinated by, diatoms, whose shape is formed by a hard and porous cell wall, the so-called frustule, were only visible under a microscope. Watching how designers and civil engineers recognised these structures as a solution and challenge in construction, considering them ideal objects for biomimetic applications in architecture and industrial design, was the first reason why I started to work with them. At that time my practice centred on human beings and the satisfaction of their needs. Later, I broadened my perspective to include all forms of life and their interaction, in order to arrive at a more holistic and sustainable understanding of the conditions of our existence (or rather co-existence) on this planet.

How has your previous work with algae informed your approach to fungi?

Since I began experimenting with a critical and speculative approach, I've been interested in exploring the concept of symbiotic relationships, how to be inspired by or learn from these natural phenomena. Through my research related with algae I've discovered some interesting forms of symbiosis that involve algae and other living organisms, such as lichens, an organism resulting from a symbiosis between algae and fungi. Discovering this co-existence I wanted to bring it into my research residency project for *Mind the Fungi* by experimenting with a new material, designing a sculpture that talks about the relationship we have with nature and what we can learn from it.

Kannst du uns etwas über dein Kunstdesign-Projekt am Fachgebiet Bioverfahrenstechnik erzählen?

Meine Hauptinspirationen sind die wissenschaftlichen Protokolle und Experimente, die die Forscher_innen in ihren Laboren durchführen. In enger Zusammenarbeit mit den Bioverfahrenstechniker_innen des Instituts für Biotechnologie der TU Berlin konnte ich Formen der Koexistenz mittels Kokultivierung beobachten und erleben, wie eine ökologische Nische die Vielfalt zwischen zwei Organismen unter einer bestimmten Umweltbedingung erhalten kann. Das vom Fachgebiet entwickelte Protokoll für die Kokultivierung von Myzel und Algen war dasjenige für die Gestaltung meiner Installation *Niche* (»Nische«) und für die Zusammenführung von Design, Kunst, Wissenschaft und technologischen Kenntnissen und Werkzeugen. Ich wollte den Prozess in eine andere Perspektive übersetzen, indem ich ein hybrides Objekt, eine lebende Installation schuf – also einen skulpturalen Bioreaktor. Die Öffentlichkeit soll damit verstehen, wie diese Organismen funktionieren, und sich fragen, wie wir sie in unser tägliches Leben integrieren könnten.

Der zentrale Teil deiner Arbeit konzentriert sich auf Symbiose und die Schriften von Lynn Margulis. Wie kann uns deiner Meinung nach das Studium symbiotischer Systeme in Zukunft nutzen?

Ich denke, dass uns das Studium symbiotischer Systeme und ihre Übersetzung in ein Design- oder Kunstprojekt viel über die Rolle des Menschen im gesamten Ökosystem sagen kann. Das wiederum kann uns von Hierarchien und jener Idee wegführen, dass der Mensch überlegen ist. Ich denke, wir können lernen zu akzeptieren, dass wir alle miteinander verbunden, also Teil desselben Systems sind und dass symbiotische Ereignisse auch zu unserer Evolution gehören. Lynn Margulis hat meine Vorstellungen von Symbiose beeinflusst und mich dazu gebracht, darüber nachzudenken, wie unreflektiert wir in unserem Denken sind und wie weit unsere sozialen Konstruktionen von der Realität entfernt sind.

Danke an Vera Meyer, Bertram Schmidt, Carsten Pohl sowie Peter Neubauer und Stefan Junne für ihre Unterstützung!

9 Fara Peluso installiert ihre neu entstandene Arbeit *Niche* im Futurium, Berlin, Juni 2020 (Installation mit lebenden Kokulturen au der Alge *Chlorella sorokiniana* und dem Pilz *Rhizopus microsporus var. oligosporus*).

Fara Peluso is installing her new work *Niche* at Futurium, Berlin, June 2020 (an installation with living co-cultures of the alga *Chlorella sorokiniana* and the fungus *Rhizopus microsporus var. oligosporus*).

How has working with biotechnologists changed your approach to design and art production?

Working with biotechnologists confirmed what I was looking for already in years of speculative design practice. Since 2014 I've been researching in biology on the many organisms present on earth, exploring new relationships between other organisms, our common environment and us. I've learned many scientific techniques and processes during *Mind the Fungi*. Working with microorganisms has also given me the possibility to observe their environment and growing conditions, which has deeply affected the design process timeline, causing me to rethink it. Thanks to this I've reconsidered what a living organism really is and how to implement it into an artistic and design practice, while seeking to avoid traditional hierarchical relationships. Essential for my work process was also to experiment a lot without having total control.

What experience did you bring to your work at the Applied and Molecular Microbiology lab? And how did working with the scientists at the lab change your view of working with biomaterial?

Since the beginning of my research I've been focused on the topic of co-existence. I've decided to explore what this really means, inspired by the fact that on many occasions in nature different living organisms exist together at the same time and in the same place. Working already with algae and being involved with the *Mind the Fungi* project, I discovered the existence of lichens and their symbiosis between algae and fungi. From this I wanted to understand and translate a framework for co-existence and symbiosis, where competitors can maintain species diversity and live in the same environments, into artistic and design research for developing a new composite material. I wanted to create a new organic matter, but also explore what human beings can learn from symbiosis.

Can you tell us about your art design project at the Department of Bioprocess Engineering?

My main inspirations are the scientific protocols and experiments that scientists use in their laboratories. In close collaboration with the bioprocess engineers at the TU Berlin Institute of Biotechnology I could watch and experience this co-existence in co-cultures and how an ecological niche can maintain diversity between two organisms under a specific environmental condition. The mycelium and algae co-cultivation protocol developed by the department has been the protocol for designing my installation *Niche* and bringing together design, art, science and technological knowledge and tools. I wanted to translate the process into a different perspective by creating a hybrid object, a living installation and sculptural bioreactor to show the public how these organisms work and raise questions about how we could integrate them into our daily existence.

Most of your work is focused on symbiosis and the writings of Lynn Margulis. In your opinion how can studying symbiotic systems benefit us in the future?

I think that studying symbiotic systems and translating them into a design or artistic project can provide a big lesson about the role of human beings in the whole ecological system, leading to a subversion of hierarchies and of the idea that humans are superior. I think we can learn to accept that we are all part of the same inter-connected system and that symbiotic events are also part of our evolution. Lynn Margulis influenced my ideas on symbiosis, making me consider how unaware of other forms of life we are in our thinking and how far from reality our social constructions are.

Thanks to Vera Meyer, Bertram Schmidt, Carsten Pohl as well as Peter Neubauer and Stefan Junne for their support.

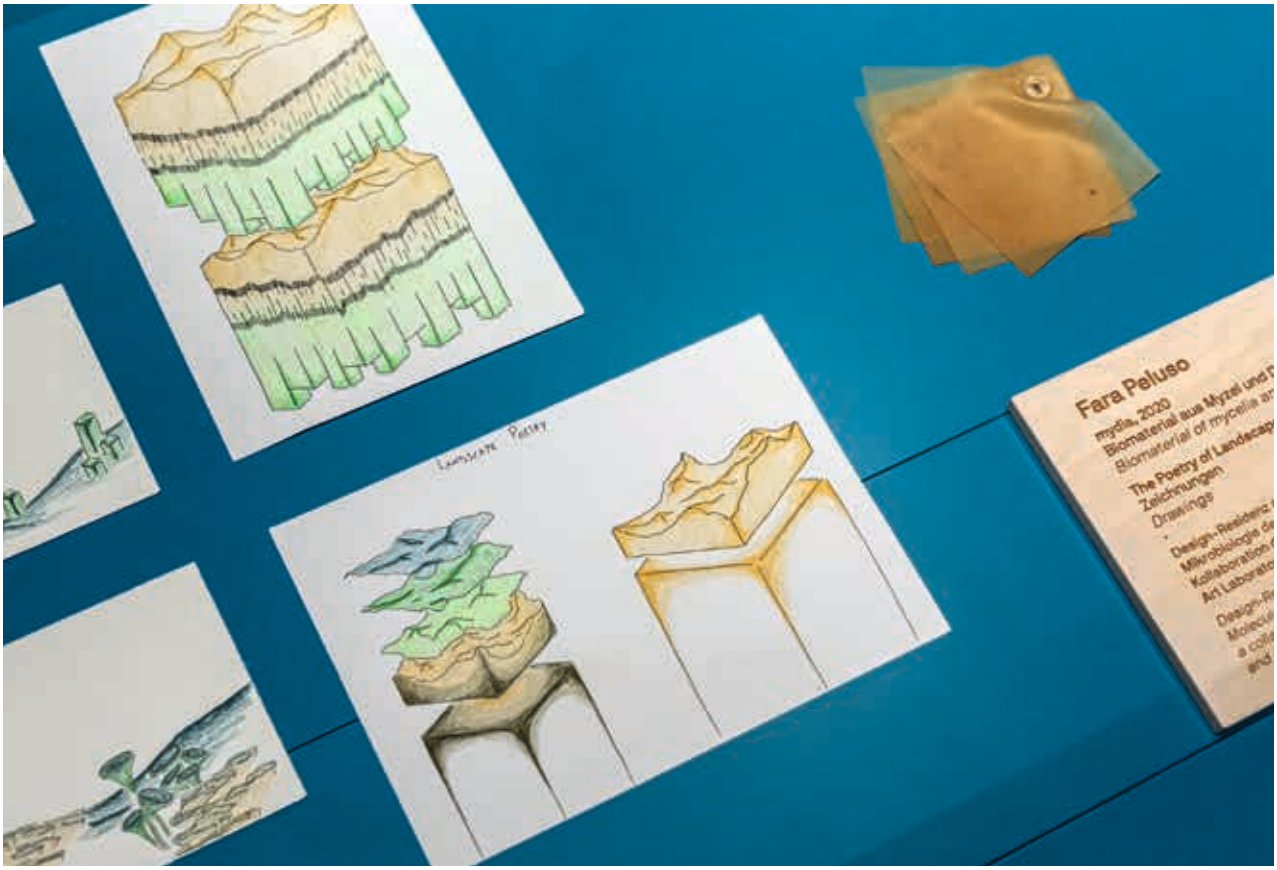
10

10 Blick auf die beiden neu enstandenen Arbeiten von Fara Peluso, *Niche* (Installation mit lebenden Kokulturen aus der Alge *Chlorella sorokiniana* und dem Pilz *Rhizopus microsporus var. oligosporus*) und *Zweisamkeit* (Landschaft aus Eichenholz und Biomaterialien aus Pilzen und Algen), Futurium, Berlin, Juli 2020

View of the two newly created works by Fara Peluso, *Niche* (installation with living co-cultures of the alga *Chlorella sorokiniana* and the fungus *Rhizopus microsporus var. oligosporus*) and *Zweisamkeit* (landscape of oak wood and biomaterials of fungi and algae), Futurium, Berlin, July 2020

11 Fara Peluso: *Zweisamkeit* (Landschaft aus Eichenholz und Biomaterialien aus Pilzen und Algen), Futurium, Berlin, Juli 2020

Fara Peluso: *Zweisamkeit* (landscape of oak wood and biomaterials of fungi and algae), Futurium, Berlin, July 2020



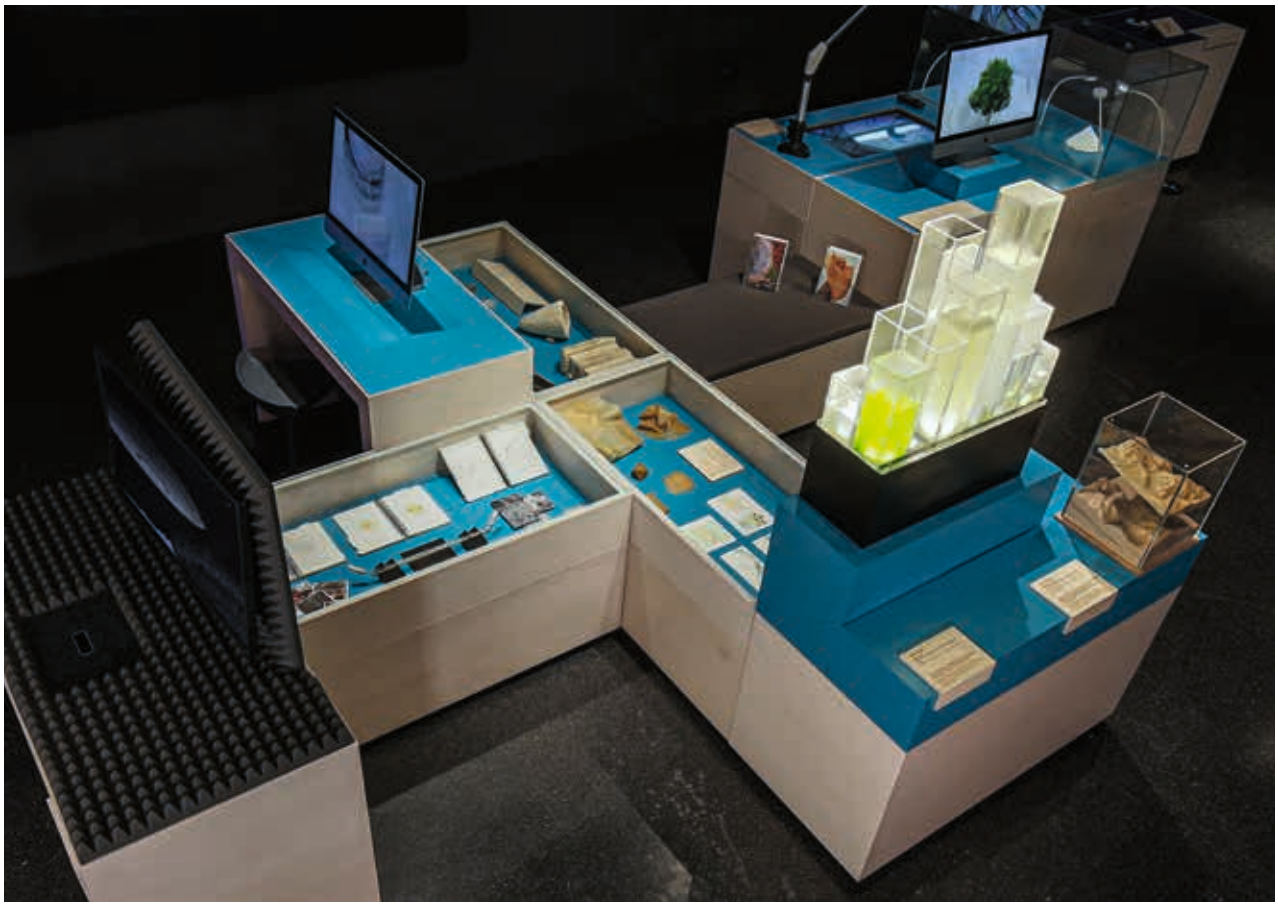
11

12 Ausstellung *Mind the Fungi. Art & Design Residencies* mit neuen Arbeiten von Theresa Schubert und Fara Peluso, Futurium, Berlin, Juli 2020

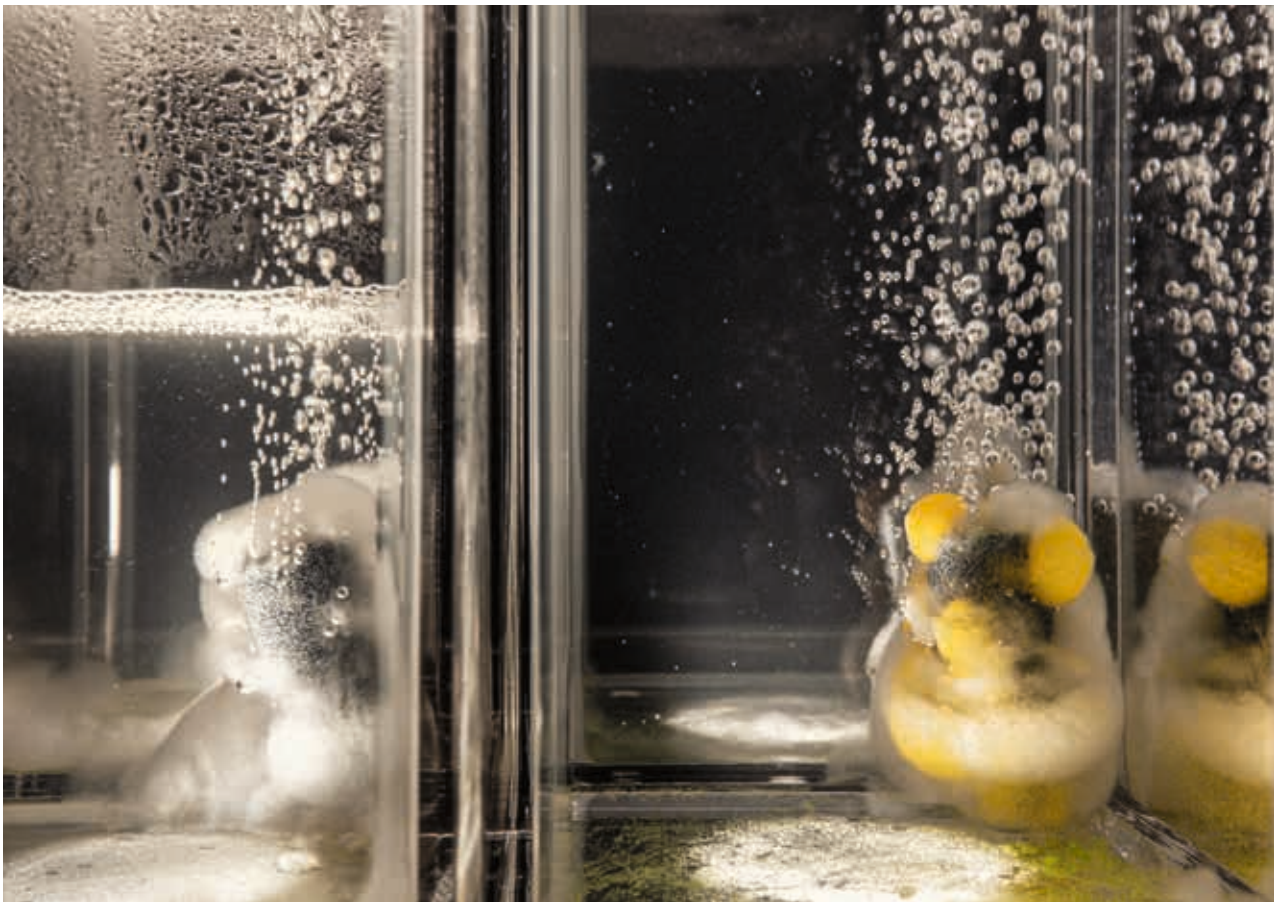
Exhibition *Mind the Fungi. Art & Design Residencies* with new works by Theresa Schubert and Fara Peluso, Futurium, Berlin, July 2020

13 Fara Peluso: *Niche,* Installation mit lebenden Kokulturen aus der Alge *Chlorella sorokiniana* und dem Pilz *Rhizopus microsporus var. oligosporus,* Futurium, Berlin, Juli 2020

Fara Peluso: *Niche,* installation with living co-cultures of the alga *Chlorella sorokiniana* and the fungus *Rhizopus microsporus var. oligosporus,* Futurium, Berlin, July 2020



12



13

Wie *Mind the Fungi* ausstellen? Über das Co-Kuratieren von Pilzen und Menschen

Regine Rapp, Christian de Lutz

How to exhibit *Mind the Fungi*? On mycohuman co-curating

***MIND THE FUNGI* HAT WISSENSCHAFTLICHE** Forschung, Bürgerwissenschaft und Kunst- und Designresidenzen im Labor kombiniert. Das Projekt erforschte innovative Verwendungen für Biomaterialien, die aus Baumpilzen und Flechten hergestellt werden. Unsere besondere Aufgabe bestand darin, Künstler_innen, Wissenschaftler_innen und die Öffentlichkeit zusammenzubringen, um Wissen auszutauschen und mögliche Anwendungen für nachhaltige Biomaterialien zu entwickeln. Zwei Projektausstellungen spielten eine wichtige Rolle, um die Öffentlichkeit zu erreichen. Diese entstanden auf Einladung des Futuriums in Berlin, *Mind the Fungi* in der Sektion Biodesign im Futurium Lab zu präsentieren.[1] (→ Abb. 1 → S. 88)

Kuratorische Annäherungen an neue Biomaterialien

In der ersten Ausstellung *Mind The Fungi. Lokale Baumpilze als nachhaltige Rohstoffe für die Zukunft* (September 2019 bis Juni 2020) standen pilzbasierte Materialien im Zentrum. Nach dem Pars-pro-Toto-Prinzip stellten wir einige exemplarische Objekte aus, um spezifische Kontexte der aktuellen Forschung zu vermitteln. Der Schwerpunkt lag auf neuen Biomaterialien, die von unseren Kolleg_innen des Instituts für Biotechnologie entwickelt wurden. Zu den ausgewählten Proben gehörten neu geschaffene Materialien, wie Bausteine und andere Objekte aus Myzelkomposit. Ebenfalls zu sehen waren die Ergebnisse des *Pilzkultivierungskurses* bei TOP lab, gewachsene Objekte – Gefäße und Kisten – auf der Basis von Myzelkomposit. (→ Abb. 3)

Neben diesen Objekten versuchten wir auch, der Öffentlichkeit einen Einblick in neue pilzbasierte Materialien zu geben, die als nachhaltiger Ersatz für Kunststoffe und Leder dienen können. Dazu gehörten Blöcke und Verpackungsmaterial aus Myzel der amerikanischen Firma Ecovative, die hergestellt wurden, um Styropor zu ersetzen. Ebenfalls stellten wir Arbeiten der in Berlin lebenden Designerin Nina Fabert aus, die für ihr Label Zvnder lederähnliche Textilien und Accessoires aus Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) herstellt. Dieser wird seit Jahrhunderten in Südosteuropa zur Manufaktur von Hüten und anderen Gegenständen verwendet. Gezeigt waren unterschiedliche Entwicklungsstadien von Ninas Produkten, angefangen von einem Stück Zunderschwamm über das zugeschnittene Material bis hin zu daraus gefertigten Produkten wie einer Brieftasche oder

***MIND THE FUNGI* HAS COMBINED** scientific research, Citizen Science and art and design residencies-in-lab. The project researched innovative uses for biomaterials produced from tree fungi and lichens. Our particular role was to bring together artists, scientists and the public to share knowledge and develop potential applications for sustainable biomaterials. Two project exhibitions played an important role in reaching the public. They were developed in response to an invitation by the Futurium in Berlin to present *Mind the Fungi* in the biodesign section of the Futurium Lab.[1] (→ Fig. 1 → p. 88)

Curatorial approaches to new biomaterials

In the first exhibition, *Mind The Fungi. Local Tree Mushrooms as Sustainable Material for the Future* (September 2019 to June 2020), fungal-based materials were placed at the centre of attention. Following the principle *pars pro toto* we exhibited certain exemplary objects to mediate specific contexts of the research, focusing on new biomaterials developed by our colleagues at the TU Berlin's Institute of Biotechnology. Chosen samples included newly created materials, such as construction bricks and other objects made of mycelium composite. Also present were the results of TOP lab's *Mushroom Cultivation Course*, grown objects – vessels and boxes – based on mycelium composites. (→ Fig. 3)

Next to these objects we also sought to offer the public insight into new fungal-based materials that can serve as sustainable replacements for plastics and leather. These included blocks and packing material from mycelium by the American firm Ecovative, which were produced to replace Styrofoam. Also present were works by Berlin-based designer Nina Fabert, founder of the label Zvnder, whose leather-like textiles and accessories are made from the tinder mushroom *(Fomes fomentarius).* This mushroom has been used for centuries in Central Europe to produce hats and other objects. Displayed were different stages of development of Nina's products, from a piece of tinder mushroom, to the cut material, to finished products such as a wallet

1

2

3

1 Ausstellung *Mind The Fungi. Lokale Baumpilze als nachhaltige Rohstoffe für die Zukunft,* Futurium, Mai 2020 – Ausstellungsansicht

Exhibition *Mind The Fungi. Local Tree Mushrooms as Sustainable Material for the Future*, Futurium, May 2020 – exhibition view

2 Die Ausstellung *Mind The Fungi. Lokale Baumpilze als nachhaltige Rohstoffe für die Zukunft* im Berliner Futurium bot Pilzlederproben von Nina Fabert (Zvnder) zum Anfassen, September 2019.

The exhibition *Mind The Fungi. Local Tree Mushrooms as Sustainable Material for the Future* in the Berlin Futurium offered visitors fungal leather samples by Nina Fabert (Zvnder) to touch, September 2019.

3 Diverse Baumpilze und Objekte aus Pilz-Pflanzen-Komposit, Ausstellung *Mind The Fungi. Lokale Baumpilze als nachhaltige Rohstoffe für die Zukunft,* Futurium, September 2019

Different tree fungi and objects made of fungal-plant composite, exhibition *Mind The Fungi. Local Tree Mushrooms as Sustainable Material for the Future*, Futurium, September 2019

Handschuhen. Das Material ist leicht und gleichzeitig robust, allerdings nicht wasserdicht. (→ Abb. 1)

Um diese Materialeigenschaften besser nachzuvollziehen, haben wir einige Objekte zum Anfassen ausgelegt: einen lokalen Zunderschwamm (*Fomes Fomentarius*), verschiedene Verbundobjekte auf der Grundlage von Myzelkomposit sowie Proben des lederähnlichen Materials von Nina Fabert. Es stellte sich heraus, dass dieser taktile Erfahrungsraum tatsächlich eine der beliebtesten Attraktionen im Futurium Lab war. Die positive Resonanz des Publikums und die große Nachfrage nach multisensorischer Wahrnehmung durch die Besucher_innen ist der beste Beweis dafür, dass ein besseres Verständnis der Materie stets durch die physische Nähe zum Material erreicht werden kann, wie es die Philosophin Karen Barad bereits vorschlug.[2] (→ Abb. 2, 3)

Die Herausforderung, den Forschungsprozess eines multidisziplinären Projekts in einem Museum zu vermitteln, führte uns zu mehreren innovativen Lösungen: Mithilfe einer Diashow mit Bildern und Texten wurde das Publikum durch die verschiedenen Forschungsformate von *Mind the Fungi* geführt (*Walk & Talks*, Workshops, Kurse und wissenschaftliche Forschung im Labor et cetera). Das fünfminütige Video *Mind the Fungi*, das im Frühjahr 2019 von Tim Deussen produziert wurde, vermittelte einen kompakten Überblick über dieses multidisziplinäre Projekt mit verschiedenen Kurzbeiträgen des *Mind-the-Fungi*-Teams.[3] Schließlich produzierten wir auch zwei Broschüren in Deutsch und Englisch, insgesamt 16 Seiten, die von Eva-Maria Bolz gestaltet wurden. Diese eignen sich hervorragend als mobiles Medium, um die vielfältigen Teile von *Mind the Fungi* mit Text und zahlreichen Farbabbildungen prägnant zu erfassen.

Künstlerische und designbasierte Forschung vermitteln

Unsere zweite Ausstellung *Mind The Fungi. Art & Design Residencies* (Juli bis Dezember 2020) war hauptsächlich den Ergebnissen dieser Residenzen gewidmet: Während der zweijährigen Projektlaufzeit widmeten sich die Künstlerin Theresa Schubert und die Künstlerin und Designerin Fara Peluso intensiv ihren künstlerischen und designorientierten Forschungen in den Laboren des Instituts für Biotechnologie der TU Berlin. Im Rahmen der laufenden wissenschaftlichen Forschung an lokalen Baumpilzen und Flechten erweiterten ihre Ar-

or gloves. The material is light, yet strong, but it is *not* waterproof. (→ Fig. 1)

To experience these material characteristics, some objects to touch were also presented: a local tinder mushroom *(Fomes Fomentarius)*, various objects based on mycelium composite as well as samples of the leather-like material by Nina Fabert. It turned out that this tactile approach was indeed one of the most popular attractions at the Futurium Lab. The public's positive response and the big demand for multisensory perception by the visitors is the best proof that a better understanding of matter can be achieved via direct *material engagement*, as philosopher Karen Barad suggested it.[2] (→ Fig. 2, 3)

The challenge of conveying the research process of a multidisciplinary project in a museum led us to several innovative solutions: With the help of a slideshow featuring images and texts the public was guided through the various research formats of *Mind the Fungi* (*Walk & Talks*, workshops, courses and scientific lab work et cetera). A five-minute video *Mind the Fungi*, produced in spring 2019 by Tim Deussen, managed to provide a compact overview of this multidisciplinary project featuring various members of the *Mind the Fungi* team.[3] Finally we also produced two brochures in German and English, altogether 16 pages, designed by Eva-Maria Bolz. These serve perfectly as mobile media to concisely survey the manifold parts of *Mind the Fungi* through texts and numerous colour images.

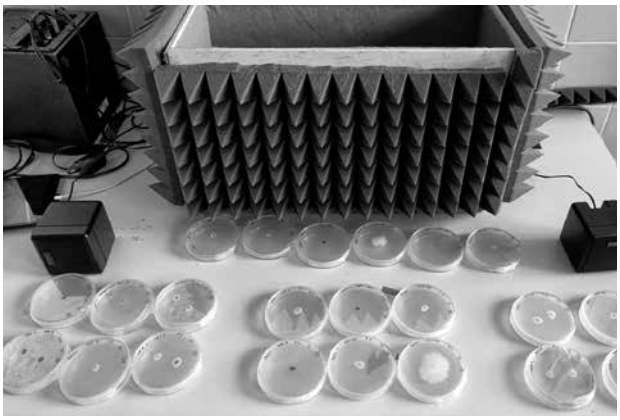
Communicating artistic and design-based research

Our second exhibition, *Mind The Fungi. Art & Design Residencies* (July to December 2020), was dedicated mainly to the results of the residencies: During the two-year project time artist Theresa Schubert and artist and designer Fara Peluso dedicated themselves to their artistic and design-based research in the laboratories of the Institute of Biotechnology at TU Berlin. In the context of the ongoing scientific research on local tree mushrooms and lichens, their work extended experiments beyond the usual scientific protocols. Both

beiten Experimente, die über die üblichen wissenschaftlichen Protokolle hinausgingen. Sowohl Theresa als auch Fara suchten nach neuen experimentellen und ästhetischen Möglichkeiten, um die Eigenschaften der Organismen, ihr Wachstum, ihre Lebensbedingungen, ihre Materialeigenschaften und den menschlichen Umgang mit ihnen zu hinterfragen.

Im Jahr 2019 unternahm Theresa Schubert mehrere parallele Experimente zum Wachstum verschiedener Pilzarten am Fachgebiet Angewandte und Molekulare Mikrobiologie (AMM). Ihre zentrale Frage war, ob das Pilzwachstum durch Schall beeinflusst werden könnte. Dazu erfand Theresa ein einzigartiges Experiment über die Auswirkungen von Schall auf das Wachstum von Pilzen. Myzel in Petrischalen und Glasröhren wurden in schalldichte Kästen gelegt und mehrere Wochen lang verschiedenen Wellenlängen und Schallperioden ausgesetzt. Ihre Wachstumsrate variierte gegenüber der Kontrollgruppe, die keinem Schall ausgesetzt war, wobei das Myzel bei einigen Arten schneller, bei einer jedoch langsamer wuchs. (→ Abb. 4)

Theresa entwarf die interaktive Videoinstallation *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, bei der das



4

Theresa and Fara were searching for new experimental and aesthetic options to challenge the organisms' properties, growth, living conditions, material qualities and the human approach to them.

In 2019 Theresa Schubert conducted several parallel experiments on the growth of various fungi species at the Department of Applied and Molecular Microbiology (AMM), to answer her main question whether fungal growth can be influenced by sound. For this, Theresa invented a unique experiment on the effects of sound on the growth of fungi. Mycelia in Petri dishes and glass tubes were placed in soundproof boxes and exposed to various wavelengths and periods of sound for several weeks. Their growth rate varied from that of the control group which was not exposed to sound, with most species growing faster and one slower. (→ Fig. 4)

Theresa also invented the interactive video installation *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy* where the visitors can interact with a digital simulation of mycelium growth through their own bodily movements:

4 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, Kunstresidenz am Fachgebiet für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie, 2019 – schalldichter Kasten, Petrischalen und Lautsprecher im Labor

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. The Box Experiment*, art residence at the Department of Applied and Molecular Microbiology, 2019 – sound-insulated box, Petri dishes and speakers in the lab

Publikum durch eigene Körperbewegungen mit einer digitalen Simulation des Myzelwachstums interagieren kann. Die Handbewegung der Besucher_innen über einen Sensor stimuliert die Ausbreitung des virtuellen Myzels auf dem Monitor. (→ Abb. 5–7) Für ihre Experimente verwendete Theresa kultivierte Myzelien aus der *Mind-the-Fungi*-Stammsammlung, die während der *Walk & Talks* gesammelt wurden. Es ist faszinierend zu sehen, wie Theresas Forschung auf einer pilzzentrierten Perspektive basiert. Um der Öffentlichkeit einen besseren Einblick in ihren künstlerischen Forschungsprozess zu geben, zeigt die Ausstellung eine Auswahl ihrer Zeichnungen, Skizzen und Objekte. (→ S. 74 ff.)

Die Künstlerin und Designerin Fara Peluso wiederum forschte für ihre Projekte sowohl am Fachgebiet Angewandte und Molekulare Mikrobiologie (AMM) als auch am Fachgebiet Bioverfahrenstechnik (BVT). Bei letzterem führte sie designbasierte Untersuchungen auf der Grundlage der Kokultivierung von Algen und Pilzen durch. Ihre daraus entstandene Installation *Niche* (»Nische«) enthält zwölf Tanks, die mit lebenden Pilz-Algen-Kokulturen gefüllt sind. Die Besucher_innen können über die gesamte Ausstellungslaufzeit (Juli bis Dezember 2020) die Kulturen wachsen sehen und die Produktion von Biomaterial verfolgen, von dem in der Vitrine getrocknete Proben zu sehen sind. Es ist bemerkenswert, wie Fara die laufende Forschung der BVT aus dem Labor buchstäblich hinaus- und in den Ausstellungsraum hineintrug. (→ Abb. 8–10)

Bei AMM arbeitete Fara mit der Herstellung von Materialien auf der Basis von Myzel, dem sie auch Algenmaterial hinzufügte, um mit wasserbeständigen Textilien als möglichem Ersatz für Kunststoffe und Leder zu experimentieren. Objekte, Skizzen und Zeichnungen dieser Forschung sind in einer Vitrine ausgestellt. Ihre daneben präsentierte Skulptur *Zweisamkeit* verwendet Biomaterial, das sie während ihrer Residenz entwickelt hat: Die Arbeit, die auf der Landschaft eines jener Orte basiert, an dem Pilzproben gesammelt wurden, versteht sich als Meditation darüber, wie der Mensch zwar zunehmend Landschaft formt, unser Leben jedoch von der Natur geformt wird. Die Künstlerin schlägt eine kreative Koexistenz vor, die stark auf der Methode des Material Driven Design basiert.[4] (→ Abb. 9)

In der zweiten Ausstellung wollten wir der Öffentlichkeit auch einen Überblick über die jüngste biotech-

The visitors' hand motion over a sensor stimulates the virtual mycelium's growth on the monitor. (→ Fig. 5–7) For her experiments she used cultivated mycelia from the *Mind the Fungi* strain collection, which were collected during the *Walk & Talks*. It is fascinating to see how Theresa's research is based on a fungal-centred perspective. To give the public a better idea of her artistic research process, the exhibition shows a selection of her drawings, sketches and objects. (→ pp. 74 ff.)

Meanwhile, artist-designer Fara Peluso was interested in projects in both departments – Applied and Molecular Microbiology (AMM) and Bioprocessing Engineering (BVT). In the latter she carried out design-driven research on the basis of the co-culturing of algae and fungi. Her installation *Niche* contains twelve tanks filled with live fungal-algal co-cultures. Throughout the exhibition time (July until December 2020) the visitors can see the cultures grow and produce biomaterial, dried samples of which are on view in the vitrine. It is remarkable how Fara literally transferred BVT's ongoing research from the lab into the exhibition environment. (→ Fig. 8–10)

At AMM Fara has been working with creating mycelium-based materials, to which she also added algal material to create water resistant textiles, as possible replacements for plastics and even leather. Objects, sketches and drawings of this research were shown in a display case, next to her sculpture *Zweisamkeit* (»Togetherness«) which uses biomaterial she developed during her residency. The work, based on the landscape of one of the sites where fungal samples were collected, is a meditation on how nature shapes our lives, even though humans increasingly shape the land. The artist proposes a creative co-existence, based in part on her own Material Driven Design work process.[4] (→ Fig. 9)

In the second exhibition we also gave the public an update into the current biotechnological research of *Mind the Fungi*: New projects from AMM include Bastian Schubert's prototype for a bicycle helmet made from tree mushroom mycelium, and new objects that

nologische Forschung bei *Mind the Fungi* vermitteln: Zu den neuen Projekten der AMM gehören Bastian Schuberts Prototyp eines Fahrradhelms aus Baumpilzmyzel und neue Objekte, die Biotechnologie, Materialforschung und Design verbinden. Von der BVT können wir die Ergebnisse ihrer Forschung sehen, die ihre Isolierung der symbiotischen Organismen in Flechten darstellen, sowie lokale Flechtenproben. Ihre Forschung zur Entwicklung schnell wachsender Kokulturen aus den Flechtensymbionten könnte eines Tages die Produktion von Medikamenten und wichtigen Enzymen im industriellen Maßstab aus zukünftigen potenziellen synthetischen Flechten-Kokulturen ermöglichen.

Indem wir in diesen beiden Ausstellungen Pilze und Flechten wissenschaftlich und künstlerisch in den Mittelpunkt der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt haben, hoffen wir, dass wir ein komplexes und vielschichtiges Projekt einer diversen Öffentlichkeit erfolgreich präsentieren konnten. Darüber hinaus war auch unser Ansinnen, zu einem Wechsel von einer menschzentrierten Weltanschauung zu einer beizutragen, die die Vielzahl nichtmenschlicher Subjektivitäten zugunsten eines nachhaltig gestalteten Planeten respektiert.

1 Siehe futurium.de/de/feature-art-lab [29.5.2020].

2 Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglements of Matter and Meaning*, Durham / London 2007, S. 49. Vgl. auch unseren Text »Fließende Grenzen« auf S. 48 ff.

3 Siehe artlaboratory-berlin.org/html/de-Mind-the-Fungi.htm [29.5.2020].

4 Der Begriff Material Driven Design (MDD) bezeichnet eine Methode spezifischer Materialanwendungen mit dem Material als unmittelbarem Ausgangspunkt, siehe hierzu die Beschreibung der entsprechenden IDE Master Class an der TU Delft: tudelft.nl/en/ide/education/ide-design-master-classes/previous-master-classes/material-driven-design/ [15.6.2020].

combine biotechnology, material research and design. From BVT we can see the results of their research, presenting their isolation of the symbiotic organisms in lichens, as well as local lichen samples. Their research into creating fast-growing co-cultures from the lichen symbionts may someday help to produce medicines and important enzymes on an industrial scale from future potential synthetic lichen co-cultures.

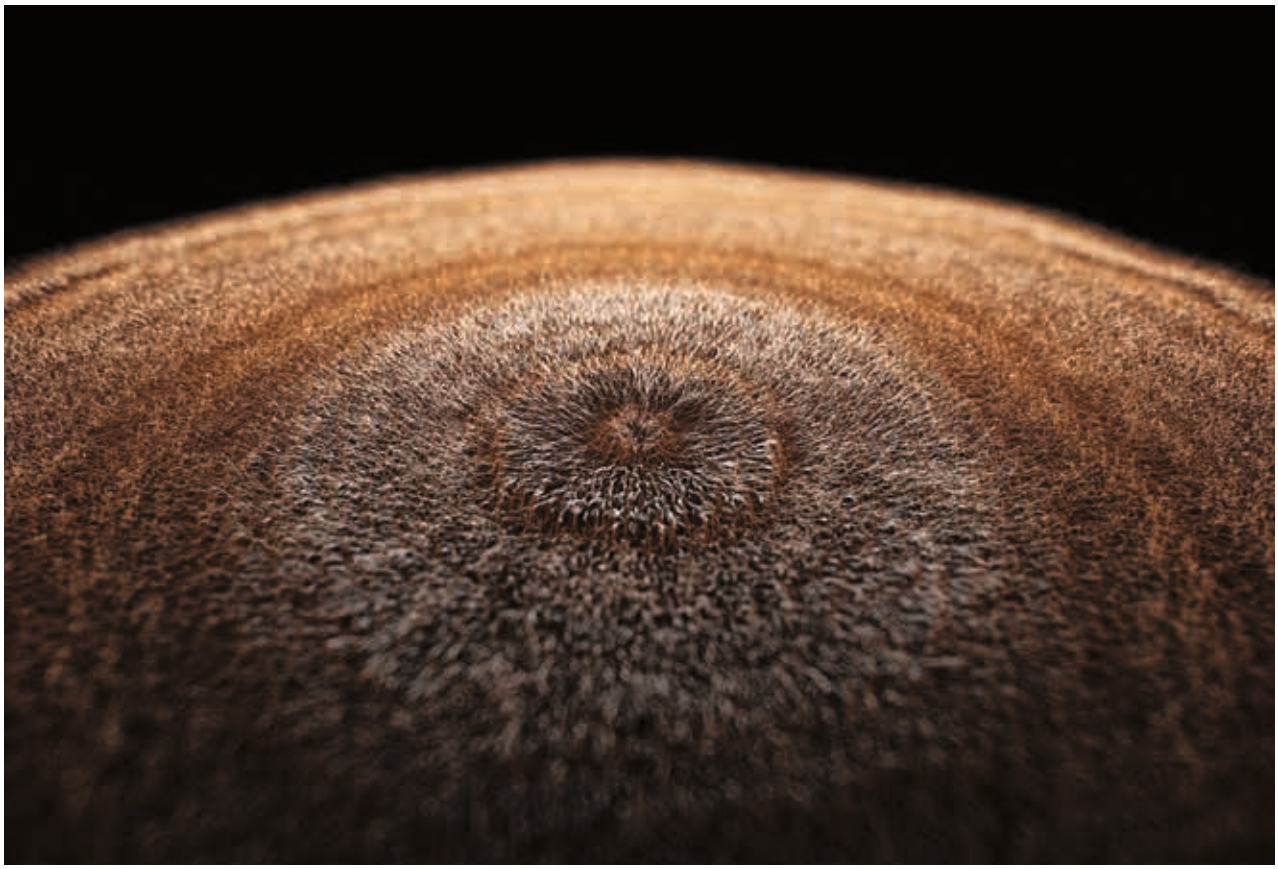
By putting fungi and lichen scientifically and artistically into the centre of public attention in these two exhibitions, we hope we could not only successfully present a complex and multi-layered project to a diverse public, but also contribute to a shift from a human-centred worldview to one that respects the multitude of nonhuman subjectivities necessary for a sustainable planet.

1 See futurium.de/en/feature-art-lab [29.5.2020].

2 Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglements of Matter and Meaning*, Durham / London 2007, p. 49; see also our text »Fluid Borders« on pp. 48 ff.

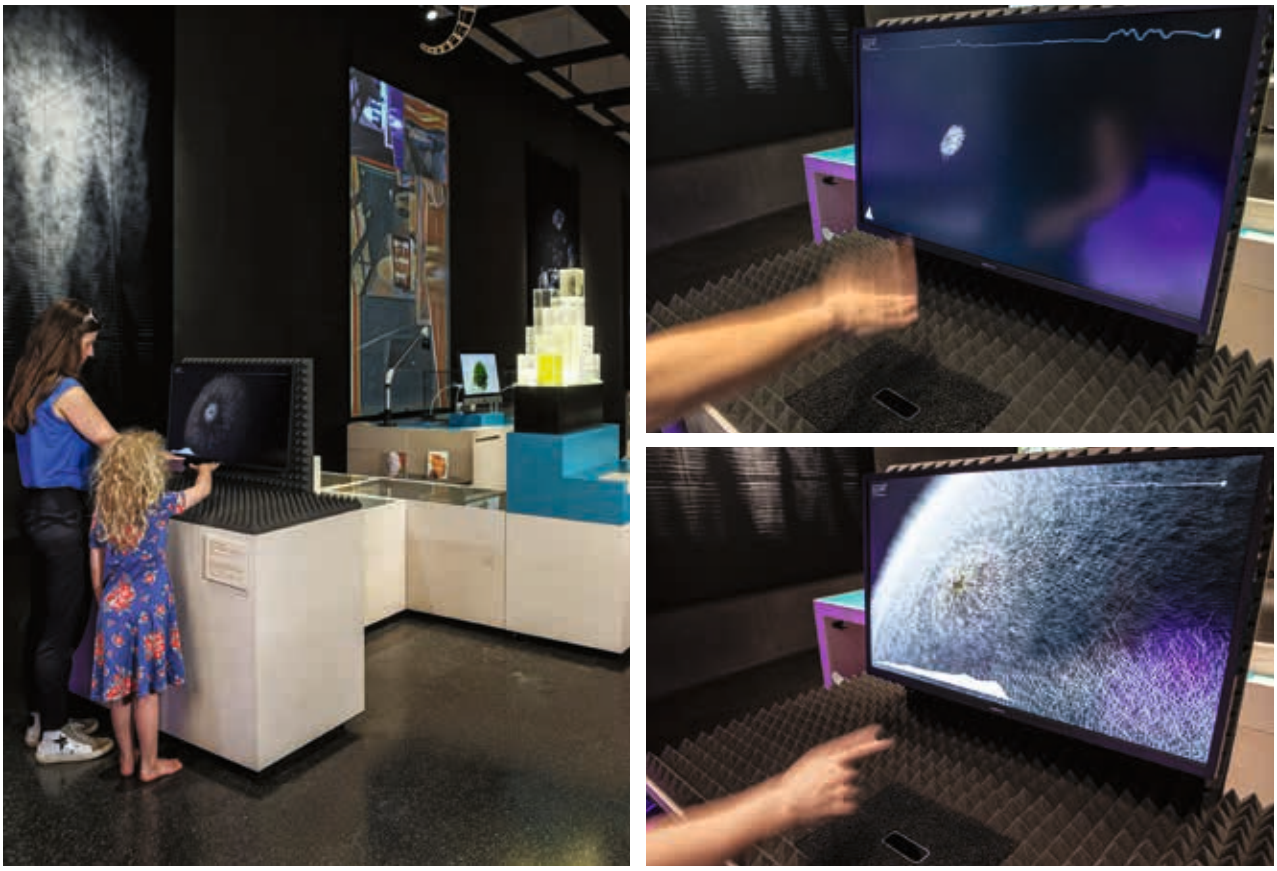
3 See artlaboratory-berlin.org/html/eng-Mind-the-Fungi.htm [29.5.2020].

4 Material Driven Design (MDD) is a method to the design specific material applications with the material as a point of departure, see the description of the corresponding IDE master class at TU Delft: tudelft.nl/en/ide/education/ide-design-master-classes/previous-master-classes/material-driven-design/ [15.6.2020].



5

6



7

5 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, Bildschirmaufnahme der Videoinstallation

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, screen capture of video installation

6 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, Installationsansicht, Futurium, Berlin

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, installation view, Futurium, Berlin

7 Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, Futurium, Berlin – Über einen Handtracking-Sensor konnten Besucher_innen das Myzelwachstum stimulieren und dieses am Bildschirm auf der Makro- und Mikroebene verfolgen.

Theresa Schubert: *Sound for Fungi. Homage to Indeterminacy*, 2020, Futurium, Berlin – Using a hand-tracking sensor, visitors could stimulate mycelium growth and observe it on the screen at macro and micro level.

8

8 Fara Peluso: *Niche,* Installation mit lebenden Kokulturen aus der Alge *Chlorella sorokiniana* und dem Pilz *Rhizopus microsporus var. oligosporus,* 2020, entstanden am Fachgebiet BVT – Bilder vom Aufbau der komplexen Installation im Futurium für die Ausstellung *Mind the Fungi. Art & Design Residencies,* Juni 2020, Berlin

Fara Peluso: *Niche,* installation with living co-cultures of the alga *Chlorella sorokiniana* and the fungus *Rhizopus microsporus var. oligosporus,* 2020, developed at the Department of BVT – pictures of the installing of the complex installation at Futurium for the exhibition *Mind the Fungi. Art & Design Residencies,* June 2020, Berlin

9 Fara Peluso studiert die Ausstellung *Mind the Fungi. Art & Design Residencies,* Juni 2020, Futurium, Berlin – vorne im Bild ihre Skuptur *Zweisamkeit*

Fara Peluso studies the exhibition *Mind the Fungi. Art & Design Residencies,* June 2020, Futurium, Berlin – up front her sculpture *Zweisamkeit* is displayed

10 Fara Peluso: *Niche,* Installation mit lebenden Kokulturen aus der Alge *Chlorella sorokiniana* und dem Pilz *Rhizopus microsporus var. oligosporus,* 2020, Futurium, Berlin

Fara Peluso: *Niche,* installation with living co-cultures of the alga *Chlorella sorokiniana* and the fungus *Rhizopus microsporus var. oligosporus,* 2020, Futurium, Berlin

9

10

Transdisziplinär lehren und lernen

Kustrim Cerimi, Bastian Schubert, Birke Weber,
Carsten Pohl, Bertram Schmidt, Vera Meyer

Teaching and learning transdisciplinary

DAS SOGENANNTE *Peer-to-peer-teaching*-Modul wird von unserem Fachgebiet Angewandte und Molekulare Mikrobiologie seit 2011 für Studierende der Biotechnologie an der TU Berlin angeboten. Es ist als Einstieg für jene gedacht, die sich für innovative Lehre und zukünftige Lehrtätigkeiten interessieren. Durch die eigene Mitwirkung und Gestaltung von mikro- und molekularbiologischen Praktika des Bachelorstudienganges Biotechnologie setzen sich *Peer-to-peer*-Lehrende mit aktuellen biotechnologischen Forschungsfragen auseinander, integrieren Neugelerntes in die praktischen Übungen ihrer Kommiliton_innen und reflektieren dabei wesentliche Grundlagen sowohl des Wissenstransfers als auch von Lehr- und Lernprozessen. Im Sommersemester 2019 wurde das *Peer-to-peer-teaching*-Modul erstmals auch für das fachgebietsübergreifende Labor greenlab angeboten, einer Initiative der weißensee kunsthochschule berlin (KH Berlin) unter Leitung von Prof. Susanne Schwarz-Raacke, Prof. Barbara Schmidt und Prof. Zane Bērziņa. greenlab vernetzt Hochschulprojekte mit dem Ziel, Studierenden eine forschungsorientierte Zusammenarbeit zu ermöglichen, in deren Rahmen innovative Konzepte für nachhaltige und umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen entwickelt werden sollen. Dabei sollten einerseits die Studierenden der KH Berlin vom natur- und ingenieurswissenschaftlichen Wissen der TU-Biotechnologiestudierenden profitieren und andererseits Biotechnologiestudierende durch ihre *peers* in der KH Berlin in Themen wie gestalterisches Design und Objektplanung eingeführt werden. Der Kreativität und dem gemeinsamen Austausch wurden keine Grenzen gesetzt.

Die angehende Mode- und Textildesignerin Pamina Weiß und der Biotechnologiestudent Kustrim Cerimi entwickelten gemeinsam in ihrem Projekt »FungFashion« Mode-Accessoires aus Pilzkompositen, die etwa als Handtaschen, Beachbags oder Transportboxen für kleinere und größere Gegenstände dienen sollten, aber auch gleichermaßen eine Verwendung als Lampenschirm haben könnten. (→ Abb. S. 100) Hierbei experimentierten sie mit verschiedenen Pilzen aus der *Mind-the-Fungi*-Stammsammlung und mit Substratmischungen, die unter anderem aus Holzschnipseln, Weizenkleie und Rapsstroh bestanden. Die Formen wurden mithilfe von 3D-Druckern erstellt. Nach dem Beimpfen wurden unter anderem Netze, Hanf- oder Baumwollfasern in

THE SO-CALLED peer-to-peer teaching module is offered by the Department of Applied and Molecular Microbiology for biotechnology students at the TU Berlin since 2011. It is intended as an introduction for those who are interested in innovative teaching and future teaching activities. Through their own involvement in the design and organisation of microbiology and molecular biology practical courses of the Bachelor's Programme in Biotechnology, peer-to-peer teachers deal with current biotechnological research questions, integrate newly learned knowledge into the practical exercises for their fellow students and reflect on essential principles of knowledge transfer as well as teaching and learning processes. In the 2019 summer semester, the peer-to-peer teaching module was offered for the first time for the interdisciplinary laboratory greenlab, an initiative of the weißensee kunsthochschule berlin – weißensee academy of art berlin under the direction of Prof. Susanne Schwarz-Raacke, Prof. Barbara Schmidt and Prof. Zane Bērziņa. greenlab connects university projects with the aim of enabling research-oriented collaborations for students in which innovative concepts for sustainable and environmentally friendly products and services are to be developed. On the one hand, design students will benefit from the biological and engineering knowledge of biotechnology students and on the other hand, biotechnology students are introduced to topics such as creative design and object planning by their peers at the art academy. No limits to the creativity and mutual exchange were set.

In their »FungFashion« project, the future fashion and textile designer Pamina Weiß and the biotechnology student Kustrim Cerimi developed fashion accessories made of fungal composites, which were intended to serve as handbags, beach bags or transport boxes for small and large objects, but could also be used as lampshades. (→ Fig. p. 100) They experimented with different fungi from the *Mind the Fungi* strain collection as well as with substrate mixtures consisting of wood shavings, wheat bran and rape straw. The forms were created with

Kontakt mit der Substratmischung gebracht, wodurch diese mit dem Material verwuchsen und als Tragegriffe fungieren konnten.

Das Projekt »Fiberfungi«, welches von der angehenden Textil- und Flächendesignerin Birke Weber gemeinsam mit dem Biotechnologiestudenten Bastian Schubert entwickelt wurde, ging der Frage nach, ob sich Pilze für ein Upcycling von Stoff- und Faserresten eignen. Dabei fokussierten die beiden sich auf Produktionsabfälle aus der Hanf- und Baumwollindustrie und testeten systematisch in einem Screeningverfahren verschiedene Pilze aus der *Mind-the-Fungi*-Stammsammlung hinsichtlich ihres Wachstums auf diesen Stoffen. Auch hier setzte sich der heimische Zunderschwamm *Fomes fomentarius* durch. Denn zum einen bildete der schnell wachsende Pilz bereits nach kurzer Zeit eine dreidimensionale, dichte und strukturstabilisierende Myzelschicht auf den Textilien, und zum anderen war das Ergebnis sowohl visuell als auch haptisch sehr ansprechend. (→ Abb. 1) So wurden zum Beispiel Flächen aus Hanffasern konstruiert, indem Holzrahmen mit Hanfkordel und Hanfvlies bespannt wurden. Diese wurden sodann in ein Flüssigsubstrat, welches zuvor mit Zunderschwamm-Myzel beimpft wurde, getaucht und für mehrere Tage im Brutschrank bebrütet. Im Ergebnis entstanden flauschige, weißliche, elastische Oberflächen, welche die vorgegebenen Strukturen weich umschlossen. Durch eine anschließende Hitzebehandlung bei circa 70 Grad Celsius wurde *Fomes fomentarius* inaktiviert und die Netzstrukturen schrumpften leicht durch die hierbei stattfindende Trocknung. Dadurch erhielten die gesamten Flächengebilde eine außerordentliche Standfestigkeit.

Weitere spannende *Peer-to-peer*-Projekte entstanden in der Zusammenarbeit von Studierenden der Biotechnologie mit Studierenden der KH Berlin, die in der kürzlich erschienenen Buchpublikation *GreenDesign 8.0 – Circular City: Mapping Berlin's Material Streams* nachzulesen sind.[1] Das durchweg positive Echo der teilnehmenden Studierenden auf dieses transdisziplinäre Lehrmodul und die institutionenübergreifende Zusammenarbeit beflügelte die Biotechnologische Studenteninitiative in Berlin (btS-Berlin), unter Leitung von Kustrim Cerimi einen Citizen-Science-Workshop an unserem Fachgebiet anzubieten. Studierende, aber auch Personen mit verschiedensten beruflichen

the help of 3D printers. After inoculation, nets, hemp or cotton fibres, among other things, were brought into contact with the substrate mixture so that they could grow with the material and act as handles.

The »Fiberfungi« project, which was developed by the aspiring textile and surface designer Birke Weber together with the biotechnology student Bastian Schubert, explored the question of whether fungi are suitable for the upcycling of fabric and fibre residues. They focused on production waste from the hemp and cotton industry and systematically tested different fungi from the *Mind the Fungi* strain collection for their growth on these fabrics in a screening process. Here, too, the local tinder fungus *Fomes fomentarius* was most successful. Not only did the fast-growing fungus form a three-dimensional, dense and structure-stabilising mycelium layer on the textiles after only a short time, but also the result was visually and haptically very appealing. (→ Fig. 1) For example, surfaces were constructed from hemp fibres by covering wooden frames with hemp cord and hemp fleece. These were dipped into a liquid substrate, which was pre-inoculated with tinder fungus mycelium, and incubated for several days in an incubator. The result was a fluffy, whitish, elastic surface which softly enveloped the given structures. *Fomes fomentarius* became inactivated by a subsequent heat treatment at approximately 70 degrees centigrade and the net structures shrunk slightly due to the drying process. This gave the entire surface structure an extraordinary stability.

Other exciting peer-to-peer projects in cooperation of students of biotechnology with students of design can be studied in the recently published book *GreenDesign 8.0 – Circular City: Mapping Berlin's Material Streams.*[1] The consistently positive response of the participating students to this transdisciplinary teaching module and the cross-institutional cooperation inspired the biotechnological student initiative in Berlin (btS-Berlin) to offer a Citizen Science workshop at our department which was supervised by our student Kustrim Cerimi. Students as well as people with different professional

Hintergründen wurden in einem offenen Call eingeladen und setzten sich unter studentischer Anleitung mit Themen wie neuartige Pilzmaterialien oder Mikrobiota der Haut auseinander. (→ Abb. 2) Auch wenn dies für viele der erste Kontakt mit der mikrobiellen Welt überhaupt war, entstanden spannende und überraschende Kunst- und Designobjekte, die in einer zukünftigen Ausstellung einem größeren Publikum zugänglich gemacht werden sollen.

1 weißensee kunsthochschule berlin et al. (Hrsg.): *GreenDesign 8.0 – Circular City: Mapping Berlin's Material Streams. Studio Practice Teaching Course*, Berlin 2020.

backgrounds were invited through an open call to discuss topics such as novel fungal-based materials or microbiota of the human skin. (→ Fig. 2) Despite the fact that this was the first contact with the microbial world for many participants, exciting and surprising art and design objects were created, which will be showcased to a larger public in an exhibition planned for the future.

1 weißensee kunsthochschule berlin – weißensee academy of art berlin et al. (Eds): *GreenDesign 8.0 – Circular City: Mapping Berlin's Material Streams. Studio Practice Teaching Course*, Berlin 2020.

1

1 Herstellung von Textilrahmen und Textilnetzen und Beimpfung mit einer Flüssigkultur aus *Fomes fomentarius.* Nach ca. 5 Tagen Kultivierung waren die Textilien komplett mit Pilzmyzel überwachsen und wurden getrocknet. Dabei verlor das Myzel etwas an Volumen, gewann jedoch an Festigkeit. Ausgewählte Objekte wurden am Tag der offenen Tür der weißensee kunsthochschule berlin als auch während der *Mind-the-Fungi*-Ausstellung im Futurium der Öffentlichkeit gezeigt.

Construction of textile frames and textile nets and inoculation through a liquid culture of *Fomes fomentarius.* After about 5 days of cultivation, the textiles became completely covered by mycelium. It lost some volume during a subsequent drying process but gained a substantial stability. Selected objects were showcased to the public during the Open Day of the weißensee academy of art berlin and the *Mind the Fungi* exhibition in the Futurium.

Biotechnologie und Design

Interview mit Vera Meyer im Herbst 2019, durchgeführt vom greenlab der weißensee kunsthochschule berlin (KH Berlin) im Rahmen der Publikation *GreenDesign 8.0 – Circular City: Mapping Berlin's Material Streams*[1]

Nachabdruck

Was ist Ihre persönliche Motivation, die Bereiche Biotechnologie und Design zu verknüpfen?

Design steht für Formgebung. Ein Objekt wird gezielt geformt, damit es eine ihm zugedachte Funktion erfüllen kann. Design steht darüber hinaus für eine kontinuierliche Auseinandersetzung der Designer_in mit der Funktion des Objektes. Am Ende des Prozesses kann dem Objekt – durch eine Formveränderung – eine ganz andere Funktion zugeschrieben werden oder die ursprüngliche Funktion kann besser erfüllt werden. Design versucht drittens zu verstehen, wie das Objekt mit seiner Umwelt interagiert und wie ein besseres Verständnis davon zu einer noch optimaleren Formgebung und somit verbesserten Nutzereigenschaften führen kann. Nichts anderes ist mein Forschungsfeld innerhalb der Biotechnologie, in dem ich mich mit meinem Team bewege. Wir erforschen Pilze, die als Myzelien wachsen, das heißt aus langen und mehrfach verzweigten Zellfäden bestehen und ein zelluläres Netzwerk bilden, welches ähnlich dem des Internets verstanden werden kann. Viele dieser Pilze werden gezielt in der Biotechnologie genutzt, um Medikamente, Enzyme, organische Säuren, Antibiotika, aber auch Biokraftstoffe zu produzieren. Ihre myzelartigen Wachstumsformen sind hierbei eine der größten Herausforderungen, der sich die biotechnologische Forschung seit einem halben Jahrhundert stellt. Wir suchen nach Lösungen, um die netzwerkartigen Wachstumsformen der Pilze gezielt unter Bioreaktorbedingungen zu verändern, damit etwa kürzere oder längere Zellfäden, mehr oder weniger Verzweigungen gebildet werden. Wir wissen bereits, dass diese Formänderungen einen Einfluss darauf haben, ob Pilze unter industriellen Kultivierungsbedingungen mehr oder weniger Medikamente oder Enzyme bilden. Wir wissen, dass die Umgebung, das heißt die Art, wie im Bioreaktor die Kultivierung prozesstechnisch realisiert wird, einen Einfluss auf die Morphogenese, also auf die formgebende Entwicklung der Pilze, hat. Wir kennen nur noch nicht alle Gene, die diesen Prozess in Pilzen koordinieren. Diese zu identifizieren ist eine unserer Forschungsanstrengungen. Unser Team erforscht den biotechnologisch genutzten Pilz *Aspergillus niger* mit dem Ziel, die genetische Basis des Myzelwachstums zu entschlüsseln, um so die Form von *A. niger* gezielt verändern zu können. Mithilfe von Werkzeugen aus der sogenannten Systembiologie und der Synthetischen Biologie sind uns schon verschiedene Formänderungen von *A. niger* gelungen, die nachweislich die Produktbildung beeinflussen. Dies war uns möglich, da wir Gene identifizieren und gezielt umprogrammieren konnten, die eine entscheidende Funktion für die morphologische Entwicklung des Pilzes spielen. Insofern verstehe ich uns auch als Designer_innen und ziehe nicht wirklich eine Grenze zwischen den Bereichen Biotechnologie und Design. Wir untersuchen die morphologische, also formgebende Funktion von Genen, wir verändern diese gezielt durch gentechnische Methoden und gestalten somit die finale Form von Pilzen für verbesserte Produkt(ions)eigenschaften. Ganz im Sinne des Designleitsatzes *»Form follows function«,* der nur leicht abgewandelt bei uns lautet: *»Form follows gene function«.*

Wo sehen Sie das Potenzial der Zusammenarbeit von Biotechnologie und Design?

In der unterschiedlichen Sprache, der unterschiedlichen Gedankenwelt und in den unterschiedlichen Skalen, auf denen wir uns bewegen, sehe ich spannende und innovative Interaktionsmöglichkeiten. In unserer Vorstellungskraft bewegen wir uns zwar in unterschiedlichen nanoskopischen, mikroskopischen und makroskopischen Welten, diese sind jedoch meines Erachtens leicht zu verbinden. Und zwar, weil der Biotechnologie und dem Design eine gemeinsame methodische Herangehensweise zugrunde liegt und somit ein Austausch prinzipiell leicht möglich ist (Parallelen in der Denk- und Arbeitsweise habe ich oben versucht zu skizzieren). Eine Frage, eine Idee, die in der einen Welt als noch nicht beantwortbar, noch nicht umsetzbar gilt, ist es vielleicht schon in der anderen Welt, eben nur auf einer anderen Ebene, auf einer anderen Skala. Der gemeinsame Austausch eröffnet der Biotechnologie neue Anwendungsmöglichkeiten, zum Beispiel für neuartige Alltagsgegenstände aus Pilzen; das Verständnis der nanoskopischen und mikroskopischen Welt der Biologie liefert dem Design Ideen, wie sich biobasierte Strukturen in neue

Biotechnology and design

Interview with Vera Meyer in Autumn 2019 by weißensee academy of art berlin's greenlab in the context of the publication *GreenDesign 8.0 – Circular City: Mapping Berlin's Material Streams*[1]

Reprint

2 Teilnehmer_innen des btS-Workshops »Kunst, die Wissen_schaf(f)t« beim Erforschen von Pilzmaterialien (↖) und ihrer eigenen Mikrobiota (↗)

Participants of the btS-workshop »Art that creates knowledge« studying fungal materials (↖) and their own microbiota (↗)

What is your personal motivation for connecting the fields of biotechnology and design?

Design, as I understand it, stands for forming. An object is deliberately formed so that it can fulfil a particular function. The research field within biotechnology in which I and my team work is not much different. We study fungi that grow as mycelia – that means they consist of long and multi-branched filaments or hyphae which create a cellular network, similar to the internet. Many of these fungi are deliberately used in biotechnology in order to produce antibiotics, enzymes, organic acids as well as biofuels. Their mycelial growth forms pose one of the biggest challenges that biotechnological research has faced in the past fifty years. We are searching for solutions to specifically change their network-like growth forms during bioreactor cultivation. For example, we genetically modify fungi so that they can form shorter or longer hyphae or hyphae which have more or fewer branches. These form changes influence whether fungi cultivated under industrial conditions are able to produce less or more enzymes or substances for medical uses. We know that the environment during cultivation will have an influence on the morphogenesis, that is the form-giving development of the fungi. But we still do not know all the genes that coordinate this process in the fungi. To identify them is one of our main research efforts. Our team is researching the fungus *Aspergillus niger* that is used in biotechnology, with the aim of decoding the genetic basis of mycelial growth and therefore gain the ability to change its form in a targeted manner. Using tools from the fields of so-called systems biology and synthetic biology, we have already managed to achieve various form changes, which have proven to influence the product formation. In this respect I also consider us to be designers and would not draw a line between the fields of biotechnology and design. We investigate the morphological, that is form-giving function of genes, we change these in a targeted manner through genetic engineering, and with this we design the final form of fungi to improve their production properties. In this sense we also adhere to the design motto »form follows function«, only our version is »form follows gene function«.

Produktkonzepte übersetzen lassen. Diese wiederum können von der Biotechnologie aufgegriffen werden, um den entsprechenden Produktionsprozess zu entwickeln. An dessen Anfang steht die Biologie und an dessen Ende ein biobasiertes Produkt, welches im industriellen Maßstab nachhaltig, also mithilfe biotechnologischer Produktionsprozesse, hergestellt werden kann. Somit befruchten sich beide Disziplinen gegenseitig und führen in einem iterativen Prozess von einer Idee über einen transdisziplinären Austausch zu einem neuen Produkt für die Gemeinschaft.

In welchen Bereichen sehen Sie die besondere Bedeutung von Pilzen bzw. Pilzmaterialien für zukünftige Technologien und Innovationen? Wie könnte das im Hinblick auf eine kreislauffähige, klimafreundliche Wirtschaft helfen?

Pilze sind Meister der Zersetzung, sie können auf fast jedem komplexen und polymeren Substrat wachsen und es in seine Bestandteile zerlegen. Pilze sind aber auch Meister der Synthese und können diese Bestandteile zu einem vielfältigen Produktspektrum kombinieren, welches in der Welt der Biologie seinesgleichen sucht. Produkte der modernen Pilzbiotechnologie hatte ich vorhin erwähnt. Hinzukommen werden Produkte der zukünftigen Pilzbiotechnologie, die aus dem reinen pilzlichen Myzel bestehen oder aber aus Verbundstoffen, die aus Pilzen und pflanzlichen Reststoffen hergestellt werden. Diese pilzbasierten Materialien werden eine Anwendung in vielfältigen Industriezweigen finden, die zum Beispiel Textilien, Möbel, Verpackungen, Baustoffe, Dämmmaterialien, Isolierungen oder Gebrauchsgegenstände des täglichen Lebens herstellen. Wenn dies klug gemacht wird, können diese Materialien nach erfolgter Nutzung wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden, sei es über ein *Redesign*, weil andere Pilze darauf kultiviert werden, die ein neues Produkt daraus herstellen, oder über ein Recycling, bei dem die Pilzprodukte einfach kompostiert werden. In beiden Fällen bleibt der Kreislauf geschlossen. Eine nachhaltige pilzbasierte Bioökonomie ist somit ein realistisches Szenario.

In dem Projekt »Mind the Fungi« möchten Sie die Öffentlichkeit in den künstlerisch-wissenschaftlichen Diskurs involvieren – inwieweit gelingt das?

Unser Projekt *Mind the Fungi* startete im Oktober 2018, ist somit ein Jahr alt. Es geht uns darum, die immensen Potenziale der Pilzbiotechnologie einer breiteren Öffentlichkeit besser verständlich zu machen und mit der Öffentlichkeit neue Forschungs- und Anwendungsfelder für die Pilzbiotechnologie zu erschließen. Ich setze hier bewusst auf Schwarmintelligenz als Innovationsmotor. Dies bedeutet für mich aber auch den Sprung von der sicheren Brücke der Planbarkeit, denn anders als bei einem gemeinsamen Forschungsvorhaben mit Kolleg_innen aus meiner Fachcommunity, bei dem Wege und Methoden eines Projektes vor Beginn meist klar skizziert sind (sein müssen, sonst hat ein Forschungsantrag keine Chance auf Bewilligung), sind im *Mind-the-Fungi*-Projekt beide undefiniert und können sich auch während des Projektes ständig ändern. Nur unser Ziel ist klar und unumstößlich: neuartige pilzbasierte Produkte zu entwickeln und herzustellen, die uns helfen, den Übergang von einer erdölbasierten Ökonomie zu einer nachhaltigen Bioökonomie zu ermöglichen. Unsere Vision ist, so viele erdölbasierte Materialien und Produkte wie möglich durch pilzbasierte Materialien zu ersetzen.

Hierbei versuchen wir über verschiedene Ansätze, die Öffentlichkeit einzubinden. Einerseits arbeiten in unseren Laboren die Künstlerin Theresa Schubert und die Designerin Fara Peluso im Rahmen eines Artist-in-Residence-Programmes und integrieren pilzbiotechnologische Fragestellungen und Entwicklungen in ihre künstlerischen und materialtechnischen Studien. Dies ist ein sehr spannender, auf beiden Seiten sehr lernintensiver Prozess und ich freue mich jetzt schon sehr darauf, ihre pilzbasierten Arbeiten ab April 2020 im Futurium präsentiert zu sehen. Dank der Zusammenarbeit mit dem Art Laboratory Berlin und den beiden Co-Kuratoren Regine Rapp und Christian de Lutz, die Teil des *Mind-the-Fungi*-Projektteams sind, sind wir seit der Eröffnung im September 2019 mit wechselnden Ausstellungsexponaten bis Dezember 2020 im Futurium präsent. Aktuell können dort unter anderem pilzbasierte Verbundmaterialien aus unseren Laboren studiert werden, Arbeiten unseres *Peer-to-peer*-Studierendenprojektes, bei dem angehende Biotechnolog_innen der TU Berlin und Produktdesigner_innen der weißensee kunsthochschule berlin gemeinsam gearbeitet haben, sowie Arbeiten der Berliner Designerin Nina Fabert, eine Alumna der KH Berlin. Das Spannende: Dieser Präsenz im Futurium, die einer Kommunikation nach außen entspricht, folgte unglaublich schnell eine Kommunikation zurück nach innen. Das Interesse der Öffentlichkeit an Pilzbiotechnologie ist überaus groß, es erreichen uns unzählige Anfragen aus der Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft, die sich für mehr Hintergrundwissen, aber auch für eine konkrete Zusammenarbeit interessieren. Dieses Feedback bestätigt uns, auf dem richtigen Weg zu sein. Darüber hinaus veranstaltet

Where do you see the potential if biotechnology and design are working together?

I see exciting and innovative opportunities for interaction in the differences in language, our ways of thinking and in the different scales on which we work. In our imaginations we move through different nanoscopic, microscopic and macroscopic worlds, however in my opinion it is easy to join these. This is because biotechnology and design are both based on a shared methodical approach, and therefore an exchange of ideas is easily possible in principle. A question, an idea, which in one world is viewed as not yet possible to answer, or to practically implement, is perhaps already feasible in the other world – only on a different level, on another scale. For biotechnology, on the one hand, this shared exchange opens up possibilities for novel applications, like innovative everyday objects made from fungi. On the other hand, an understanding of the nano- and microscopic world of biology gives design new ideas of how to translate bio-based structures into new product concepts. These can be picked up again by biotechnology, in order to develop the necessary production processes, at the start of which stands biology, and at its end is a product, which can be produced sustainably on an industrial scale. In this way both disciplines cross-fertilise each another, and together they go through an iterative process from an idea, then through a transdisciplinary development phase, leading to a new product for the general public.

In which areas do you see the particular significance of fungi and fungal materials for future technologies and innovations? How could this help with regards to developing a circular, climate-neutral economy?

Fungi are masters of decomposition, which means they can grow on practically any complex and polymeric substrate and break it down into its monomeric components. Fungi are also masters of synthesis and can combine these components into a diverse spectrum of products, which in the world of biology is an almost unique ability. In addition to the above named products of today's fungi biotechnology, we will see more in the future which consist of pure fungal mycelium or of composite materials that are produced from a combination of fungi and waste plant materials. These fungus-based materials will find applications in diverse industries which produce for example textiles, furniture, packaging, building materials, insulation materials but also everyday products. If made smartly, these materials can be returned into the material cycle after use, whether it's via redesign, in which other fungi are recultivated on these materials, thus producing other products, or via recycling, in which the fungal products are composted. In both cases the cycle is a closed loop. Therefore, a sustainable, fungal-based bioeconomy is a realistic scenario.

In the project »Mind the Fungi« you seek to involve the general public in the artistic-scientific discourse – to what extent is that successful?

The project *Mind the Fungi* started in October 2018 and for us it is about making the immense potential for fungal biotechnology better understood among the general public, and also to work together with the public in order to open up new research fields and areas of application for this technology. Here I am deliberately using the collective intelligence of »the crowd« as a motor to drive innovation. For me, however, this meant taking a leap of faith from the safe, well-planned way we typically work in my research community, in which the paths we take and the methods we use are usually clearly sketched out before the project begins. Whereas in the *Mind the Fungi* project, both of these are undefined and can continually change during the course of the project. Only our goal is clear and irrefutable: to develop and produce novel fungal-based products, which help us to enable the transition from a crude oil-based economy to a sustainable bioeconomy. Our vision is to replace as many crude oil-based products as possible with fungal-based alternatives.

In doing so, we attempt to involve the general public using various approaches. On the one hand the artist Theresa Schubert and the designer Fara Peluso are working in our laboratories in the framework of an artist-in-residence programme, where they integrate questions and developments related to fungal biotechnology into their artistic work and material research. This is a very exciting, intensive process of learning for both parties, and I very much look forward to seeing their works presented in the Futurium. Thanks to the cooperation with the Art Laboratory Berlin and the curators Regine Rapp and Christian de Lutz, who are part of the *Mind the Fungi* project team, we have had the opportunity to present different objects in the Futurium since its opening and this will continue until the end of 2020. In the Futurium's current exhibition you can study fungal-based composite materials from our laboratory, works from our peer-to-peer student project, in which biotechnology students from TU Berlin worked together with students from the Departments of Product Design and Textile and Surface Design at weißensee academy

das *Mind-the-Fungi*-Projektteam vielfältige Workshops (darunter mit dem TOP lab), Vorträge und Diskussionsrunden für die interessierte Öffentlichkeit. Das Interessante hierbei ist, dass alle angebotenen Events innerhalb kürzester Zeit ausgebucht sind. Das freut mich sehr, da es zeigt, dass das öffentliche Interesse an Pilzbiotechnologie im Speziellen, aber auch an Wissenschaft im Allgemeinen sehr groß ist.

Welche ersten Erkenntnisse sind aus dem Beginn der Zusammenarbeit mit den Designstudierenden entstanden? Wie ähneln bzw. unterscheiden sich die Methoden und Vorgehensweisen der Wissenschaftler_innen und Designer_innen?

Die Neugierde aufeinander und daher der Wille zur Zusammenarbeit ist auf beiden Seiten ausgesprochen hoch, sei es auf gestalterischer oder wissenschaftlicher Ebene. Auch ist ein gegenseitiges Grundverständnis vorhanden, und es gibt, wie oben skizziert, ähnliche anwendungsorientierte Ansätze im Denk- und Arbeitsprozess. Die Lernkurve seitens der Designstudierenden steigt jedoch steil an, wenn es darum geht, steril zu arbeiten sowie den Aspekt der Zeit zu berücksichtigen. Kultivierungen und somit Wachstumsprozesse von Mikroorganismen unterliegen ihrem eigenen Zeitregime. Auch sind biologische Prozesse nicht immer eindeutig reproduzierbar, da kleinste Veränderungen etwa in der Animpfmenge oder im Kultivierungsablauf zu großen Abweichungen am Ende des Experimentes führen. Versuche müssen also sehr genau geplant werden, können aber trotzdem mal einen Tag vor oder einen Tag nach dem vermuteten Versuchsende beendet sein. Taktgeber ist die Biologie, die eine hohe zeitliche Flexibilität seitens der Designstudierenden einfordert. Wir sollten dies besser in der Planung von GreenDesign 9.0 berücksichtigen. Weiterhin wünschte ich mir einen längeren Zeitraum für die Zusammenarbeit im Rahmen des GreenDesign-Projektes und damit unter anderem mehr Zeit für die Integration unserer Biotechnologiestudierenden in die Werkstätten der KH Berlin. Die gemeinsamen *Peer-to-peer*-Projekte des GreenDesign 8.0 fanden ausschließlich in unseren Laboren statt und unter der Anleitung unserer Biotechnologiestudierenden. Besser wäre es, wenn im nächsten Durchlauf ein ausbalancierter Arbeitsprozess gefunden werden könnte, bei dem die Lernkurve auf beiden Seiten der *peers* gleichermaßen steil verläuft. So könnten nicht nur Ideen für gemeinsame Designprodukte entwickelt werden, sondern auch Prototypen davon in den Laboren und Werkstätten beider Institutionen.

Wie geht es weiter? Welche Perspektiven und Schwerpunkte sehen Sie für die zukünftige Zusammenarbeit?

Da Mikroorganismen im Allgemeinen und Pilze im Speziellen ein großes Potenzial für nachhaltiges Design besitzen, hoffe ich auf eine längerfristige und gemeinsam befruchtende Zusammenarbeit zwischen unserem Fachgebiet und der KH Berlin. Diese kann im Rahmen des GreenDesign erfolgen, aber auch in neuen institutionenüberspannenden Lehrmodulen. Diese können den Kristallisationspunkt für inter- und transdisziplinäre Projekte bilden, die von Machbarkeitsstudien begleitet werden. Darauf aufbauend kann ich mir sehr gut ein gemeinsam betriebenes Biolabor an der KH Berlin vorstellen, in dem Designstudierende mithilfe der Biotechnologie die Welt der Biomaterialien studieren und weiterentwickeln können. So könnten wir gemeinsam zukünftige Biodesigner_innen ausbilden.

Was wäre die Utopie bzw. ein wünschenswertes Zukunftsszenario für Sie – auch im Kontext der aktuellen öko-politischen Lage?

Wir kennen und schätzen Lebensmittel aus Pilzen, wir sind es gewohnt, Getränke aus Pilzfermentationen zu uns zu nehmen, sei es Wein, Bier oder Kombucha. Viele Menschen lieben den Waldspaziergang verbunden mit der für sie spannenden Frage: Werden wir Pilze finden? Wenn ja, sind essbare darunter? In der Utopie, zu der ich beitragen möchte, kleiden wir uns auch in Pilze und leben sogar mit und in ihnen. Unsere Kleidung, unsere Möbel, unsere Häuser sind aus ihnen hergestellt. Biotechnologisch. Auf nachhaltige Art und Weise. Benötigen wir sie nicht mehr, weil man der neuen Mode folgen möchte oder eine andere Stadt ruft, übergibt man diese Gegenstände erneut der Pilzbiotechnologie, die diese dem *Redesign* oder dem Recycling zuführt. In meiner Utopie ist die Pilzbiotechnologie fester Bestandteil einer zirkulären Bioökonomie, die aus pflanzlichen Rohstoffen nicht nur Lebensmittel, Medikamente, Waschmittelenzyme und Biokraftstoffe produziert, sondern auch Mode und Gebrauchsgegenstände. Und uns sogar Häuser baut.

---

1 weißensee kunsthochschule berlin, *GreenDesign 8.0 – Circular City*, S. 43–47.

of art berlin, as well as the works of Berlin designer Nina Fabert, an alumna of weißensee academy of art berlin. The most exciting part: Due to our presence in the Futurium exhibition, our research team received a lot of spontaneous requests and feedback. The interest shown by the public in fungal biotechnology is huge. We get countless requests from society, academia and industry seeking more background information but also looking for cooperations. Aside from this, the *Mind the Fungi* project team puts on diverse public workshops (with TOP lab, among others), lectures and discussion rounds which are very well received. I am very pleased to see that there is great public interest in fungal biotechnology in particular, but also in science in general.

What were the first conclusions you were able to draw as you began to work with the design students? What are the similarities and differences between the methods and approaches that scientists and designers use?

For both parties, the mutual curiosity and willingness to collaborate is very high, be it on an artistic, a design or a scientific level. They also share a mutual level of basic understanding and, as previously mentioned, similar application-oriented approaches in the ways of thinking and working. For design students it was certainly a new experience to work in a sterile environment, as well as having to pay close attention to timing any work conducted. Both the cultivating and the growth processes of microorganisms are subject to their own time regime. Also, biological processes are not always clearly reproducible, as the smallest changes, for example in the amount of inoculum or in the cultivation process, can lead to large differences at the end of the experiment. Therefore experiments must be planned very accurately. However, they can still come to an end one day prior to or following the planned end of the experiment. Biology sets the tempo in this case, and this demands a lot of flexibility from the design students in terms of time. For interdisciplinary collaborations it is always desirable to have a longer period of time for working together, this was also the case for the greenlab project. For a balanced and productive exchange, it would be important to bear in mind in the future that the biotechnology students equally gain access and an introduction to the workshops of the weißensee academy of art berlin, just as the design students gained access to our laboratories. In this way, we could not only develop ideas for joint design products, but also produce prototypes of these in the workshops and laboratories of both institutions.

How will this work continue, or rather, what prospects can you see for future cooperation? Would a prolonged cooperation have a particular focus?

As microorganisms in general, and fungi in particular hold great potential for sustainable design, I hope to continue a long-term and mutually beneficial cooperation between our department and the weißensee academy of art berlin. That could be within the context of greenlab, but also take the form of new teaching modules between our institutions. These could form a hub for inter- and transdisciplinary projects, accompanied by feasibility studies. To build on this, I can easily imagine a joint biolab at weißensee academy of art berlin, in which design students study the world of biomaterials by making use of biotechnology, and develop these materials further from a design perspective. This way we could work together to train the biodesigners of the future.

What would be the utopian, or a highly desirable future scenario for you, also in the context of the current eco-political situation?

We know and appreciate food made from fungi, and we are used to consuming beverages made from fungal fermentations, whether it's wine, beer or kombucha. Many people love walking in the forest, wondering whether they will find mushrooms. If so, will there be any edible ones among them? In a future Utopia, to which I hope to contribute, we would clothe ourselves with fungi and even live with and within them. Our clothing, our furniture, our homes are made from them – biotechnologically – using sustainable production methods. If we no longer need them, as we are following the latest fashion or want to move to another city, then one can return these objects to the fungal biotechnology, which takes care of them by either redesigning or recycling them. In my Utopia, fungal biotechnology is a central pillar of a circular bioeconomy, which produces not only food, medicines, laundry enzymes, and biofuels from plant-based raw materials, but also fashion and everyday objects. It even builds our homes.

---

1 weißensee kunsthochschule berlin, *GreenDesign 8.0 – Circular City,* pp. 37–41.

Das Projekt *Mind the Fungi*

Epilog

The project *Mind the Fungi*

Epilogue

Ein Rückblick aus Sicht des Fachgebietes für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie

Dieses Projekt war im Vergleich zu unseren bisherigen Forschungsvorhaben, auch ganz abgesehen vom wissenschaftlich-technischen Anspruch, in vielerlei Hinsicht ein Novum: Ein gemischtes Team von Wissenschaftler_innen und Künstler_innen nahm eine gemeinsame Aufgabe in Angriff – jede und jeder mit einem anderen fachlichen und persönlichen Hintergrund und folglich mit einem anderen Blickwinkel. Zudem sollte sich der Fortschritt des Vorhabens von Anfang an dem Licht der Öffentlichkeit aussetzen. In vielfältigen Veranstaltungen und dank einer breiten Medienpräsenz wurden Ideen und Ergebnisse mit der Öffentlichkeit geteilt. Auch und gerade bei den ersten Schritten sollten *citizen scientists* mitwirken und damit die Richtung der Forschung beeinflussen können. Diese Möglichkeit wurde insbesondere auch den Studierenden verschiedener Disziplinen geboten. Wer aktiv auf uns zukam, beitragen wollte und konnte, wurde in das Projekt integriert. Ganz unabhängig vom Hintergrund konnte jede_r sich einbringen, um wissenschaftliche und künstlerische Aspekte unserer gemeinsamen Aufgabe auszuarbeiten. Ist es uns somit gelungen, die zu oft getrennten Welten von Wissenschaft und Kunst im Rahmen dieses Projektes zusammenzuführen? Wir denken, ja.

Unsere Vision einer nachhaltigen Zukunft, in der wir in, auf und mit Pilzen leben und arbeiten, konnten wir durch das *Mind-the-Fungi*-Projekt erfolgreich in die Gesellschaft tragen. Durch die Schönheit der Wissenschaft und das Wissen der Künste. Eine Vision, die von der Pilzbiotechnologie ausgeht und nun von vielen Menschen in Deutschland und darüber hinaus als greifbare Utopie verstanden wird. Als Chance, als Notwendigkeit, als Forschungsauftrag. Ganz im Sinne von Hannah Arendt – »Gewonnen wird die Humanität nie in der Einsamkeit und nie dadurch, dass einer sein Werk der Öffentlichkeit übergibt. Nur wer sein Leben

Bertram Schmidt, Vera Meyer

A retrospective view by the Department of Applied and Molecular Microbiology

Compared to our previous research projects, this project was new in many aspects, not only with respect to the scientific and technical challenges: A mixed team of scientists and artists took up a common task, each with a different professional and personal background and therefore with a different perspective. In addition, the progress of the project was to be exposed to public scrutiny right from the start. Ideas and results were communicated to the public in a variety of events and thanks to a broad media coverage. What's more, citizen scientists had to become involved especially in the very first steps and thus be able to shape the direction of the research. In particular, this opportunity was also offered to students of various disciplines. Anyone who actively approached us and wanted to and was able to contribute was allowed to join us. Regardless of the background, everyone was allowed to contribute to the scientific and artistic aspects of our joint project. Have we been able to bring together the often separate worlds of art and science? Yes, we think so.

Our vision of a sustainable future, in which we live and work in, on and with fungi, was successfully shared with the public through the *Mind the Fungi* project. Via the beauty of science and the knowledge of the arts. A vision that started with fungal biotechnology is now conceived by many people in Germany and beyond as a tangible Utopia. As an opportunity, as a necessity, as a research mandate. In the spirit of Hannah Arendt – »*Humanitas* is never acquired in solitude, and never by giving one's work to the public. It can be achieved

und seine Person mit in das Wagnis der Öffentlichkeit nimmt, kann sie erreichen.«[1] – haben wir nicht nur mit unserem Team am Fachgebiet an zukünftigen Pilzmaterialien geforscht, sondern unsere Visionen und unser Wissen in Open-Access-Publikationen mit der Welt geteilt,[2] uns in zahlreiche Konferenzen, Workshops und Podiumsdiskussionen eingebracht (→ S. 144 f.), den Fragen aus der Wissenschaft und der Gesellschaft gestellt, journalistische Neugierde geweckt und befriedigt. Nun sind unsere Ideen und pilzbiotechnologischen Open-Science-Forschungsansätze nicht nur in Fachjournalen dokumentiert, sondern auch in unzähligen Printmedien, Fernseh- und Radiobeiträgen, Onlinemagazinen und Social Media präsent. (→ S. 146 f.) Diese wiederum generieren erneutes Interesse in der Wissenschaft, der Wirtschaft, der Gesellschaft und den Künsten an zukünftigen Kollaborationen. Der Kreis schließt sich und die dadurch erzielte Dynamik führt dazu, dass immer mehr Menschen und Unternehmen nun Pilze beachten, ihr Innovationspotenzial für eine vitale Bioökonomie der Zukunft verstehen und sich in diesen Prozess mit einbringen wollen.

Welche Erfahrungen haben wir im Verlauf des Projektes gemacht? Die bei *Mind the Fungi* aktiven Künstlerinnen arbeiteten auch vorher schon im Überlappungsbereich von Kunst und Naturwissenschaft. Würden wir als Wissenschaftler_innen im Gegenzug unsere Kunst aus dem Privaten holen und der Öffentlichkeit über unsere wissenschaftlichen Arbeiten berichten? Unser beider Entscheidung, uns nicht nur als Wissensschaffende, sondern auch als »*citizen artists*« in das Projekt mit einzubringen, beflügelte das *Mind-the-Fungi*-Projekt. Wir nutzten unsere Malerei, Fotografie und Bildhauerei gleichermaßen für eine wissenschaftlich-ästhetische Auseinandersetzung mit Pilzobjekten und als ästhetisches Sprachrohr in die Gesellschaft. Wir sind überzeugt, dass unsere eigenen Kunstausstellungen am Fachgebiet und die Präsenz unserer Werke im öffentlichen Raum (so im Futurium oder in der Berliner degewo-Galerie[3]) das Interesse an unserer Pilzbiotechnologie befeuert hat. Ohne Zweifel konnten wir dadurch die intellektuelle Erkenntnis der Besucher_innen über unsere Forschung durch zusätzliche sinnliche und emotionale Erfahrungen bereichern. Und sind möglicherweise auch als Menschen dadurch greifbarer geworden? Wir denken, ja.

only by one who has thrown his life and his person into the ›venture into the public realm‹«[1] – we conducted research on future fungal materials with our team at our department, but also shared our visions and knowledge with the world through open access publications.[2] We have contributed to numerous conferences, workshops and panel discussions (→ pp. 144 f.), answered questions from the scientific community and society, aroused and satisfied journalistic curiosity. Now our ideas and open science fungal biotechnological research approaches are not only documented in scientific journals, but are also present in countless print media, TV and radio features, online magazines and social media. (→ pp. 146 f.) The media coverage in turn generates new interest in science, industry, society and the arts for future collaborations. The circle has been closed and a dynamic induced so that more and more people and companies are now paying attention to fungi, understand their innovative potential for a vital future bioeconomy and want to get involved in this endeavour.

What have we learned, which experiences have we made? The artists involved in the *Mind the Fungi* project have also previously worked at the interface of art and science. Would we, as scientists, in turn take our art from the private sphere and exhibit and use it to also communicate our scientific work? Our mutual decision to catalyse the research programme not only as scientists but also as »citizen artists« clearly inspired the *Mind The Fungi* project. We used our paintings, photographs and sculptures equally for a scientific and aesthetic examination of fungal objects and as aesthetic mouthpieces to the society. We are convinced that our own art exhibitions at the department and in the public space (for example at the Futurium or at Berlin's degewo gallery[3]) fired the interest in our fungal biotechnology. Without a doubt, this has allowed us to enrich the visitors' understanding of our research with sensual and emotional impressions. Could this have also made us more tangible as human beings? Yes, we think so.

Wir lernten im Laufe des Projektes eine überwältigende Kreativität unserer Studierenden kennen. Ohne ihre wissenschaftlichen und künstlerischen Impulse wäre das Projekt nicht so weit gediehen – Kustrim, Bastian, Lisa, Birke, Friederike, Karim, Oliver, wir sind zutiefst dankbar, dass ihr uns auf dem *Mind-the-Fungi*-Weg unterstützt habt! Durch das studentische Engagement wurde das in den beiden Projektjahren neu aufgebaute Forschungsnetzwerk im Berlin-Brandenburger Raum mit Leben gefüllt; außerdem konnten erfolgreiche Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten durchgeführt werden, unter anderem in Zusammenarbeit mit der Bioverfahrenstechnik (Prof. Peter Neubauer, TU Berlin), den Werkstoffwissenschaften (Prof. Claudia Fleck, Prof. Aleksander Gurlo, TU Berlin), dem Sustainable Engineering (Prof. Matthias Finkbeiner, TU Berlin), der Agrartechnik (Dr. Hans Gusovius, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie, Potsdam) und der Architektur (Prof. Sven Pfeiffer, Universität der Künste Berlin).

Und die Kunst? »Kunst und Wissenschaft stehen in einem Spannungsverhältnis, das am fruchtbarsten dann ist, wenn sich diese Disziplinen wechselseitig beobachten und durchdringen und dabei die Erfahrung machen, wie viel vom anderen sie selbst noch immer enthalten«, sagte einst Konrad Paul Liessmann.[4] In der Zusammenarbeit mit Regine Rapp und Christian de Lutz vom Art Laboratory Berlin sowie mit der Künstlerin Theresa Schubert und der Designerin Fara Peluso haben wir viel voneinander lernen können. Was uns in unseren Denk- und Arbeitsweisen verbindet und was uns trennt, welche Visionen wir teilen und auf wie viel verschiedenen Wegen wir die Welt begreifen und verändern können. Wir haben gelernt, dass transdisziplinäre Zusammenarbeit ein hohes Maß an Risikobereitschaft und auch Selbstkritik voraussetzt, dass sie viel gegenseitiges und wertschätzendes Zuhören einfordert und somit viel Zeit und Raum in Anspruch nimmt.

Würden wir ein solches Projekt daher noch einmal wagen? Wir sagen: Ja! Wir würden jederzeit »von der sicheren Brücke der Planbarkeit« eines Vorhabens springen, um an einer gelungenen Synthese aus Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft zu arbeiten. Nur so wird unser Tun nachhaltig sein.

In the course of the project, we became overwhelmed by the creative power of our students. Without their scientific and artistic impulses, the project would not have progressed so far – Kustrim, Bastian, Lisa, Birke, Friederike, Karim, Oliver, we are deeply grateful that you have supported us in the *Mind the Fungi* endeavour! The student commitment filled the research network in the Berlin-Brandenburg region, which was newly established in the past two years, with life. Very successful project, bachelor and master theses were conducted in cooperation with, among others, the Chairs of Bioprocess Engineering (Prof. Peter Neubauer, TU Berlin), Materials Science (Prof. Claudia Fleck, Prof. Aleksander Gurlo, TU Berlin), Sustainable Engineering (Prof. Matthias Finkbeiner, TU Berlin), Agricultural Engineering (Dr. Hans Gusovius, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam) and Architecture (Prof. Sven Pfeiffer, University of the Arts Berlin).

And the arts? »Art and science are in a tension that is most fruitful when these disciplines observe and penetrate each other and experience how much of the other they themselves still contain,« Konrad Paul Liessmann once said.[4] During our collaboration with Regine Rapp and Christian de Lutz of Art Laboratory Berlin and with the artist Theresa Schubert and the designer Fara Peluso, we have been able to learn a lot from each other. What connects and what separates us in our ways of thinking and working, what visions we share and in how many different ways we understand and change the world. We have also learned that transdisciplinary cooperation requires a high willingness to take risks, the ability for self-criticism as well as a lot of mutual and appreciative listening, and thus demands a lot of time and space.

Would we therefore venture into such a project again? We say yes! We would jump at any time »from the safe bridge of predictability« of a project to work on a successful synthesis of science, art and society. Only in this way will our work be sustainable.

1 Hannah Arendt: *Menschen in finsteren Zeiten,* München 1989.

2 Siehe hierzu Vera Meyer: »Merging Science and Art Through Fungi«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6**, 5 (2019), abgedruckt im Appendix auf S. 133; Vera Meyer et al.: »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **7**, 5 (2020); Kustrim Cerimi et al.: »Fungi as Source for New Bio-Based Materials: A Patent Review«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6**, 17 (2019); und Vera Meyer: »Pilzbiotechnologie als Innovationsmotor«, in *BIOspektrum* **26**, 3 (2020).

3 rbbKultur: »Artomics – auf den Pilz gekommen: Ein Gespräch mit der Biotechnologin und Künstlerin Vera Meyer«, Januar 2020, rbb-online.de/rbbkultur/radio/programm/schema/sendungen/rbbkultur_am_vormittag/archiv/20200121_0905/wissen_0910.html [5.6.2020].

4 Konrad Paul Liessmann: »Das Verhältnis von Wissenschaft und Kunst«, auf science.ORF.at, November 2013, sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html [5.6.2020].

1 Hannah Arendt: *Men in Dark Times*, New York 1968, p. 73 f.

2 See Vera Meyer: »Merging Science and Art Through Fungi«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6**, 5 (2019), reprinted in the appendix on p. 133; Vera Meyer et al.: »Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **7**, 5 (2020); Kustrim Cerimi et al.: »Fungi as Source for New Bio-Based Materials: A Patent Review«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6**, 17 (2019); and Vera Meyer: »Pilzbiotechnologie als Innovationsmotor«, in *BIOspektrum* **26**, 3 (2020).

3 rbbKultur: »Artomics – auf den Pilz gekommen: Ein Gespräch mit der Biotechnologin und Künstlerin Vera Meyer«, January 2020, rbb-online.de/rbbkultur/radio/programm/schema/sendungen/rbbkultur_am_vormittag/archiv/20200121_0905/wissen_0910.html [5.6.2020].

4 Konrad Paul Liessmann: »Das Verhältnis von Wissenschaft und Kunst«, on science.ORF.at, November 2013, sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html (author's translation) [5.6.2020].

Eine Chance für visionäre Ideen, um neuartige Organismen und Produkte für die Bioökonomie zu erschließen

Pilze und ihre Gemeinschaft mit anderen Organismen als Untersuchungsgegenstand: Dieses Projekt strahlte von Anfang an für uns als Bioverfahrenstechniker_innen eine große Faszination aus, gab es uns doch die Chance, Bioprozesse unter völlig neuen Gesichtspunkten zu erschließen. Pilze sind nicht nur in der Artenzahl die wohl weitverbreitetste Gruppe von Lebewesen, sie haben es auch in der Evolution gelernt, mit anderen Organismen in enger Symbiose zu leben und damit unter extremen Bedingungen zu überleben. In diesem Kontext ergeben sich spannende Fragestellungen, solche Symbiosen besser zu verstehen, neue Bioprodukte zu entdecken und schließlich neuartige Produktionsprozesse zu etablieren, um die Produkte für jede_n nutzbar zu machen. Dabei stellt sich uns Forschenden die große Herausforderung, die Kultur verschiedener Organismen auch im Labor in Balance zu halten.

In der Natur ist für uns die wohl beeindruckendste Symbiose unter Beteiligung von Pilzen die der Flechten. Diese haben es geschafft, in einer unglaublichen Arten- und Formenvielfalt nahezu alle Habitate der Erde zu besiedeln und überall dort, wo die Erde noch nicht bewohnt ist, zuerst Fuß zu fassen. Als enge Symbiose mehrerer Organismen konnten sie sich gut an extreme Kälte, Trockenheit, starke Sonneneinstrahlung und eklatanten Nährstoffmangel anpassen und sich trotz ihres langsamen Wachstums behaupten. Diese einzigartige Stellung sichern sie sich mit der Synthese einer Vielzahl von bioaktiven Substanzen, die zwar in der Naturheilkunde vieler Völker eine wichtige Rolle spielten, bisher aber für die moderne Bio- und Pharmaindustrie nicht zugänglich sind. Flechten sind bisher nicht einfach im Labor kultivierbar und daher aus biotechnologischer Sicht hinsichtlich ihrer Anwendung zu wenig beachtet und erforscht.

Stefan Junne, Zakieh Zakeri, Peter Neubauer

A chance for visionary ideas to develop novel organisms and products for the bioeconomy

Fungi and their community with other organisms as the object of investigation: this project has always fascinated us as bioprocess engineers, as it gave us the opportunity to develop bioprocesses from completely new perspectives. Fungi are not only the most widespread group of living organisms in terms of number of species, they have also learned in evolution to live in close symbiosis with other organisms and thus survive under extreme conditions. In this context, exciting questions arise to better understand such symbioses, to discover new bioproducts and finally to establish novel production processes to make the products usable for everyone. In doing so, we researchers face the great challenge of keeping the culture of different organisms in a symbiotic balance, even in the laboratory.

In nature, the most impressive symbiosis involving fungi is probably that of lichens. Lichens have managed to colonise almost all habitats on earth in an incredible variety of species and forms and have gained a first foothold wherever the earth is not yet inhabited. As a close symbiosis of several organisms, they have been able to adapt well to extreme cold, drought, strong sunlight and an extreme lack of nutrients, and have been able to survive despite their slow growth. They secure this unique position by synthesising a large number of bioactive substances which played an important role in the natural medicines of many peoples. However, so far they have not been accessible to the modern bio- and pharmaceutical industry. This is because lichens cannot be cultivated effectively and have been completely neglected biotechnologically.

Im Projekt haben wir die große Herausforderung angenommen, Flechten zu kultivieren. Während die in der Symbiose lebende Alge relativ leicht zu isolieren war, gab es bei der Isolation der Flechtenpilze die erwarteten Rückschläge. Die aus der Natur isolierten Flechten wurden immer wieder durch von ihnen im Laufe ihres Lebens eingefangene Pilzsporen überwachsen. Methoden aus anderen Laboren waren sehr aufwendig und führten nicht immer zum Erfolg. Umso besser war die Integration des Erfahrungsschatzes der Forschungsgruppe um Volker Otte vom Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz. So gelang es, innerhalb von kurzer Zeit mehrere Flechtenpilze in Reinkultur zu kultivieren, womit die Grundlage für weitere spannende Untersuchungen und eben für eine spätere biotechnologische Anwendung gelegt wurde. Wir konnten nun das symbiotische Wachstum mit modernen mikroskopischen Methoden beobachten und untersuchen, wie sich Alge und Pilz miteinander arrangieren, um flechtenähnliche Gemeinschaften zu bilden.

So brachte uns dieses Projekt zurück zu den Ursprüngen der Biologie, öffnete uns als Ingenieur_innen die Augen, die Flechten in der Natur mit anderen Augen zu betrachten und uns dabei auch von der Schönheit ihres Formen- und Farbenreichtums faszinieren zu lassen. In den *Walk & Talks* verstanden wir die abwechslungsreiche natürliche Umgebung von Berlin besser und lernten in Bezug auf die Pilze und Flechten, die Vielfalt der kleinen Dinge am Wegesrand zu sehen und diese in unsere Forschung einzubinden.

Parallel dazu lernten wir einen ganz neuen Grad der Interdisziplinarität kennen: Nicht nur die gewohnten Diskussionen zwischen Ingenieurwesen und Naturwissenschaft begleiteten unser Projekt, sondern auch die intensive Zusammenarbeit mit Kunst und Design. Dabei kamen, speziell auch in Verbindung mit den Laborresidenzen unserer beiden Künstlerinnen, völlig neue Fragen auf, beispielsweise wie sich denn wirklich die Flechten aus der Natur biotechnologisch so darstellen lassen, dass man sie als Zier- und Kunstobjekte in der Innenraumgestaltung, in der Architektur oder im Bauwesen verwenden kann. Oder ob Flechten irgendwann in so großen Mengen herstellbar sein werden, dass man sie zur Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften nutzen kann? Viele dieser Fragen sind sehr visionär, aber sie faszinieren uns und insbesondere

In this project we have undertaken the great challenge of cultivating lichens. While the algae living in these symbioses were relatively easy to isolate, the isolation of lichenising fungi suffered the expected setbacks. Samples of lichens isolated from nature were repeatedly overgrown by fungal spores captured by them in the course of their lives. Methods from other laboratories were very laborious and did not always lead to success. Our success was finally due to the experience of the research group around Volker Otte from the Senckenberg Museum of Natural History Görlitz. Within a short period of time, we then succeeded in cultivating several lichenising fungi in pure culture, thus laying the basis for further exciting investigations and for subsequent biotechnological applications. We also learned how to create new artificial fungus-algae symbioses in the bioreactor, which do not exist in nature. Also we were now able to observe the symbiotic growth with modern microscopic methods and investigate how algae and fungi arrange themselves to form lichen-like communities.

This project brought us back to the origins of biology, opened our minds as engineers to look at lichens and fungi in nature with different eyes and to be fascinated by the beauty of their richness of form and colour. In the *Walk & Talks* we better understood the diverse natural environment of Berlin and, with regard to fungi and lichens, learned to see the variety of small things along the way and to integrate them into our research.

At the same time we got to know a whole new level of interdisciplinarity: not only the usual discussions between engineers and scientists accompanied our project, but also the intensive collaboration with artists and designers. In the process, especially in connection with the artists, completely new questions arose, such as how to represent the lichens from nature biotechnologically in such a way that they can be used as decorative and artistic objects in interior design, architecture or construction. Or whether we can at some point produce lichens in such large quantities that they can be used to recultivate post-mining landscapes. Many of these questions

auch unsere Studentinnen und Studenten, und treiben unsere Forschung.

Eine völlig neuartige Erfahrung war für uns auch die tägliche Interaktion mit den *citizen scientists* im Labor. Wir erfuhren, wie schnell interessierte Personen handwerkliche Fähigkeiten im Labor erlernen können, mussten umdenken in der Art, Fragen zu beantworten oder Dinge zu erklären, die wir nie hinterfragt hatten, und lernten, dass die Aufzeichnung von experimentellen Daten im Laborbuch – ganz anders, als wir es gewohnt sind – auch künstlerisch ansprechend erfolgen kann. Das Interesse an den durchgeführten Veranstaltungen war überwältigend. Durch die Organisation einer Veranstaltung zusammen mit dem Freundeskreis des Deutschen Akademischen Austauschdienstes konnten wir zudem viele Interessierte aus einem internationalen Umfeld ansprechen. Schließlich lernten wir, die Dinge so zu präsentieren, dass sie auch ein breites Publikum in öffentlichen Vorträgen und Ausstellungen faszinieren können.

Neben den genannten Projektteilnehmer_innen möchten wir uns dazu bei Anika Bockisch, Marcel Dostert, Marly Erazo und Fatemeh Nejati bedanken, die durch ihr Engagement das noch junge Feld der Flechten- und der Kokultivierung von Algen und Pilzen vorangebracht haben und bei allen anderen für das große Interesse und den vielfältigen Austausch. In diesem Sinn war es herausfordernd, spannend und lehrreich in diesem Projekt zusammen mit Personen völlig unterschiedlicher Ausbildung transdisziplinär Wissenschaft von sehr unterschiedlichen Seiten zu betrachten und damit völlig neue Ideen zu kreieren, die uns eine solide Grundlage für die weitere Forschung, aber auch für die Integration fachfremder Disziplinen geben.

are very visionary, but they fascinate us and especially our students, and drive our research.

A completely new experience for us was also the daily interaction with the citizen scientists in the laboratory. We learned how quickly interested people can learn manual skills in the lab, had to rethink the way we answer questions or explain things we never questioned. We also learned that recording experimental data in the lab book can be done in an artistically appealing way that is completely different from what we are used to. The interest in the events that we staged was overwhelming. By organising an event together with the Friends of the German Academic Exchange Service, we were also able to address many interested people from an international environment. Finally, we learned to present our research objects in such a way that they can also fascinate a broad audience in public lectures and exhibitions.

In addition to the above-mentioned project participants, we would like to thank Anika Bockisch, Marcel Dostert, Marly Erazo and Fatemeh Nejati, who through their commitment have advanced the still young field of lichen biotechnology and co-cultivation of algae and fungi, and all the others for their great interest and the diverse exchange. In this sense, it was challenging, exciting and instructive to view transdisciplinary science from very different angles in this project together with people of completely different educational backgrounds, thus creating completely new ideas that give us a solid foundation for further research, but also for the integration of disciplines from other fields.

Ein Rückblick von Art Laboratory Berlin

Kunst und Wissenschaft, die Kreativitätsmotoren jeder dynamischen Kultur, gelten gemeinhin als so unterschiedlich wie Tag und Nacht. Das ist ein entscheidender Fehler. Denn Neugier, Forschung und Wissen in spezialisierte Fächer zu unterteilen, ist ein Rezept für kulturellen Stillstand.

Stephen Wilson, 2020[1]

Unsere facettenreiche Reise bei *Mind the Fungi* führte uns durch zahlreiche phänomenologische und erkenntnistheoretische Landschaften. Art Laboratory Berlin konnte auf vielfältige Weise beitragen: wissenschaftliche Forschung zu Baumpilzen beobachten, verstehen und kommunizieren; Netzwerke für eine transdisziplinäre Pilzkommunikation bauen; vielfältige Forschungsideen an eine größere Öffentlichkeit in zahlreichen Veranstaltungen und Presseformaten vermitteln; verschiedene Standpunkte der Künstler_innen, Designer_innen, Mikrobiolog_innen, Biotechnolog_innen, Ingenieur_innen und Bürgerwissenschaftler_innen dokumentieren; die Pilzforschung in Kunst, Design und Wissenschaft für eine breite Öffentlichkeit kuratieren und veröffentlichen – bei allem sahen wir uns oft als Übersetzer_in, um neue Plateaus zu eröffnen.

Im Verlauf des zweijährigen Projekts konnten wir im Bereich Citizen Science viel ermöglichen: Während unserer *Walk & Talks* mit Theresa, Bertram und Carsten, zahlreicher Open-Lab-Nächte in den Laboren von Vera und Peter sowie der *Pilzkultivierungskurse* bei TOP lab mit Alessandro, Flavia und Tuçe konnte eine große Öffentlichkeit mit den Wissenschaftler_innen und Künstlerinnen Wissen auf nicht hierarchische Weise teilen;

Regine Rapp, Christian de Lutz

Art Laboratory Berlin looks back

Art and science, the twin engines of creativity in any dynamic culture, are commonly thought of as being as different as day and night. This is a critical error. The partitioning of curiosity, inquiry and knowledge into specialized compartments is a recipe for cultural stagnation.

Stephen Wilson, 2020[1]

Our multifaceted journey in *Mind the Fungi* led us through a variety of phenomenological and epistemological landscapes. Art Laboratory Berlin is glad to have contributed in many ways: observing, understanding and communicating scientific research on tree fungi; building many bridges for transdisciplinary fungal communication; transferring the manifold research ideas to a larger public in various events, categories and press formats; interrogating the diverse viewpoints of the artists, designers, microbiologists, biotechnologists, engineers, and citizen scientists; and curating and publishing fungal research in art, design and science for a broad public – we very often found ourselves as translators opening up new plateaus.

In the course of the two-year project we could enable important steps in the field of Citizen Science: During the *Walk & Talks* with Theresa, Bertram and Carsten, numerous visits at Vera's and Peter's labs and

ein lebendiges Netzwerk konnte entstehen. Ein wesentlicher Bestandteil der *Mind-the-Fungi*-Stammsammlung ist eng mit den *Walk & Talks* im Herbst 2018 und 2019 verbunden. Es war beeindruckend, die enorme Neugier und das aktive Engagement der Öffentlichkeit während der gesamten Laufzeit des Projekts zu sehen. Alle Veranstaltungen waren schnell ausgebucht und das öffentliche Feedback war durchweg positiv. Selbst während der Coronavirus-Pandemie gelang es uns, beim *Material Driven Design Workshop* mit Fara über einen Livestream mehr als 180 Besucher_innen virtuell zu erreichen, wie sich durch Kommentare und Schriftverkehr im Nachhinein feststellen ließ.

Während der Residenzen von Theresa und Fara in den Laboren der Fachgebiete Angewandte und Molekulare Mikrobiologie und Bioverfahrenstechnik konnten wir einen kreativen und wissenschaftlichen Austausch schaffen. Theresas Ansatz bestand darin, ein Forschungsexperiment zu formulieren, in dem sie die Wirkung von Schall auf das Pilzwachstum untersuchte. Dafür entwickelte sie schließlich eine interaktive audiovisuelle Installation, welche die Besucher_innen einlädt, das Myzelwachstum durch die Bewegung der eigenen Hände auf einem Monitor digital zu steuern. In der Zwischenzeit nutzte Fara ihr Wissen über Algenbiomaterialien und wandte es auf die laufende Forschung an. Ihr hybrider Ansatz aus Kunst, Design und Biotechnologie und die Kokultivierung von Algen- und Pilzkomponenten hat das Potenzial neuer Pilzbiotechnologien besonders betont, während ihr Fokus auf Symbiose dem *Mind-the-Fungi*-Projekt eine interessante Metaebene verliehen hat.

Als Kurator_in waren wir mit mehreren Komplexitäten eines Projekts konfrontiert, das auf multidisziplinärer Zusammenarbeit basiert: Wie lässt sich Kultur und Sprache aus dem Labor an die Öffentlichkeit, von Kunst und Design an die Wissenschaft und wieder zurück oder weiter zu musealen Institutionen vermitteln? Wie kann man bei verschiedenen Parteien Begeisterung hervorrufen? Und wie können wir dazu beitragen, die Kontinuität in einem Projekt mit einer Reihe unterschiedlicher Stränge sicherzustellen?

Was immer noch als Herausforderung bleibt, ist die Förderung einer radikalen Offenheit und Neugier aller Beteiligten – Wissenschaftler_innen, Künstler_innen, Designer_innen – für die jeweils spezifischen Methoden

the *Mushroom Cultivation Courses* at TOP lab with Alessandro, Flavia and Tuçe, a large public could share knowledge together with the scientists and artists in a non-hierarchical way and create a vibrant network. An essential part of the *Mind the Fungi* strain collection is closely related to the mushroom gatherings during the *Walk & Talks* in autumn 2018 and 2019. It was impressive to see the enormous curiosity and active engagement of the public throughout the whole running time of the project. All the events were quickly booked out and the public feedback was consistently positive. Even during the coronavirus pandemic we managed to reach out virtually with a *Material Driven Design Workshop* with Fara, whose livestream had more then 180 visitors, as could be seen from comments and correspondence in retrospect.

By embedding Theresa and Fara in the labs at the Departments of Applied and Molecular Microbiology and Bioprocess Engineering we were able to foster creative and scholarly exchange. Theresa's approach was to formulate a research experiment, in which she explored the effects of sound on fungal growth. She then created an interactive audio-visual installation, which invites the visitors/viewers to digitally grow the mycelium on a monitor with their hands' movement. Meanwhile Fara took her knowledge of algal biomaterials and applied it to the ongoing research. Her hybrid approach of art, design and biotechnology, but also the co-cultivation of algal and fungal components, has especially highlighted the potential of new fungal biotechnologies; and her focus on symbiosis brings an interesting meta level to the *Mind the Fungi* project. As curators, we have faced multiple complexities involved in a project dependent on multidisciplinary cooperation: how to translate cultures and idioms from the lab to the public, from art and design to science, and back again or onward to museal institutions; how to create enthusiasm among diverse parties; and how to help ensure continuity in a project with a number of different threads.

und individuellen Ansätze: performativ, rein wissenschaftlich, spielerisch, sozial und aktivistisch. Teil dieses Prozesses ist die Weiterentwicklung der hybriden Künste und der künstlerischen Forschung, welche die traditionelle Ästhetik hinter sich lassen, um multidisziplinäre Praktiken im 21. Jahrhundert zu berücksichtigen. Hybride Künstler_innen ersetzen das »schöne Bild« durch ein performatives Engagement in Wissenschaft und Technologie, Natur und Gesellschaft.

»Ein performatives Verständnis wissenschaftlicher Praktiken«, so die Physikerin und Philosophin Karen Barad, »berücksichtigt die Tatsache, dass Wissen nicht aus der Ferne und der Repräsentation entsteht, sondern aus einer *direkten materiellen Auseinandersetzung mit der Welt.*«[2] Ein Beispiel dafür sind Theresas performative Waldspaziergänge mit Umweltbiolog_innen und Biotechnolog_innen. Es bleibt noch einiges zu tun, bevor eine breitere Öffentlichkeit vollständig erkennen und wertschätzen wird, dass diese Form der Zusammenarbeit bereits selbst ein wesentlicher Bestandteil der künstlerischen Praxis ist und das Potenzial hat, neue Möglichkeiten auf kreativer, wissenschaftlicher und sozialer Ebene zu erschließen.

Wir danken dem gesamten Team von *Mind the Fungi* für diese herausfordernde Reise, auf der wir verschiedene Wege ausarbeiten konnten, um »Neugier, Forschung und Wissen« aus ihren traditionell »spezialisierten Fächern« der Kunst oder der Wissenschaft herauszubrechen. Zwei Jahre sind eine begrenzte Zeitspanne, so ist dies erst ein Anfang dieser vielfältigen Projekte, die fortgesetzt werden wollen. Es liegt nun an uns allen, das soziale Pilznetzwerk zu stärken und Kooperationen zwischen Biotechnolog_innen, Künstler_innen, Designer_innen und Bürgerwissenschaftler_innen weiter auszubauen.

1 Stephen Wilson: *Art + science now*, London 2010, S. 6 (Übers. J. Kühn).

2 Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Durham / London 2007, S. 49 (Übers. R. Rapp).

What still remains a challenge is how to foster a radical openness and curiosity on all sides – scientists, artists, designers – for the specific methodologies and individual approaches: performative, purely scientific, playful, social and activist. Part of this process is the further development of Hybrid Arts and artistic research, which leave behind traditional aesthetics to embrace multidisciplinary practices in the 21st century. Hybrid artists replace the »beautiful picture« with a performative engagement in science and technology, nature and society. »A performative understanding of scientific practices, for example,« as physicist and philosopher Karen Barad argues, »takes account of the fact that knowing does not come from standing at a distance and representing but rather from a direct *material engagement with the world.*«[2] This is the case, for instance, when Theresa, in her performative forestal walks, interacts with environmental biologists and biotechnologists. There is still some work to be done before a wider public can fully understand and appreciate that this form of collaboration is already itself an integral part of artistic practice, and that it has the potential to unlock new possibilities on creative, scholarly, and social levels.

We thank the whole *Mind the Fungi* team for this challenging journey in which we could elaborate various ways to break »curiosity, inquiry and knowledge« out of the »specialized compartments« of either art or science. Two years is a quite limited time span, so this is but a start, as these manifold projects continue. It is up to all of us to gather and strengthen a social mycelia network and to let the collaborative network between biotechnologists, artists, designers and citizen scientists grow.

1 Stephen Wilson: *Art + Science now*, London 2010, p. 6.

2 Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*, Durham / London 2007, p. 49.

Appendix

Biografien

Flavia Barragan ist Chemikerin (PhD, UB, Barcelona, 2013) und interdisziplinäre Forscherin, die sich für die Potenziale lebender Systeme und biologischer Prozesse im Bereich Materialwissenschaft und Entwurfspraxis interessiert. Sie ist Mitbegründerin von TOP lab, einem Biotech-Gemeinschaftslabor für Kunst, Wissenschaft und Technologie, wo sie in Zusammenarbeit mit der TU Berlin und Art Laboratory Berlin eine Reihe von Workshops für *Mind the Fungi* mitorganisiert hat. Sie hat mit der EINA School of Design (Barcelona) und der weißensee kunsthochschule berlin zusammengearbeitet und das DEMO 2017, ein Festival für neue kreative Prozesse im Design, sowie das Symposium Materialkreisläufe an der weißensee kunsthochschule berlin mitkuratiert.

Kustrim Cerimi studiert – nach einer praktischen Ausbildung im Medizinbereich – Biotechnologie an der Technischen Universität Berlin. Nach Tätigkeiten als studentischer Forschungsassistent am Max-Delbrück-Centrum sowie an der TU Berlin absolviert er zurzeit seine Masterarbeit im Team von Vera Meyer. Er ist an vielfältigen Themen rund um Mikrobiologie und Systembiologie sowie an interdisziplinären Projekten mit Künstler_innen, Designer_innen und Hybrid Artists interessiert.

Tuçe Erel ist eine in Berlin ansässige Kuratorin und Kunstautorin. Sie studierte Soziologie (BA, METU, 2005, Ankara), Kunsttheorie und -kritik (MA, Anatolische Universität, 2009, Eskişehir) sowie Kunstpolitik und -management (MA, Birkbeck College, 2015, London). Im Jahr 2017 kuratierte sie *Now You are Here* mit Seval Sener bei Arte Sanat (Ankara) und *Fabric/ate* bei Schneidertempel (Istanbul). Im Jahr 2019 kuratierte sie den zeitgenössischen Teil von *Roots and Growth: Traditionelle und zeitgenössische Kunst aus der Türkei* im Museum für Islamische Kunst und Vorderasiatische Kulturen in Be'er Sheva (Israel) und *Hactivate Yourself* bei 1a space in Hongkong. Sie ist Mitglied von TOP e. V. Ihre kuratorischen Interessen sind Archivierung, Stadtforschung, Ökologie, Anthropozän und Posthumanismus.

Christian de Lutz ist Kurator, Mitbegründer und Co-Direktor von Art Laboratory Berlin, wo er über 40 Ausstellungen kuratiert hat, darunter die Serien *Time & Technology, Synaesthesia, [macro]biologies & [micro]biologies* und *Nonhuman Subjectivities.* Seine kuratorische Arbeit konzentriert sich auf die Schnittstelle von Kunst, Wissenschaft und Technologie im 21. Jahrhundert, mit besonderem Augenmerk auf Bio Art, DIY-Science und die Zusammenarbeit zwischen Künstler_innen und Wissenschaftler_innen. Sein Interesse gilt dem Aufbau multidisziplinärer Netzwerke und der Freisetzung ihres kreativen Potenzials. Gegenwärtig ist er an kulturellen Kooperationsprojekten beteiligt, die Berlin mit anderen Städten in Europa und Asien verbinden und internationale Netzwerke für Kunst-Wissenschafts- und DIWO-Gemeinschaften aufbauen.

Stefan Junne studierte Chemieingenieurwesen in Erlangen und Evanston, Illinois, und fertigte seine Dissertation an der Technischen Universität Berlin über die Lösungsmittelproduktion in anaeroben Bakterien an. Später arbeitete er auf den Gebieten der Skalierung von Bioprozessen und der Anwendung analytischer Technologien in Peter Neubauers Arbeitsgruppe. Er kam mit Pilzen in Kontakt, als er zusammen mit Vera Meyers Arbeitsgruppe das makromorphologische Verhalten von Fadenpilzen in geschüttelten Bioreaktoren untersuchte. Im Projekt *Mind the Fungi* wendet er seine Erfahrungen mit der Kultivierung in Bioreaktoren und analytischen Einzelzelltechnologien an, um in Kokultivierungen von Pilzen und Algen ihre Interaktion und die Stimulation der Sekundärstoffproduktion zu untersuchen. Dies erfolgt sowohl mit bioverfahrenstechnischen als auch mit zellphysiologischen Ansätzen.

Biographies

Flavia Barragan is a chemist (PhD, UB, Barcelona, 2013) and interdisciplinary researcher interested in the potentials of living systems and biological processes in material science and design practices. Flavia is a co-founder of TOP lap, a community biotech laboratory for art, science and technology where she has co-organised a series of workshops for *Mind the Fungi* in collaboration with TU Berlin and Art Laboratory Berlin. She has collaborated with EINA School of Design (Barcelona) and the weißensee academy of art berlin and co-curated DEMO 2017, a festival for new creative processes in design, and the Material Cycles Symposium at weißensee academy of art berlin.

Kustrim Cerimi studies biotechnology at the Technische Universität Berlin and also has a practical training in medicine. After working as a student research assistant at the Max Delbrück Center and the Technische Universität Berlin, he is currently completing his master's thesis in the team of Vera Meyer. He is interested in a wide range of topics related to microbiology, systems biology and interdisciplinary projects with artists, designers and hybrid artists.

Tuçe Erel is a Berlin based curator and art writer. She studied Sociology (BA, METU, 2005, Ankara), Arts Theory and Critic (MA, Anatolian University, 2009, Eskişehir), and Arts Policy and Management (MA, Birkbeck College, 2015, London). In 2017, she co-curated *Now You are Here* with Seval Sener at Arte Sanat (Ankara) and curated *Fabric/ate* at Schneidertempel (Istanbul). In 2019 she curated the contemporary part of *Roots and Growth: Traditional and Contemporary Art from Turkey* at the Museum of Islamic Art and Near Eastern Cultures in Be'er Sheva (Israel) and *Hactivate Yourself* in 1as Space in Hong Kong. She is a member of TOP e. V. Her curatorial interests are archiving, urban studies, ecology, Anthropocene, and posthumanism.

Christian de Lutz is a curator, co-founder and co-director of Art Laboratory Berlin, where he has curated over 40 exhibitions, including the series *Time & Technology*, *Synaesthesia*, *[macro]biologies & [micro]biologies*, and *Non-human Subjectivities*. His curatorial work focuses on the interface of art, science and technology in the 21st century, with special attention given to Bio Art, DIY Science initiatives and facilitating collaborations between artists and scientists. His interest is in building multi-disciplinary networks and unleashing their creative potential. He is currently involved in collaborative cultural projects connecting Berlin with other cities in Europe and Asia, building international networks for art-science and DIWO communities.

Stefan Junne studied Chemical Engineering in Erlangen and Evanston, Illinois, and wrote his dissertation at Technische Universität Berlin on solvent production in anaerobic bacteria. Later he worked in the fields of scaling bioprocesses and the application of analytical technologies in the team of Peter Neubauer. He got in contact with filamentous fungi while investigating their macromorphological behaviour in shaken bioreactors together with Vera Meyer's team. In the *Mind the Fungi* project, he is applying his experience about bioreactor cultivation and single-cell analytical technologies to conduct co-cultivations of fungi and algae in order to study their interaction and the stimulation for secondary metabolite production. This is achieved using both bioprocess engineering and cell-physiological approaches.

Biografien

Vera Meyer ist Professorin für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie an der Technischen Universität Berlin. Als Wissenschaftlerin erforscht und entschlüsselt sie die genetischen Grundlagen, die das Wachstum, die Physiologie sowie die Produktbildung pilzlicher Systeme kodieren und entwickelt hierfür molekulare Werkzeuge aus der Systembiologie und der synthetischen Biologie. Seit kurzem erforscht sie daneben die Eignung von Pilzen als nachhaltige Ressource für die Herstellung von Kompositmaterialien. Vera Meyer arbeitet auch als bildende Künstlerin unter dem Pseudonym V. meer. Die wissenschaftliche Arbeit mit Pilzen inspirierte sie dazu, Zufallsfunde wie Waldpilze, Holz und Altmetall im Sinne eines *objet trouvé* miteinander zu kombinieren. Sie trennt nicht zwischen wissenschaftlichem und künstlerischem Blick, sondern möchte durch die Mittel der Kunst das Potenzial von Pilzen für die Biotechnologie und für eine nachhaltige Bioökonomie bekannter machen.

Peter Neubauer ist Professor für Bioverfahrenstechnik an der Technischen Universität Berlin. Als ausgebildeter Biologe interessiert ihn die Adaptation von biotechnologisch relevanten Mikroorganismen an ihre natürliche Umwelt und an die Bedingungen, die im Bioprozess auftreten, um neue Bioprodukte nachhaltig und effizient zu produzieren. In seiner Arbeitsgruppe werden transdisziplinäre Ansätze genutzt, die neben Molekularbiologie und Bioverfahrenstechnik Methoden der Mathematik, der Bioinformatik, der künstlichen Intelligenz und Automatisierung umfassen. In seiner Freizeit ist Peter Neubauer ein passionierter Natur-, Tier- und Pflanzenfotograf und Skandinavienenthusiast zu allen Jahreszeiten.

Fara Peluso ist eine in Berlin lebende Künstlerin und Designerin. Sie schloss ihr Industriedesignstudium an der Universität für Architektur La Sapienza in Rom ab, wo sie Grafikdesign studierte. Sie versucht, den Menschen mit der Natur, lebenden Organismen und biologischen Prozessen in einer tieferen Beziehung zu verbinden, indem sie an eine Designstrategie glaubt, die auf ständiger Forschung und der Inspiration von in der Natur vorhandenen Elementen beruht. Fara Peluso möchte dazu beitragen, kritische Fragen über die Rolle von Künstler_innen und Designer_innen aufzuwerfen; dazu zählt auch ihre Anwendung einer spekulativen Methodik, um neue Werkzeuge zu entwerfen.

Carsten Pohl hat an der Technischen Universität Berlin Biotechnologie studiert und an der Universität von Groningen zum Thema der Sekundärmetabolitproduktion in Schimmelpilzen promoviert. Forschungsaufenthalte führten ihn unter anderem in die Niederlande, nach Österreich und Südkorea. Er arbeitet im Team von Vera Meyer mit dem Arbeitsschwerpunkt Synthetische Biologie der Pilze. Im *Mind-the-Fungi*-Projekt wendet er seine Erfahrungen mit verschiedenen Schimmelpilzen nun auf Ständerpilze an und entwickelt grundlegende molekulare Werkzeuge für diese.

Regine Rapp ist Kunsthistorikerin, Kuratorin und Leiterin von Art Laboratory Berlin. Ihre aktuellen Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Installationskunst, Künstlerbücher, Hybrid Art sowie Art-&-Science-Kollaborationen. Als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle hat sie Kunstgeschichte gelehrt. Als Mitbegründerin und Leiterin von Art Laboratory Berlin forscht, kuratiert und publiziert sie zur Kunst des 21. Jahrhunderts an der Schnittstelle zu (Natur-)Wissenschaft und Technologie und konzipierte die internationalen Konferenzen *Synaesthesia. Discussing a Phenomenon in the Arts, Humanities and (Neuro)Science* (2013) und *Nonhuman Agents* (2017). Im Projekt *Mind the Fungi* in Kollaboration mit der TU Berlin hat sie an der Schnittstelle zwischen künstlerischer und naturwissenschaftlicher Forschung gearbeitet.

Biographies

Vera Meyer is Full Professor of Applied and Molecular Microbiology at the Technische Universität Berlin. As a scientist, she tries to decode and understand the genetic principles that define growth, physiology and product formation of fungal systems using tools from systems and synthetic biology. Recently, she has also started researching the suitability of fungi as a sustainable resource for the production of composite materials. Vera Meyer also works as a visual artist, using the pseudonym V. meer. Inspired by her scientific work with fungi, she puts a strong emphasis on sculpting and creating objects from chance finds like forest mushrooms, decaying wood and scrap metal. Through her artwork she wants to enhance the awareness of fungi and their potential in biotechnology as well as a sustainable bioeconomy in general.

Peter Neubauer is Full Professor of Bioprocess Engineering at the Technische Universität Berlin. As a trained biologist he is interested in the adaptation of biotechnologically relevant microorganisms to their natural environment and to the conditions that occur in the bioprocess in order to produce new bioproducts sustainably and efficiently. In his research group transdisciplinary approaches are used, which include methods of mathematics, bioinformatics, artificial intelligence and automation in addition to molecular biology and bioprocess engineering. In his spare time, Peter Neubauer is a passionate nature, animal and plant photographer and a Scandinavian enthusiast in all seasons.

Fara Peluso is a Berlin based artist and designer. She graduated in Industrial Design at the University of Architecture La Sapienza in Rome where she studied graphic design. She seeks to connect human beings with nature, living organisms and biological processes in a deeper relationship believing in a design strategy based on constant researching and taking inspiration from elements present in nature. Fara Peluso wants to contribute to raising critical questions considering the role belonging to artists and designers; she asks how to design new tools through the application of a speculative methodology.

Carsten Pohl studied biotechnology at the Technische Universität Berlin and studied the secondary metabolite production of fungi during his PhD at the University of Groningen. Research stays took him to the Netherlands, Austria and South Korea, among other countries. He works in Vera Meyer's team with a focus on the synthetic biology of fungi. In the *Mind the Fungi* project, he is now applying his experience with various moulds to mushrooms and is developing basic molecular tools for these.

Regine Rapp is an art historian, curator and director of Art Laboratory Berlin. Her current research interests include installation art, artist books, Hybrid Art, and art & science collaborations. She has taught art history as a research assistant at the Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle. As co-founder and director of Art Laboratory Berlin, she researches, curates and publishes on 21st century art at the interface of science and technology and conceived the international conferences *Synaesthesia. Discussing a Phenomenon in the Arts, Humanities and (Neuro)Science* (2013) and *Nonhuman Agents* (2017). In the project *Mind the Fungi* in collaboration with the TU Berlin she has worked at the interface between artistic and scientific research.

Bertram Schmidt studied environmental engineering at the Technische Universität Berlin and specialised in environmental microbiology. The microbial diversity in nature and technical systems is his subject. In addition to excursions into the anaerobic microbiology of biogas plants and in food microbiology, he did his doctorate on iron bacteria in Tierra del Fuego. He is currently working as a biotechnologist in the team of Vera Meyer and is dedicated to the research of fungi and their possible applications as novel biomaterials. He is also interested in materials in an aesthetic sense, be it in applying pasty oil paints, carving wood or forging steel.

Biografien

Bertram Schmidt hat an der Technischen Universität Berlin Umwelttechnik studiert und sich auf Umweltmikrobiologie spezialisiert. Die mikrobielle Diversität in der Natur und technischen Systemen ist sein Thema. Neben Ausflügen in die anaerobe Mikrobiologie in Biogasanlagen und in die Lebensmittelmikrobiologie hat er über Eisenbakterien auf Feuerland promoviert. Zurzeit arbeitet er als Biotechnologe im Team von Vera Meyer und widmet sich der Erforschung von Pilzen und ihren Einsatzmöglichkeiten als neuartige Biomaterialien. Materialien interessieren ihn auch in ästhetischem Sinne, sei es bei dem Auftragen pastoser Ölfarben, dem Schnitzen von Holz oder dem Schmieden von Stahl.

Bastian Schubert studiert Biotechnologie an der Technischen Universität Berlin. Er belegte die interdisziplinäre *Peer-to-peer*-Lehrveranstaltung des Fachgebietes Angewandte und Molekulare Mikrobiologie im Sommer 2019, in der er seine Faszination für Pilze und angewandte Forschung entdeckte. Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls begann er seine Bachelorarbeit im Team von Vera Meyer, in der er diese Interessen vertiefen konnte und neben der Durchführung von Materialtests an Pilz-Pflanzen-Kompositen auch einen Fahrradhelm aus diesen herstellte.

Theresa Schubert ist eine in Berlin lebende Künstlerin, die sich mit unkonventionellen Visionen von Natur, Technologie und des Selbst auseinandersetzt. Sie promovierte in Medienkunst an der Bauhaus-Universität Weimar. Ihre Praxis kombiniert audiovisuelle und biologische Medien zu konzeptuellen und immersiven Installationen oder Performances. In ihren Kunstwerken werden lebende Organismen sowie Algorithmen und *Machine-Learning*-Modelle zu sinnstiftenden Kollaborateuren und untersuchen das Verhältnis des Menschen zu seiner Umwelt und die Entstehung von Materie und Bedeutung jenseits des *Homo sapiens*. Ihre neueren Werke verwenden hochauflösende Videoumgebungen und 3D-Laserscanning, um Wahrnehmungsmodi und die Mensch-Maschine-Beziehung in Hypertech-Gesellschaften zu hinterfragen.

Alessandro Volpato entwirft innovative Instrumente zur Unterstützung einer kooperativen Forschungsumgebung, um Lernprozesse in den Biowissenschaften innerhalb und außerhalb der Universitäten zu ermöglichen. Er ist davon überzeugt, dass die Einbeziehung von Bürger_innen in den Entscheidungsprozess dazu beiträgt, eine Zukunft zu gestalten, die den Bedürfnissen des Einzelnen besser gerecht werden kann. Der universelle Zugang zur Bildung ist der Schlüssel zur Befähigung des Einzelnen, sich an diesem Prozess zu beteiligen. Daher fördert er kritische Diskussionen und inspiriert andere dazu, eigene Fragen zu stellen. Als Biologe organisiert er Workshops wie den *Pilzkultivierungskurs* für das Projekt *Mind the Fungi* und engagiert sich bei Unternehmen wie der Deutschen Telekom für die Erforschung von Innovationsmöglichkeiten im Schnittbereich zwischen Technologie und Biologie.

Birke Weber studierte Modedesign mit dem Schwerpunkt Nachhaltigkeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. Darauf aufbauend absolviert sie aktuell den Master of Arts an der weißensee kunsthochschule berlin im Fachbereich Textil- und Flächendesign. Sie belegte die interdisziplinäre *Peer-to-peer*-Lehrveranstaltung des Fachgebietes Angewandte und Molekulare Mikrobiologie im Sommer 2019 und beschäftigte sich hier mit der Erforschung und Entwicklung neuer Materialien, die zu einer nachhaltigeren Textilwirtschaft und Produktentwicklung in der Zukunft beitragen können.

Zakieh Zakeri ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Technischen Universität Berlin. Sie studierte Biotechnologie und Angewandte Ökologie an der TU Dresden. Während ihrer Promotion an der Universität Halle arbeitete sie mit Flechten im Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz und beschäftigte sich eingehender mit der Biologie und Taxonomie von Flechten basierend auf deren molekularen Eigenschaften, insbesondere der Genetik und der in ihnen enthaltenen Sekundärmetaboliten. Ihre Forschungen führten sie unter anderem nach Armenien, Iran und Spanien. Im Team von Peter Neubauer untersucht sie neue Wege, um Flechten zu kultivieren und sie für industrielle biotechnologische Produktionsprozesse nutzbar zu machen.

Biographies

Bastian Schubert studies biotechnology at the Technische Universität Berlin. He attended the interdisciplinary peer-to-peer course of the Chair of Applied and Molecular Microbiology in summer 2019, where he discovered his fascination with fungi and applied research. After successful completion of this module, he started his bachelor thesis in the team of Vera Meyer, in which he was able to deepen these interests and, in addition to conducting material tests on fungal-plant composites, also produced a bicycle helmet from them.

Theresa Schubert is a Berlin-based artist exploring unconventional visions of nature, technology and the self. She holds a PhD in Media Art from Bauhaus University Weimar. Her work combines audiovisual and bio media to conceptual and immersive installations or performances. In her artworks, living organisms, as well as algorithms and machine learning models, become meaningful co-creators, investigating the relationship of humans to their environment and the emergence of matter and meaning beyond the *Homo sapiens*. More recently, she works with high-resolution video environments and 3D laser scanning to challenge modes of perception and question the human-machine-nature relationship in hypertech societies.

Alessandro Volpato designs innovative tools to support a collaborative research environment and facilitate the learning process in life sciences, in- and outside universities. He believes that involving citizens in the decision-making process contributes to design a future that can better fit the needs of single individuals. Universal access to education is the key to empowering individuals to participate in this process. Hence, he fosters critical discussions and inspires others to forward their own inquiry. As a biologist, he organises workshops like the *Mushroom Cultivation Course* connected to *Mind the Fungi*, and is involved in the exploration of innovation opportunities at the intersection of technology and biology at companies like Deutsche Telekom.

Birke Weber studied fashion design with a focus on sustainability at the University of Applied Sciences Berlin. She is currently completing her Master of Arts at the weißensee academy of art berlin in the Department of Textile and Surface Design. She attended the interdisciplinary peer-to-peer course of the chair of Applied and Molecular Microbiology in summer 2019, where she became engaged in the research and development of new materials that can contribute to a more sustainable textile industry and product development in the future.

Zakieh Zakeri is researcher at the Technische Universität Berlin. She studied Biotechnology and Applied Ecology at the TU Dresden. During her PhD at the University of Halle, she worked with lichens at the Senckenberg Museum Görlitz and dealt in more detail with the biology and taxonomy of lichens based on their molecular properties, namely genetics and secondary metabolites. Her research took her to countries such as Armenia, Iran and Spain. In the team of Peter Neubauer, she is investigating new ways to cultivate lichens in order to make this interesting group of organisms accessible for industrial biotechnological production processes.

Reprints

Merging science and art through fungi

Reprint

Vera Meyer

Science and art have long been studied interchangeably, with notable polymaths emerging in the Renaissance such as Leonardo da Vinci (artist, inventor, engineer and anatomist) and Alexander von Humboldt (explorer, geographer and naturalist) with his fellow investigators Johann Wolfgang von Goethe (scientist and writer) and Friedrich Schiller (philosopher, physician and historian). However, this polymathic attitude and the cooperation between scientists and artists seemed to go into hibernation in the second half of the 18th century due to an overload of information, especially for the scientists. I illustrate here that the two seemingly diverse fields can feed and sustain each other not only from the attitude of how to think about an object, but also of how to show this object in a way that may not have been seen before. Ideas and viewpoints gained from looking at an organism artistically can enable a scientist to think »outside the box«, providing insights to reassess earlier scientifically hidebound attitudes.

Once upon a time, science and art were two sides of the same coin. Scholars practised both. During the Renaissance, Leonardo da Vinci was one of the greatest exponents of this. He was a polymath and worked as a painter, architect, anatomist and engineer. Scientists and artists working at the same time in the same city, such as Antonie van Leeuwenhoek (scientist and engineer) and Jan Vermeer (painter) in Delft in the 17th century, learnt from each other's disciplines and recorded their results. It was mutual inspiration. In the next century, Alexander von Humboldt documented his travels with beautiful drawings and discussed his discoveries with the writers Johann Wolfgang von Goethe and Friedrich Schiller. This polymathic attitude and cooperation between scientists and artists seemed to go into hibernation in the second half of the 18th century due to an overload of information, especially for the scientists. Nowadays, scientists and artists (sometimes, as in the case of the author, the same person) are reinvestigating the natural links between the fields that were jealously guarded specialisations previously.

Is separation of science and art a problem? Yes! As C. P. Snow argues: »But at the heart of thought and creation we are letting some of our best chances go by default. The clashing point of two subjects, two disciplines, two cultures – of two galaxies, so far as that goes – ought to produce creative chances. In the history of mental activity that has been where some of the breakthroughs came. The chances are there now. But they are there, as it were, in a vacuum, because those in the two cultures can't talk to each other.«[1] My vision is that an effective communication and collaboration between scientists and artists can refill this vacuum with life! And I think that fungal bio(techno)logists can actively contribute to this. Having fungi as a research subject, we have the chance to connect easily to people outside our field. We are all curious about fungi! (And fungi are curious too.) Actually, many of our non-scientific friends are fascinated by fungi. They enjoy the mushroom season each autumn; they disappear into the woods over the weekend and come home laden with baskets full of mushrooms. What they bring home is only the tip of the iceberg, the fruiting body, which is only a miniscule part of the fungal mycelium. During the summertime, I disappear into my studio and work on paintings, drawings and sculptures. I am then »V. meer« (the attentive reader immediately recognises the genesis of this name: Vera Meyer / Vermeer / V. meer).

I only realised about five years ago – because of my dual interest in art and science – that artists and designers have studied Basidiomycota for the last ten years as both new sustainable producers of composite materials, textiles and leather and efficient decomposers and detoxifiers of our bodies after we have died.[2 3] These artists and designers were inspired by the Janus-faced head of fungi: fungi are beautiful and morbid; fungi are all-rounders, because they can produce and degrade everything. I summarised their breakthroughs together with my former co-worker Corrado Nai in an article in 2016,[2] which received overwhelming attention from both scientists and artists. This was not only because the article highlighted many of the artistic visions which were brought to life by founding biotech start-ups (for example Coeio, Ecovative, MycoWorks and Neffa[2 3]) but also because of one big surprise: the artists' and designers' innovations were completely below the radar of the scientific community. None of the artists and designers published their data and insights in scientific journals and many scientists were professionally not interested

in collaborations with artists. To quote the designer and founder of Mogu, Maurizio Montalti, who sought to collaborate with fungal laboratories: »Of the fifty or so researchers that I contacted, only a handful answered. In some cases, I was told that they were too busy doing important stuff, implicating that my work wasn't.«[3]

However, there are more similarities than differences between scientific and artistic work! Art and science even share the same beliefs. As Samuel Beckett said: »Ever tried. Ever failed. No matter. Try Again. Fail again. Fail better.« I have this quote on the wall in both my lab and my studio. Having mentioned my studio, the visual representation of a studio and a lab is also not that different. Both are work spaces full of materials, tools, installations and equipment to run experiments. Finally, both artists and scientists deliberately venture into the public realm. To quote Hannah Arendt: »*Humanitas* is never acquired in solitude, and never by giving one's work to the public. It can be achieved only by one who has thrown his life and his person into the ›venture into the public realm‹.«[4]

This inspired me to synchronise my professional life as a biotechnologist and my passion as an artist and I have been doing this for the last ten years.[5] Wearing my scientific hat, I am often looking at fungal cell factories through the microscope (thank you, Antonie van Leeuwenhoek!) and studying fungal morphology and the patterns it makes. With my artistic hat on, I express the fungi's beauty in a different manner. (→ Fig. 1) Sometimes it works, sometimes I fail. And then I remember Beckett, because the fungal mycelium I wanted to express on canvas turned out to be beautiful fibroblasts. I failed, but, like the phoenix, something rose from the ashes.

I am convinced that the current possibilities in fungal biotechnology have the potential to develop into a disruptive technology. Therefore, early communication and exchange with society is important to us. Successful communication between the sciences and society is particularly important in today's atmosphere of uncertainty, a lack of factual knowledge and questioning of scientific findings. In my opinion, this can only be achieved through dialogue at eye level. That's why I initiated the Citizen Science project *Mind the Fungi* at the Technische Universität Berlin in 2018 and was also able to win over the Art Laboratory Berlin to join it. This research and exhibition platform specialises in cooperation between art, technology and the natural sciences. Thus, jointly organised public lecture series, discussion rounds and workshops between scientists and artists from the Berlin Do-It-Yourself, Bio Art and Citizen Science communities take place. What is particularly exciting for me is that I can get involved in the project not only as a biotechnologist but also as an artist. I now create sculptures from mushrooms that surprise and (de)mystify, I create a change of perspective through the view of the invisible, through the changed view (looking outside the box) and the changed contextualisation of the visible. (→ Fig. 1)

The philosopher Konrad Paul Liessmann once stated: »Art and science are in a tension that is most fruitful when these disciplines observe and penetrate each other and experience how much of the other they themselves still contain«.[6] I fully agree! But perhaps Antonie van Leeuwenhoek should have the last word: »… whenever I found out anything remarkable, I have thought it my duty to put down my discovery on paper, so that all ingenious people might be informed thereof«.[7] Was he one of the pioneers of Open Science?

---

1 C. P. Snow: *The Rede Lecture,* Cambridge 1959.

2 Corrado Nai and Vera Meyer: »The Beauty and the Morbid: Fungi as Source of Inspiration in Contemporary Art«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **3,** 10 (2016).

3 Timothy C. Cairns and Vera Meyer et al.: »Moulding the Mould: Understanding and Reprogramming Filamentous Fungal Growth and Morphogenesis for Next Generation Cell Factories«, in *Biotechnology for Biofuels* **12,** 77 (2019).

4 Hannah Arendt: *Men in Dark Times,* New York 1968, p. 73 f.

5 See my V. meer website: v-meer.de [19 March 2019].

6 Cited from: sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html [19 March 2019].

7 Cited from: ucmp.berkeley.edu/history/leeuwenhoek.html [19 March 2019].

First published in the scientific peer-reviewed journal *Fungal Biology and Biotechnology* under Creative Commons Attribution License on 26 April 2019; CC BY, creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

1 The two seemingly diverse fields of biotechnology and art can feed and sustain each other not only from their attitude of how to think about an object, but also of how to show this object in a way that may not have been seen before. Four examples of V. meer's works are given:
Spacecraft, 2017. Parasol mushroom, pipe socket, shellac, rust, 15 cm x 10 cm x 8 cm (↗)
Champi(gn)ons, 2017. Parasol mushroom, iron stand, shellac, rust, 25 cm x 15 cm x 10 cm (↖)
Fibroblasts, 2018. Air on canvas, 50 cm x 50 cm (↙)
Mycelium, 2018. Acrylic on canvas, 50 cm x 50 cm (↘)

On mycohuman performances: fungi in current artistic research

Reprint

Regine Rapp

This review reflects several artists and their artistic research in the field of Hybrid Art, Bio Art, or Science Art, working with fungi as both subject matter and medium. The work of Saša Spačal, Tarsh Bates and Theresa Schubert is not representational in the manner of traditional fine art, but works rather through performative, multidisciplinary and research-based strategies to produce artwork through fungal material as such. My research results are based on the series »Nonhuman Subjectivities« and »Nonhuman Agents« that Christian de Lutz and I conceived and realised at Art Laboratory Berlin (2016–18) in various formats – exhibitions, workshops, lectures and a conference. The work of Saša Spačal and her colleagues involves creating interactive situations of symbiosis between the fungal and the human. An example of this is *Myconnect*, in which a biofeedback loop is related between the human participant and oyster mushroom mycelia through a special encounter, which is mediated by non-linguistic forms of awareness and exchange – sonic, electronic and metabolic. The work by Tarsh Bates with *Candida albicans* and *Candida parapsilosis* refers to a complex and intimate relation between the human and yeasts that form part of the human microbiome. Bates considers the relationship between humans and yeast as »CandidaHomo Ecologies« and sees both partners as equals. She explores this relationship through her work *The Surface dynamics of adhesion,* examines it from historical and metabolic levels through an installation that includes the live yeast growing on agar mixed with the artist's own blood. Theresa Schubert's installations and site-specific interventions treat living organisms, especially fungi, as collaborators and co-creators. Her work *Growing Geometries – Tattooing Mushrooms* follows the morphological development of fungal fruiting bodies through the intervention of a tattoo. Her performative forest walks, especially the *The Forestal Psyche* and also new actions for the *Mind the Fungi* project, engage the public in an intimate and multisensory encounter with fungi and their surrounding environment.

Background

In the last years fungi have received more and more international attention in artistic research – specifically in the art domains known as *Bio Art*, *Science Art* or *Post Media Art*, under the general domain of *Hybrid Arts*. Fungi, especially mycelia, have become vital agents in some outstanding artistic experiments, installation projects, and ongoing art interventions.

Especially noteworthy are the different unconventional practices of these artists who, in their process-oriented artistic projects, often turn to new formats and themes in the form of a *multidisciplinary* practice. The selected examples show how the traditional laboratory and exhibition space are functionally, performatively and interactively questioned, expanded or even infiltrated. The respective artists usually not only work collaboratively with scientists, they also work in science labs themselves.

Therefore, let us consider this a new artistic paradigm: one in which artistic practices have a direct interest in *organic matter* as such – in our case *fungal material*. The artists discussed deal with biomaterials in open, accessible formats, without subsequently transforming them into a traditional artistic format (such as paintings or pictures). Representation is consciously undermined in favour of an immediate artistic exploration of *matter*. It is significant that in this new art movement, one increasingly encounters the open and fleeting format of performance and collaborative forms of work.[1]

In this article I want to introduce three outstanding artists working continually with fungi in their artistic practice – Saša Spačal, Tarsh Bates and Theresa Schubert. All were closely connected to the series »Nonhuman Subjectivities« and »Nonhuman Agents« that Christian de Lutz and I had conceived and realised recently at Art Laboratory Berlin.[2] Fungal matter is considered here in various ways: as co-habitant, as microorganism within the human body, or object of geometrical experiment.

Three outstanding artists working with fungi in the context of Hybrid Arts

Oyster mycelium performing with humans

»My artistic practice in some aspects takes the form of a mycohuman relationship, which is based on the entanglement of mycorrhizal extensions that transgress both fungi and humans as species, thus forming an extensive rhizomatic network so vast that it encompasses several planes of existence: material, immaterial, organic, technological, social and planetary. On this planet of interspecies negotiation, symbiotic bonds are implemented with mycorrhizal technology that enables me to explore my habitat with fungi as my guides and teachers.«[3]

In a posthuman or post-anthropocentric worldview, we still retain our subjective point of view, but find it de-centred and appropriated by new forms of community. We can no longer consider ourselves to be individual, but a collective of human, fungal, bacterial and viral agents that make us who we are. From that point we move outward into a world, in which we are but part of a stream of interaction and becoming, in tandem with myriad others. Specifically these conditions form the setting for the performative aesthetics and ethics of Saša Spačal's artwork. Her projects offer intriguing biotechnological strategies for immersion and interconnectedness. Without ever losing the artistic value of aesthetic experience, Spačal makes use of scientific knowledge and lab practice to set up special encounters that are mediated by non-linguistic forms of awareness and exchange – sonic, electronic and metabolic. The results offer us a new repertoire for re-engaging the world.

In the interactive audio-visual installation *Myconnect* (2013) (→ Fig. 1), the artist and her colleagues Mirjan Švagelj (microbiologist) and Anil Podgornik (programmer, designer) let us experience the physical dimension of being connected with the surrounding environment (*Umwelt*) and experiencing the phenomenon of what Donna Haraway calls »companion-species«. The work is an experiential space in the literal sense: visitors are invited to individually engage in a biofeedback loop for about ten minutes in an almost closed wooden capsule with fungi; Spačal uses oyster mushrooms (genus *Pleurotus*) or shiitake (*Lentinula edodes*). This involves connecting a person's nervous system to a fungal mycelium in a biofeedback loop. (→ Fig. 2) Upon entering the capacitive capsule, a person is equipped with a heartbeat sensor, headphones and vibration motors placed on different parts of the body. The human heartbeat sets the system in motion. The signal travels through the oyster or shiitake mycelium (in Petri dishes), where it is modulated in real time.[4] The modulated signal is transmitted back to the human body via sound, light and tactile sensory impulses. The overwhelming stimuli that affect the nervous system cause a change in the heartbeat. A new loop begins and the circle is closed. A »symbiosis« of signals sets in.

The installation *Myconnect* is a symbiotic connector of various kinds that questions the anthropocentric division between nature and humans. With its circuit of signals and impulses, generated and translated by biological and technological organisms, *Myconnect* offers an immersive experience of symbiotic interactions. This experience makes the technological distinction between nature and human appear as an arbitrary definition serving particular biopolitical interests of human society.

The artist-biologist-designer collective has decided to work with mushrooms, as they are one of the dominant life forms in the world: »Fungal mycelium seemed to be a perfect organism to form an interspecies connector for multiple reasons«, remarks Spačal about the work *Myconnect*. Referring to the network-like structure of this organism she points out: »Mycelium as the vegetative part of fungus consists of a mass of branching, thread-like hyphae.«[5]

For Spačal fungi have an ability to help her understand space and time scales, and connections between these scales help her to relearn how to relate to nonhuman agents, while her body is immersed into the interconnected planetary system, observing and feeling the fresh pulse of intra-action.[6] The artist makes a direct reference to the philosophical concept of Karen Barad who proposes »agential intra-activity« to overcome representationalism: »… the universe is agential intra-activity in its becoming. The primary ontological units are not ›things‹ but phenomena – dynamic topological reconfigurings / entanglements / relationalities / (re)articulations. And the primary semantic units are not ›words‹ but *material-discursive practices* through which boundaries are constituted. This dynamism *is* agency. Agency is not an attribute but the ongoing reconfigurings of the world.«[7]

Remarkable is the intense reception of the visitors each of whom engaged with the mycelium in the capsule for ten minutes: ranging from peaceful meditative, restful states (in two cases, people had actually fallen asleep) to panic and disturbance. Most commonly, the visitors mentioned »heartbeats« relating to the sound, »womb« or »egg« relating to the form and »meditative« or »secure« in relation to the vibrating points placed on their joints. Almost all visitors kept their eyes closed throughout the experience. Many visitors would remain inside after the experience was over, to collect their bearings, to look at the mycelium, listening to the sound.[8]

A central point in the artistic practice of Saša Spačal is the phenomenon of connection: »In my view, all of this [sic] systems – biological, technological, social, artistic, etc. – are closely interconnected and co-dependently intertwined in the connections continuum. Everything emerges and resides in the connections continuum on different planes however connected to everything else in the network. Our artworks are like organisms that are part of technological ecosystems.«[9]

»CandidaHomo Ecologies«

Australian artist and life scientist Tarsh Bates artistically explores what it means to be a human being, always bearing in mind that the human body is made up of over one trillion cells, of which only about half are human. Her leitmotifical material, which she explores artistically and scientifically for more than ten years, is the yeast *Candida albicans*.[10]

Candida albicans belongs to the yeasts (phylum Ascomycota) and is a species of several hundreds that are found in and on the human body. At least half of all people carry *Candida albicans*, usually without being aware of it. The human body offers the yeast different ecological niches – mouth, intestines, skin. Bates considers the relationship between humans and yeast as »CandidaHomo Ecologies« and sees both partners as equals: »We (Candida and Homo) are in relentless re-orientation, responding to changes in pH, temperature, moisture and nutrients, tentatively traversing the affordances of each other's bodies.«[11]

In 2016 Bates developed her art project *Surface dynamics of adhesion* (→ Fig. 3) that was shown in the exhibition »The Other Selves. On the Phenomenon of the Microbiome« at Art Laboratory Berlin in spring 2016.[12] The work puts *Candida albicans* directly in the centre of attention – literally and materially with living Candida. The work refers to the cultural, social, psychological and not least microbiological aspects of *Candida albicans*.[13]

In many ways, the installation has a potential for subversion. At first glance, the installation seems to be subject to a clear representationalism – the narrative of a bourgeois interior. A sofa and two Victorian-era chairs are arranged in the room into a suite, with a patterned wallpaper on the wall behind it. Only at second glance, and herein lies the power of this artistic work, one becomes aware of the biomaterials of the »wallpaper decoration«. Only by a closer look and orientation in the installation room, it becomes clear that the alleged wallpaper is actually a living organism. (→ Fig. 4) I call it a biological *trompe-l'œil*. The moment of awareness of the delusion takes place in the exhibition room itself – most of the time the visitors are (already) sitting on the sofa, reading background information about the artist, encountering *Candida albicans* and finally learning more about the installation they are already in. As soon as the viewer discovers the living organism in the large rectangular Petri dishes, the representationalism begins to waver. The playful decor of the bourgeois ambience deliberately misleads the viewer, creating a great moment of becoming aware of the living organism, the yeast. And while the visitors read on the sofa, the organism with which this work deals artistically and scientifically sits literally »at their back«![14]

While in Australia, Bates could present the living *Candida albicans* (level 2 biological protection) in public exhibitions.[15] For the Berlin project she has decided to use *Candida parapsylosis*, an organism, that was still level I back in 2016.[16] This has to do with regulations that are far more restrictive in Germany and Europe than in Australia: despite her professional sealing of the organism within two layers, it is not permitted in Germany to present level 2 substances (such as *Candida albicans*) in public space outside a scientific laboratory.[17]

The red-brown frieze on the wall, mounted at waist height behind the Victorian double seater, resembles a model of flocked wallpaper. The living *Candida parapsylosis*, which is applied in five acrylic plates on agar with the blood of the artist, grows in a pattern very similar to the first drawings of its relative *Candida albicans* by the biologist Charles Philippe Robin from 1853. The formal aesthetic combination of microbiological knowledge and social-historical decoration is fascinating. Especially in the Victorian era, the awareness of hygiene increased rapidly. Thus, Bates marks a historical connection in the mid-19th century in several respects.

Her artistic practice internalises a form of human-nonhuman collaboration. From the blood of the artist a medium has emerged (in the biotechnological and aesthetic sense), on which the Candida can grow. Bates offers her blood to the yeast to thrive. Bates was able to prepare this complex work in the laboratory of the German Heart Center in the Berlin Charité in Berlin-Steglitz.

This multilayered work of art can be directly linked to Barad's term »intra-action«: it is about the relationship between humans and Candida, about the *intra-action* of the yeast fungus in and on the human body, also in the exhibition space. In the sense of Barad, matter unfolds in a performative way and undermines the conventional form of representationalism. The hidden message of this installation, the hidden biomaterial, also reflects the many taboos related to Candida in our human society, as an invisible potential for thrush and other infections. This is a remarkable moment in Bates' work about the subtle (aesthetic) power of biopolitics.

Co-performing with fungi

While Spačal follows an approach of interconnectedness of human and mycelium and Bates stresses the collaborative cohabitation between human body and Candida, there is another outstanding artist who also sympathises with a holistic approach and values the idea of collaborative working with living entities – be it with mushrooms, slime moulds or lichen: Theresa Schubert. The Berlin-based artist researches unconventional visions of nature, technology and the self. She studied Media Art at the Bauhaus University Weimar. In her installations or site-specific interventions she often works with living organisms whom she considers equally as co-workers and collaborators. Schubert critically reflects the world around her through the context of the Anthropocene and therefore often refreshingly deconstructs anthropocentric viewpoints. She is also the co-editor of the important publication *Experiencing the Unconventional* (2015) that reflects new international art science research with numerous international contributions in Electronic, Digital and Bio Art. *»›Experiencing the Unconventional. Science in Art‹ presents art projects that resulted from unconventional explorations, curious experiments and their creative translations into sensorial experiences developed by established and emerging artists. Using electronic and digital art, bioart, sculpture and installations, sound and performance, the authors are removing boundaries between natural and artificial, real and imaginary, science and culture. The book aims to hybridize art projects and transdisciplinary approaches to a contemporary art practice by developing a new understanding of media and an innovative approach to materials in the Anthropocene.«*[18]

One of Schubert's artistic long-term studies is titled *Growing Geometries – Tattooing Mushrooms* (→ Fig. 5), which started as part of her PhD research on agency in Bio Media Art at Bauhaus University Weimar in 2015. Reflecting human and nonhuman relationships Schubert investigates »with a focus on methods of generating images by nature. The deeply anthropocentric gesture of tattooing puts the fungi closer to mankind and helps to translate a growth process into an aesthetic experience«.[19] Schubert applies geometric shapes on living fungi with a tattoo machine with coloured ink. The geometric figures on the mushroom's growing cup constantly alter in time – a wonderful visualised proof of the concept of growth. The complex installation encompasses living fungi, Raspberry Pi, camera, screen, video, tattoo machine, drawings and photographs (Schubert has tested the project with various mushrooms, for example *Pleurotus ostreatus, Agaricus bisporus*, and *Agrocybe aegerita*; *Lentinula edodes, Macrolepiota procera*).

»This artistic project investigates the morphology of fungi and evolution of geometrical shapes on living and growing membranes and ultimately how images can be generated by natural processes.«[20] In a fascinating way this work connects both the philosophical reflection on time scale, biological time, and various sign systems. While the tattooed squares repeatedly become circles in the fungal caps, we can encounter here a critical take on modernist Bauhaus traditions whose predominant reference system to geometrical forms contradict(ed) in so many ways bio(morphic) phenomena.

»The cultivation of mycelium and the choice of fungi as material underlie my interest in rhizomatic structures as a biological and sociological phenomenon«, remarks Schubert, »not least influenced by Deleuze / Guattari's application of the rhizome as a metaphor for a poststructuralist model of knowledge organisation and distributed organisation without hierarchies.«[21] Reflecting this piece under the paradigm of human-nonhuman hierarchy, there is a phenomenal detail in the project's outcome. As Schubert apparently was confronted repeatedly with the question of collaboration, she added a new layer to this project this year – as if to do justice to the mushrooms as equal co-agents: after choosing one of her drawings of the growing mushrooms of the same project she had it tattooed on her own body (on her back). And stated: »I feel that now this project is completed for me because after tattooing the mushrooms, I am now closing the loop back to myself, making my skin available and also going through the painful process of this aesthetic inscription method.«[22]

In context of Schubert's various formats and the methods of her biomedia practice with and about mushrooms, she also had undertaken several performative methods to encounter human-nonhuman entanglements with mushrooms *in situ* – together with the public: In summer 2017 Schubert realised her project *The Forestal Psyche* including a public walk in the forests of Brandenburg, outside Berlin. (→ Fig. 6) The public was invited to universally interact with the natural forest habitat that Schubert has used in her art. By introducing the group into the world of lichens, slime moulds and fungi found on the forest walk, the artist took the role of both performer and (inter)mediator. The collected samples were further analysed under field microscopes and discussed within the group.

»I wanted to see how imagination and biotechnology would work together in an artistic workshop«, the artist reflects in an essay retrospectively on her forestal intervention. »Is it possible to demystify hard science by interpreting it creatively? Following Barad's reading of performance as a scientific practice I understood

myself as part of the investigation in an interconnected world.«[23]

Once part of Art Laboratory Berlin's series »Nonhuman Agents«, Schubert continued and enhanced her fascinating forestal walk in a different, but not completely new context: in the current art science research project *Mind the Fungi*, a collaboration between the Institute of Biotechnology TU Berlin and Art Laboratory Berlin (2018 to 2020).[24] Focussing on local tree mushrooms as sustainable material for the future, this interdisciplinary research project invited Schubert as artist-in-residence to research, explore, experiment together. One of her contributions were several *Walk & Talks* in October and November 2018 in Berlin and Brandenburg forests with a broad public. Philosopher and physicist Barad had once formulated in reference to material engagement and scientific research: »A performative understanding of scientific practices, for example, takes account of the fact that knowing does not come from standing at a distance and representing but rather from a direct *material engagement with the world*.«[25]

Schubert has offered diverse and meaningful perspectives on fungi and the forest and cultural historical approaches. Her open formats, like talks and performances *in situ*, play a vital role in the context of art science research, especially connected to a *citizen scientist* component. As Schubert is very experienced in this she is the one who bridges the gap between public, scientists and knowledge – both informatively and aesthetically, logistically and formally. It was amazing to witness during the last *Walk & Talks* the collaboration between artist and scientists, as their collective knowledge, approaches and methods led to a universal unique experience for the public. In a more and more complex world, this seems to be undoubtedly one of the most sustainable ways of knowledge collection and dissemination.

Discussion

The series of *Nonhuman Subjectivities* (2016/17) as well as *Nonhuman Agents* (2017/18) allowed me to not only curate and discuss new artistic approaches connected to nonhuman agency and sentience. The series also gave me space to theoretically and philosophically explore new works in Hybrid Arts that relate to the idea of human-nonhuman relationships and works with biomaterial *as such*. When living matter becomes a medium, not only for human art production, but for an attempt for cross species »intra-action«, what are the implications of this new paradigm of Hybrid Arts?

Working with Saša Spačal and Tarsh Bates in the context of the series *Nonhuman Subjectivities* (2016/17) as well as *Nonhuman Agents* (2017/18) allowed us to see the manifold complexities of artworks produced in collaboration, not only between artist and scientist, but between the human and nonhuman. *Myconnect* and *The Surface dynamics of adhesion* offer the viewer/participant/recipient an opportunity to experience or contemplate symbiosis. In the former work the experience is explicitly non-linguistic, in the latter it is introduced through a subtle *trompe-l'œil* in which the viewers only slowly discover that the artist has literally offered her blood as sustenance for the yeast. Theresa Schubert meanwhile sees the nonhuman as co-creator through interventions, both into the fungal morphology and into our own cultural notions of what we call »nature« and how these are currently being eroded by the »Anthropocene«.

Conclusions

As Biology has challenged our notions of what is human, art practice that engages the life sciences has developed new forms and practices. No longer »representational«, this art is performative, interactive and multidisciplinary. Living organisms become a medium for an experimental art that not only actively engages science, but seeks to bridge the human and nonhuman. Saša Spačal's work *Myconnect* creates a functional symbiosis between the human participant and mycelia. Tarsh Bates's *Surface dynamics of adhesion* involves creating a biotechnological home for a yeast which is both human holobiont and pathogen, within an art installation. Theresa Schubert's work is a collaboration with the fungi, through an intervention with its morphological growth. We can also consider her approach as an exploration of the forest as a space formerly known as »nature«, in an age when humans influence the whole planet. And yet humans are just discovering that we are ourselves intimately interconnected with the world around us on the most intimate microbial and metabolic levels.

1 On the basis of exhibitions, talks, seminars, workshops and a 3-day international interdisciplinary conference entitled *Non-Human Agents in Art, Culture and Theory* in November 2017, a wide discursive field of topics, theses, formats, projects and in particular questions in an open working mode that has been and will be negotiated with a broad public. In 2017, the concept continued under the title *Nonhuman Agents*. About the artists and the concept, see here: artlaboratory-berlin.org/html/de-Programm-2016.htm [10 June 2019].

2 Regine Rapp: »Nonhuman Subjectivities. Artistic Strategies Towards a Multispecies Performativity«, talk at the conference *Non-Human Agents in Art, Culture and Theory*, Art Laboratory Berlin, 24–26 November 2017, Online-Publication / Video-Recording: artlaboratory-berlin.org/html/eng-event-40.htm [10 June 2019].

3 Saša Spačal in conversation with the author, July 2019.

4 »Mycelium's oscillations of electrical resistance than generate temporal offset of the incoming heartbeat, that is transferred back to the human body via sound, light and haptic sensory impulses.« in agapea.si/en/projects/myconnect [10 June 2019].

5 See agapea.si/en/projects/myconnect [10 June 2019].

6 Saša Spačal in conversation with the author, July 2019.

7 Karen Barad: *Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglements of Matter and Meaning*, Durham / London 2007, p. 818.

8 Many thanks to Lizzy Sawyer for this valuable information. As an ALB team member she was present during the whole exhibition time of *Nonhuman Networks*, where the work *Myconnect* was shown(30 September–26 November 2017).

9 Clot-Interview with Saša Spačal: clotmag.com/biomedia/sasa-spacal [10 June 2019].

10 Tarsh Bates defended her dissertation »The Unsettling Eros of Contact Zones. Queering Evolution in the CandidaHomo Ecology« in 2018 at the University of Western Australia, School for Human Sciences; tarshbates.com/about/ [8 July 2019].

11 Tarsh Bates: »The Unsettling Eros of Contact Zones«.

12 See artlaboratory-berlin.org/assets/pdf/Ausstellungs-text_Other_Selves_EN.pdf [8 July 2019].

13 This work was part of the group exhibition »The Other Selves. On the Phenomenon of the Microbiome« at Art Laboratory Berlin (27 February–30 April 2016), artlaboratory-berlin.org/html/eng-exh-39.htm [10 June 2019].

14 See artlaboratory-berlin.org/assets/pdf/Ausstellungs-text_Other_Selves_EN.pdf [8 July 2019].

15 Although she had to write a 70-page safety document, and had the institution of SymbioticA and the Anatomy Department of the University of Western Australia on her side.

16 In 2018, Bates exhibited this piece again in the Hygiene Museum in Dresden, when *Candida parapsylosis* had been reclassified as level 2. She therefore chose a third level-1 *Candida*.

17 See the German Biological Agents Ordinance gesetze-im-internet.de/biostoffv_2013 [10 June 2019].

18 Theresa Schubert and Andrew Adamatzky (Eds): *Experiencing the Unconventional. Science in Art*, Singapore 2015, p. 1 (»Preface«).

19 See theresaschubert.com/arts-experiments/art/growing-geometries-tattooing-mushrooms/#images-videos [8 July 2019].

20 Ibid.

21 During the 1970s French philosopher Gilles Deleuze and French psychoanalyst Felix Guattari developed the term »rhizome« and »rhizomatic« to stress non-hierarchic systems of thought, working with planar and trans-species connection. They used »rhizomatic« in opposition to »arborescent« (for hierarchic, tree-like), which they would use for hierarchic structures of knowledge. See Gilles Deleuze and Félix Guattari: *Capitalisme et Schizophrénie*, Paris 1972 (vol 1), 1980 (vol 2); Gilles Deleuze and Félix Guattari: *Mille Plateaux*, Paris 1980.

22 See theresaschubert.com/arts-experiments/art/growing-geometries-tattooing-mushrooms/#images-videos [8 July 2019].

23 Ibid.

24 See artlaboratory-berlin.org/html/eng-Mind-the-Fungi.htm [8 July 2019].

25 Barad, *Meeting the Universe Halfway*, p. 818.

First published in the peer-reviewed journal *Fungal Biology and Biotechnology* under Creative Commons Attribution License on 4 December 2019; CC BY, creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

1

2

3

4

5

1 Saša Spačal, Mirjan Švagelj and Anil Podgornik: *Myconnect*, 2013, installation, installation view at Art Laboratory Berlin in 2017

2 Saša Spačal, Mirjan Švagelj and Anil Podgornik: *Myconnect*, 2013, inside the installation – headphones with sound, technical equipment and 5 Petri dishes with oyster mycelium, Art Laboratory Berlin, 2017

3 Tarsh Bates: *Surface dynamics of adhesion*, 2016, installation, exhibition view at Art Laboratory Berlin, spring 2016

4 Tarsh Bates: *Surface dynamics of adhesion* (detail), 2016, exhibition view at Art Laboratory Berlin, spring 2016

5 Theresa Schubert: *Growing Geometries – Tattooing Mushrooms*, exhibition view at Art Laboratory Berlin, 2015

6 Theresa Schubert, *The Forestal Psyche*, Briesetal (Brandenburg), August 2017, as part of Art Laboratory Berlin's series *Nonhuman Agents*

Appendix

6

Mind the Fungi im Überblick

Stand 23.8.2020

Abkürzungen

AMM Angewandte und Molekulare Mikrobiologie **BVT** Bioverfahrenstechnik
bts Biotechnologische Studenteninitiative **ALB** Art Laboratory Berlin
AV Alessandro Volpato **CL** Christian de Lutz **FP** Fara Peluso **RR** Regine Rapp
TS Theresa Schubert **VM** Vera Meyer

K Kunst **L** Laien **S** Studierende **W** Wissenschaft

Publikation	**Datum**	**Autor_innen**
Projektwebsite *Mind the Fungi* (deutsch und englisch)	15.10.2018 bis unbefristet	ALB
»Merging Science and Art Through Fungi«, *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 5	26.4.2019	Vera Meyer
»On Mycohuman Performances: Fungi in Current Artistic Research«, *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 22	4.12.2019	Regine Rapp
»Die Pilzrevolution«, Medieninformation Nr. 257/2019 der TU Berlin	17.12.2019	Vera Meyer
»The Beauty and the Morbid: Fungi as Source of Inspiration in Contemporary Art«, *w/k – Between Science and Art* (Nachabdruck)	11.2.2020	Corrado Nai Vera Meyer
Broschüre *Mind the Fungi* Nr. 1, Art Laboratory Berlin	März 2020	ALB, AMM, BVT
»Growing a Circular Economy With Fungal Biotechnology: A White Paper«, *Fungal Biology and Biotechnology* **7,** 5	2.4.2020	Vera Meyer et al.
»Pilzbiotechnologie als Innovationsmotor«, *BIOspektrum* **26,** 3	14.5.2020	Vera Meyer
»Wenn aus Pilzen Zukunft wird«, Medieninformation Nr. 80/2020 der TU Berlin und TU München	18.5.2020	Vera Meyer Philipp Benz
»Ohne Pilzbiotechnologie keine zirkuläre Bioökonomie«, wissenschaftsjahr.de	18.5.2020	Vera Meyer Philipp Benz
Broschüre Mind the Fungi Nr. 2, Art Laboratory Berlin	Juni 2020	ALB
Ausstellungsdokumentation *Mind the Fungi. Art & Design Residencies* (deutsch und englisch)	15.6.2020	ALB

Veranstaltung	**Datum**	**Teilnehmer_innen:** Anzahl, Hintergrund	**Verantwortliche**
Walk & Talk (Briesetal, Tegeler Forst, AMM)	27.10.2018 und 17.11.2018	40, L, K, W	TS, AMM, ALB
Öffentliche Projektpräsentation (ALB)	28.2.2019	20, L, K, W	AMM, ALB
Kreativ-Workshop zur Netzwerkbildung (TU Berlin)	22.3.2019	31, K, W	AMM, ALB
Vortrag: Vera Meyer »The Beauty and the Morbid: Fungi as a Source of Inspiration in Biotechnology and Art«, Regine Rapp »Pilze in der aktuellen künstlerischen Forschung« (Dechema Frühjahrstagung, Frankfurt)	25.2.2019	50, K, W	VM, RR
Peer-to-peer-Studierendenprojekt (AMM)	Sommersemester 2019	10, S	AMM
Pilzkultivierungskurs 1 (TOP lab)	April bis Mai 2019	18, L, K, W	TOP lab, AMM, ALB
Pilzkultivierungskurs 1 Ergebnispräsentation (TOP lab)	18.5.2019	50, L ,K, W	TOP lab, AMM, ALB
Lange Nacht der Wissenschaften, Berlin (AMM)	15.6.2019	800, L, K, W	AMM, BVT, ALB
»Soup & Science«-Interview Vera Meyer (Technologiestiftung Berlin)	20.8.2019	70, L	VM
Ausstellung *Mind the Fungi. Lokale Baumpilze als nachhaltige Rohstoffe für die Zukunft* (Futurium)	5.9.2019 bis Juni 2020	> 100.000, L, K, W	ALB
Walk & Talk (Tegeler Forst, AMM)	28.9.2019 und 1.10.2019	20, L, K, W	TS, AMM, ALB
Pilzkultivierungskurs II (TOP lab)	Oktober bis November 2019	18, L, K, W	TOP lab, AMM, ALB
Mind the Fungi meets DAAD (BVT)	23.10.2019	30, L, K, W	BVT
Open Lab Evening (Futurium)	5.12.2020	50, L, K, W	TS, VM, CL, AV
Podiumsdiskussion Vera Meyer und Regine Rapp (12. Forum Wissenschaftskommunikation, Essen)	10. bis 12.12.2020	50, K, W	VM, RR
Open Lab Night, Berlin (BVT)	21.1.2020	50, L, W	BVT
Material Driven Design Workshop (ALB, Livestream)	6.5.2020	180, L, K, W	FP, ALB, AMM
Ausstellung *Artomics* (degewo-Galerie Berlin, Remise)	23.1.2020 bis 14.2.2020	200, L, K	VM
Workshop »Kunst, die Wissen schafft« (AMM)	14.2.2020	20, L, S	AMM, bts
Vortrag Vera Meyer »Pilzbiotechnologie als Treiber neuer Ideen und Innovationen« (Pilzkundliche Arbeitsgemeinschaft Berlin-Brandenburg)	22.2.2020	40, L	VM
Virtuelle Lange Nacht der Wissenschaften (RadioEins)	6.6.2020	> 1.000, L, W	AMM
Ausstellung *Mind the Fungi. Art & Design Residencies* (Futurium)	3.7.2020 bis 28.12.2020	> 100.000, L, K, W	ALB, TS, FP
Vortrag Vera Meyer »Pilze in Wissenschaft und Kunst – Quo vadis?« (Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle, Livestream)	7.7.2020	> 100, L, K	VM
Ausstellung *Bioökonomie* (MS Wissenschaft, Das schwimmende Science Center des Bundesministeriums für Bildung und Forschung)	30.7.2020 bis 17.10.2020	> 1.000, L	AMM
Vortrag Vera Meyer »Mind the Fungi!« (Jahrestagung Dechema, Livestream)	23.9.2020	> 1.000, W	VM

Mind the Fungi in den Medien

Text (Print und Online)

Dechema Bio-News
Den Blick auf das Unsichtbare lenken: Wie Wissenschaft und Kunst zusammenfließen, 21.1.2019
dechema.wordpress.com/2019/01/21/den-blick-auf-das-unsichtbare-lenken-wie-wissenschaft-und-kunst-zusammenfliessen/

TU intern der TU Berlin
Die Schönheit des Schimmels: Bei der Pilzbiotechnologin Vera Meyer fließen Wissenschaft und Kunst zusammen, Februar 2019
www.pressestelle.tu-berlin.de/menue/tub_medien/newsportal/forschungs_news/2019/die_schoenheit_des_schimmels/

Nachrichten aus der Chemie
Wissenschaft und Kunst: Das Unsichtbare sehen, April 2019
doi.org/10.1002/nadc.20194086685

BioMed Central
The greatest scientists are artists too, 23.5.2019
blogs.biomedcentral.com/bmcblog/2019/05/23/the-greatest-scientists-are-artists-too/

Futurium
Mind the Fungi – Projektdokumentation, 5.9.2019
futurium.de/de/feature-art-lab (deutsch)
futurium.de/en/feature-art-lab (englisch)

Tagesspiegel
Morgen soll es glänzen, *Mind the Fungi* im Futurium, 9.9.2019
tagesspiegel.de/berlin/erste-einblicke-in-das-futurium-teil-4-morgen-soll-es-glaenzen/24980624.html

Magazin Kultur Mitte
Pilze für die Zukunft, Herbst 2019
kultur-mitte.de/magazin/pilze-für-die-zukunft

Redaktionsnetzwerk Deutschland
Öko-Baustoffe: Sind Möbel aus Pilzen die Zukunft?, 10.1.2020
rnd.de/wissen/oko-baustoffe-sind-mobel-aus-pilzen-die-zukunft-5KJ3GZFXHA5EXRCILZ2EQQGWXI.html

Tagesspiegel
Pilze statt Plaste und Elaste. Die Zukunft wächst an brandenburgischen Bäumen, 12.1.2020
tagesspiegel.de/wissen/pilze-statt-plaste-und-elaste-die-zukunft-waechst-an-brandenburgischen-baeumen/25424384.html

Die Welt
Fahrradhelme, Lampenschirme und Häuser – aus Pilzen!, 12.1.2020
welt.de/wissenschaft/article204959480/Pilzdesign-Haeuser-und-Fahrradhelme-aus-Pilzen.html

Die Welt
Das Wohnen im Pilzhaus ist Ziel von Bioökonomen, 13.01.2020
welt.de/print/die_welt/wissen/article204969876/Das-Wohnen-im-Pilzhaus-ist-Ziel-von-Biooekonomen.html

T-Online
Ideen im neuen Wissenschaftsjahr Bioökonomie, 16.1.2020
t-online.de/finanzen/jobs/id_87162708/pilzdesign-ideen-im-neuen-wissenschaftsjahr-biooekonomie.html

BZ
Tragen wir bald alle Pilz-Klamotten?, 17.1.2020
bz-berlin.de/berlin/charlottenburg-wilmersdorf/tragen-wir-bald-alle-pilz-klamotten

Forschung & Lehre
Pilzdesign – Ideen im neuen Wissenschaftsjahr, 26.1.2020
forschung-und-lehre.de/forschung/pilzdesign-ideen-im-neuen-wissenschaftsjahr-2473/

Zeit Leo
Kommen wir ohne Plastik aus? Ausgabe 3 / 2020
leo.zeitverlag.de/zeit-leo-magazin/koennen-roboter-unsere-freunde-werden.html

Die Furche
Was Mycel alles kann, 5.3.2020
furche.at/wissen/was-mycel-alles-kann-2405033

LizzyNet
Ein Haus aus Pilzen, Interview mit Vera Meyer, 8.4.2020
www.lizzynet.de/wws/ein-haus-aus-pilzen.php

VBIO
Wenn aus Pilzen Zukunft wird – Weißbuch erschienen, 19.5.2020
vbio.de/aktuelles/wissenschaft/wenn-aus-pilzen-zukunft-wird-weissbuch-erschienen/

Bioökonomie.de
Aus Pilzen Häuser bauen, Interview mit Vera Meyer, 10.6.2020
biooekonomie.de/interview/aus-pilzen-haeuser-bauen

Futurium
Artists-in-Residence bei *Mind the Fungi* – Wunderwelt der Pilze
Mind the Fungi. Art & Design Residencies – The wonderful world of mushrooms, 25.6.2020
futurium.de/de/blog/mind-the-fungi-schubert-peluso (deutsch)
futurium.de/en/blog/mind-the-fungi-schubert-peluso-1 (englisch)

TU intern der TU Berlin
Eingefangene Sporen: Wie es gelang, Flechten im Labor zu kultivieren, Nr. 4 / Juli 2020
archiv.pressestelle.tu-berlin.de/tui/20jul/#8

Perspective Daily
Erdöl hat keine Zukunft. Ein Teil der Lösung wächst zu unseren Füßen, 14.7.2020
perspective-daily.de/article/1326/Y8UcEi0f

Süddeutsche Zeitung
Aus Pilz gebaut, 17.7.2020 online, 18.7.2020 print
sueddeutsche.de/geld/ressourcen-aus-pilz-gebaut-1.4961965

Radio und Audio

RadioEins
Live aus dem Babylon – Art Laboratory Berlin:
Marion Brasch spricht mit Regine Rapp über *Mind the Fungi* und andere interdisziplinäre Kunstprojekte des ALB, 2.10.2019
artlaboratory-berlin.org/assets/media/RadioEins_Interview_Rapp-ALB_2019.mp3

RadioEins
Thursday for Future – Schuhe aus Pilzen, 7.11.2019
radioeins.de/programm/sendungen/mofr1013/thursday-for-future/schuhe-aus-pilzen.html

BR
Wissenschaftsjahr 2020: Worum geht's in der Bioökonomie? 15.1.2020
br.de/nachrichten/wissen/wissenschaftsjahr-2020-worum-geht-s-in-der-biooekonomie,RnecrYT

WDR 5
Neugier genügt – Pilze als Weltretter,
Interview mit Vera Meyer, 17.1.2020
www1.wdr.de/mediathek/audio/wdr5/wdr5-neugier-genuegt-freiflaeche/audio-pilze-als-weltretter-100.html

rbbKultur
Artomics – auf den Pilz gekommen: Ein Gespräch mit der Biotechnologin und Künstlerin Vera Meyer, 21.1.2020
rbb-online.de/rbbkultur/radio/programm/schema/sendungen/rbbkultur_am_vormittag/archiv/20200121_0905/wissen_0910.html

Radio France
Les champignons pourraient constituer un futur matériau,
Interview mit Vera Meyer und Theresa Schubert, Februar 2020
mikrobiologie.tu-berlin.de/fileadmin/fg156/Videos/Info_Champignons.mp3

Deutschlandfunk Nova
Ressourcen schonen: Gegenstände aus nachhaltigem Pilzmaterial, 20.3.2020
deutschlandfunknova.de/beitrag/ressourcen-schonen-gegenstaende-aus-nachhaltigem-pilzmaterial

RadioEins
Lange Nacht der Wissenschaften 2020, 6.6.2020
radioeins.de/programm/sendungen/sondersendung/lange-nacht-der-wissenschaften/mit-pilzen-in-eine-nachhaltige-zukunft.html

BR2
Magazin IQ – Wissenschaft und Forschung:
Nachhaltige Alleskönner. Was man aus Pilzen alles machen kann, 17.6.2020
br.de/radio/bayern2/programmkalender/ausstrahlung-2149488.html

TV und Video

Technologiestiftung Berlin
Pilzforschung hält immer wieder Überraschungen parat,
Interview mit Vera Meyer, 23.8.2019
youtube.com/watch?v=V4BDdL70yi8&t=1s

ZDF Moma:future
Pilze als Werkstoff, 28.2.2020
zdf.de/nachrichten/zdf-morgenmagazin/momafuture-pilze-als-werkstoff-100.html

Futurium
Mind the Fungi, Video von Tim Deussen, 3.3.2020
youtube.com/watch?v=vZ_qfB8A-qM
Mind the Fungi, Interview Regine Rapp und Christian de Lutz, 3.3.2020
youtube.com/watch?v=awn1726EIPs
Videointerview mit Fara Peluso und Theresa Schubert, 25.6.2020
twitter.com/FuturiumD/status/1276120036143501313

ZDF planet e.
Die geheime Macht der Pilze, Dokumentation, 20.9.2020
zdf.de/dokumentation/planet-e/planet-e-die-geheime-macht-der-pilze-100.html

rbb
Die Wahrheit über … die Zukunft des Bauens, 28.9.2020
rbb-online.de/wahrheit/

Stand 30.9.2020

Bibliografie

Ahmadjian, Vernon
The Lichen Symbiosis, New York 1993.

Allen, Mary Mennes
»Simple Conditions for Growth of Unicellular Blue-Green Algae on Plates«, in *Journal of Phycology* **4,** 1 (1968), S. 1-4.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.)
Statistischer Bericht C II 2 – j / 18. Ernteberichterstattung über Feldfrüchte und Grünland im Land Brandenburg 2018, Potsdam 2019.

Arendt, Hannah
Men in Dark Times, New York 1968.

Arendt, Hannah
Menschen in finsteren Zeiten, München 1989.

Art Laboratory Berlin
»Mind the Fungi«, in
artlaboratory-berlin.org/html/de-Mind-the-Fungi.htm (deutsch);
artlaboratory-berlin.org/html/eng-Mind-the-Fungi.htm (englisch).

Art Laboratory Berlin
»Nonhuman Subjectivities«,
artlaboratory-berlin.org/html/eng-programme-2016.htm
[10.5.2020].

Barad, Karen
»Posthumanist Performativity: Toward an Understanding of How Matter Comes to Matter«, in *Signs* **28**, 3 (2003), S. 801-31.

Barad, Karen
Meeting the Universe Halfway. Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning, Durham 2007.

Bayer, Eben
»The Mycelium Revolution is Upon Us«, in *Scientific American*, Blogbeitrag vom 1. Juli 2019; blogs.scientificamerican.com/observations/the-mycelium-revolution-is-upon-us/ [25.5.2020].

Braidotti, Rosi
The Posthuman, Cambridge 2013.

Cerimi, Kustrim et al.
»Fungi as Source for New Bio-Based Materials: A Patent Review«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 17 (2019).

Cooper, Caren
Citizen Science. How Ordinary People are Changing the Face of Discovery, New York 2016.

Deason, Temd R. und Harold C. Bold
Phycological Studies, I: *Exploratory Studies of Texas Soil Algae*, Austin, Texas 1960.

DGfM
Datenbank der Pilze Deutschlands – Deutsche Gesellschaft für Mykologie, bearb. von Frank Dämmrich et al., pilze-deutschland.de [19.5.2020].

Dresch, Philipp et al.
»Fungal Strain Matters: Colony Growth and Bioactivity of the European Medicinal Polypores *Fomes fomentarius, Fomitopsis pinicola* and *Piptoporus betulinus*«, in *AMB Express* **5**, 4 (2015).

Furtherfield
»*DIWO – Do It With Others.* Resource«,
furtherfield.org/diwo-do-it-with-others-resource/.

Futurium
»*Mind the Fungi*«,
in futurium.de/de/feature-art-lab (deutsch);
futurium.de/en/feature-art-lab (englisch).

Gagliano, Monica, Stefano Mancuso und Daniel Robert
»Towards Understanding Plant Bioacoustics«,
in *Trends in Plant Science* **17**, 6 (2012), S. 323–25.

Grienke, Ulrike et al.
»European Medicinal Polypores – a Modern View on Traditional Uses«,
in *Journal of Ethnopharmacology* **154**, 3 (2014), S. 564–83.

Haraway, Donna J.
Staying With the Trouble. Making Kin in the Chthulucene, Durham / London 2016.

Hecker, Susanne et al. (Hrsg.)
Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy, London 2018.

Huneck, Siegfried und Isao Yoshimura
Identification of Lichen Substances, Berlin / Heidelberg / New York 1996.

Hunter, Lynette
»Situated Knowledge«, in Shannon Rose Riley und Lynette Hunter (Hrsg.): *Mapping Landscapes for Performance as Research. Scholarly Acts and Creative Cartographies*, New York 2009, S. 151–53.

Karana, Elvin et al.
»Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences«, in *International Journal of Design* **9**, 2 (2015), S. 35–54.

Liessmann, Konrad Paul
»Das Verhältnis von Wissenschaft und Kunst«,
online auf science.ORF.at, November 2013,
sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html [5.6.2020].

Lilly, Virgil Greene und Horace L. Barnett
Physiology of the Fungi, New York 1951.

McCoy, Peter
Radical Mycology: A Treatise On Seeing And Working With Fungi, Portland, Oregon 2016.

McDonald, Tami R., Ester Gaya und François Lutzoni
»Twenty-Five Cultures of Lichenizing Fungi Available for Experimental Studies on Symbiotic Systems«, in *Symbiosis* **59** (2013), S. 165–71.

Meyer, Vera et al.
»Current Challenges of Research on Filamentous Fungi in Relation to Human Welfare and a Sustainable Bio-Economy: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **3**, 6 (2016).

Meyer, Vera et al.
»Growing a Circular Economy with Fungal Biotechnology: A White Paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **7**, 5 (2020).

Meyer, Vera
»Fungal Biotechnology – What We Do With Fungi (and What Fungi Do With Us)«, Vortrag auf der ALB-Konferenz *Nonhuman Agents in Art, Culture and Theory Nonhuman Agents in Art,* November 2017, youtube.com/watch?v=M_F2zYohxSA&feature=emb_logo [10.5.2020].

Meyer, Vera
»Merging Science and Art Through Fungi«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 5 (2019).

Meyer, Vera
»Pilzbiotechnologie als Innovationsmotor«, in *BIOspektrum* **26**, 3 (2020), S. 339–40.

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg (Hrsg.)
Wälder Brandenburgs – Ergebnisse der ersten landesweiten Waldinventur, Potsdam 2015.

Moberg, Roland und Ingmar Holmåsen
Flechten von Nord- und Mitteleuropa. Ein Bestimmungsbuch, Stuttgart / Jena / New York 1992.

Nguyen, Khanh-Hung et al.
»UV-Protectant Metabolites From Lichens and Their Symbiotic Partners«, in *Natural Product Reports* **30** (2013), S. 1490–508.

Oppezzo, Marily und Daniel L. Schwartz
»Give Your Ideas Some Legs: The Positive Effect of Walking on Creative Thinking«, in *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* **40,** 4 (2014), S. 1142–52.

Piekut, Benjamin
»Chance and Certainty. John Cage's Politics of Nature«, in *Cultural Critique* 84 (2013), S. 134–63.

Rapp, Regine
»On Mycohuman Performances: Fungi in Current Artistic Research«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 22 (2019).

Raven, Peter H., Ray F. Evert und Susan E. Eichhorn
Biologie der Pflanzen, 4. Aufl., Berlin 2006.

rbbKultur
»Artomics – auf den Pilz gekommen: Ein Gespräch mit der Biotechnologin und Künstlerin Vera Meyer«, Januar 2020, rbb-online.de/rbbkultur/radio/programm/schema/sendungen/rbbkultur_am_vormittag/archiv/20200121_0905/wissen_0910.html [5.6.2020].

Schulze, Holger
Das aleatorische Spiel. Erkundung und Anwendung der nicht-intentionalen Werkgenese im 20. Jahrhundert, München 2000.

Spribille, Toby et al.
»Basidiomycete Yeasts in the Cortex of Ascomycete Macrolichens«, in *Science* **353,** 6298 (2016), S. 488–92.

Stocker-Wörgötter, Elfriede
»Resynthesis of Photosymbiodemes«, in Ilse Kranner, Richard P. Beckett und Ajit K. Varma (Hrsg.): *Protocols in Lichenology: Culturing, Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring*, Berlin / Heidelberg / New York 2002 (Springer Lab Manual), S. 47–60.

Tsing, Anna Lowenhaupt
The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins, Princeton / Oxford 2015.

TU Delft
»Material Driven Design«, Beschreibung der IDE Master Class, tudelft.nl/en/ide/education/ide-design-master-classes/previous-master-classes/material-driven-design/ [15.6.2020].

Uexküll, Jakob von und Georg Kriszat
Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen, Hamburg 1956 (Original 1934).

Van der Heijden, Marcel G. A. und Thomas R. Horton
»Socialism in Soil? The Importance of Mycorrhizal Fungal Networks for Facilitation in Natural Ecosystems«, in *Journal of Ecology* **97**, 6 (2009), S. 1139–50.

weißensee kunsthochschule berlin et al. (Hrsg.)
GreenDesign 8.0 – Circular City: Mapping Berlin's Material Streams. Studio Practice Teaching Course, Berlin 2020.

Wilson, Stephen
Art + science now, London 2010.

Yamamoto, Yoshikazu / Mizuguchi, Ryuzo / Yamada, Yasuyuki
»Tissue Cultures of *Usnea rubescens* and *Ramalina yasudae* and Production of Usnic Acid in Their Cultures«, in *Agricultural and Biological Chemistry* **49** (1985), S. 3347-48.

Abbildungsnachweis
Picture credits

Bon Alog **55**/6, **63, 67**
Art Laboratory Berlin **46, 50–51, 54, 55**/7, **57, 62, 65, 98**
Harry W. Bischoff & Harold C. Bold **38**/Tab. 1 – aus dies.: *Phycological Studies,* IV: *Some Soil Algae from Enchanted Rock and Related Algal Species,* Austin 1963
Kustrim Cerimi **24**/5, **25, 31, 100**
Kustrim Cerimi et al. **18**/Tab. 1 – aus dies.: »Fungi as Source for New Bio-Based Materials: A Patent Review«, in *Fungal Biology and Biotechnology* **6,** 17 (2019), Creative Commons Attribution Lizenz (CC BY, creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
Nils Dempewolf **107**
Tim Deussen **81, 84–88, 91**/1, **91**/3, **96–97, 99, 142, 143**/6
Sage Jensen **78**/5
Sage Jensen / Theresa Schubert **78**/6
Peter Neubauer **32**
Fara Peluso **112**
Regine Rapp **82**
Philip Ross / MycoWorks **16**
Bertram Schmidt **19**/2, **24**/4 (↑)(←)
Bastian Schubert **30, 105**
Theresa Schubert **70, 74–75, 79, 93, 143**/5
Vera Meyer **24**/4 (↓)
Martin Weinhold **135**
Zakieh Zakeri **37, 38**/Tab. 2, **41, 44–45**

Bildbeschreibung der Aufmacherseiten
Image description of lead pages

S. 12 Fruchtkörper des Zunderschwammes *Fomes fomentarius* sind ganzjährig sichtbar an kranken oder toten Birken- und Buchenstämmen.
p. 12 Fruiting bodies of the tinder fungus *Fomes fomentarius* can be seen all year round on ill or dead birch and beech trunks.

S. 32 Flechtengattung *Cladonia* mit roten Fruchtkörpern
p. 32 Lichen genus *Cladonia* with red fruiting bodies

S. 46 Baumpilzart der Gattung *Armillaria* (Hallimasch)
p. 46 Tree fungi species of the genus *Armillaria* (honey mushroom)

S. 70 Myzel von *Phellinus robustus* (oben) und *Hypholoma fasciculare* (unten) ca. 20 Tage nach Inokulation, unter Beschallung – Theresa Schubert: Labor-Residenz *Mind the Fungi,* 2019
p. 70 Mycelium of *Phellinus robustus* (above) und *Hypholoma fasciculare* (below) c.20 days after inoculation, with sound – Theresa Schubert: *Mind the Fungi* lab residency, 2019

S. 88 Ausstellung *Mind the Fungi. Art & Design Residencies,* Futurium, 2020, Berlin – interaktive Videoinstallation von Theresa Schubert und Installation *Niche* von Fara Peluso
p. 88 Exhibition *Mind the Fungi. Art & Design Residencies,* Futurium, 2020, Berlin – Theresa Schubert's interactive video installation and Fara Peluso's installation *Niche*

S. 100 Lampenschirm oder Gefäß? Mit einem 3D-Drucker lassen sich vielfältige Formen definieren, in denen sich die Pilz-Pflanzen-Komposite aus *Fomes fomentarius* und Rapsstroh bilden können.
p. 100 Lampshade or jar? A variety of moulds can be defined using 3D printing, in which the fungus-plant composites can form out of *Fomes fomentarius* and rape straw.

S. 112 Biomaterial aus Algen und Pilzen, entwickelt von Fara Peluso
p. 112 Biomaterial made from algae and fungi, developed by Fara Peluso

Impressum
Imprint

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutsche Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de/ abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the internet at http://dnb.dnb.de/.

Universitätsverlag der TU Berlin, 2020
http://verlag.tu-berlin.de

Fasanenstr. 88, 10623 Berlin
Tel.: +49 (0)30 314 76131 / Fax: -76133
E-Mail: publikationen@ub.tu-berlin.de

Diese Veröffentlichung – ausgenommen Zitate, Abbildungen und anderweitig gekennzeichnete Teile – ist unter der Creatice Commons Lizenz CC BY 4.0 lizenziert.
This publication – except for quotes, images and where otherwise noted – is licensed under the Creatice Commons Licence CC BY 4.0.
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Herausgegeben von
Edited by
Vera Meyer und Regine Rapp

Buchgestaltung
Book design
Eva-Maria Bolz

Lektorat
Copy editing
Julia Kühn

Bildbearbeitung
Image editing
Johann Hausstätter

Druck
Print
Pro BUSINESS

ISBN 978-3-7983-3168-6 (print)
ISBN 978-3-7983-3169-3 (online)

Online veröffentlicht im institutionellen Repositorium der Technischen Universität Berlin
Published online on the institutional repository of the Technische Universität Berlin
DOI 10.14279/depositonce-10350
http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10350

Dieses Buch berichtet über die Bündelung der Kreativitätsmotoren Wissenschaft und Kunst und wie daraus ein lebendiges Dreigespann aus Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft geschmiedet werden kann. Eine schöpferische Triade, die sich über einen Zeitraum von zwei Jahren hinweg gemeinsam der Utopie verschrieben hat, eine Synthese aus nachhaltiger Wirtschaft, gesunder Umwelt und einer gerechten Gesellschaft zu ermöglichen. Das Projekt *Mind the Fungi* (»Achtung Pilze«) ist ein Citizen-Science-Forschungsvorhaben, welches aus der Kooperation der Fachgebiete für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie und Bioverfahrenstechnik der TU Berlin sowie der Kunst- und Forschungsplattform Art Laboratory Berlin entstand und welches Bürger_innen die Möglichkeit einer wissenschaftlichen Mitarbeit ermöglichen sollte. Das Projekt sollte einerseits einem breiten Publikum die Bedeutung der Pilzbiotechnologie für eine nachhaltige Zukunft näherbringen und andererseits hier an der TU Berlin ein Forschungsnetzwerk aufbauen, in dem unter anderem mit *citizen scientists* neuartige pilzbasierte Biomaterialien erforscht werden sollten. Die wissenschaftlichen und künstlerischen Wege im Projekt *Mind the Fungi,* die wir gemeinsam mit der Öffentlichkeit von 2018 bis 2020 gegangen sind, darunter auch die Kunst- und Designresidenzen, können jetzt mit diesem Buch in Texten und Bildern nachverfolgt werden.

This book reports on the bundling of the creativity engines science and art and how a living triad of science, art and society can be forged from this. A creative triad, which over a period of two years has jointly committed itself to the utopia of enabling a synthesis of sustainable economy, healthy environment and a just society. The project *Mind the Fungi* is a Citizen Science research project, which resulted from the cooperation of the Departments of Applied and Molecular Microbiology and Bioprocess Engineering of the TU Berlin and the art and research platform Art Laboratory Berlin. It was designed to provide citizens with an opportunity for scientific collaboration. On the one hand, the project was intended to give a broad public an understanding of the importance of fungal biotechnology for a sustainable future, and on the other hand, to establish a research network here at the TU Berlin, in which, among other things, novel fungus-based biomaterials were to be researched with citizen scientists. The scientific and artistic paths in the *Mind the Fungi* project, which we followed together with the public from 2018 to 2020, including the art and design residencies, can now be traced in the texts and images in this book.

Universitätsverlag der TU Berlin

ISBN 978-3-7983-3168-6 (print)
ISBN 978-3-7983-3169-3 (online)