

# Engage with Fungi



Herausgegeben von  
Edited by

*Vera Meyer und Sven Pfeiffer*



**Engage with Fungi**



# Engage with Fungi

Herausgegeben von  
Edited by

*Vera Meyer und Sven Pfeiffer*

**6 Prolog  
Prologues**

**13 Das Projekt MY-CO SPACE**

*Vera Meyer, Bertram Schmidt, Carsten Pohl, Christian Schmidts, Sven Pfeiffer*

**The MY-CO SPACE project**

**29 Das Projekt MY-CO BUILD**

*Vera Meyer, Sven Pfeiffer*

**The MY-CO BUILD project**

**45 Arbeiten im Spannungsfeld von Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft  
Working in the field of tension between science, art, and society**

**46 Kollaboratives Arbeiten im SciArt Kollektiv MY-CO-X**

*Vera Meyer, Friederike Hoberg*

**Collaborative work in the SciArt collective MY-CO-X**

**62 Design für ein Zusammenleben**

*Angely Angulo Meza, Christian Schmidts, GPT-3*

**Designing for co-habitation**

**66 Weben mit Pilzen**

*Birke Weber, Lisa Stelzer*

**Weaving with fungi**

**72 Leben in einer Skulptur**

*Cornelia Saalfrank*

**Living in a sculpture**

**76 Farben des Lebens**

*Sunanda Sharma*

**Colours of life**

**81 Raumzeit**

*Martin Weinhold*

**Spacetime**

**84 Wunderkammer: Pilze**

*Bernhard Glocksin, Sabrina Rossetto, Markus Syperek, Jens Krause, Vera Meyer*

**Cabinet of curiosities: Fungi**

- 89 Transdisziplinär lehren und lernen**  
**Teaching and learning transdisciplinary**
- 90 Öffentliche Laborkurse für das Projekt MY-CO BUILD**  
*Alessandro Volpato, Logan Noonan, Annemarie Nazarek*  
**Public lab courses for the project MY-CO BUILD**
- 93 MY-CO BUILD + AFFECT – Subjektives Erleben und Bewertung**  
**pilzbasierter Materialien**  
*Gudrun Rauwolf, Sven Pfeiffer, Vera Meyer*  
**MY-CO BUILD + AFFECT – Subjective experience and evaluation**  
**of fungal-based materials**
- 98 Reste der Reste**  
*Erik Göngrich, Nora Wilhelm, Lena Heber, Bertram Schmidt, Vera Meyer*  
**Residues of residues**
- 105 Epilog für eine vernetzte Zukunft**  
*Vera Meyer, Sven Pfeiffer*  
**Epilogue for a networked future**
- 111 Appendix**
- 112 Biografien**  
**Biographies**
- 123 The Colors of Life: An interdisciplinary artist-in-residence project to**  
research fungal pigments as a gateway to empathy and understanding  
of microbial life  
*Sunanda Sharma, Vera Meyer*
- 134 Ten simple rules for hosting artists in a scientific lab**  
*Matthias C. Rillig, Karine Bonneval, Christian de Lutz, Johannes Lehmann,*  
*India Mansour, Regine Rapp, Saša Spačal, Vera Meyer*
- 138 Fungi for a sustainable future**  
*Vera Meyer et al.*
- 144 Engage with Fungi in den Medien**
- 148 Bibliografie**
- 150 Abbildungsnachweis**  
Picture credits
- 151 Impressum**  
Imprint

## Prolog I

**WIE WOLLEN WIR IN ZUKUNFT LEBEN?** Weltweit beschäftigen sich viele Menschen mit dieser Frage und weiteren tiefergehenden, die sich aus ihr ableiten. Wie wollen wir in Zukunft wohnen und arbeiten? Wie können und wollen wir Wandel und Zukunft gestalten und dabei sowohl die planetaren Grenzen respektieren als auch soziale, ökonomische und politische Faktoren berücksichtigen? Wie tragen wir Verantwortung für die Zukunft der Erde, für unsere Umwelt, für unsere Gesellschaft?

Als Wissenschaftlerin und Bürgerin bin ich fest davon überzeugt, dass wir uns diesen Fragen und den damit verbundenen großen Herausforderungen von heute gemeinschaftlich stellen müssen und sie auch nur gemeinschaftlich lösen können. Wir müssen lernen, transdisziplinär zu denken und transdisziplinär zu arbeiten. Dem Philosophen Jürgen Mittelstraß folgend bedeutet Transdisziplinarität, »dass Wissenschaft bzw. Forschung sich aus ihren fachlichen, disziplinären

Grenzen löst und ihre Probleme mit Blick auf außerwissenschaftliche, gesellschaftliche Entwicklungen definiert, um diese Probleme disziplin- und fachunabhängig zu lösen.<sup>1</sup> Weitergedacht bedeutet dies für mich, dass alle Kreativitätsmotoren, also die Wissenschaften, die Künste wie auch die Menschen vor Ort, zusammengeführt werden müssen, damit jede der verschiedenen Perspektiven auf das Hier und Jetzt als auch auf das Morgen gehört werden kann. Denn nur gemeinsam lässt sich das große Ganze erfassen.

Als Biotechnologin und Künstlerin und damit Grenzgängerin zwischen Wissenschaft und Kunst versuche ich eine solche transdisziplinäre Synthese. Im Labor an der Technischen Universität Berlin, in meinem Atelier im Brandenburger Wald, im Miteinander mit Kolleg\_innen aus den Wissenschaften und den Künsten, mit Studierenden, mit Interessierten aus der Zivilgesellschaft. Und erlebe dabei, wie viel gestalterische Kräfte sowie kluge Transformationsideen durch



## Prologue I

**HOW DO WE WANT TO LIVE IN THE FUTURE?** Many people around the world are dealing with this question and other more profound ones that derive from it. How do we want to live and work in the future? How can and do we want to manage change and shape a future that respects planetary boundaries as well as social, economic and political factors? How do we take responsibility for the future of the Earth, for our environment, for our society?

As a scientist and a citizen, I am firmly convinced that we have to face these questions and the associated major challenges of today collectively and that we can only solve them collectively. We must learn to think transdisciplinarily and to work transdisciplinarily. Following the philosopher Jürgen Mittelstraß, transdisciplinarity means »that science or research frees itself from

its subject-specific, disciplinary boundaries and defines its problems with a view to non-scientific, social developments in order to solve these problems independently of disciplines and subjects.«<sup>1</sup> In my opinion, this means that all creativity engines, that is the sciences, the arts, and civil society, must be brought together so that each of the different perspectives on the here and now as well as on tomorrow can be heard. Because the big picture can only be grasped together.

As a biotechnologist and artist, I try to merge science and art and attempt such a transdisciplinary synthesis. In the laboratory at the Technische Universität Berlin, in my studio in the Brandenburg forest, in collaboration with colleagues from the sciences and the arts, with students, with interested people from civil society. And I experience how much creative power and

Offenheit und Kooperation über vielfältige Fachdisziplinen und Fächerkulturen hinweg freigesetzt werden können. Mit einer unbändigen Begeisterung aller Beteiligten. Denn sie spüren, dass ihr gemeinsames Gehörten werden sie eine nachhaltige Zukunft mitgestalten lässt, die eine Zukunft für alle sein kann.

Mit meinem wissenschaftlichen Team an der TU Berlin erforschen wir, wie man mit der Kraft des pilzlichen Stoffwechsels nachwachsende pflanzliche Rohstoffe in Enzyme, Medikamente, Antibiotika, Biomaterialien und Rohstoffe für eine grüne Chemie umwandelt. Oder in Zukunft sogar Häuser aus pilzbasierten Biomaterialien baut. Das Potenzial der Pilze für eine nachhaltige, kreislauffähige und biobasierte Wirtschaft und Architektur ist enorm<sup>2</sup>, jedoch noch unausgeschöpft. Es kann meines Erachtens nur durch die Triade Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft vollständig erschlossen werden. Daher gründete ich 2018 das Citizen-Science-Forschungsvorhaben *Mind the Fungi* (»Achtung Pilze«), welches in einer zweijährigen transdisziplinären Zusammenarbeit verschiedene wissenschaftliche, künstlerische und zivilgesellschaftliche Akteur\_innen aus dem Berliner Raum miteinander verband, um erstmalig die

Entwicklung von pilzbasierten Biomaterialien gemeinschaftlich zu erforschen und auch einem breiten Publikum die Bedeutung der Pilze und der Pilzbiotechnologie für eine nachhaltige Zukunft näherzubringen. Über das gemeinsam Erdachte und Erreichte und die hierbei gewonnenen Erfahrungen berichtete unser 2020 veröffentlichtes Buch *Mind the Fungi*.<sup>3</sup>

Dieses Netzwerk entwickelte sich seit 2020 weiter, band neue Akteur\_innen mit ein und konnte so gemeinschaftlich weitere Impulse für eine kooperative Pilzforschung erschließen. Eine große Bedeutung und Mitgestaltungskraft kam hierbei den Pilzen selbst zu, da sie uns durch ihre hoch entwickelten Netzwerkstrukturen sowie Interaktionen und Symbiosen mit anderen Spezies neue Denk- und Handlungsräume eröffneten. Auch wenn Pilze Forschungsgegenstand sind, sind sie zugleich Akteure und gestalten wissenschaftliche und künstlerische Experimente aktiv mit. Als über Jahrmillionen evolvierte Überlebenskünstler sind sie darüber hinaus Ideengeber für uns Menschen und können Antworten liefern, wie wir wieder im Gleichgewicht mit der Natur und unter den Bedingungen begrenzter planetarer Ressourcen nachhaltig leben können.



smart transformation ideas can be unleashed through openness and cooperation across diverse disciplines and subject cultures. With unbridled enthusiasm on the part of all those involved. Because they sense that being heard together allows them to help shaping a sustainable future that can be a future for all.

With my scientific team at the TU Berlin, we are researching how to use the power of fungal metabolism to convert renewable plant raw materials into enzymes, medicines, antibiotics, biomaterials, and raw materials for green chemistry. Or even build houses from fungal-based biomaterials in the future. The potential of fungi for a sustainable, circular and bio-based economy and architecture is enormous<sup>2</sup>, but still untapped. It can, in my opinion, only be fully tapped by the triad of science, art, and society. Therefore, in 2018, I founded the citizen science research project *Mind the Fungi*, which connected various scientific, artistic and civil society agents from the Berlin area in a two-year transdisciplinary collaboration to collaboratively explore the devel-

opment of fungal-based biomaterials for the first time and also to bring the importance of fungi and fungal biotechnology for a sustainable future to a wider audience. What was conceived and achieved together, and the lessons learned were reported in our book *Mind the Fungi*, published in 2020<sup>3</sup>.

This network has continued to develop since 2020, integrating new participants and providing further impetus for cooperative fungal research. The fungi themselves played a major role in this process, as their highly developed network structures and interactions and symbioses with other species opened up new spaces for thought and action. Even though fungi are the object of research, they are also agents and actively shape scientific and artistic experiments. As survival artists that have evolved over millions of years, they are a source of ideas for us humans and can provide answers as to how we can live sustainably again in balance with nature and under conditions of limited planetary resources.

---

Über diese Mensch-Mensch- und Mensch-Pilz-Kollaborationen der Jahre 2020 bis 2022 möchte das hier vorliegende Buch *Engage with Fungi* (»Beschäftigung mit Pilzen«) berichten. Ein Buch, welches zu einer vertieften Reise in die Welt der Pilze und der Pilzbiotechnologie einlädt, ein Buch, in dem sich Expertisen aus Wissenschaft, Kunst, Architektur, Gesellschaft und Biodiversität begegnen und miteinander verschmelzen, ein Buch, welches sich für die persönlichen Sichtweisen und Erfahrungen der beteiligten Akteur\_innen interessiert und sie in ihrer Vielfalt darüber erzählen lässt. Ich habe sehr viel in dieser Zeit intensiver transdisziplinärer Zusammenarbeit von allen Beteiligten, Menschen wie Pilzen, lernen dürfen. Dies erfüllt mich mit großer Dankbarkeit. Ebenso bin ich der Technischen Universität Berlin sowie der Berlin University Alliance dankbar, die viele der hier im Buch vorgestellten wissenschaftlichen, künstlerischen und gesellschaftlichen Forschungsprojekte finanziell unterstützten.

**Prof. Dr.-Ing. Vera Meyer**

---

1 Jürgen Mittelstraß: »Interdisziplinarität oder Transdisziplinarität?«, in ders. (Hg.): *Die Häuser des Wissens*, Frankfurt am Main 1998, S. 29–48.

2 Vera Meyer et al.: »Growing a circular economy with fungal biotechnology: A white paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 7, 5 (2020). DOI 10.1186/s40694-020-00095-z

3 Vera Meyer und Regine Rapp (Hrsg.): *Mind the Fungi*, Berlin 2020. DOI 10.14279/depositonce-10350



---

The book *Engage with Fungi* aims to report on these human-human and human-fungi collaborations in the years 2020 to 2022. A book that invites on an in-depth journey into the world of fungi and fungal biotechnology, a book in which expertise from science, art, architecture, society, and biodiversity meets and merges, a book that is interested in the personal perspectives and experiences of the very diverse agents involved. I have learned a lot during this period of intensive transdisciplinary collaboration from all those involved, people and fungi alike. This fills me with great gratitude. I am also grateful to the Technische Universität Berlin and the Berlin University Alliance, which financially supported many of the scientific, artistic and social research projects presented in this book.

**Prof. Dr.-Ing. Vera Meyer**

---

1 Jürgen Mittelstraß: »Interdisziplinarität oder Transdisziplinarität?«, in ibid. (Ed.): *Die Häuser des Wissens*, Frankfurt / Main 1998, pp. 29–48.

2 Vera Meyer et al.: »Growing a circular economy with fungal biotechnology: A white paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 7, 5 (2020). DOI 10.1186/s40694-020-00095-z

3 Vera Meyer and Regine Rapp (Eds.): *Mind the Fungi*, Berlin 2020. DOI 10.14279/depositonce-10350

## Prolog 2

Was haben Pilze mit der Architektur der Zukunft zu tun? Schon seit einiger Zeit nehmen Architekt\_innen an Forschungstätigkeiten zum Einsatz von effizienten Biomaterialien teil, die mit minimalem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck hergestellt werden und biologisch abbaubar oder kompostierbar sind. Der Hauptgrund hierfür ist das gestiegene Bewusstsein einer direkten Verantwortung für die immer intensivere Nutzung endlicher Ressourcen, die aus dem stetig steigenden Bedarf an gebautem Raum resultiert. Auch wir als Planer\_innen der gebauten Umwelt müssen unseren derzeitigen Ressourcenverbrauch bei Sanierungen und beim Neubau von Gebäuden wie auch während ihrer Nutzung hinterfragen. Bisher bestehen unsere Konstruktionen in der Regel aus einer Vielzahl von erdölbasierten oder mineralischen Materialien unterschiedlicher Herkunft und Lebensdauer. Dies führt häufig nach dem Lebensende eines Gebäudes zu einer großen Menge an Abfall, der nicht im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaft in Stoffkreisläufe zurück-

geführt werden kann, weil eine Trennung und typspezifische Wiederverwertung nicht mehr möglich ist. Ein Paradigmenwechsel, der einen viel größeren Fokus auf die genutzten Materialien, deren Herkunft und deren Wiederverwendung legt, wird dringend benötigt und ist bereits durch Forschung und realisierte Projekte zu Holzbauten, Rückgewinnung und Recycling städtisch genutzter Materialien (»Urban Mining«) und energieeffizienteren Konstruktionen in vollem Gang. In diesem Kontext werden auch pilzbasierte Materialien immer beliebter und werden von Teams aus Wissenschaftler\_innen, Künstler\_innen und Architekt\_innen entwickelt. So waren die Künstler\_innen Phil Ross und Sophia Wang, die die Firma MycoWorks mitbegründeten, Pioniere beim Einsatz von pilzbasierten Materialien in der Architektur. Spezifisch von Interesse für die Architektur als gestalterisch-technische Disziplin ist die durch Biotechnologie mögliche Konfigurierbarkeit der Eigenschaften dieser neuen Baustoffe bereits während



## Prologue 2

What do fungi have to do with the architecture of the future? Architects are increasingly participating in research activities on the uses of efficient biomaterials that are produced with minimal CO<sub>2</sub> footprint and are biodegradable or compostable. The main reason for this lies in the growing awareness of a direct responsibility for the ever more intensive use of finite natural resources, which results from the constantly increasing demand for buildings. As architects, we have to question our current practices for the planning of new buildings and the conversion of existing buildings as well as the consumption of resources during the use of buildings. So far, our constructions usually consist of a variety of petroleum-based or mineral materials of different origins and life spans. This leads to a substantial amount of waste after the end of a building's life, as it is in many

cases not possible to separate these materials by type and re-use them. A paradigm shift that places a much greater focus on the recyclability of the materials used is urgently needed and is already in full swing through research topics such as »urban mining« (the recovery of urban raw materials) and more resource- and energy-efficient constructions.

Biodegradable fungal-based materials are therefore becoming increasingly popular in architecture. Artists Phil Ross and Sophia Wang, who co-founded MycoWorks, introduced the use of fungal-based materials into architecture. Of specific interest for architecture as a discipline crossing the boundaries between design and technology is the configurability of the properties of these new building materials, which is already possible in their growth process through biotechnology. Thus,

ihres Wachstumsprozesses. Somit werden anstatt des Einsatzes generischer Bauprodukte maßgeschneiderte technische und ästhetische Lösungen in der Architektur ermöglicht, die ein wichtiger Baustein dieses Paradigmenwechsels sein können. Inzwischen gibt es schon mehrere Initiativen und Start-ups, die durch den Einsatz biotechnologischer Produktionsmethoden neue Biokunststoffe, flexible Membranen und Verbundmaterialien entwickeln, die bereits als Schallschutz- und Wärmedämmplattensysteme, Bodenfliesen und vieles mehr eingesetzt werden.

Der Kontakt zu Vera Meyer und ihrem Team gab mir einen Einblick in die faszinierende Welt der Pilze und deren Verwendung in fast allen Lebensbereichen. Hieraus hat sich ein kontinuierlicher Dialog entwickelt, der in der Gründung einer gemeinsamen Forschungsinitiative zum Bauen mit Pilzen resultierte. Unsere aktuellen Forschungsfragen umfassen insbesondere das mechanische Verhalten von Pilzmaterialien, die Auseinandersetzung mit ihren ästhetischen und sensuellen Qualitäten für die Gestaltung von Räumen und die Konzeption von Möglichkeiten der lokalen Verwendung. Andere Teams von Architekt\_innen und

Urbanist\_innen analysieren mikroskopische Strukturen wie das Hyphennetzwerk von Pilzmyzelien, um von den geometrischen, morphologischen und Verhaltenseigenschaften von Mikroorganismen für die Planung von Gebäuden und Städten zu lernen. Mittelfristig sind durch einen weiterführenden Einsatz von »lebenden« Baustoffen biologisch basierte Funktionen wie Selbstregulierung, Anpassung, autonomes Wachstum und Selbstreparatur als ein alternatives Paradigma zum Stand der Technik »intelligenter Gebäude« denkbar, die bisher stark auf technische Infrastrukturen angewiesen sind. Für eine Einführung dieser Materialien wird auch die Weiterentwicklung einer Planungs- und Baukultur erforderlich sein, die die Eigenschaften eines Materials über den gesamten Lebenszyklus von der lokalen Verfügbarkeit der Rohstoffe bis zur abfallfreien Rückführung in Stoffkreisläufe berücksichtigt und in der Pflege eines Bauwerks eine größere Rolle bekommt. Unterstützt werden die Entwicklungen durch neue digitale Gestaltungsmöglichkeiten, die bereits zu einem weitreichenden Wandel der Planungsmethoden geführt haben. Vereinfachte Methoden zur Integration von Materialeigenschaften in digitale Zwillinge von Gebäuden



instead of using generic building products, customised technical and aesthetic solutions are made possible in architecture, which can be an important building block of this paradigm shift. Several initiatives and start-ups are currently using biotechnological production methods to develop new bioplastics, flexible membranes and composite materials, which are already being used as soundproofing and thermal insulation panel systems, floor tiles, and much more.

Vera Meyer and her team gave me an insight into the fascinating world of fungi and their use in almost all areas of life. This has developed into a continuous dialogue that resulted in the founding of a joint research initiative on building with fungi.

Our current research questions include in particular the mechanical behaviour of fungal materials, the examination of their aesthetic and sensual qualities for the design of spaces, and the conception of new possibilities of local use. Other teams of architects and urbanists analyse microscopic structures such as the

hyphae network of fungal mycelia to learn from the geometric, morphological and behavioural properties of microorganisms for the design of buildings and cities. In the medium term, biologically based functions such as self-regulation, adaptation, autonomous growth, and self-repair are conceivable through the further use of »living« building materials, an alternative paradigm to the state of the art of »intelligent buildings« which have so far been heavily dependent on technical infrastructures.

The introduction of these materials will also require the further development of a planning and building culture that takes into account the properties of a material throughout its entire life cycle, from the local availability of raw materials to the waste-free recycling into material cycles, and that accords a greater role to the maintenance of a building. The developments are supported by increased digital design options, which have already led to a far-reaching change in planning methods. Simplified methods for integrating material properties into

in BIM (Building Information Modeling) sowie digitale Fertigungsmethoden (3D-Druck), die optimale Wachstumsbedingungen schaffen, können hierbei eine wichtige Rolle spielen.

Als Architekt begeistert mich das Potenzial pilzbasierter »lebender« Baustoffe. Denn diese ungewöhnlichen Materialien bieten nicht nur technische Lösungen für eine nachhaltigere Zukunft, sondern zeigen auch alternative Wege auf, wie wir unsere Gebäude sinnlich erleben können. Es wird interessant sein zu sehen, welche neuen Morphologien und Typologien aus dieser Verbindung von Architektur und bio-basierten Materialien hervorgehen werden. Ich möchte an dieser Stelle den vielen Partnerinstitutionen, insbesondere der Universität der Künste Berlin und der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, für ihre Unterstützung bei dieser Suche danken.

**Prof. Sven Pfeiffer**



digital twins of buildings in BIM (Building Information Modelling) as well as digital manufacturing methods (3D printing), which create optimal growth conditions, will play an important role here.

As an architect, I am excited about the potential of fungal-based »living« building materials. Because this unusual material not only offers technical solutions for a more sustainable future, but also new ways in which we can experience our buildings sensually. I am curious to learn which new morphologies and typologies will emerge from this fascinating combination of architecture and bio-based materials. I would like to take this opportunity to thank the many partner institutions, in particular Berlin University of the Arts and Eberswalde University for Sustainable Development.

**Prof. Sven Pfeiffer**



# **Das Projekt MY-CO SPACE**

Vera Meyer, Bertram Schmidt,

Carsten Pohl, Christian Schmidts, Sven Pfeiffer

# **The MY-CO SPACE project**

**MY-CO SPACE IST EINE** bewohnbare Holz-Pilz-Skulptur, die zur sinnlichen Reflektion und Erforschung nachhaltiger Lebens- und Wohnformen auf unserem Planeten einlädt. Die tragende Holzkonstruktion, die mit 330 Pilzpaneelen überdacht wurde, soll das Leben auf kleinstem Raum (analog dem einer Raumfahrtkapsel) und die Co-habitation mit Pilzen körperlich erfahrbar machen. Sie wurde aus organischen Materialien geschaffen und ist damit biologisch abbaubar. Entworfen wurde sie für die Open-Air-Ausstellung *tinyBE • living in a sculpture*, die vom 26. Juni bis 26. September 2021 erstmals acht bewohnbare Skulpturen von internationalen Künstler\_innen im Frankfurter Metzlerpark und an Standorten in Darmstadt und Wiesbaden zeigte. Die temporäre Bewohnbarkeit der Skulpturen in öffentlichen Räumen der Metropolregion Frankfurt Rhein-Main sollte dabei eine neue Form der Kunst- und Lebensbetrachtung eröffnen, da die Besucher\_innen die Kunstwerke nicht nur tagsüber, sondern auch bei Übernachtungen erkunden konnten.

MY-CO SPACE ist ein Gemeinschaftswerk des interdisziplinären SciArt Kollektivs MY-CO-X, welches in Kooperation mit Pilzen (lat. *mycota*, eng. *fungi*) entwickelt

wurde, deren einzigartige Eigenschaften heute für die Lösung unserer globalen Probleme fruchtbar gemacht werden können. Es ermöglicht eine künstlerisch-wissenschaftliche und sinnliche Auseinandersetzung über die (potenzielle) gesellschaftliche Bedeutung von Pilzen für die Erschaffung von Orten und Räumen in der Zukunft. Der skulpturale Wohnraum von circa zwanzig Quadratmetern konnte von den Übernachtungsgästen selbst in Schlaf-, Lese- und Arbeitsbereiche aufgeteilt werden und war an eine Stromversorgung angeschlossen. Er verfügte jedoch über keinen Sanitär- und Küchenbereich. Vereinzelte Öffnungen in der Überdachung ermöglichen den Blick nach außen wie auch den Blick von außen in das Innere der Skulptur (→ Abb. 1, 4). In einer Box standen zwei Campingmatratzen und ein Zweipersonenzelt mit Moskitonetz zur Verfügung. Diese konnten von den Gästen in oder neben der Skulptur ausgelegt bzw. aufgestellt werden, sodass die Besucher\_innen über die Nutzung des skulpturalen Wohnorts mitentscheiden konnten und so für eine Nacht Co-Designer\_innen waren. In einer weiteren Box befanden sich pilzliche Studiermaterialien, wie beispielsweise konservierte Pilzkulturen in Petrischalen, Bauziegel aus pilzbasierten Verbundwerkstoffen und



**MY-CO SPACE IS A HABITABLE** sculpture made of wood and fungi that invites the sensual reflection and exploration of sustainable ways of living and dwelling on our planet. The load-bearing wooden structure, covered with 330 fungal panels, is intended to make life in the smallest space (analogous to that of a space capsule) and co-habitation with fungi physically tangible. It was built from organic materials and is thus biodegradable. It was designed for the open-air exhibition *tinyBE • living in a sculpture*, which for the first time showed eight habitable sculptures by international artists in Frankfurt's Metzlerpark and at locations in Darmstadt and Wiesbaden from 26 June to 26 September 2021. The temporary habitability of the sculptures in public spaces in the Frankfurt Rhine-Main metropolitan region was intended to open up a new way of looking at art and life, as visitors could explore the works of art not only during the day but also during overnight stays.

MY-CO SPACE is a collaborative work by the interdisciplinary SciArt collective MY-CO-X, developed in

collaboration with fungi (lat. *mycota*), whose unique properties can be made fruitful for solving our global problems today. It enables an artistic-scientific and sensual exploration of the (potential) social significance of fungi for the creation of places and spaces in the future. The sculptural living space of about twenty square metres could be divided into sleeping, reading and working areas by the overnight guests themselves and was connected to a power supply. However, it had no sanitary or kitchen areas. Isolated openings in the roofing allowed a view to the outside as well as a view from the outside into the inside of the sculpture (→ Fig. 1, 4). Two camping mattresses and a two-person tent with mosquito net were available in a box. These could be laid out or set up by the guests in or next to the sculpture, so that the visitors could decide on the use of the sculptural living space and were thus co-designers for one night. Another box contained fungal study materials, such as preserved fungal cultures in petri dishes, building bricks made of fungal-based composite materials, and books. A

Bücher. Ein Mikroskop und ein Teleskop ermöglichen das Eintauchen in den pilzlichen Mikrokosmos wie auch den uns Menschen umgebenden Makrokosmos. Ein Gästebuch konnte für die Dokumentation der hierbei gemachten Erfahrungen und Erkenntnisse genutzt werden. MY-CO SPACE war daher kein vollständig abgeschlossener Raum, sondern ein Rückzugs- und Studierraum, der von und mit dem Kontakt zur Außenwelt lebte und sich mit dieser auseinandersetzte (→ Abb. 1).

MY-CO SPACE erinnert als bewohnbare Skulptur an eine Raumstation und transportiert die Arbeit von Galina Balaschowa (geb. 1931), der einzigen Architektin unter den Wissenschaftlern und Ingenieuren des sowjetischen Raumfahrtprogramms, in das 21. Jahrhundert<sup>1</sup>. Galina Balaschowa war für die Innengestaltung des bemalten Raumschiffes Sojus und der Raumstation Mir verantwortlich und am Apollo-Soyuz-Programm beteiligt, der ersten friedlichen US-amerikanisch-sowjetischen Kooperation in der Weltraumfahrt. Ihre zentrale gestalterische Frage in den 1960er- bis 1980er-Jahren lautete: »Wie lassen sich physikalisch-technische Strukturen und essenzielle Wohnfunktionen auf kleinstem Raum so integrieren, dass Menschen unter Bedingungen

der Schwerelosigkeit und extremer körperlicher Beanspruchung leben und arbeiten können?« MY-CO SPACE als skulpturales Habitat überträgt diese Frage auf die heutigen Herausforderungen der Menschheit: »Wie lassen sich biologisch-technische Strukturen und essenzielle Wohnfunktionen auf kleinstem Raum so integrieren, dass Menschen unter Bedingungen begrenzter Ressourcen unbeschwert leben und arbeiten können?« Es überetzt hierbei den Transformationsprozess, den Pilze in der Natur ermöglichen – den Abbau (Dekonstruktion), die Umwandlung und den Aufbau (Rekonstruktion) von organischem Material – in einen utopischen Wohnraum, der durch die Rezyklierung von Ressourcen geprägt ist. Dieser Kreislauf wird durch vielfältige Symbiosen zwischen Pilzen und Pflanzen sowie Pilzen und Tieren ermöglicht.

Funga, Flora und Fauna kooperieren seit Jahrmillionen über Artgrenzen hinweg und haben sich dabei koevolutionär entwickelt. So leben wir Menschen seit unserer Geburt bereits mit einigen Pilzarten zusammen. Sie leben in und auf unseren Körpern, sind unsere ständigen Begleiter und gehören damit zu unserer normalen Mikrobiota. Sie helfen uns, Nährstoffe besser



microscope and a telescope made it possible to immerse oneself in the fungal microcosm as well as the macrocosm surrounding us humans. A guest book could be used to document the experiences and insights gained. MY-CO SPACE was therefore not a completely enclosed space, but a retreat and study space that had contact and engaged with the outside world (→ Fig. 1).

MY-CO SPACE is a habitable sculpture reminiscent of a space station and transports the work of Galina Balashova (born 1931), the only architect among the scientists and engineers of the Soviet space programme, into the 21st century<sup>1</sup>. Galina Balashova was responsible for the interior design of the manned spacecraft Soyuz and the Mir space station and was involved in the Apollo-Soyuz programme, the first peaceful US-Soviet cooperation in space travel. Her central design question from the 1960s to the 1980s was: »How can physical-technical structures and essential living functions be integrated in the smallest space in such a way that people can live and work under conditions of weightlessness

and extreme physical stress?« MY-CO SPACE as a sculptural habitat transfers this question to the challenges facing humanity today: »How can biological-technical structures and essential living functions be integrated in the smallest possible space in such a way that people can live and work carefree under conditions of limited resources?« Here, the sculpture translates the transformation process that fungi enable in nature – the deconstruction, transformation, and reconstruction of organic material – into a utopian living space characterised by the recycling of resources. This cycle is made possible by diverse symbioses between fungi and plants and fungi and animals.

Funga, flora, and fauna have been cooperating across species boundaries for millions of years, evolving in a co-evolutionary manner. Thus, all humans are living together with some species of fungi since birth. These fungi live in and on our bodies, are our constant companions and thus belong to our normal microbiota. They help us to better utilise nutrients, they feed on our



1



2

1 Die bewohnbare Holz-Pilz-Skulptur MY-CO SPACE im Frankfurter Metzlerpark

The inhabitable sculpture MY-CO SPACE, made from wood and fungi, in Frankfurt's Metzlerpark

2 Baumwolle und Schafswolle wurden mit Pilzpigmenten gefärbt und am Webstuhl zu Textilien verarbeitet.

Cotton and sheep's wool were dyed with fungal pigments and woven into textiles with the help of a loom.

zu verwerten, sie ernähren sich von unseren abgestorbenen Zellen, sie stärken unser Immunsystem und beschützen uns vor Krankheiten<sup>2</sup>. Andere Pilzarten, die Mykorrhiza-Pilze, ermöglichen erst durch ihre unterirdischen Netzwerke und die Besiedelung von Pflanzenwurzeln das Wachstum von Bäumen und Nahrungspflanzen, denn sie versorgen Pflanzen mit Nährstoffen und Wasser aus der Erde und erhalten im Gegenzug photosynthetisch gewonnenen Zucker von ihnen. Auch diese symbiotische Beziehung zwischen Mykorrhiza-Pilzen und Pflanzen ist zum beiderseitigen Vorteil und hat den ersten Urpflanzen vor Millionen von Jahren erst die Landbesiedelung ermöglicht. Andere Pilzarten leben als sogenannte Endophyten in den Pflanzenstämmeln und Pflanzenblättern und schützen dadurch Pflanzen vor Krankheiten. Ohne Pilze scheint Leben auf unserem Planeten nicht vorstellbar zu sein, wie der Biologe Merlin Sheldrake berichtet: »Noch nie hat man eine unter natürlichen Bedingungen gewachsene Pflanze ohne solche Pilze gefunden; sie gehören ebenso zum Wesen der Pflanzen wie Blätter oder Wurzeln.«<sup>3</sup>

Pilze sorgen also für uns und unsere Umwelt und formen diese aktiv mit, obwohl sie mikroskopisch klein

sind. Diese und andere enorme kooperative Leistungen der Pilze werden jedoch meist übersehen. MY-CO SPACE stellt daher pilzliche, über Artgrenzen hinweg stattfindende Kollaborationen in den Mittelpunkt, da erst durch Austausch und Rezyklierung von Nährstoffen ein gemeinschaftliches Überleben angesichts planetar begrenzter Ressourcen sichergestellt werden kann. Eine Gedankenreise in die mikroskopisch kleine, aber makroskopisch erfahrbare Welt der Pilze wird angestoßen und ist Ausgangspunkt für die Auseinandersetzung mit Netzwerken und Agenten, die artgrenzen-überschreitend kooperieren und deshalb nachhaltig funktionieren können.

Mit minimaler Ausstattung deckt MY-CO SPACE die Bedürfnisse der Bewohner\_innen durch Pilzprodukte: Man lebt geschützt in einem Pilz-Holz-Haus, sitzt auf Baumstämmen, die Pilzbewuchs nur erahnen oder aber auch eindeutig erkennen lassen, da vereinzelt pilzliche Fruchtkörper zu sehen sind, auch die Kissen bestehen aus pflanzlichen Textilien, die mit Pilzpigmenten gefärbt wurden (→ Abb.2). Die Holzkonstruktion – das Skelett der Skulptur – symbolisiert einen stark vergrößerten pilzlichen Fruchtkörper mit seiner



dead cells, they strengthen our immune system and protect us from diseases<sup>2</sup>. Other species of fungi, the mycorrhizal fungi, make the growth of trees and food plants possible only through their underground networks and colonisation of plant roots, because they supply plants with nutrients and water from the soil and receive photosynthetically derived sugars from them in return. This symbiotic relationship between mycorrhizal fungi and plants is also mutually beneficial and enabled the first primordial plants to colonise land millions of years ago. Other fungal species live as so-called endophytes in the plant stems and leaves and thus protect plants from diseases. Without fungi, life on our planet seems inconceivable, as biologist Merlin Sheldrake reports: »No plant grown under natural conditions has ever been found without these fungi; they are as much a part of planthood as leaves or roots.«<sup>3</sup>

Fungi thus care for and actively shape us and our environment, even though they are microscopically small. However, these and other enormous

cooperative achievements of fungi are usually overlooked. MY-CO SPACE therefore focuses on fungal collaborations that take place across species boundaries, as it is only through the exchange and recycling of nutrients that common survival can be ensured in view of planetarily limited resources. A journey of thought into the microscopically small but macroscopically tangible world of fungi is initiated and is the starting point for the examination of networks and agents that cooperate across species boundaries and can therefore function sustainably. With minimal equipment, MY-CO SPACE meets the needs of its inhabitants through fungal products. One lives sheltered in a house made of wood and fungi, sits on tree trunks that suggest fungal growth or clearly show it, since fungal fruiting bodies can be seen in isolated cases, and even the cushions are made of plant textiles dyed with fungal pigments (→ Fig.2). The wooden construction – the skeleton of the sculpture – symbolises an enlarged fungal fruiting body with its lamellar geometry (→ Fig.3), so that fungi become



3



4

3 Ausschnitte aus dem Aufbauprozess der MY-CO SPACE-Skulptur im Frankfurter Metzlerpark im Juni 2021 für die Ausstellung *tinyBE • living in a sculpture*: Bodenplatte und Holzunterkonstruktion aus Sperrholzbögen (↖), Innen- und Außenansicht der partiell fertigen Außenhaut aus Pilzpaneelen (↗) (↖)

Excerpts from the construction process of the MY-CO SPACE sculpture in Frankfurt's Metzlerpark in June 2021 for the exhibition *tinyBE • living in a sculpture*: base plate and wooden substructure made of plywood arches (↖), interior and exterior view of the partially finished outer skin made of mushroom panels (↗) (↖)

4 Außenansicht der bewohnbaren Holz-Pilz-Skulptur MY-CO SPACE während der Ausstellung *tinyBE • living in a sculpture* im Frankfurter Metzlerpark 2021

External view of the habitable sculpture MY-CO SPACE, made from wood and fungi, in Frankfurt's Metzlerpark during the exhibition *tinyBE • living in a sculpture* in 2021

Lamellengeometrie (→ Abb. 3), sodass Pilze zu einem Ge- genüber auf Augenhöhe werden, zu Netzwerkpartnern und Co-Agenten, zu denen wir uns in Beziehung setzen können. Die Überdachung aus Pilzpaneelen (→ Abb. 4) ermöglicht den Kontakt und die Auseinandersetzung mit innovativen Baumaterialien der Zukunft, die durch die Stoffwechselfähigkeiten der Pilze gewonnen werden können. Reststoffe aus der Agrar- und Forstwirtschaft wie Stroh, Schäben und Sägespäne werden ausgewählten Pilzarten als Nährstoffe angeboten, sie beginnen auf ihnen zu wachsen und bilden dabei ihr dreidimensionales Netzwerk aus, welches wir Myzel nennen. Dieses Netzwerk wächst kontinuierlich, umspannt dabei alle Nährstoffpartikel und verbindet sie fest miteinander (→ Abb. 5, 6). So entsteht ein leichtes, aber trotzdem stabiles, darüber hinaus gut dämmendes Pilz-Pflanzen-Verbundmaterial, welches vielfältig, etwa im Bauwesen, verwendet werden kann<sup>4</sup>.

MY-CO SPACE ermöglicht somit das Erleben, Durchdenken und Verstehen von Leben und Wohnen mit und durch Pilze und symbolisiert symbiotische Lebensgemeinschaften, die unsere Welt dominieren und für die Biologin Lynn Margulis 1991 den Begriff

»Holobionten« (Gesamtlebewesen) einführte<sup>5</sup>. Da viele holobiontische Partner für unsere Augen unsichtbar sind, konnten die in der Skulptur verbauten Pilzmyzelien wie auch die Pilze des umgebenden Parks in ihrer Netzwerkbildung durch ein Mikroskop betrachtet und selbst auch ästhetisch gewürdigt werden. Den Kontakt zum Makrokosmos ermöglichte ein Teleskop und lud ein zu einer weiteren Reise in die uns umgebende Welt. Damit sollte der Fokus der Besucher\_innen nicht nur auf die Bedeutung des für uns Menschen Kleinen gelenkt werden, sondern auch auf das für uns schwer fassbare Große. In dem Videofilm *MY-CO SPACE / The World of Fungi* wurden die verwobenen Netzwerke und Lebenswelten der Pilze vorgestellt und eine Reise durch mehrere Dimensionen angeregt – von Nanometern (der Größe der kleinsten Bestandteile, aus denen Pilze bestehen) bis zu Kilometern (den Spannweiten großer Pilzmyzelien). Ein weiterer Videofilm, *MY-CO SPACE / Making of*, stellte das SciArt Kollektiv MY-CO-X vor und ließ seine Akteur\_innen über ihre interdisziplinäre Arbeit am Projekt MY-CO SPACE und ihre Faszination für die Welt der Pilze sprechen. Ihre gemeinsam entwickelte Konzeption und das digitale Design von



counterparts at eye level, that is network partners and co-agents with whom we can relate. The roofing made of fungal panels enables contact and engagement with innovative building materials of the future (→ Fig. 4) which can be obtained through the metabolic abilities of fungi. Residual materials from agriculture and forestry such as straw, shives, and sawdust are offered to selected species of fungi as nutrients. They feed on them, begin to grow and form their three-dimensional network, which we call mycelium. This network grows continuously, spanning all the nutrient particles and binding them tightly together (→ Fig. 5, 6). In this way, a light but nevertheless stable, furthermore well insulating fungal-plant composite material is created, which can be applied in many ways, for example in the building industry<sup>4</sup>.

MY-CO SPACE thus makes it possible to experience, think through and understand life and living with and through fungi and symbolises symbiotic communities that dominate our world and for which the biologist

Lynn Margulis introduced the term »holobionts« in 1991<sup>5</sup>. Since many holobiontic partners are invisible to our eyes, fungal mycelia present in the sculpture as well as fungi of the surrounding park could be viewed in their network formation through a microscope and aesthetically appreciated themselves. A telescope enabled contact with the macrocosm and invited visitors on a further journey into the world around us. This was intended to draw the visitors' focus not only to the significance of what is small for us humans, but also to what is large and elusive for us. In the video film *MY-CO SPACE / The World of Fungi*, the interwoven networks and living worlds of fungi were presented and a journey through several dimensions was encouraged – from nanometres (the size of the smallest components of which fungi are made) to kilometres (the spans of large fungal mycelia). Another video film, *MY-CO SPACE / Making of*, introduced the SciArt collective MY-CO-X and let its members talk about their interdisciplinary work on the MY-CO SPACE project

MY-CO SPACE (→ Abb. 7) konnte in dem Animationsfilm *MY-CO SPACE / Designing for Co-Habitation* nachverfolgt werden. (QR-Codes → S.147)

Ein digitales Modell diente dem Kollektiv als Grundlage für den Entwurf und die Herstellung der Skulptur. Im digitalen Gestaltungsprozess ergab sich die Form jedes Elements von MY-CO SPACE entsprechend der individuellen Krümmung der Gesamtform. Das geometrische Prinzip für die überdachende Außenhaut basierte auf einem Hexagon (Sechseck), das den Benzolring als zentralen Bestandteil des Grundgerüsts verholzter Pflanzen, der Lignocellulose, widerspiegeln sollte. Hexagonale Strukturen in der Natur gelten gemeinhin als sehr stabil und effizient. Diese Entwurfsprinzipien wurden anschließend in einen nachhaltigen und kosteneffizienten Baukörper übersetzt, der mit digitalen Fräsprozessen vorgefertigt und vor Ort montiert werden konnte (→ Abb. 7). Eine wichtige Anforderung war die Wiederverwendbarkeit der gesamten Konstruktion, sodass die Skulptur an anderen Standorten erneut aufgebaut werden kann. Um Materialverbrauch und Gewicht zu minimieren, wurde eine leichte Holzunterkonstruktion aus Sperrholzbögen angefertigt, die auf einer Bodenplatte befestigt und

mit horizontalen Holzbrettern verbunden sind. Diese Bretter dienen nicht nur zur Aussteifung, sondern auch als Regal für die Ausstattung der Skulptur. Die doppel-lagige Bodenplatte verteilt die Kräfte und kann ebenfalls als Stauraum genutzt werden (→ Abb. 3).

Diesen digital-experimentellen Ansätzen steht diametral der analoge, in digitalen Zeiten anachronistisch wirkende Prozess der Handweberei gegenüber. Die Herstellung von Stoffen und gewebten Objekten gehört zu den wichtigsten Erfindungen der Menschheitsgeschichte, ist jedoch für die meisten Menschen ein in Vergessenheit geratenes Handwerk. Das Weben soll nicht nur als eine Visualisierung des Netzwerkgedankens verstanden werden. Es ist auch eine Erinnerung daran, dass die Menschheit vor dem Einsetzen der Industrialisierung über Jahrtausende sehr nachhaltig und im Einklang mit der Natur gewirtschaftet hat. Nichts wurde weggeworfen, alles wiederverwertet oder aufgebraucht. Im Rahmen von MY-CO SPACE wurde daher erforscht, welche Pigmente speziell aus Pilzen sich für das Färben von organischen Materialien eignen, die zur Herstellung von Stoffobjekten für den Alltagsgebrauch dienen. Materialien und Pilzfarben wurden sodann im Sinne eines



and their fascination for the world of fungi. The development of their joint concept and the digital design of MY-CO SPACE (→ Fig.7) were documented in the animated film *MY-CO SPACE / Designing for Co-Habitation*. (QR codes → p.147)

A digital model served the collective as the basis for the design and production of the sculpture. In the digital design process, the shape of each element of MY-CO SPACE emerged according to the individual curvature of the overall form. The geometric principle for the roofing outer skin was based on a hexagon meant to symbolise the benzene ring as a central component of the basic structure of woody plants, lignocellulose. Hexagonal structures in nature are generally considered to be very stable and efficient. These design principles were then translated into a sustainable and cost-effective structure for the sculpture that could be prefabricated using digital milling processes and assembled on site (→ Fig.7). An important requirement was the reusability of the entire sculpture so that it could be installed again

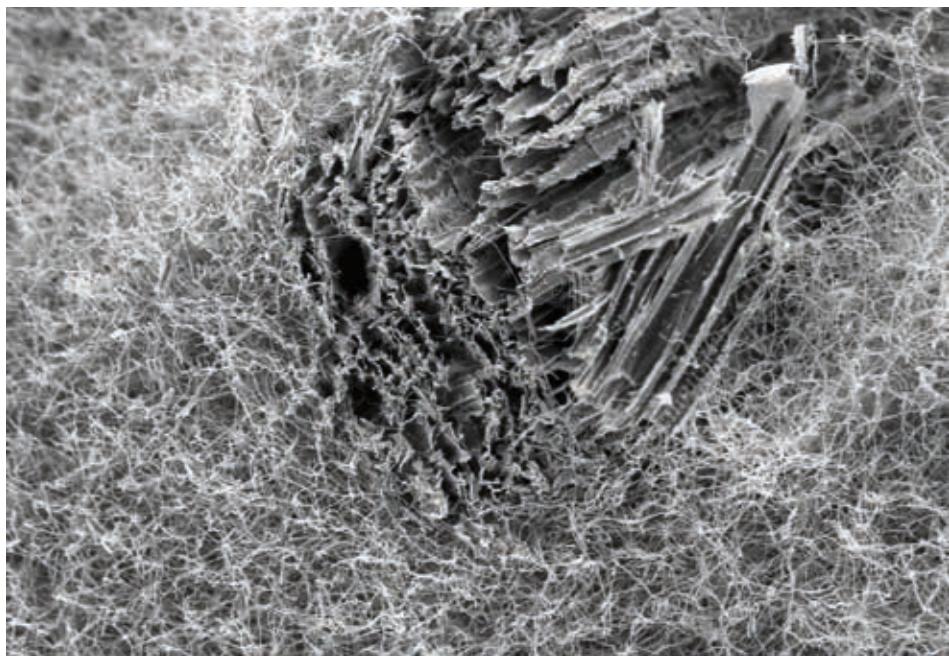
at another site. To minimise material consumption and weight, a lightweight wooden substructure made of plywood arches was constructed, which were fixed to a base plate and connected with horizontal wooden boards. These boards serve as both bracing and shelving for the sculpture's furnishings. The double-layered base plate distributes the forces and can also be used as storage space (→ Fig.3).

These digital-experimental approaches are diametrically opposed to the analogue process of handmade weaving, which seems anachronistic in digital times. The production of fabrics and woven objects is one of the most important inventions in human history, but for most people it is a forgotten craft. Weaving should not only be understood as a visualisation of the network idea, it is also a reminder of the fact that for thousands of years before the onset of industrialisation, mankind operated very sustainably and in harmony with nature. Nothing was thrown away, everything was recycled or used up. MY-CO SPACE therefore explored which



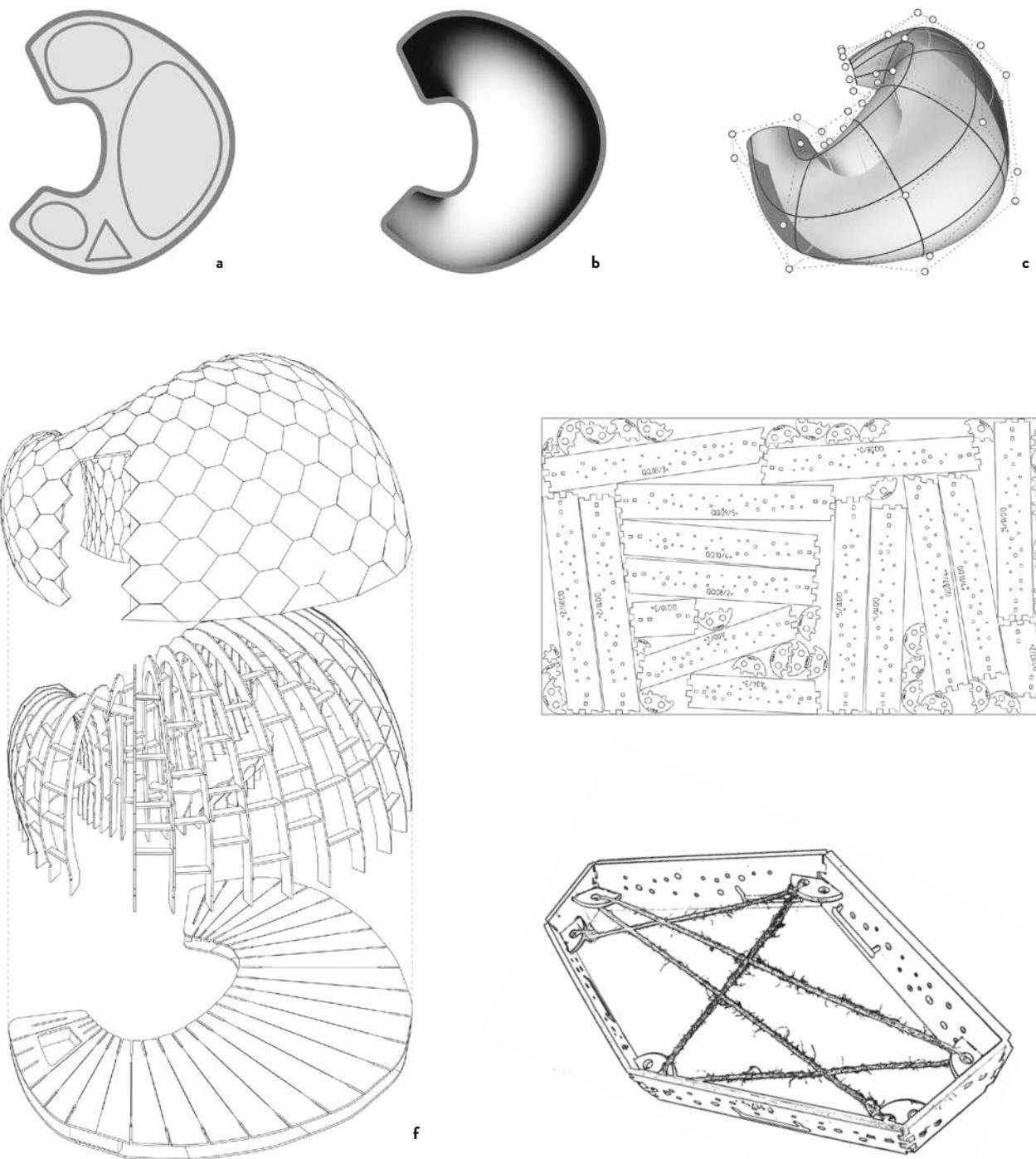
**5** Ausschnitt aus dem Herstellungsprozess von Pilz-Pflanzen-Verbundmaterial für die Überdachung des MY-CO SPACE: Hanfschäben werden mit Myzel des Zunderschwamms *Fomes fomentarius* beimpft und in hexagonal geformten Rahmen aus Sperrholz kultiviert. In einem Zeitraum von ca. 4 Wochen transformiert der Pilz pflanzliche Biomasse in eigene Biomasse. Sein dadurch kontinuierlich wachsendes Myzel verbindet die losen Substratpartikel zu einem Pilz-Pflanzen-Verbund. Bereits nach 2 Wochen beginnt das weißliche Myzel, die Oberfläche der entstandenen Pilzpaneelle zu bedecken und kann mit bloßem Auge beobachtet werden. Die Kultivierung wird beendet und der Pilz inaktiviert, indem die Pilzpaneelle für zwei Tage bei 60 °C im Ofen getrocknet werden.

Snapshot of the production process of fungal-plant composite material for the MY-CO SPACE roofing: Hemp shives are inoculated with mycelium of the tinder fungus *Fomes fomentarius* and cultivated in hexagonally shaped frames made of plywood. Over a period of about 4 weeks, the fungus transforms plant biomass into its own biomass. Its continuously growing mycelium connects the loose substrate particles to form a fungus-plant composite. After only 2 weeks, the whitish mycelium begins to cover the surface of the fungal panels and can be observed with the naked eye. The cultivation is terminated and the fungus inactivated by drying the fungal panels in the oven at 60 °C for two days.



6 Elektronenmikroskopische Aufnahme von Hanfschäben, die in das Myzel von *Fomes fomentarius* eingebettet sind (150-fache Vergrößerung) (I), (50-fache Vergrößerung) (II)

Electron micrograph of hemp shives embedded in the mycelium of *Fomes fomentarius* (150-fold magnification) (I), (50-fold magnification) (II)

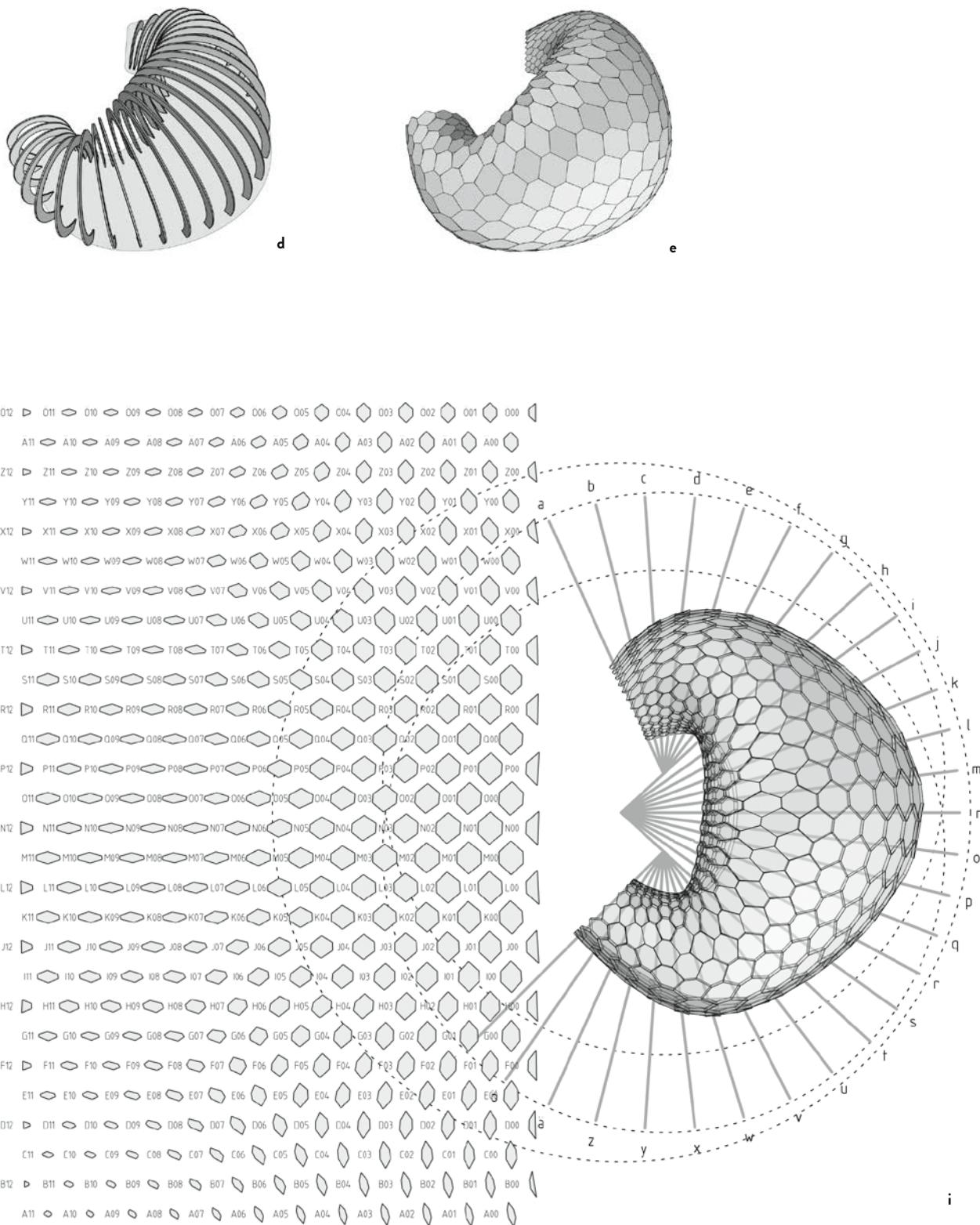


#### 7 Digitales Design des MY-CO SPACE

- a Raumprogramm
- b Höhenanalyse
- c Kontrollfläche
- d Anordnung der Lamellen
- e Tesselierung der Oberfläche
- f Explosionszeichnung
- g genestetes Schnittmuster Paneele
- h zusammengesetztes Paneel
- i Strukturiertdiagramm Skulptur und Paneele

Digital design of MY-CO SPACE

- a space program
- b height analysis
- c control surface
- d arrangement of the lamellae
- e surface tessellation
- f exploded view drawing
- g nested pattern panels
- h assembled panel
- i diagram of sculpture and panels



autarken pilzlichen Stoffwechsels händisch zu Textilien verarbeitet (→ S. 66ff.).

So ist MY-CO SPACE ein interaktiver Studier-, Experimentier- und Erfahrungsraum, der sich der verwohlenen Welt der Pilze zu nähern versucht, um von diesen Wege, Strategien und Techniken für eine nachhaltigere Wirtschafts- und Lebensweise zu lernen. Als Pilz-Mensch-Gemeinschaftswerk strebt es nach einem anderen Blickwinkel und einem Interaktionsprozess, in dem Menschen in ein sowohl bewusstes als auch unbewusstes Gespräch mit ihrer Umwelt verwickelt sind, und versucht, einen Standpunkt einzunehmen, der eine Abflachung der Hierarchien zwischen den verschiedenen Agent\_innen und Autor\_innen – Menschen und Nicht-Menschen – impliziert. MY-CO SPACE ist daher eine gebaute Reflexion über die Kooperation mit biologischen Systemen, die organische Stoffe und Energie speichern, umwandeln und wiederverwerten, und eine Untersuchung von Pilzen als zukünftigem leichtem Baumaterial, das gegen Feuer, Erschütterungen und Wasser beständig ist. Es wurde in radikaler Transdisziplinarität in einem Team von Künstler\_innen, Architekt\_innen und Pilzbiotechnolog\_innen entwickelt, dem Berliner SciArt

Kollektiv MY-CO-X.<sup>6</sup> Denn es ist die Überzeugung des Kollektivs, dass die Dringlichkeit der planetaren Situation und der Fragen, vor denen wir jetzt stehen, ein ganzheitliches Konzept und eine enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Kunst erfordern.



pigments, especially from fungi, might be suitable for dyeing organic materials used to make fabric objects for everyday use. Materials and fungal dyes were then processed by hand into textiles in the sense of a self-sufficient fungal metabolism (→ p 66ff.).

MY-CO SPACE is thus an interactive study, experimental, and experiential space that attempts to approach the interwoven world of fungi to learn from them methods, strategies, and techniques for a more sustainable economy and way of life. As a fungal-human community work, it strives for a different perspective and a process of interaction in which humans are involved in a both conscious and unconscious conversation with their environment. And it tries to adopt a point of view that implies a flattening of hierarchies between the different agents and authors – human as well as non-human. The sculpture was developed in radical transdisciplinarity by a team of artists, architects, and fungal biotechnologists, the Berlin SciArt collective MY-CO-X.<sup>6</sup> It is their conviction that the urgency of the

planetary situation and the issues we now face require a holistic approach and close collaboration between science and art.

- 
- 1** Philipp Meuser: *Galina Balaschowa. Architektin des sowjetischen Raumfahrtprogramms*, Berlin 2014.
- 2** David M. Underhill und Iliyan D. Iliev: »The mycobiota: Interactions between commensal fungi and the host immune system«, in *Nature Reviews Immunology* **14**, 6 (Juni 2014), S. 405–416. DOI 10.1038/nri3684
- 3** Merlin Sheldrake: *Verwobenes Leben: Wie Pilze unsere Welt formen und unsere Zukunft beeinflussen*, Berlin 2020, S. 15.
- 4** Antoni Gandia et al.: »Flexible fungal materials: Shaping the future« in *Trends in Biotechnology* **39**, 12 (Dez. 2021), S. 1321–1331. DOI 10.1016/j.tibtech.2021.03.002.
- 5** Siehe Lynn Margulis und René Fester (Hrsg.): *Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation: Speciation and Morphogenesis*. Cambridge MA 1991. ISBN 978-0-262-51990-8.

- 6** Die Mitglieder des SciArt Kollektivs MY-CO-X (2021): Vera Meyer, Angely Angulo Meza, Bastian Schubert, Bertram Schmidt, Birke Weber, Carsten Pohl, Christian Schmidts, Dimitra Almpani-Lekka, Kustrim Cerimi, Lisa Stelzer, Sven Pfeiffer.

Das Kapitel basiert auf unserem Artikel »MY-CO SPACE: An artistic-scientific vision on how to build with fungi«, der 2022 in der wissenschaftlichen Fachzeitschrift *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* erscheinen wird und für das vorliegende Buch von uns überarbeitet und erweitert wurde.



- 
- 1** Philipp Meuser: *Galina Balaschowa. Architektin des sowjetischen Raumfahrtprogramms*, Berlin 2014.
- 2** David M. Underhill and Iliyan D. Iliev: »The mycobiota: Interactions between commensal fungi and the host immune system«, in *Nature Reviews Immunology* **14**, 6 (June 2014), pp. 405–416. DOI 10.1038/nri3684
- 3** Merlin Sheldrake: *Entangled Life: How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds and Shape Our Futures*, London 2020, p. 5.
- 4** Antoni Gandia et al.: »Flexible fungal materials: Shaping the future« in *Trends in Biotechnology* **39**, 12 (Dec. 2021), pp. 1321–1331. DOI 10.1016/j.tibtech.2021.03.002.
- 5** See Lynn Margulis and René Fester (Eds): *Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation: Speciation and Morphogenesis*. Cambridge MA 1991.

- 6** Members of the SciArt collective MY-CO-X (2021): Vera Meyer, Angely Angulo Meza, Bastian Schubert, Bertram Schmidt, Birke Weber, Carsten Pohl, Christian Schmidts, Dimitra Almpani-Lekka, Kustrim Cerimi, Lisa Stelzer, Sven Pfeiffer.

This chapter is a revised and extended version of our article »MY-CO SPACE: An artistic-scientific vision on how to build with fungi« that will be published in the scientific journal *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* in 2022.



# **Das Projekt MY-CO BUILD**

Vera Meyer, Sven Pfeiffer

## **The MY-CO BUILD project**

**MY-CO BUILD IST DER TITEL** eines transdisziplinären Forschungsprojekts und einer wechselnden Ausstellung des SciArt Kollektivs MY-CO-X, die von 2021 bis 2024 im Berliner Futurium zu sehen ist. Im Zentrum stehen Pilze und biotechnologisch gewonnene pilzbasierte Biomaterialien, die wir in Zusammenarbeit mit vielen akademischen und nicht-akademischen Partner\_innen als Baustoffe für eine nachhaltige Architektur der Zukunft erforschen. Begleitet wird die Ausstellung von Open Lab-Abenden sowie öffentlichen Pilzkultivierungskursen, die gemeinsam mit TOP Lab im Rahmen des Projekts *Mind the Fungi* erarbeitet und für MY-CO BUILD mit Alessandro Volpato von TOP Lab und Stefanie Holzheu vom Futurium Lab kontinuierlich weiterentwickelt werden (→ s. 90 ff.). Die Ausstellung MY-CO BUILD beleuchtet und begleitet daher live den laufenden Forschungsprozess, ermöglicht interessierten Laien und der Berliner Do-it-yourself- bzw. DIY-Szene eine aktive Teilhabe daran und entwickelt sich durch wechselnde wissenschaftliche, künstlerische, bürger\_innenwissenschaftliche und architektonische Exponate beständig weiter.

Warum Bauen mit Pilzen? Als einer der größten Verbraucher endlicher Ressourcen und einer der Haupt-

erzeuger von Abfall und klimaschädlichen Treibhausgasen steht die Bauindustrie vor noch nie dagewesenen Herausforderungen, wenn es darum geht, die derzeitigen Praktiken zu hinterfragen. Dies gilt sowohl für den Neubau und den Umbau von Bestandsbauten als auch für den Ressourcenverbrauch während der Nutzung von Gebäuden. Eine wachsende Bevölkerung und der damit verbundene wachsende Bedarf an Bautätigkeiten stellen darüber hinaus eine weitere, fast unüberwindbare Herausforderung für die Architektur und die Industrie insgesamt dar. Vor dem Hintergrund dieser großen gesellschaftlichen Fragen ist es notwendig, grundsätzlich neue Entwurfs- und Planungsprozesse sowie baulich-konstruktive Ansätze zu entwickeln, die einen Paradigmenwechsel in der Art und Weise der Materialverwendung im Bauen ermöglichen, um die Herausforderungen auf wirklich nachhaltige Weise zu bewältigen. Durch die Verwendung von Baumaterialien etwa auf Pilzbasis sind neue nachhaltige, aber auch neue technische und ästhetische Lösungen im Bauen denkbar. Damit pilzbasierte Materialien, die biotechnologisch aus erneuerbaren Ressourcen wie nachwachsenden pflanzlichen Rohstoffen hergestellt werden, in



**MY-CO BUILD IS THE TITLE** of a transdisciplinary research project and a changing exhibition by the SciArt collective MY-CO-X, which can be experienced from 2021 until 2024 at the Futurium in Berlin. The focus of the exhibition is on biotechnologically obtained fungal-based biomaterials, which are being researched in cooperation with many academic and non-academic partners as building materials for a sustainable architecture of the future. The exhibition is accompanied by open lab evenings as well as public fungal cultivation courses, which were originally developed together with TOP Lab as part of the *Mind the Fungi* project and developed further for MY-CO BUILD in close cooperation with Alessandro Volpato from TOP Lab and Stefanie Holzheu from Futurium Lab (→ p. 90 ff.). Our exhibition illuminates and accompanies the ongoing research process, enables the interested public and the Berlin do-it-yourself (DIY) scene to actively participate in it, and continues to evolve through changing scientific, artistic, civic and architectural exhibits.

Why building with fungi? As one of the main consumers of finite resources and one of the main producers of climate-damaging greenhouse gases and waste, the construction industry faces unprecedented challenges when it comes to challenging current practices. This applies both to the construction and conversion of existing buildings as well as to the consumption of resources during the use of buildings. A growing population and the associated growing need for construction activities also represent another almost insurmountable challenge for architecture and industry as a whole. Against the background of these major social questions, it is necessary to develop fundamentally new design and planning processes as well as structural-constructive approaches that will lead to a paradigm shift in the way in which materials are used in building.

Through the use of building materials based on fungi, new sustainable but also new technical and aesthetic solutions in construction are conceivable. In order to introduce fungal-based materials that are

die Baubranche eingeführt werden können, bedarf es neuer Entwurfs-, Planungs- und Baumethoden, die die Eigenschaften der neuen Pilzwerkstoffe über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes berücksichtigen. Methoden zur Integration von Materialeigenschaften in digitale Zwillinge von Gebäuden sowie digitale Fertigungsmethoden für Materialien auf Pilzbasis müssen entwickelt werden, um zum Beispiel optimale Wachstumsbedingungen zu schaffen für 3D-gedruckte Bauteile aus pilzbasierten Materialien oder auch für Rahmenkonstruktionen aus verschiedenen Werkstoffen auf pflanzlicher und pilzlicher Basis. Grundsätzlich haben pilzbasierte Materialien ihren ersten Weg in die Architektur bereits kürzlich gefunden. So verbaute die Einheit »Urban Mining & Recycling« im Forschungsgebäude NEST der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt in der Schweiz 2017 Wandpaneele aus Pilzmyzel<sup>1</sup> und die italienische Firma Mogu vertreibt pilzbasierte Akustikbauteile für den Innenausbau<sup>2</sup>. Die hier genutzten pilzbasierten Werkstoffe stellen eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Baumaterialien in Bezug auf thermische und akustische sowie Brandschutzeigenschaften dar und können nach dem

Lebensende getrennt und / oder vollständig kompostiert werden. Das Ergebnis des Einsatzes von pilzbasierten Materialien und Werkstoffen könnte daher ein sicheres, leichtgewichtiges, vollständig zirkuläres Baukastensystem der Zukunft sein.

Die Exponate von MY-CO BUILD im Futurium nähern sich diesen Fragestellungen, Herausforderungen und aktuellen (bio)technologischen Möglichkeiten als wissenschaftlich-künstlerisch-architektonische Reflexionen über traditionelle und zukünftige Baukulturen. So werden unterschiedliche konventionell gefertigte und 3D-gedruckte Bauteile durch pilzbasierte Biomaterialien modifiziert und verändern dadurch ihre Funktion und ihre Leistungsfähigkeit. Durch die Verbindung unterschiedlicher Materialien entstehen dabei neue Zusammenhänge und konstruktive Möglichkeiten, die über eine evolutive Herangehensweise eine Transformation hin zu einer zukünftig vollständig kreislauffähigen Bauweise ermöglichen könnten. Unser Ziel ist, die Besucher\_innen durch verschiedene Exponate mit der Welt der Pilze und den Möglichkeiten in Kontakt zu bringen, die sich aus der Synthese der modernen Pilzbiotechnologie mit digitalen Bauprozessen ergeben. Wir



biotechnologically produced from renewable resources (such as renewable plant-based raw materials) into the construction industry, new design, planning and construction methods are required that take into account the properties of the new fungal materials over the entire life cycle of a building. Methods for the integration of material properties into digital twins of buildings as well as digital manufacturing methods for fungal-based materials must be developed in order to create optimal growth conditions, for example for 3D-printed components made of fungal-based materials or for frame constructions made of various materials based on plants and fungi. Fungal-based materials have already been introduced into architecture. In 2017, the Urban Mining & Recycling unit in the NEST research building of the Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research EMPA in Switzerland installed wall panels made of fungal mycelium<sup>1</sup> and the Italian company Mogu sells fungal-based acoustic components for interior fittings<sup>2</sup>. These fungal-based materials

represent a promising alternative in terms of thermal, acoustic and fire protection properties and can be separated and / or completely composted after the end of life. The result could therefore be a safe, lightweight, fully circular modular system of the future.

The exhibition pieces of MY-CO BUILD approach these questions, challenges, and current (bio)technological possibilities as scientific-artistic-architectural reflections on traditional and future building cultures. Several conventionally produced and 3D-printed building components are combined with fungal-based biomaterials, thereby changing their function and performance. New connections and constructive possibilities are created, which could enable a transformation towards completely recyclable ways of construction in the future via an evolutionary approach. Our goal is to bring the exhibition's visitors into contact with the world of fungi and the possibilities arising from the synthesis of modern fungal biotechnology with digital building processes through various exhibits. We would like to encourage





**1 Pilzskulpturen von Vera Meyer | V. meer**

Stadtlandschaft II, 2019 (↖)

*Macrolepiota procera*, Flechten, Pustelblume, Holz, Gold, Rost,  
20 x 35 x 15 cm

Raumschiff III, 2019 (↗)

Baumskelett aus Lignin, *Daedalea quercina*, Birne mit Wespenfraß,  
Gold, Schellack, Rost, 12 x 30 x 15 cm

Auf der Bühne V, 2019 (↑)

Wasserhahn, *Ganoderma lucidum*, Baumskelett aus Lignin, Gold, Rost,  
13 x 13 x 8 cm

Auf der Bühne VII, 2019 (↓)

*Macrolepiota procera*, Türklinke, Gold, Rost, 10 x 12 x 3 cm

Auf der Bühne VI, 2019 (→)

*Macrolepiota procera*, Maßband, Gold, 13 x 3 x 3 cm

Fungal sculptures by Vera Meyer | V. meer

Cityscape II, 2019 (↖)

*Macrolepiota procera*, lichen, blowball, wood, gold, rust,  
20 x 35 x 15 cm

Spacecraft III, 2019 (↗)

Tree skeleton made of lignin, *Daedalea quercina*, pear eaten by wasps,  
gold, shellac, rust, 12 x 30 x 15 cm

On the stage V, 2019 (↑)

Faucet, *Ganoderma lucidum*, tree skeleton made of lignin, gold, rust,  
13 x 13 x 8 cm

On the stage VII, 2019 (↓)

*Macrolepiota procera*, door handle, gold, rust, 10 x 12 x 3 cm

On the stage VI, 2019 (→)

*Macrolepiota procera*, tape measure, gold, 13 x 3 x 3 cm

möchten sie anregen, über aktuelle Möglichkeiten einer neuen gebauten Umwelt nachzudenken und durch eine Teilnahme an den Pilzkultivierungskursen nicht nur neue Exponate für die Ausstellung, sondern eine neue Architektur mitzugestalten. Erläuternd zu den Exponaten steht der Videofilm *MY-CO BUILD / Architektur, Digitalität und Pilze* zur Verfügung, in dem wir beide als Biotechnologin und Künstlerin bzw. als Architekt und Designer unsere Ideen und Visionen für eine pilzbasierte Architektur der Zukunft vorstellen (QR-Code → S.147).

Die Ausstellungsfläche haben wir für die Besucher\_innen in fünf Bereiche unterteilt, die verschiedene Denk- und Möglichkeitsräume eröffnen sollen. Im ersten Bereich »Pilzmyzel trifft Kunst« werden künstlerische Exponate vorgestellt, die Vera Meyer als Künstlerin unter dem Pseudonym V. meer geschaffen hat. Mit den Mitteln der Kunst werden ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse um die Stoffwechselfähigkeiten der Pilze in biologische Skulpturen übersetzt (→ Abb.1). Zufallsfunde aus der Natur, aber auch Weggeworfenes, Verrottendes oder vermeintlich Unnützes werden mit Baum- und Wiesenpilzen kombiniert, um dem Zusammen-Gefundenen einen neuen Ausdruck und eine neue Koexistenz

zu verleihen. Die hierbei entstandenen Pilzskulpturen erinnern an Märchenreiche oder an Lebewesen, die andere Planeten bevölkern. Sie stehen sinnbildlich für den Kreislauf der Dinge in unserer Umwelt und in der Natur. Denn nichts besteht ewig oder verschwindet einfach, alles ist Stoffwechsel und damit beständigen Transformationsprozessen unterworfen.

Im zweiten Bereich »Pilzmyzel trifft Beton« begegnen sich pilzbasierte Verbundwerkstoffe aus dem wissenschaftlichen Labor von Vera Meyer und ihrem Team an der TU Berlin und das klassische Baumaterial Beton. Dieser prägt die industrialisierte Welt wie kein zweites Material. Durch Zement und die Armierung mit Bewehrungsstahl erreicht Beton eine Festigkeit, die den Bau von Brücken und Wolkenkratzern erst ermöglicht. Abgesehen von Wasser wird keine andere Substanz auf der Erde so häufig genutzt wie das Bindemittel Zement, das den Beton erst erhärten lässt. Da Zement für fast jede zehnte Tonne des Treibhausgases CO<sub>2</sub> verantwortlich ist, deren Ausstoß die Menschheit verursacht<sup>3</sup>, ist die Forschung zu CO<sub>2</sub>-freundlicherem Beton und Betonrecycling im vollen Gange<sup>4</sup>. Es ist daher zu vermuten, dass Beton als multifunktionaler und stabiler Werkstoff



them to think about current possibilities of a new built environment and, by participating in the fungal cultivation courses, to help shape a new building culture based on citizen participation. Further explanation can be found in the video film *MY-CO BUILD / Architecture, digitality and fungi*, in which we present our ideas and visions for a fungal-based architecture of the future as biotechnologist and artist and as architect and designer, respectively (QR code → p.147).

We have divided the exhibition space into five parts that are intended to open up different spaces for thought. The first section »Mycelium Meets Art« presents artistic exhibits that Vera Meyer created as an artist under the pseudonym V. meer. With the means of art, her scientific findings on the metabolic abilities of fungi are translated into biological sculptures (→ Fig.1). Chance finds from nature as well as discarded, rotting or supposedly useless things are combined with tree and meadow mushrooms in order to give the »found together« a new expression and a new coexistence. The

resulting fungal sculptures are reminiscent of fairy tale kingdoms or beings that populate distant planets. They symbolise the cycle of things in our environment and in nature. Because: nothing exists forever or simply disappears, everything is subject to metabolism and thus constant transformation processes.

In the second part »Mycelium Meets Concrete«, fungal-based composite materials from the scientific laboratory of Vera Meyer and her team at the TU Berlin encounter the classic building material. Concrete shapes the industrialised world like no other material. By reinforcing cement with steel, concrete achieves a strength that makes the construction of bridges and skyscrapers possible. Apart from water, no other substance on Earth is used as frequently as cement, which allows concrete to harden. Since cement is responsible for almost every tenth ton of the greenhouse gas CO<sub>2</sub> emitted by humanity<sup>3</sup>, research on CO<sub>2</sub>-friendly concretes and concrete recycling is in full swing<sup>4</sup>. It can therefore be assumed that concrete will continue to be used as a

auf absehbare Zeit weiter genutzt werden wird. Daher thematisieren die Ausstellungsobjekte in diesem Bereich, wie zukünftig Verbundmaterialien aus Pilzen und Reststoffen aus der Agrar- oder Forstwirtschaft sowie Beton gebildet werden können, um insgesamt den Bedarf an Beton erheblich zu reduzieren sowie Einsatzmöglichkeiten für recycelten Beton zu erforschen (→ Abb. 2, 3). Für alle Objekte wurde der Zunderschwamm (lat. *Fomes fomentarius*) aus der Berlin-Brandenburger Region verwendet. Während seines Wachstums auf agrarischen Sekundärrohstoffen, wie Hanfschäben oder Rapsstroh, bildet er ein Geflecht aus sich permanent verzweigenden Zellfäden aus – das Pilzmyzel. Dieses dreidimensionale Pilznetzwerk verdichtet die pflanzlichen Partikel zu einem festen Verbund, der als Werkstoff verschiedene Dichten und damit Eigenschaften haben kann. Das Pilzmyzel funktioniert somit wie ein biologischer Klebstoff. Durch das weitere Wachstum des Pilzmyzels in Betonteile hinein kann darüber hinaus der Pilz-Pflanzen-Verbund mit diesem dritten Material fest gefügt werden (→ Abb. 2, 3). Auch hier wirkt das Pilzmyzel wie ein biologischer Mörtel. Diese Ausstellungsobjekte machen somit die Leistungsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit von

pilzbasierten Biomaterialien in Verbindung mit Beton deutlich. Wird das Pilz-Pflanzen-Material in standardisierte, konventionell hergestellte Betonfertigteile eingebracht, dann wächst das Pilzmyzel mit seinen Zellfäden in die mikroskopisch kleinen Poren der Betonkörper hinein. Auf diese Weise entstehen hochfeste Verbundbauteile, die in naher Zukunft die Tragkraft von Beton mit den Dämmeigenschaften von Pilz-Pflanzen-Materialien kombinieren können.

Der dritte Ausstellungsbereich »Pilzmyzel trifft 3D-Druck« thematisiert die Möglichkeiten der noch jungen, sich aber sehr dynamisch entwickelnden Technologie des 3D-Drucks (auch additive Fertigung genannt) für die Architektur. Große Erwartungen sind hier an automatisierte Fertigungsprozesse geknüpft, die es in der Zukunft ermöglichen sollen, Gebäude mit sehr variablen Formen und verschiedenen inneren Strukturen durch die Schichtung von ausgewählten Materialien zu schaffen. Wird ein Gebäude oder Bauteil additiv gefertigt, werden Materialschichten aus Zement, Kunststoff oder einem anderem Material übereinander gedruckt, um so Verbundmaterialien mit sich jeweils ergänzenden Eigenschaften und gewünschten Strukturen zu



multifunctional and stable material for the foreseeable future. Therefore, the exhibits in this area address how composite materials from fungi and residues from agriculture or forestry as well as concrete can be formulated in the future in order to significantly reduce the overall need for concrete and to explore possible applications for recycled concrete (→ Fig. 2, 3). For all objects the tinder fungus (lat. *Fomes fomentarius*) from the Berlin-Brandenburg region was used. During its growth on agricultural secondary raw materials, such as hemp or rapeseed, it forms a network of permanently branching cell threads – the fungal mycelium. This three-dimensional fungal network compresses the plant particles into a solid composite material, which can have different densities and properties. Due to the further growth of the fungal mycelium into concrete parts, the fungus-plant composite can also bond with this third material (→ Fig. 2, 3). This means that here, too, the fungal mycelium acts like a biological mortar. These exhibits thus highlight the performance and adaptability of

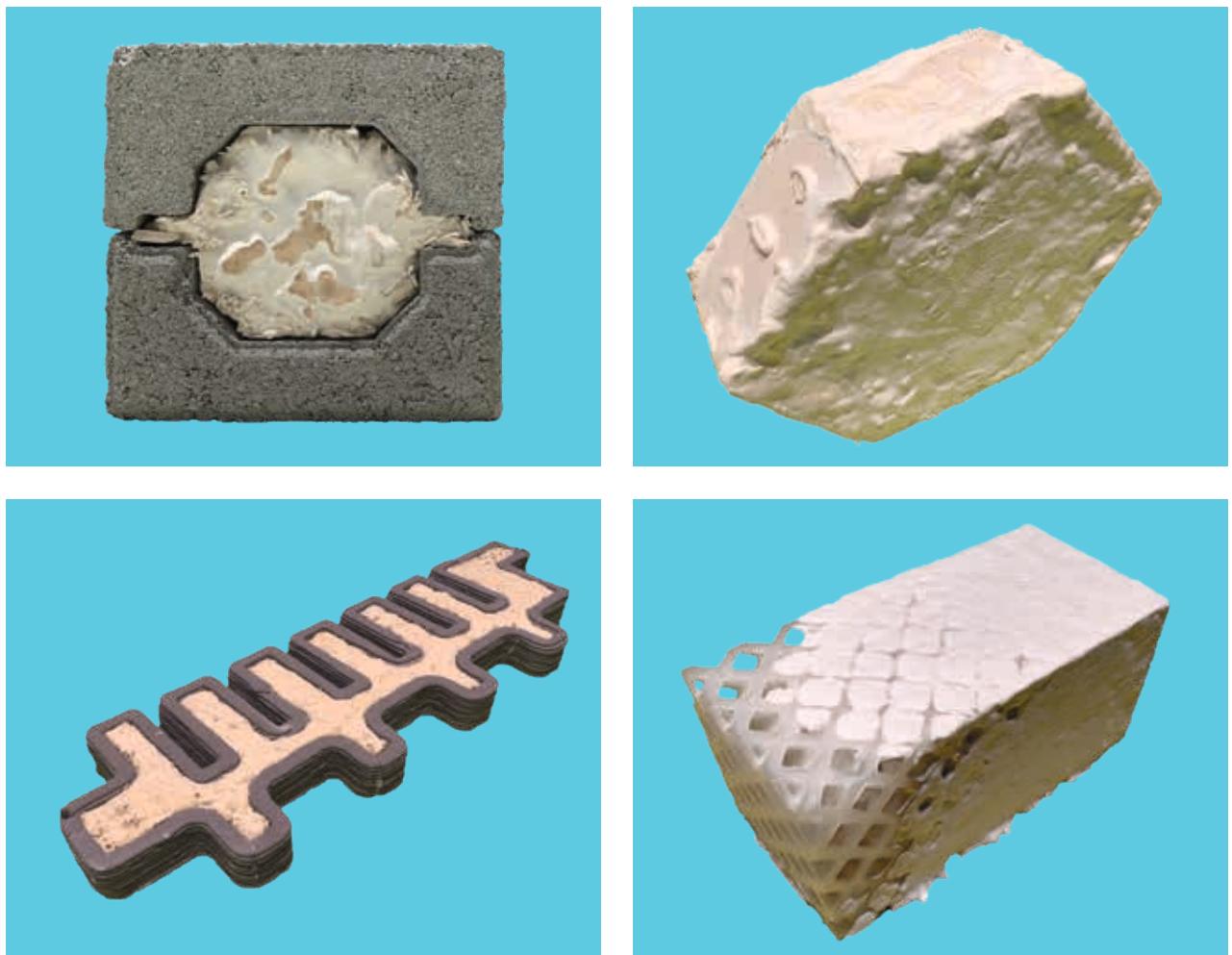
fungal-based biomaterials in combination with concrete. When the fungal-plant composite material is introduced into conventionally manufactured precast concrete elements, its fungal mycelium grows with its cell threads into the microscopic pores of the concrete bodies. This results in high-strength composite components that in the future could combine the load-bearing capacity of concrete with the insulation properties of fungal composite materials.

The third exhibition area »Fungal Mycelium Meets 3D Printing« addresses the possibilities of the very dynamically developing technologies of 3D printing (also called additive manufacturing) for architecture. Great expectations are placed here on automated manufacturing processes, which in the future should make it possible to create buildings with variable shapes and different internal structures through the layering of selected materials. If a building or a component of it is manufactured additively, layers of cement, plastic, or another material are printed on top of each other



2 Die Bereiche »Pilzmyzel trifft Beton« und »Pilzmyzel trifft Kunst« der Ausstellung MY-CO BUILD im Futurium, Berlin, Juli 2021

MY-CO BUILD exhibition areas »Mycelium Meets Concrete« and »Mycelium Meets Art« at Futurium, Berlin, July 2021



**3** Beton-Pilz-Pflanzenverbund von Carsten Pohl, Bertram Schmidt und Vera Meyer (↖), Pilz-Holz-Bausteine, die als Pilzpaneel für die Skulptur MY-CO SPACE entwickelt wurden (↗), Verbundbauteil aus 3D-gedrucktem Beton und Pilz-Pflanzen-Komposit von Sven Pfeiffer, Bertram Schmidt, Vera Meyer und Dietmar Stephan (↙), Verbundbauteil aus 3D-gedrucktem Biopolymer Polylactid und Pilz-Pflanzen-Komposit von Sven Pfeiffer, Bertram Schmidt und Vera Meyer (↘)

Concrete-fungal-plant composite material by Carsten Pohl, Bertram Schmidt and Vera Meyer (↖), fungal-wood constructions developed as fungal panels for the MY-CO SPACE sculpture (↗), composite material made of 3D-printed concrete and fungal-plant composite by Sven Pfeiffer, Bertram Schmidt, Vera Meyer and Dietmar Stephan (↙), composite material made of 3D-printed biopolymer polylactide and fungal-plant composite by Sven Pfeiffer, Bertram Schmidt and Vera Meyer (↘)

erschaffen. Beim 3D-Druck im Bauwesen werden Roboterarme oder Portale verwendet, die auf einer Baustelle ein Gebäude direkt aus digitalen Datensätzen errichten oder in einer Fabrik Komponenten eines Gebäudes erstellen, welche später vor Ort zusammengebaut werden können.

Im Studio von Sven Pfeiffer wurden daher 3D-gedruckte Gitterstrukturen aus Polylactid (einem biologisch hergestellten und biologisch abbaubaren Biokunststoff), aus Keramik und in Kooperation mit der Technischen Universität Berlin aus Beton hergestellt. Gerade Gitter- oder Wabenstrukturen, wie sie in der Natur vorzufinden sind, eignen sich hervorragend als bionische Leichtbaustrukturen, die eine hohe Stabilität aufweisen und sehr materialschonend durch additive Fertigung hergestellt werden können. Im Labor von Vera Meyer wurden diese Leichtbaustrukturen mit einem Gemisch aus Hanfschäben und dem Zunderschwamm *Fomes fomentarius* beimpft und dienten quasi als Wachstumskammern für das sich ausbildende Pilzmyzel (→ Abb. 3). Interessanterweise können durch solch kombinierte Ansätze des digitalen Designs und der Pilzbiotechnologie komplizierte Formen durch die

additive Fertigungstechnologie einfach hergestellt und sogar optimiert werden, sodass ein schnelles Wachstum von Pilzen optimal gefördert werden kann. Im Ergebnis entstehen neuartige, hochfeste, aber sehr leichte Verbundbauteile, die auch hier die Tragkraft von Bioplastik, Keramik oder Beton mit den Dämmeigenschaften von Pilz-Pflanzen-Materialien kombinieren und individualisiert hergestellt werden können (→ Abb. 3).

Der vierte Ausstellungsbereich »Pilzmyzel trifft Holz« widmet sich nachwachsenden Rohstoffen aus der Forstwirtschaft und wie diese mit pilzbasierten Materialien kombiniert werden können. Während im traditionellen Holzbau ausschließlich Bauteile aus Massivholz zum Einsatz kommen, setzen moderne Entwicklungen im Holzbau auf zusammengesetzte Formen aus zuvor zerkleinertem Holz und auf Holzreststoffe. Die Kombination unterschiedlicher holzbasierter Materialien, bei denen beispielsweise Furnierstreifen, Späne oder Holzpartikel als Grundrohstoff eingesetzt werden, hat zu einer Vielzahl von Holzprodukten mit neuen mechanischen sowie physikalischen Eigenschaften und in neuen geometrischen Formen geführt. Neue Materialien wie Holzschaum und Materialderivate wie Cellulose



in order to create composite building elements with complementary properties and optimised load-bearing behaviour. 3D printing in construction uses robotic arms or portals that erect a building directly from digital data sets on a construction site or create components of a building in a factory that can later be assembled on site.

Sven Pfeiffer's studio 3D-printed lattice structures made of polylactide (a biologically produced and biodegradable bioplastic), ceramics, or – in collaboration with the Technische Universität Berlin – concrete. Especially lattices or honeycombs, as exemplified by nature, are ideally suited as bionic lightweight structures that have a high stability and can be produced easily by additive manufacturing. In Vera Meyer's laboratory, these structures were inoculated with a mixture of hemp shives and the tinder fungus *Fomes fomentarius* and served as growth enablers for the developing fungal mycelium (→ Fig. 3). Interestingly, through such combined approaches of digital design and fungal biotechnology, complex shapes can be easily produced and even opti-

mised, so that a rapid fungal growth can be achieved. The results are novel high-strength but also very lightweight composite components that could combine the load-bearing capacity of bioplastics, ceramics, or concrete with the insulation properties of fungal-plant materials in the future (→ Fig. 3).

The fourth part of the exhibition, »Mycelium Meets Wood,« is dedicated to renewable materials from forestry and how they can be combined with fungal-based materials. While in traditional timber all construction components are made of solid wood, modern developments rely on composites made of wood residues. The combination of different wood-based materials, in which, for example, veneer strips, chips, or wood particles are used as a basic raw material, has led to many wood products with new mechanical, physical and geometric properties. New materials such as wood foam and material derivatives such as cellulose and nanocellulose have also been developed and open up further potentials<sup>5</sup>. Fungi have the rare ability to grow on ligno-

und Nanocellulose wurden darüber hinaus auch entwickelt und eröffnen weitere Potenziale<sup>5</sup>. Pilze besitzen die seltene Fähigkeit, auf Lignocellulose, der Stützstruktur verholzter Pflanzen, wachsen zu können, wobei sie das Lignin, die Cellulose und die Hemicellulosen für sich als Nährstoffe nutzbar machen. Innerhalb kürzester Zeit können sie daher mit ihrem Pilzmyzel in Holz eindringen und – so ihr Wachstum nicht gestoppt wird – pflanzliche Biomasse in pilzliche Biomasse transformieren. Eine kluge Kombination eines Pilz-Pflanzen-Komposit mit Holz könnten daher weitere neue und spannende Verbundbauteile entstehen lassen. Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Sperrholzelemente unserer bewohnbaren Pilzskulptur MY-CO SPACE sind gleichzeitig Schalung für das Pilzwachstum und mithilfe von digitalem Design berechnetes Tragwerk der Gesamtstruktur eines Gebäudes. Beispiele dieser Pilzpaneele werden in der Ausstellung MY-CO BUILD gezeigt (→ Abb. 2, 3).

Der letzte und für uns sehr wichtige Bereich der Ausstellung MY-CO BUILD widmet sich DIY-Initiativen, die sich als kreative Ideenschmieden bewährt und das junge Forschungsfeld pilzbasierter Materialien

überhaupt erst begründet haben. Treiber vieler Ideen waren an der Schwelle zu den 2010er-Jahren Künstler\_innen und Designer\_innen, die mit ihren künstlerischen Forschungsansätzen überzeugende pilzbasierte Konzepte für neuartige Baustoffe und Leder (Philip Ross, USA), Verpackungsmaterialien (Eben Bayer, USA), Mode (Aniela Hoitink, NL) und Gebrauchsgegenstände (Maurizio Montalti, IT) entwickelten und darauf aufbauend Start-ups gründeten (MycoWorks, Ecovative, Neffa, Mogu)<sup>6</sup>, die nun fest am Markt etabliert sind<sup>7</sup>. Über einige von ihnen haben wir auch in dem Buch *Mind the Fungi* berichtet.<sup>8</sup> Ein wichtiger Bestandteil der Arbeit von DIY-Initiativen ist dabei das Teilen und Bereitstellen von Anweisungen und Rezepten, wie pilzbasierte Materialien einfach hergestellt oder modifiziert werden können. Als geeignete Kanäle zum Informationsaustausch haben sich neben der klassischen Buchliteratur vielfältige Foren und Blogs in den sozialen Medien bewährt sowie Pilzkultivierungsworshops, die über Online-Tutorien auf YouTube frei für alle interessierten Menschen zugänglich sind. Um diese DIY-Kultur zu würdigen, zeigten wir von Mai 2021 bis Februar 2022 in der Ausstellung MY-CO BUILD



cellulose, the support structure of trees, whereby they use the individual components of lignocellulose – lignin, cellulose, and hemicelluloses – as nutrients. Within a very short time, they can thus penetrate wood with their fungal mycelium and – provided their growth is not stopped – transform plant biomass into fungal biomass. A clever combination of fungal-plant composite material with wood could therefore create further new and exciting composite components. The plywood elements of our habitable fungal sculpture MY-CO SPACE presented in the previous chapter are at the same time the formwork for fungal growth and the supporting structure of the overall building calculated with the help of digital design. Examples of these panels are shown in the MY-CO BUILD exhibition (→ Fig. 2, 3).

The last and for us very important exhibition space of MY-CO BUILD is dedicated to do-it-yourself initiatives that have proven themselves as creative think tanks and have founded the young research field of fungal-based materials in the first place. On the thresh-

old of the 2010s, many ideas were driven by artists and designers who used artistic research approaches to develop fungal-based concepts for novel building materials and leathers (Philip Ross, USA), packaging materials (Eben Bayer, USA), fashion (Aniela Hoitink, NL), and everyday objects (Maurizio Montalti, IT) and founded start-ups (MycoWorks, Ecovative, Neffa, Mogu)<sup>6</sup> which are now firmly established in the market<sup>7</sup>. We have also reported on some of these in the book *Mind the Fungi*.<sup>8</sup> An important part of the work of DIY initiatives is the sharing and provision of instructions and recipes on how fungal-based materials can be easily produced or modified. In addition to classic book literature, a variety of forums and blogs in social media have proven to be suitable channels for the exchange of information, as well as cultivation workshops, which can be accessed freely by all interested people via online tutorials on YouTube. We wanted to honour this DIY culture in our exhibition. Therefore, from May 2021 until February 2022, it showcased fungal-based wall and floor panels from the



4 Vera Meyer und Sven Pfeiffer während der Dreharbeiten zum Film MY-CO BUILD,  
Berlin, März 2021

Vera Meyer and Sven Pfeiffer during the shooting of the film MY-CO BUILD, Berlin,  
March 2021



pilzbasierte Wand- und Bodenpaneele der Firma Mogu sowie Arbeiten zu pilzbasierten Akustikpaneelen des dänischen Künstlers Jonas Edvard. Seit März 2022 liegt der Fokus auf einer kontinuierlich wachsenden Skulptur, die von Teilnehmer\_innen des Pilzkultivierungsworkshops MY-CO BUILD entworfen wird. In diesem Workshop, den MY-CO-X, TOP Lab und das Futurium Lab gemeinsam entwickelt haben, erlernten die Teilnehmer\_innen die Herstellung von Pilzbausteinen aus dem Zunderschwamm *Fomes fomentarius* und Hanfschäben, wobei jede teilnehmenden Person jeweils zwei Pilzbausteine anfertigte (→ S. 90f.). Wichtig war uns hier, dass wir die äußere Form der Pilzbausteine vorgaben, sodass diese lego- und damit modularartig zu einem Gesamtwerk aufgebaut, aber auch immer wieder ab- und umgebaut werden können. Jeder Pilzbaustein ist damit Bestandteil eines großen veränderlichen Ganzen, einer Skulptur, trägt aber auch die individuelle Handschrift aller beteiligten Personen und steht somit für einen demokratischen Entwurfs- und Bauprozess der Zukunft.



company Mogu as well as works on fungal-based acoustic panels by Danish artist Jonas Edvard with ARUP. Since March 2022, the focus has been on a continuously growing sculpture designed by participants of the fungal cultivation workshop MY-CO BUILD. In this workshop, which MY-CO-X, TOP Lab and the Futurium Lab jointly developed, participants learned how to produce fungal building blocks out of *Fomes fomentarius* and hemp, with each participant fabricating two fungal building blocks (→ p. 90f.). The outer shape of the fungal building blocks was specified beforehand, so that they could be used to construct a complete work in a modular way that could also be taken apart and reassembled anew. Each fungal building block is thus part of a large changing sculpture, but also bears the individual signature of all persons involved and thus stands for a more democratic design and building process of the future.

- 
- 1** Siehe [empa.ch/web/s604/umarinstallation?inheritRedirect=true](http://empa.ch/web/s604/umarinstallation?inheritRedirect=true).
- 2** Siehe [mogu.bio/acoustic/](http://mogu.bio/acoustic/).
- 3** Karl Urban: »Klimasünder Beton: Ein Baustoff sucht Nachfolger«, in Deutschlandfunk, 20. Dezember 2020; [deutschlandfunk.de/klimasuender-beton-ein-baustoff-sucht-nachfolger-100.html](http://deutschlandfunk.de/klimasuender-beton-ein-baustoff-sucht-nachfolger-100.html).
- 4** Siehe WWF Deutschland (Hrsg): *Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie. Hintergrund und Handlungsoptionen*, Berlin 2019. [wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF\\_Klimaschutz\\_in\\_der\\_Beton-\\_und\\_Zementindustrie\\_WEB.pdf](http://wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf)
- 5** Markus Hudert und Sven Pfeiffer: *Rethinking Wood*, Berlin 2019.
- 6** Corrado Nai und Vera Meyer: »The beauty and the morbid: fungi as source of inspiration in contemporary art«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 3, 10 (2016). DOI 10.1186/s40694-016-0028-4



- 
- 1** See [empa.ch/web/nest/urban-mining](http://empa.ch/web/nest/urban-mining).
- 2** Siehe [mogu.bio/acoustic/](http://mogu.bio/acoustic/).
- 3** Karl Urban: »Klimasünder Beton: Ein Baustoff sucht Nachfolger«, in Deutschlandfunk, 20 December 2020; [deutschlandfunk.de/klimasuender-beton-ein-baustoff-sucht-nachfolger-100.html](http://deutschlandfunk.de/klimasuender-beton-ein-baustoff-sucht-nachfolger-100.html).
- 4** Siehe WWF Deutschland (Ed.): *Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie. Hintergrund und Handlungsoptionen*, Berlin 2019. [wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF\\_Klimaschutz\\_in\\_der\\_Beton-\\_und\\_Zementindustrie\\_WEB.pdf](http://wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf)
- 5** Markus Hudert and Sven Pfeiffer: *Rethinking Wood*, Berlin 2019.
- 6** 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). DOI 10.1186/s40694-016-0028-4

**7** Antoni Gandia et al.: »Flexible fungal materials: Shaping the future«, in *Trends in Biotechnology* 39, 12 (2021), S. 1321–1331. DOI 10.1016/j.tibtech.2021.03.002

**8** Vera Meyer und Regine Rapp (Hrsg): *Mind the Fungi*, Berlin 2020. DOI 10.14279/depositonce-10350



# **Arbeiten im Spannungsfeld von Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft**

**Working in the field of  
tension between science, art,  
and society**

# Kollaboratives Arbeiten im SciArt Kollektiv MY-CO-X

Das SciArt Kollektiv MY-CO-X haben Vera Meyer und Sven Pfeiffer im Sommer 2020 ins Leben gerufen, um die naturwissenschaftlichen, biotechnologischen und architektonischen Forschungsfragen ihrer Teams an der Technischen Universität Berlin bzw. der Universität der Künste Berlin miteinander zu verweben und dabei künstlerische und designbasierte Forschungsansätze zu integrieren. Entscheidende Triebkraft war der Wunsch, neue Wege für eine nachhaltig gebaute Umwelt gemeinsam zu erkunden und hierfür eine Synthese der Welt der Pilze, der Pilzbiotechnologie sowie der digitalen Architektur einzugehen. Der zweite den Gründer\_innen sehr wichtige Aspekt war, dass die wissenschaftlich-architektonischen Fragestellungen auch künstlerische Forschung beinhalten sollten, um nicht nur mit den eigenen Forschungsgemeinden kommunizieren zu können, sondern auch einen intensiven Austausch mit dem Kunstfeld zu wagen. Der erhoffte Wunsch dahinter: das Kollektiv als konstruktiven und kritischen Ideengeber

für eine nachhaltige bio-basierte Zukunft zu etablieren und gemeinsam an einer Utopie von morgen zu arbeiten, die einige Lösungsansätze für die immensen Herausforderungen von heute bereitstellen könnte. Auch, und sehr gewagt, war und ist es das erklärte Ziel, bis zum Jahr 2030 das erste »Pilz-Haus« entworfen und gebaut zu haben. Hierzu sollten die Kreativitätsmotoren Wissenschaft, Kunst und Zivilgesellschaft zusammengeführt werden, um ein gemeinschaftliches, idealistisches Handeln aller Beteiligten und damit die Realisierung dieser Vision zu ermöglichen. Ganz im Sinne von Jens Jessen: »Idealismus meint hier nichts Woliges, sondern etwas ganz Präzises: die Orientierung an moralischen, kognitiven und ästhetischen Normen, kurz gesagt, an dem Guten, dem Wahren und dem Schönen.«<sup>1</sup>

Der Name des Kollektivs sollte leicht eingänglich sein, in englischer als auch deutscher Sprache etymologisch an die Wissenschaft der Pilze (Mykologie, engl. *mycology*) erinnern, aber auch weit darüber

Vera Meyer, Friederike Hoberg

## Collaborative work in the SciArt collective MY-CO-X

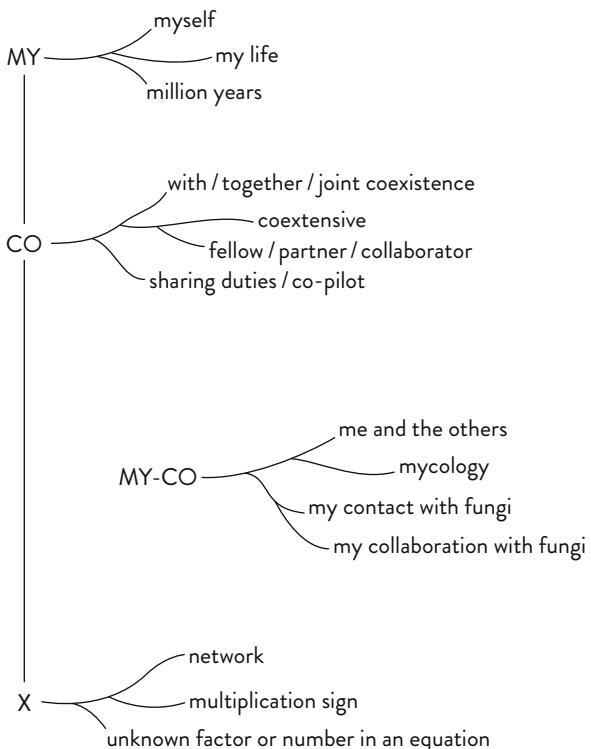
Vera Meyer and Sven Pfeiffer founded the SciArt collective MY-CO-X in the summer of 2020 to interweave the scientific, biotechnological and architectural research questions of their teams at the Technische Universität Berlin and the Berlin University of the Arts respectively, and to integrate artistic and design-based research approaches. The main driving force behind was the desire to jointly explore new paths for a sustainable built environment and to merge the world of fungi, fungal biotechnology and digital architecture. The second very important aspect for the founders was that the scientific-architectural questions should also include artistic research in order to be able to communicate not only with their own research communities, but also to initiate an intensive exchange with the art field. The desired wish: to establish the collective as a constructive and critical

source of ideas for a sustainable bio-based future and to work together on a utopia that could provide some strategies to solve the immense challenges of today. Also, and quite daringly, the declared goal was and is to have designed and built the first »fungal house« by the year 2030. For this purpose, the creative engines science, art and civil society should be brought together to enable a collaborative, idealistic action by all participants and thus the realisation of this vision. In the spirit of Jens Jessen: »Idealism here means nothing cloudy, but something quite precise: the orientation towards moral, cognitive and aesthetic norms, in short, towards the good, the true, and the beautiful.«<sup>1</sup>

The name of the collective should be easily memorable, etymologically reminiscent to the science of fungi (*mycology / Mykologie*) both in English and German

hinausgehen. So symbolisiert MY-CO-X die Verwebung dreier Gedankenketten: wie das »Ich« zur Welt steht (MY), wie wir uns als Lebewesen mit anderen in Beziehung setzen (CO) und wie wir im Zusammenkommen ein kraftvolles Netzwerk bilden können, welches unsere gemeinsame Welt in vielfältiger Weise mitgestalten kann (X). (Abb. →)

Schnell waren erste Ideen für gemeinsame Projekte grundsätzlich skizziert. So sollte das Projekt MY-CO BUILD Baustoffe aus Pilzen erforschen und entwickeln, das Projekt MY-CO SPACE einen Wohnraum aus Pilzen erschaffen und das Projekt MY-CO PLACE einen städtischen Platz aus Pilzen entwerfen. Auch konnten Förder\_innen gewonnen werden, die die Umsetzung dieser Projekte finanziell unterstützen bzw. begleiten wollten. So wird das Projekt MY-CO BUILD (2020–2024) von der Hybrid Plattform, einer Plattform der Technischen Universität Berlin und der Universität der Künste Berlin sowie dem Berliner Futurium unterstützt. Das Projekt MY-CO SPACE (2020/21) wurde gefördert von der Technischen Universität Berlin, der Universität der Künste Berlin, der Berlin University Alliance sowie der gemeinnützigen tinyBE Gesellschaft, die Kunst, Wissenschaft



language, but also go far beyond that. In this way, MY-CO-X symbolises the interweaving of three chains of thoughts: how the »I« relates to the world (MY), how we relate to others as living beings (CO) and how we can form a powerful network by coming together to shape our shared world in many ways (X). (Fig. →)

First ideas for collaborative projects were quickly sketched. The MY-CO BUILD project was to investigate and develop building materials made of fungi, the MY-CO SPACE project was to create a living space made of fungi, and the MY-CO PLACE project was to design an urban place made of fungi. Also, supporters were involved who wanted to financially support or accompany the implementation of these projects. For example, the MY-CO BUILD project (2020–2024) is supported by the Hybrid Platform, a platform of Technische Universität Berlin and Berlin University of the Arts, as well as the Berlin Futurium. The MY-CO SPACE project (2020/21) was promoted by the Technische Universität Berlin, the Berlin University of the Arts, the Berlin Uni-

versity Alliance and the non-profit tinyBE society, which brings art, science, and architecture into a dialogue to develop visions for a sustainable way of life. The MY-CO PLACE project (2022/23) is accompanied by StadtManufaktur Berlin, a laboratory platform of the Technische Universität Berlin that aims to develop future-oriented sustainable solutions for urban transformation in cooperation with the city of Berlin and its inhabitants.

For the implementation of these ideas and as fellow participants in the MY-CO-X collective, many different people joined the collective in the summer of 2020, each of whom enthusiastic about the world of fungi for different reasons and convinced of their enormous potential for a sustainable future (→ Fig. 1). Also, they all shared the desire to communicate their knowledge about these organisms and their possibilities to society. The founding collective MY-CO-X in 2020 was very diverse and consisted of scientists, architects, artists, designers and students of all these disciplines (→ p.113 ff.). All initial members thus brought very different individual

und Architektur in einen Dialog bringt, um Visionen für eine nachhaltige Lebensgestaltung zu entwickeln. Das Projekt MY-CO PLACE (2022/23) wird von der Stadt-Manufaktur Berlin begleitet, einer Reallaborplattform der Technischen Universität Berlin, die in Zusammenarbeit mit der Stadt Berlin und ihrer Stadtgesellschaft zukunftsweisende nachhaltige Lösungen für eine urbane Transformation erarbeiten möchte.

Für die Umsetzung dieser Ideen und als Mitstreiter\_innen im Kollektiv MY-CO-X konnten im Sommer 2020 viele verschiedene Menschen gewonnen werden, die sich aus jeweils unterschiedlichen Beweggründen für die Welt der Pilze begeisterten und daher von ihrem enormen Potenzial für eine nachhaltige Zukunft überzeugt waren (→ Abb 1). Auch teilten alle den Wunsch, ihr Wissen um diese Organismen und deren Möglichkeiten mit der Gesellschaft zu teilen. Das Gründungskollektiv MY-CO-X im Jahr 2020 war somit sehr divers aufgestellt und bestand aus Wissenschaftler\_innen, Architekt\_innen, Künstler\_innen, Designer\_innen und Studierenden dieser verschiedenen Disziplinen (→ S.112 ff.). Alle Erstmitglieder brachten somit individuell sehr unterschiedliche Hintergründe, Kompetenzen, Stärken und Erfahrungen

in das Kollektiv ein. Diese Diversität begriffen wir als große Chance und Motivation, Projekte zu ermöglichen und umzusetzen, die unterschiedlichstes Wissen und Können, aber auch verschiedene Sichtweisen voraussetzten. Unsere Arbeit am Projekt MY-CO SPACE wurde von dem Berliner Fotografen und Dokumentaristen Martin Weinhold über einen Zeitraum von mehreren Monaten fotografisch und filmisch begleitet. Saskia Hundt, Studentin an der Filmhochschule Babelsberg, erstellte aus dem dabei entstandenen Foto- und Filmmaterial den 15-minütigen Videofilm *MY-CO SPACE / Making of* (QR-Code → S.147). In ihm äußern die Mitglieder des Kollektivs ihre Gedanken zu den folgenden drei Fragen:

*Was interessiert dich am Projekt MY-CO SPACE?*  
*Was bedeutet Kunst, was Wissenschaft für dich?*  
*Warum beschäftigst du dich mit Pilzen?*

Um ein internationales Publikum zu erreichen, wurde der deutschsprachige Videofilm mit englischen Untertiteln versehen und auf den eigens für die Wissenschaftskommunikation erstellten YouTube-Kanal »Vera Meyer | V. meer« hochgeladen. Einige der für diesen



backgrounds, competencies, strengths and experiences to the collective. We understood this diversity as a great opportunity and motivation to enable and implement projects that required the most diverse knowledge, skills, but also perspectives. The MY-CO SPACE project was accompanied photographically and cinematically by Berlin-based photographer and documentarist Martin Weinhold over a period of several months. Using his photo and film material, Saskia Hundt, a student at the Babelsberg Film Academy, then created the 15-minute video *MY-CO SPACE / Making of* (QR code → p.147). In it, the members of the collective present their thoughts on the following three questions:

*What is your interest in the MY-CO SPACE project?*  
*What do art and science mean to you?*  
*Why do you work with fungi?*

To reach an international audience, the German-language film was subtitled in English and uploaded to the YouTube channel »Vera Meyer | V. meer« which was

created specifically for science communication. Some of the statements made for this film are briefly presented and intertwined here:

- MY-CO SPACE is a project that wants to overcome the current unsustainability of living and ignite a transformation process. Our idea is to start with a white sheet of paper and to think completely new.
- As a collective, we want to address the question of whether and how we can live carefree in the future despite limited resources and discuss it from various perspectives.
- As a collective, we want to co-develop houses made of fungi and to enable people, with the means of art, to sensually and emotionally experience how we got there.

All members with a biotechnological background were particularly interested in how our research could be transferred from the very small scale in the laboratory to a much larger, applicable scale and how to support the collective to achieve this. It was also important for them not only to present their new knowledge

Film gemachten Aussagen seien hier kurz skizziert und miteinander verschränkt:

- MY-CO SPACE ist ein Projekt, welches die Unhaltbarkeit des Bisherigen überwinden und einen Transformationsprozess entfachen möchte. Hierbei kann und soll mit einem weißen Blatt Papier gestartet und komplett neu gedacht werden.
- Als Kollektiv wollen wir aus verschiedenen Blickwinkeln die Frage beantworten, ob und wie wir in Zukunft trotz begrenzter Ressourcen unbeschwert leben können.
- Als Kollektiv wollen wir Häuser aus Pilzen mitentwickeln und unseren Weg dorthin mit den Mitteln der Kunst sinnlich und emotional erfahrbar machen.

Dabei war für alle Mitglieder mit biotechnologischem Hintergrund besonders interessant, wie das Erforschte aus dem sehr kleinen Maßstab im Labor auf einen deutlich größeren, anwendbaren Maßstab übertragen werden kann, und dies dem Kollektiv auch zu ermöglichen. Auch war ihnen wichtig, die hierbei gewonnenen Erkenntnisse nicht nur, wie meist üblich, der wissenschaftlichen Community zu präsentieren, sondern das Erreichte in die Gesellschaft zu kommunizieren und ihr auch zur Verfügung zu stellen. Mitglieder

mit architektonischer Ausbildung interessierte besonders, diese neuen pilzbasierten Materialitäten kennenzulernen, mit ihnen zu experimentieren und ihren Einsatz als innovative Baustoffe zu testen. Mitglieder aus den Künsten oder dem Design wiederum waren besonders begeistert von der Vorstellung, mit lebendem Material zu arbeiten und sahen den hiermit einhergehende Kontrollverlust als Gewinn, da der im MY-CO SPACE genutzte Pilz *Fomes fomentarius* (Zunderschwamm) als co-kreativer Designer das Aussehen und die Form des finalen Werks durch sein eigenes Wachstumsverhalten mit beeinflussen würde. Alle im Kollektiv stimmten darin überein, dass nicht nur die Arbeit an MY-CO SPACE selbst, sondern auch die Möglichkeit, sich in einem transdisziplinären Team ohne hierarchisches Ordnungssystem einzubringen, besonders stimulierend und inspirierend war. Eine große Motivation und eine überaus spannende und facettenreiche Erfahrung war für alle MY-CO-X-Mitglieder, einen Raum mitzugestalten, der Wissenstransfer ermöglicht, dabei jedoch allen Beteiligten erlaubt, gleichermaßen zu lernen und zu lehren.

Die ersten konzeptionellen Überlegungen für MY-CO SPACE begannen im März 2020 gemeinsam mit der



to the scientific community, as is usually the case, but also to communicate their achievements to society and make them available to it. Members with architectural training were particularly interested in learning about these new fungal-based materialities, experimenting with them and testing their use as innovative building materials. Members from the arts or design, on the other hand, were particularly excited by the idea of working with living materials and saw the accompanying loss of control as a benefit, since the fungus *Fomes fomentarius* (tinder fungus) used in MY-CO SPACE would, as a co-creative designer, influence the appearance and form of the final work through its own growth behaviour. Everyone in the collective agreed that not only the work on MY-CO SPACE itself, but also the opportunity to participate in a transdisciplinary team that is not hierarchically organised was particularly stimulating and inspiring. A great motivation and an extremely exciting and multifaceted experience for all MY-CO-X members was to co-design

a space that enables knowledge transfer while giving all participants the opportunity to learn as well as to teach in equal measure.

The first conceptual considerations for MY-CO SPACE began in March 2020 together with tinyBE curator Cornelia Saalfrank, who thus accompanied the project constructively, critically and very enthusiastically from the very beginning. The digital design for MY-CO SPACE evolved through a continuous exchange of ideas between all participants until a balance was found between what was hoped for digitally and what was feasible analogously (→ Fig. 3 → p. 24 f.). After all, while planning the sculpture, we started working with a fungal-based material that was still little tested and whose behaviour we first had to understand – be it regarding its weather resistance or the connection of the fungal panels to each other and to the wooden framework. Furthermore, the first digital designs were aesthetically and artistically very exciting, but quite challenging to implement, as varying angles, inflections and





2



1 Das SciArt Kollektiv MY-CO-X traf sich im Herbst 2021 in der Berlin-Brandenburger Region, um gemeinsam Pilze zu sammeln.

The SciArt collective MY-CO-X met in autumn 2021 in the Berlin-Brandenburg region to collect mushrooms together.

2 Gesucht wurde nach Fruchtkörpern, aus denen sich natürliche Pigmente extrahieren lassen, die sich zur Färbung von Textilien für die MY-CO SPACE-Skulptur eigneten.

They were looking for fruiting bodies from which natural pigments could be extracted that could be used to colour textiles for the MY-CO SPACE sculpture.

tinyBE-Kuratorin Cornelia Saalfrank, die somit von Anfang an das Projekt konstruktiv, kritisch und sehr begeistert begleitete. Der digitale Entwurf für MY-CO SPACE entwickelte sich durch einen kontinuierlichen Gedankenaustausch aller Beteiligten beständig weiter, bis eine Balance zwischen dem digital Erhofften und dem analog Machbaren gefunden wurde (→ Abb. 3 → S. 24 f.). Denn bei der Planung der Skulptur begannen wir mit einem pilzbasierten Material zu arbeiten, welches noch wenig erprobt war und dessen Verhalten wir erst verstehen mussten – sei es hinsichtlich seiner Wetterbeständigkeit oder der Verbindung seiner Teile untereinander und mit dem Holzgerüst. Auch waren die ersten digitalen Entwürfe zwar ästhetisch und künstlerisch sehr aufregend, aber in der Umsetzung sehr anspruchsvoll, da variierende Winkel, Beugungen und Freiräume in der geplanten Skulptur uns teilweise an unsere Wissensgrenzen brachten.

Für das final abgestimmte Design der Pilzskulptur mussten 330 Pilzpaneelle bestehend aus Hanfschäben und dem Zunderschwamm *Fomes fomentarius* produziert werden, wofür dem Kollektiv glücklicherweise ein Bereich innerhalb der Peter-Behrens-Halle der TU

Berlin zur Umfunktionierung als Manufaktur zur Verfügung gestellt wurde (→ Abb. 4, 5). Durch eine unmittelbare Nähe zum Labor von Vera Meyer konnte somit sicher gestellt werden, dass in einer Laborumgebung die ersten Schritte des Produktionsverfahrens durchgeführt werden konnten, für die sterile bzw. kontaminationsarme Bedingungen eine unbedingte Voraussetzung waren. Der gesamte Produktionsprozess wurde zwischen Januar und Mai 2021 optimiert und als Open-Access-Publikation in einem Fachjournal veröffentlicht. Der Artikel ist damit für alle Interessierten kostenfrei im Internet einseh- und downloadbar.<sup>2</sup> Auch wurde in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Sustainable Engineering der TU Berlin eine erste Analyse des Produktionsprozesses von Bausteinen aus *Fomes fomentarius* erstellt und gleichermaßen in einem Fachjournal frei online zugänglich publiziert.<sup>3</sup> In dieser sogenannten Cradle-to-Gate-Studie wurden potenzielle Umweltauswirkungen errechnet, wenn *Fomes fomentarius* auf Substraten wie Hanfschäben, Rapsstroh bzw. Pappelholzspänen im Labor kultiviert wird. Für diese Fallstudie wurden genormte Ziegel nach DIN EN 771-1 produziert, um einen direkten Vergleich mit den im Bauwesen üblichen Ziegeln aus Beton,



free spaces in the planned sculpture sometimes pushed us to the limits of our knowledge.

For the final design of the fungal sculpture, 330 fungal panels consisting of hemp shives and the tinder fungus *Fomes fomentarius* had to be produced, for which the collective was fortunately offered an area within the Peter Behrens Hall of the Technische Universität Berlin that could be converted into a manufactory (→ Fig. 4, 5). The immediate proximity to Vera Meyer's laboratory thus ensured that the first steps of the production process could be carried out in a laboratory environment, for which sterile or low-contamination conditions were an absolute prerequisite. The entire production process was optimised between January and May 2021 and published as an open access publication in a scientific journal. The article can be viewed and downloaded free of charge from the internet by anyone interested.<sup>2</sup> Additionally, a first analysis of the production process of building blocks from *Fomes fomentarius* was carried out in cooperation with the Sustainable Engineering

department of the TU Berlin and published in an open access journal as well.<sup>3</sup> In this so-called cradle-to-gate study, potential environmental impacts were calculated when *Fomes fomentarius* is cultivated in the laboratory on substrates such as hemp shives, rapeseed straw or poplar wood chips. For this case study, standardised bricks were produced according to DIN EN 771-1 to enable a direct comparison with concrete bricks, sand-lime bricks and facing bricks, which are commonly used in the construction industry. In the categories of climate change, water scarcity and smog, the fungal-based bricks performed significantly better during the production process, saving greenhouse gases by a factor of 2.5 to 6. However, since fungal-based bricks require agricultural and forestry products as substrates, they score significantly lower in the eutrophication and land use categories compared to conventional building bricks if these plants are cultivated specifically to produce fungal-based bricks.<sup>4</sup> This means that so-called plant-based secondary raw materials should be used in the



**3** Genese der MY-CO SPACE-Skulptur  
**a** Entwurf April 2020   **b** Entwurf Juli 2020  
**c** Entwurf September 2020   **d** Finales digitales Modell Dezember 2020

Genesis of the MY-CO SPACE sculpture  
**a** Draft April 2020   **b** Draft July 2020  
**c** Draft September 2020   **d** Final digital model December 2020

Kalksandstein bzw. Klinker zu ermöglichen. In den Kategorien Klimawandel, Wasser und Smog schnitten die Pilzriegel deutlich besser ab und sparten in der Produktion Treibhausgase um den Faktor 2,5 bis 6 ein. Da Pilzriegel jedoch land- und forstwirtschaftliche Produkte als Substrate benötigen, schneiden sie im Vergleich zu herkömmlichen Bauziegeln in den Kategorien Eutrophierung und Landnutzung dann deutlich schlechter ab, wenn diese Pflanzen extra für die Gewinnung von Pilzriegeln angebaut werden.<sup>4</sup> Dies bedeutet, dass bei der Herstellung von Pilzriegeln sogenannte pflanzliche Sekundärrohstoffe zum Einsatz kommen sollten, die ausgewiesenermaßen als Nebenprodukte eines Anbausystems einer land- oder forstwirtschaftlichen Kultur gewonnen bzw. bereitgestellt werden. Dies wären etwa Hanfschäben, Rapsstroh oder Holzsägespäne. Sekundärrohstoffe unterscheiden sich von Hanffasern, Rapssamen oder Holz, die Primärrohstoffe und damit Hauptprodukte eines Anbausystems einer pflanzlichen Kultur sind.

In einem Zeitraum von 1,5 Jahren vom ersten Treffen bis hin zur Vernissage von *tinyBE • living in a sculpture* im Juni 2021 hat es das MY-CO-X-Kollektiv gemeinsam

geschafft, eine bewohnbare Pilzskulptur sowohl zu planen, zu entwickeln und zu gestalten, als auch zu konstruieren und vor Ort im Frankfurter Metzlerpark aufzubauen. Dies trotz limitierter Zeit aufgrund von vollumfänglichen Berufstätigkeiten oder Studium und daher auch dank tatkräftiger Unterstützung eines Produktionsteams, für welches der Bürgerwissenschaftler Logan Noonan (TOP Lab, Berlin) sowie die Studentinnen Friederike Hoberg (Biologische Chemie, TU Berlin), Tamara Nuñez-Guitar (Biotechnologie, TU Berlin) und Isabel Regeler (Life Science Engineering, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin) gewonnen werden konnten.

Das Arbeiten in einer solch heterogenen Konstellation hat allerdings auch gezeigt, dass außerordentlich viel Kommunikation notwendig ist, um alle auf den gleichen Kenntnisstand zu bringen und um aus dem Team heraus verschiedene Prozesse parallel voranzutreiben. Rückblickend hat die interne Kommunikation in vielerlei Hinsicht jedoch nicht immer optimal funktioniert, vielleicht auch nicht funktionieren können, da für die meisten MY-CO-X-Mitglieder diese Form der transdisziplinären Zusammenarbeit neu war, Wissen

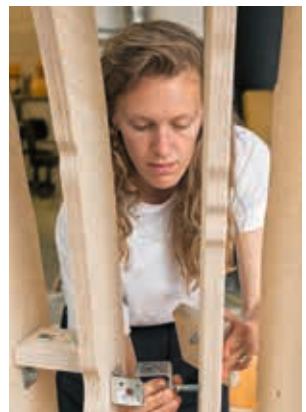


production of fungal-based bricks, which are extracted or provided as by-products of a cultivation system of an agricultural or forestry crop. These would be, for example, hemp shives, rape straw or wood sawdust. These secondary raw materials differ from hemp fibre, rape seed or wood, which are primary raw materials and thus the main products of agricultural or forestry cultivation systems.

Over a period of 1,5 years from the first meeting up to the vernissage of *tinyBE • living in a sculpture* in June 2021, the MY-CO-X collective has managed together to plan, develop, design, construct, and build a habitable fungal sculpture on site in the Metzlerpark in Frankfurt. This was achieved despite a limited time budget due to full-time employment or academic studies of all members and therefore also thanks to the active support of a production team, for which the citizen scientist Logan Noonan (TOP Lab, Berlin) as well as the students Friederike Hoberg (Biological Chemistry, TU Berlin), Tamara Nuñez-Guitar (Biotechnology, TU Berlin) and

Isabel Regeler (Life Science Engineering, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin) could be won.

Nevertheless, working in such a heterogeneous constellation has also shown that an extraordinary amount of communication is necessary to bring everyone up to the same level of knowledge and to drive various processes in parallel from within the team. In retrospect, however, internal communication did not always function optimally in various regards, perhaps could not have functioned, since for most MY-CO-X members this form of transdisciplinary collaboration was new, knowledge was often unconsciously assumed in the collective discussions, and the scientific path for standardised production of the fungal panels first had to be established (→ Fig. 4, 5). Thus, on the one hand, thoughts or decisions were not always communicated promptly to all participants, resulting in misunderstandings and hence delays. On the other hand, some open questions or unresolved problems were immediately discussed in the large group, which was initially seen as positive, but due to a lack



4 Produktion der Pilzpaneel für die MY-CO SPACE-Skulptur an der TU Berlin, Januar 2021

Production of the fungal panels for the MY-CO SPACE sculpture at the TU Berlin, January 2021



5



5 Herstellung der Pilzpaneeli für die Überdachung der MY-CO SPACE-Skulptur in der Peter-Behrens-Halle der TU Berlin, Berlin, Januar 2021

Fungal panel production for the roofing of the MY-CO SPACE sculpture in the Peter-Behrens-Halle at the TU Berlin, Berlin, Januar 2021

6 Testaufbau der Holzkonstruktion von MY-CO SPACE an der TU Berlin, Mai 2021: Auf der Bodenplatte (I) werden die pilzlamellenartigen Holzbögen mittels Metallscharnieren fixiert und mit horizontalen Holzbrettern stabilisiert (II).

Test construction of the MY-CO SPACE wooden structure at the TU Berlin, May 2021: The fungal-lamella-like wooden arches are fixed to the base plate (I) using metal hinges and stabilised with horizontal wooden boards (II).



6



häufig in den gemeinsamen Diskussionen unbewusst vorausgesetzt wurde sowie der wissenschaftliche Weg für eine standardisierte Produktion der Pilzpaneele erst etabliert werden musste (→ Abb. 4, 5). Somit wurden zum einen Gedanken oder Entscheidungen nicht immer allen Beteiligten zeitnah kommuniziert, sodass es unter anderem zu Missverständnissen und damit Verzögerungen kam. Zum anderen wurde jedoch manch offene Frage oder ein ungelöstes Problem sofort in der großen Gruppe diskutiert, was zunächst als positiv eingeschätzt wurde, aber mangels ausreichender Vorgespräche in kleineren Expert\_innengruppen oftmals in einem langen und manches Mal wenig zielführenden Austausch endete und sich daher auch nicht als golden Weg für einen produktive Kommunikation und Kolaboration bewährt hat. Und natürlich behinderte die Covid-19-Pandemie die Kommunikation im Kollektiv, da sie uns zwang, die meisten Treffen online abzuhalten. So war vor allem der fünftägige Aufbau der Skulptur in Frankfurt am Main die intensivste und auf menschlicher Ebene spürbarste Zeit der Zusammenarbeit für viele im Kollektiv und bestärkte das Teamgefühl noch einmal in sehr besonderer Weise (→ Abb. 7).

Rückblickend wollten wir wissen, was die Arbeit am Projekt MY-CO SPACE mit allen Beteiligten gemacht hat und befragten sie hierzu. Die Antworten waren mehr als ermutigend: Das gesamte Unterfangen hat jede\_n von uns auf die eine oder andere Art und Weise bewegt und verändert. Es wurde ein Raum für unbegrenzte und ungebremste Kreativität mit einem breiten Aufgabenspektrum geboten. Dies hat uns eigene Kompetenzen und Stärken, aber auch die der anderen vor Augen geführt, die wir in zukünftige Projekte einfließen lassen möchten. Außerdem hat die Arbeit im Kollektiv einige von uns darin bestärkt, auch in ihrem weiteren Berufsleben transdisziplinär zu arbeiten, um Berührungspunkte zwischen verschiedenen Disziplinen zu erschließen und damit die eigene Sicht auf die Welt zu erweitern. Für viele war es eine absolute Horizonterweiterung, mit Pilzen als lebendigem Material zu arbeiten und die Natur als Co-Designerin zu verstehen und zu akzeptieren, aber auch zu realisieren, dass Pilze natürlich nicht allein die Welt retten können. Ebenso hat das Projekt viele inspiriert, »outside the box« zu denken. Besonders hilfreich und spannend waren die vielen Gespräche mit den Besucher\_innen von *tinyBE*, da wir so verstehen konnten,



of sufficient preliminary discussions in smaller expert groups often ended in long and sometimes not very goal-oriented exchanges and therefore did not prove to be a golden path for productive communication and collaboration. And of course, the Covid-19 pandemic hindered communication in the collective, as it forced us to hold most meetings online. Thus, above all, the five-day construction of the sculpture in Frankfurt am Main was the most intense and, on a human level, most tangible time of collaboration for many in the collective and once again strengthened the team spirit in a very special way (→ Fig. 7).

Looking back, we asked ourselves what working on the MY-CO SPACE project had done to everyone involved and asked the collective's members about their experience. The answers were more than encouraging: The entire endeavour has moved and changed each of us in one way or another. It has provided a space for unlimited and unrestrained creativity with a wide range of tasks. This has also shown some of us the compe-

tencies and strengths of themselves and of the others, which many would like to incorporate into future projects. In addition, the work in the collective has encouraged some to work transdisciplinarily in their further professional life, to allow an intense contact between different disciplines and thus to broaden their own view of the world. For many of us it was an absolute broadening of horizons to work with fungi as a living material and to understand and accept nature as a co-designer, but also to realise that fungi of course can never save the world on their own. Likewise, the project inspired many to think outside the box. Especially helpful and exciting were our many conversations with the visitors of *tinyBE*, as we were thus able to understand how our work is perceived, what people associate with fungi and whether or how they can imagine a future living with fungi at all. But most of all, the transdisciplinary work gave everyone a deep sense of joy and meaning in their work, as everyone shared knowledge and skills and developed themselves in the process. This jointly experienced progress

wie unsere Arbeit wahrgenommen wird, was die Menschen mit Pilzen assoziieren und ob und wie sie sich zukünftiges Wohnen mit Pilzen überhaupt vorstellen können. Aber vor allem hat die transdisziplinäre Arbeit allen eine tief empfundene Freude am Tun und Sinnhaftigkeit in der Arbeit geschenkt, da jede\_r Wissen und Können teilte und sich dabei selber weiterentwickelte. Dieser gemeinsam erlebte Fortschritt und Lernprozess schweißte zusammen, ließ ein Gemeinschaftsgefühl wachsen und Freundschaften entstehen, die weit über das Projekt MY-CO SPACE hinausgehen.

---

1 Jens Jessen: »Vom Volk bezahlte Verblödung«, in *DIE ZEIT* Nr. 31 (29. Juli 2010). [docs-for-democracy.de/wp-content/uploads/2021/01/100729\\_Jessen\\_Vom\\_Volk\\_bezahlte\\_Verbloedung.pdf](https://docs-for-democracy.de/wp-content/uploads/2021/01/100729_Jessen_Vom_Volk_bezahlte_Verbloedung.pdf)

2 Carsten Pohl et al.: »Establishment of the basidiomycete *Fomes fomentarius* for the production of composite materials«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 9, 4 (2022). DOI 10.1186/s40694-022-00133-y

3 Lisa Stelzer et al.: »Life Cycle Assessment of Fungal-Based Composite Bricks«, in *Sustainability* 2021, 13, 11573. DOI 10.3390/sur3211573

4 Ebd.



and learning process bonded together, allowed a spirit of community to grow and friendships to develop that go far beyond the MY-CO SPACE project.

---

1 Jens Jessen: »Vom Volk bezahlte Verblödung«, in *DIE ZEIT* No 31 (29 July 2010), transl. by Vera Meyer. [docs-for-democracy.de/wp-content/uploads/2021/01/100729\\_Jessen\\_Vom\\_Volk\\_bezahlte\\_Verbloedung.pdf](https://docs-for-democracy.de/wp-content/uploads/2021/01/100729_Jessen_Vom_Volk_bezahlte_Verbloedung.pdf)

2 Carsten Pohl et al.: »Establishment of the basidiomycete *Fomes fomentarius* for the production of composite materials«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 9, 4 (2022). DOI 10.1186/s40694-022-00133-y

3 Lisa Stelzer et al.: »Life Cycle Assessment of Fungal-Based Composite Bricks«, in *Sustainability* 2021, 13, 11573. DOI 10.3390/sur3211573

4 Ibid.





7 Mitglieder des MY-CO-X-Kollektivs beim Aufbau der MY-CO SPACE-Skulptur im Metzlerpark für die Ausstellung *tinyBE • living in a sculpture*, Frankfurt am Main, Juni 2021

Members of the MY-CO-X collective setting up the MY-CO SPACE sculpture in Metzlerpark for the exhibition *tinyBE • living in a sculpture*, Frankfurt am Main, June 2021

# Design für ein Zusammenleben

Viele Geistesgrößen, darunter Rosi Braidotti, Donna Haraway, Jane Bennett, Bruno Latour und Sanford Kwinter, sprechen sich für ein ganzheitlicheres Verständnis von Ethik aus, welches die Vernetzung allen Lebens berücksichtigt. Wir sollten neue Denkweisen erproben, die den intrinsischen Wert aller Lebensformen und die damit einhergehende Verantwortung gegenüber dem Planeten anerkennen. Wir sind davon überzeugt, dass unsere Designpraxis offener, durchlässiger und zugänglicher werden muss und dass wir mit neuen Formen der Kommunikation und Kollaboration über verschiedene Medien und Plattformen hinweg experimentieren sollten, um aktiv in ausgewogenere und gleichberechtigtere Beziehungen mit der Welt und anderen Arten zu treten.

In der Biologie sehen wir ständig Beispiele für Selbstorganisation und Emergenz. Schneeflocken, Muscheln und anderen natürlichen Formen haben alle emergente Eigenschaften, die aus der Wechselwirkung zwischen den inneren Regeln und Einschränkungen des Systems

(etwa den physikalischen Eigenschaften von Wasser) und seiner Umgebung (Luftdruck, Temperatur et cetera) entstehen. Aus morphogenetischer Sicht entsteht Struktur und Form durch die selbstorganisierte Wechselwirkung zwischen den inneren Regeln und Zwängen eines Systems und dem Einfluss seiner Umgebung. Mit anderen Worten, Form entsteht aufgrund eines dynamischen Gleichgewichts zwischen inneren Triebfedern und äußeren Kräften.

Um ähnliche Gestaltungsprozesse in Design und Architektur zu etablieren, müssen große Datenmengen gefiltert, analysiert und verarbeitet werden. Mithilfe von Programmierung können wir Algorithmen und Prozesse erstellen, die diese Daten in einer Weise organisieren und verarbeiten, welche unsere eigenen kognitiven Fähigkeiten überschreitet. So kann es gelingen, Lösungen für eine nachhaltigere Lebensweise zu finden, die im Einklang mit der Natur und anderen Lebewesen steht, statt diese auszubeuten und zu zerstören.

Angely Angulo Meza, Christian Schmidts, GPT-3

## Designing for co-habitation

Many scholars, including Rosi Braidotti, Donna Haraway, Jane Bennett, Bruno Latour and Sanford Kwinter, are now advocating for a more holistic understanding of ethics that takes into account the interconnectedness of all life. We should test new ways of thinking that recognise the intrinsic value of all life forms and our responsibility to the planet that goes with it. We are convinced that our design practice needs to become more open, more open-minded and more accessible, and that we should experiment with new forms of communication and collaboration across different media and platforms in order to actively enter into more balanced and equal relationships with the world and other species.

In biology, we see examples of self-organisation and emergence all the time. The shapes of snowflakes, seashells, and other natural forms are all emergent proper-

ties that arise from the interaction between the system's inner rules and constraints (like the physical properties of water) and its environment (air pressure, temperature, et cetera). From a morphogenetic perspective, the structure and shape of an object emerges through the self-organising interaction between the inner rules and constraints of a system and the influence of its environment. In other words, form exists because of a dynamic balance between internal drivers and external forces.

In order to establish similar processes in design and architecture, large amounts of data have to be filtered, analysed, and recompiled. With the help of programming, we can create algorithms that organise and process this data in ways that exceed our own cognitive abilities. In this way, it can be possible to find solutions for a more sustainable way of life that is in harmony

Vor diesem Hintergrund haben wir als Mitglieder des MY-CO-X-Kollektivs am Projekt MY-CO SPACE teilgenommen, um eine experimentelle Struktur zu entwerfen und zu bauen, die größtenteils aus Pilzmyzel besteht, einem Material, welches noch nicht im Design- und Architekturbetrieb etabliert ist, jedoch in Bezug auf Nachhaltigkeit ein hohes Potenzial aufweist. Neu und spannend war für uns als Gestalter zudem, mit einem Material zu arbeiten, welches in einem biologischen Wachstumsprozess entsteht, auf den wir Einfluss nehmen können.

Digitale Gestaltungs- und Fabrikationsmethoden eignen sich für die Integration von Pilzmyzelien in ein umfassenderes Materialsystem, weil sie uns helfen, die komplexen Zusammenhänge zwischen Material und Struktur zu verstehen und diese als treibende Kräfte des Designs zu nutzen. Die Paneele des MY-CO SPACE sind ein Beispiel für eine solche Integration von Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften, Herstellungs- und Fügungslogiken im Dienste einer architektonischen Idee. Ihre innere Struktur stabilisiert und lenkt gleichzeitig das Wachstum des Pilzes, während sie allmählich überwuchert wird. Auf diese Weise tragen biologische

und digitale Akteure maßgeblich zum Gestaltungs- und Entstehungsprozess des Projekts bei.

Unter Verwendung verschiedener Animationstechniken veranschaulicht das Video *MY-CO SPACE / Designing for Co-Habitation* das Kultivierungsverfahren der pilzbasierten Verbundwerkstoffe, die Entwicklung des Entwurfs auf den verschiedenen Ebenen sowie den Bezug zur menschlichen Lebenswelt. (QR-Code → S.147)

Unsere Designstrategien beziehen dabei nicht-menschliche Akteure, wie etwa wachsende Materialien oder Algorithmen, in den Gestaltungsprozess mit ein, damit diese ihre spezifische Intelligenz und Eigenschaften einbringen und bestimmte Entscheidungen innerhalb eines vom Menschen gesetzten Rahmenwerks treffen können. Dies ermöglicht einen kollaborativen und facettenreichen Gestaltungsprozess, bei dem mehrere Akteure auf ein gemeinsames Ziel hinarbeiten. Die Rolle der Gestalter\_innen verschiebt sich somit mehr in Richtung von Kurator\_innen und Vermittler\_innen, die den Designprozess organisieren. Manchmal kann dies auch erfordern, einen Schritt zurückzutreten und dem System zu erlauben, seine eigenen Lösungen zu finden.



with nature and other living beings instead of exploiting and destroying them.

With this in mind, we participated as members of the MY-CO-X collective in the MY-CO SPACE project to design and build an experimental structure composed largely of fungal mycelium, a material not yet established in design and architecture, but with a high potential in terms of sustainability. It was also new and exciting for us as designers to work with a material that is created in a biological growth process that we can influence. Digital design and fabrication methods are suitable for the integration of mycelium into a larger material system because they help us to understand the complex relationships between material and structure and enable us to use them as driving forces of design. The fungal panels of MY-CO SPACE are an example of such an integration of materials with different properties, constraints of the manufacturing process, and the constructive logic of the assembly all at the service of an architectural idea. The internal structure simul-

taneously stabilises and directs the growth of the fungus while gradually being overgrown. In this manner, biological and digital agents contribute significantly to the design and formation process of MY-CO SPACE.

Using various animation techniques, the video *MY-CO SPACE / Designing for Co-Habitation* illustrates the cultivation procedure of fungal-based composites, the design development of the structure in multiple areas, and the virtual visualisation of the project in relation to the human scale. (QR code → p.147)

Our design strategies involve non-human agents, such as growing materials or algorithms, in the design process so that they can contribute their specific intelligence and properties and make specific decisions within a human-set framework. This allows for a more collaborative and nuanced design process, with multiple stakeholders working towards a common goal.

The designer's role is shifting more towards that of a curator or mediator who steers the design process. Sometimes this may require the designer to step

Das zunehmende Bewusstsein für Handlungspotenziale nicht-menschlicher Akteure um uns herum resultiert auch aus dem wachsenden Verständnis, dass Menschen komplexe sozio-ökologische Systeme nicht allein gestalten und verwalten können. Durch die Zusammenarbeit mit anderen Arten und künstlicher Intelligenz können Menschen auf Wissen und Fähigkeiten zugreifen, die ihnen sonst nicht verfügbar wären. Zusammen leben und gemeinsam gestalten bedeutet also, resiliente Gemeinschaften aufzubauen, indem Verbindungen zwischen Menschen und anderen Lebensformen geschaffen werden. Diese Verbindungen können ein Gefühl der gemeinsamen Identität und Verantwortung entstehen lassen und so zu nachhaltigeren Verhaltensweisen führen.

Wir sind davon überzeugt, dass wir Menschen neuen Technologien aufgeschlossen gegenüberstehen und neue Pfade bei ihrer Anwendung einschlagen sollten. Auch sollten wir neue Formensprachen und Prozesse schaffen, die die Komplexität und Vielfalt der Welt, in der wir leben, widerspiegeln. Wir sollten Kontrolle abgeben, um Einfluss zu gewinnen. Um dies beispielhaft zu erreichen, haben wir uns entschieden, dieses Kapitel

zusammen mit dem digitalen Sprachenmodell Generative Pretrained Transformer 3 (GPT-3) zu erstellen, welches maschinelles Lernen nutzt, um menschenähnliche Texte zu erzeugen<sup>1</sup>. Wir haben das Modell mit unseren eigenen Gedanken und kleinen Ausschnitten aus den hier aufgeführten Texten gefüttert, damit die Maschine neue Inhalte daraus erstellen kann.

- *Posthuman Ecologies: Complexity and Process after Deleuze*, hrsg. von Rosi Braidotti und Simone Bignall, Lanham 2018
- *Cultivated Building Materials: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction* von Dirk E. Hebel und Felix Heisel, Berlin 2017
- »Lose control, gain influence – Concepts for Meta-control« von Alberto de Campo, in *Proceedings ICMC / SMC | 2014*, hrsg. von Anastasia Georgaki und Georgios Kouroupetrogloou, Athen 2014
- *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things* von Jane Bennett, Durham 2010
- *Computational Design Thinking*, hrsg. von Achim Menges und Sean Ahlquist, London 2011
- *Far From Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture* von Sanford Kwinter, Barcelona 2008



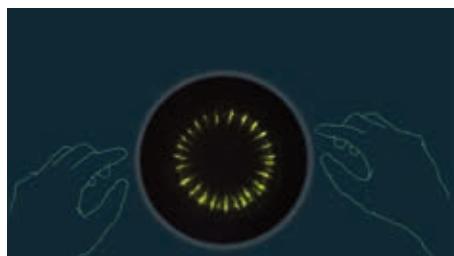
back and allow the system to find its own solutions. The increasing awareness of the agency of non-human actors around us is a result of the growing understanding that humans cannot design and manage complex socio-ecological systems on their own. By working with other species and artificial intelligence, humans can access knowledge and abilities that would be otherwise unavailable. Co-design and co-habitation thus mean building more resilient communities by creating connections between people and other lifeforms. These connections can create a sense of shared identity and responsibility, which can lead to more sustainable behaviours.

We are convinced that we humans should embrace new technologies and develop new ways of using them. We should create new design languages and forms that reflect the complexity and diversity of the world we live in. We should lose control to gain influence. To achieve this exemplarily, we have decided to create the present text together with the computational language model Generative Pretrained Transformer 3 (GPT-3) that uses

machine learning to produce a human-like text<sup>1</sup>. We fed the model with our own thoughts and small chunks of the relevant texts below to let the machine create the final text of this chapter.

- *Posthuman Ecologies: Complexity and Process after Deleuze*, ed. by Rosi Braidotti and Simone Bignall, Lanham 2018
- *Cultivated Building Materials: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction* by Dirk E. Hebel and Felix Heisel, Berlin 2017
- »Lose control, gain influence – Concepts for Meta-control« by Alberto de Campo, in *Proceedings ICMC / SMC | 2014*, ed. by Anastasia Georgaki and Georgios Kouroupetrogloou, Athens 2014
- *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things* by Jane Bennett, Durham 2010
- *Computational Design Thinking*, ed. by Achim Menges and Sean Ahlquist, London 2011
- *Far From Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture* by Sanford Kwinter, Barcelona 2008

- *Broken Nature: Design Takes on Human Survival* von Paola Antonelli und Ala Tannir, New York 2019
- *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia* von Gilles Deleuze und Félix Guattari (Originalausgabe: *Mille plateaux*, Paris 1980)
- *Vibrant Architecture: Matter as a CoDesigner of Living Structures* von Rachel Armstrong, De Gruyter Open 2015
- *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming* von Mark Burry, Hoboken 2011
- *Toward a Living Architecture? Complexism and Biology in Generative Design* von Christina Cogdel, Minneapolis 2019



- *Broken Nature: Design Takes on Human Survival* by Paola Antonelli and Ala Tannir, New York 2019
- *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia* by Gilles Deleuze and Félix Guattari (original edition: *Mille plateaux*, Paris 1980)
- *Vibrant Architecture: Matter as a CoDesigner of Living Structures* by Rachel Armstrong, De Gruyter Open 2015
- *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming* by Mark Burry, Hoboken 2011
- *Toward a Living Architecture? Complexism and Biology in Generative Design* by Christina Cogdel, Minneapolis 2019

<sup>1</sup> Siehe [bigdata-insider.de/was-ist-der-generative-pretrained-transformer-3-gpt-3-a-101085/](http://bigdata-insider.de/was-ist-der-generative-pretrained-transformer-3-gpt-3-a-101085/).

<sup>1</sup> Bilder aus der Videoanimation MY-CO SPACE | Designing for Co-Habitation, 2021

Video stills from the animation MY-CO SPACE | Designing for Co-Habitation, 2021

## Weben mit Pilzen

Das Weben stellt eine der ältesten Handwerkstechniken der Menschheit dar. Seit über 30.000 Jahren weben Menschen einzelne Fäden zu textile Flächen. Auch Pilze »weben« einzelne Zellfäden zu größeren Myzel-Flächen. Als Mitglieder des SciArt-Kollektivs MY-CO-X war es unser Ziel, beide Webtechniken miteinander zu verbinden. Ausgangspunkt dafür war unser »Raumschiff« MY-CO SPACE. Im Innenraum der bewohnbaren Skulptur sollten händisch gewebte und mit Pilzpigmenten gefärbte Textilien auf die von Pilzen »gewebte« schützende Außenhülle treffen. So sollte eine mögliche Verbindung zwischen Pilz und Mensch über visuell und haptisch erfahrbare Materialien und Textilien in der Wohnskulptur geschaffen werden (→ Abb. 3). Für die Textilausgestaltung des MY-CO SPACE haben wir daher Teppiche und Bezüge aus pilzgefärbter Schafswolle am Handwebrahmen hergestellt. Durch die Verwendung unterschiedlicher Garnstärken und Farben im Schuss entstanden dabei verschiedene Strukturen

und Farbverläufe in den gewebten Flächen (→ Abb. 3). Wir verwendeten Schafswolle, da Wolle ein sehr traditionelles Material ist und seit der Jungsteinzeit vom Menschen zu Textilien verarbeitet wird. Schafswolle kann als nachwachsender Rohstoff lokal bezogen werden und ist damit eine nachhaltige Ressource. Des Weiteren verfügt Wolle über verschiedene nützliche Eigenschaften. Sie nimmt Pilz- und Pflanzenfarben sehr gut an und hat natürliche Thermoregulationseigenschaften. Sie ist schwer entflammbar und wärmt sehr gut.

Das Potenzial von Pilzen als Quelle alternativer und nachhaltiger Färbemittel für Textilien ist groß. Vor allem aufgrund der toxischen Effekte vieler herkömmlich genutzter natürlicher und synthetischer Farbstoffe, aber auch wegen der Einfachheit der Extraktion von Pigmenten aus pilzlichen Fruchtkörpern. Etwa die Hälfte der herkömmlichen Farbstoffe sind sogenannte Azo-farbstoffe, die eine krebsfördernde Wirkung auf den menschlichen Organismus haben. Auch Schwermetalle

Birke Weber, Lisa Stelzer

## Weaving with fungi

Weaving is one of the oldest handicraft techniques of mankind. People have been weaving individual threads into textile surfaces for over 30,000 years. Fungi also »weave« individual cell threads into larger mycelial surfaces. As members of the SciArt collective MY-CO-X, our goal was to combine both weaving techniques. The starting point for this was our »spaceship« MY-CO SPACE. In the interior of the habitable sculpture, textiles woven by hand and dyed with fungal pigments were to meet the protective outer shell »woven« by fungi. In this way, a possible connection between fungi and human beings was to be created via materials and textiles that could be experienced visually and haptically in the living sculpture (→ Fig. 3). For the textile design of MY-CO SPACE, we therefore produced carpets and covers with fungal-dyed sheep's wool on the handloom frame. By using different

yarn thicknesses and colours in the weft, different structures and colour gradients were created in the woven surfaces (→ Fig. 3). We worked with sheep's wool because wool is a very traditional material, it has been used by mankind to make textiles since the Neolithic Age. Sheep's wool is a renewable material that can be sourced locally, making it a sustainable resource. Furthermore, wool has several useful properties. It accepts fungal and vegetable dyes very well and has natural thermoregulatory effects. It is flame retardant and warms very well.

The potential of fungi as a source of alternative and sustainable dyes for textiles is huge. Primarily because of the toxic effects of conventionally used synthetic dyes, but also because of the simplicity of pigment extraction from fungal fruiting bodies. About half of the conventional dyes are so-called azo dyes, which have a carci-

wie Blei, Cadmium und Quecksilber finden sich in Textilfarben und Pigmenten, was wiederum zu einer großen Menge an umweltbelastenden Abfallprodukten führt. Daher haben wir die Verwendung ökologisch unbedenklicher Naturfarbstoffe aus Pilzen ins Auge gefasst und versucht, sie analog zu herkömmlichen industriellen Färbeverfahren einzusetzen. Diese Idee erschien uns nicht abwegig, wenn man bedenkt, dass Pilze von uralten Kulturen bereits zur Textilfärbung genutzt wurden<sup>1</sup>. Überraschenderweise gibt es jedoch bis heute nur wenig Forschung zu den in Pilzen enthaltenen Pigmenten, obwohl bekannt ist, welche Pilzarten sich besonders für die Textilfärbung eignen. Viele dieser Arten gehören zu den Mykorrhiza-Pilzen, das heißt jenen Pilzen, die eine Symbiose mit verschiedenen Baumarten eingehen.

Die in unseren Berlin-Brandenburger Wäldern vorherrschenden Kiefern leben häufig zusammen mit Hautköpfen, von denen wir vorrangig den Blutblättrigen Hautkopf, *Dermocybe semisanguinea*, und den Zimtbraunen Hautkopf, *Dermocybe cinnamomea*, verwendet haben. Sie besitzen ein weitgefächertes Farbstoffspektrum, welches chemisch betrachtet auf dem Anthrachinon-Grundgerüst beruht (→ Abb. 1). Je nach Zu-

sammensetzung seiner funktionellen Gruppen können rote bis orange Färbungen erzeugt werden.<sup>2</sup> Aber auch der Kahle Krempling, *Paxillus involutus*, war für uns aufgrund seines Pigments Involutin interessant (→ Abb. 1). Dieses erscheint auffallend braun, ist aber auch Ausgangspunkt für eine blaue Farbreaktion, die bei der Beschädigung des Fruchtkörpers entsteht<sup>3</sup>.

Bei gemeinsamen Waldspaziergängen mit Mitgliedern und Freund\_innen des MY-CO-X-Teams sammelten wir im Herbst 2020 diese Pilze und isolierten Pigmente aus deren frischen oder getrockneten Fruchtkörpern (→ Abb. 2). Unsere hierbei gemachten Erfahrungen seien hier kurz zusammengefasst, für eine tiefergehende Lektüre und weiterführende Protokollanweisungen empfehlen wir den *Leitfaden zum Färben mit Pilzen*, der von der Deutschen Gesellschaft für Mykologie herausgegeben wird<sup>4</sup>:

— Die gesammelten Pilze lassen sich sowohl frisch als auch getrocknet verwenden und lagern. Für die Herstellung des Farbsuds werden die Fruchtkörper eine Stunde in Wasser ausgekocht und die Textilien anschließend eine Stunde lang bei siedender Temperatur (ca. 90 °C) darin eingefärbt.



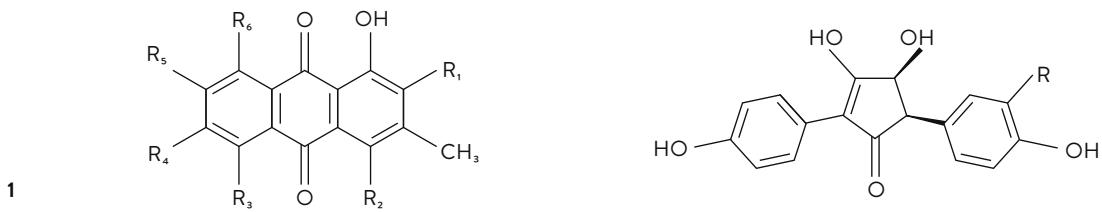
genic effect on humans. Heavy metals such as lead, cadmium, and mercury are also found in synthetic textile dyes and pigments, which in turn leads to a large amount of environmentally harmful waste products. Therefore, we have envisaged to experiment with organic natural dyes from fungi and tried to use them analogously to conventional industrial dyeing processes. This idea did not seem far-fetched to us, considering that fungi were already used for textile dyeing by ancient cultures<sup>1</sup>. Surprisingly, however, there is still little research on fungal pigments, although it is known which species of fungi are particularly suitable for textile dyeing. Many of these species belong to the mycorrhizal fungi, which live in symbiosis with various tree species.

The pine trees predominant in our Berlin-Brandenburg region often live together with skinheads, of which we have primarily used the blood-leaved skinhead, *Dermocybe semisanguinea*, and the cinnamon-brown skinhead, *Dermocybe cinnamomea*. They possess a broad spectrum of pigments, which, chemically speaking, is

based on the anthraquinone backbone (→ Fig. 1). Depending on the composition of its functional groups, red to orange colourations can be produced<sup>2</sup>. But we were also interested in the brown roll-rim, *Paxillus involutus*, because of its pigment involutin (→ Fig. 1). This appears strikingly brown, but is also the starting point for a blue colour reaction that occurs when the fruiting body is damaged<sup>3</sup>.

In joint forest walks with members and friends of the MY-CO-X team, we collected these mushrooms in autumn 2020 and isolated pigments from their fresh or dried fruiting bodies (→ Fig. 2). Our experiences are briefly summarised here; for more in-depth reading and further protocol instructions, we recommend the *Leitfaden zum Färben mit Pilzen* (Guide to Dyeing with Fungi) published by the German Society for Mycology<sup>4</sup>:

— The collected fungi can be used and stored both fresh and dried. To make the dye decoction, the fruiting bodies are boiled in water for one hour and the textiles are then dyed in this concoction for one hour at boiling temperature (about 90 °C).



1 Chemische Formel von Anthrachinon, welches je nach Zusammensetzung seiner funktionalen Gruppen rote bis orange Färbungen erzeugt (→) und chemische Formel von Involutin, welches braun erscheint, jedoch auch Ausgangspunkt für eine blaue Farbreaktion ist (→)

Chemical formula of anthraquinone, which produces red to orange colours depending on the composition of its functional groups (→) and chemical formula of involutin, which is brown, but also the starting point for a blue colour reaction (→)

2 Natürliche Pigmente können leicht durch Erhitzen aus pilzlichen Fruchtkörpern extrahiert und zum Färben von Textilien genutzt werden.

Natural pigments can easily be extracted from fungal fruiting bodies by heating and used to dye textiles.

- Besonders wichtig ist der pH-Wert sowie der Ionengehalt des Wassers, da Eisen, Kupfer und Kalk das Färbeergebnis beeinflussen. Empfohlen wird daher Regenwasser zum Einkochen der Fruchtkörper.
- Wolle und Seide eignen sich besonders zum Färben mit Naturfarbstoffen, da sie aus Proteinfasern bestehen. Diese müssen vor dem Färben gewaschen und vorbereitet werden, damit die Pigmentmoleküle binden können. Dieser Vorgang wird Beizen genannt.
- Beizen erfolgt am besten in kaltem Wasser, da dies schonend für die Fasern und energiesparend ist. Es gibt eine Vielzahl an Beizmitteln, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Zusammensetzung auch unterschiedliche Farbergebnisse bewirken können. Wir empfehlen Kaltbeize AL und das Einlegen der Textilien für 24 Stunden.



---

1 Jan Velíšek und Karel Cejpek: »Pigments of higher fungi: A review«, in *Czech Journal of Food Sciences* 29 (2011), S. 87–102.

2 Jan-Markus Teuscher: *Neue experimentelle Designs zum Thema Naturstoffe im Chemieunterricht: Chemie mit Pilzen* (1972), Jena 2011.

3 Velíšek und Cejpek: »Pigments of higher fungi«.

4 Karin Tegeler: *Leitfaden zum Färben mit Pilzen*, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Mykologie e. V., 2. kompl. überarb. Aufl. München 2016.

- The pH value and the ion content of the water are particularly important, as iron, copper, and lime influence the dyeing result. Rainwater is therefore recommended for boiling the fruiting bodies.
- Wool and silk are particularly suitable for dyeing with natural dyes, as they consist of protein fibres. These must be washed and prepared before dyeing so that the pigment molecules can bind. This process is called pickling.
- Pickling is best done in cold water as this is gentle on the fibres and saves energy. There is a wide range of pickling agents, which can also produce different colour results due to their different compositions. We recommend cold pickling AL and soaking the textiles for 24 hours.

---

1 Jan Velíšek and Karel Cejpek: »Pigments of higher fungi: A review«, in *Czech Journal of Food Sciences* 29 (2011), pp. 87–102.

2 Jan-Markus Teuscher: *Neue experimentelle Designs zum Thema Naturstoffe im Chemieunterricht: Chemie mit Pilzen* (1972), Jena 2011.

3 Velíšek and Cejpek: »Pigments of higher fungi«.

4 Karin Tegeler: *Leitfaden zum Färben mit Pilzen*, ed. by Deutsche Gesellschaft für Mykologie e. V., 2nd compl. rev. ed. Munich 2016.



**3** Pilzgefärzte Textilien, die für das Innendesign der MY-CO SPACE-Skulptur in Handarbeit hergestellt wurden

Fungal-dyed textiles made by hand for the interior design of the MY-CO SPACE sculpture



# Leben in einer Skulptur

Die globale Plattform tinyBE ist künstlerischen Visionen zur Gestaltung eines nachhaltigen Lebens gewidmet. Sie vereint Kunst, Wissenschaft und Architektur, um im freien Dialog über sinnstiftendes Leben zu diskutieren und Lösungen zu suchen, die nachhaltig, klug und effizient mit Ressourcen und Raum umgehen. Dabei hat sich tinyBE zum Ziel gesetzt, eine Reihe von Ausstellungen mit bewohnbaren Skulpturen im öffentlichen Raum zu realisieren, die zum Betrachten, Erforschen und sogar zum Bewohnen der Kunstwerke einladen. Flankiert durch ein interdisziplinär ausgerichtetes Begleitprogramm mit Gesprächen, Vorträgen und Diskussionen konnten die Besucher\_innen das anlässlich der Premiere im Sommer 2021 zum ersten Mal intensiv erleben.

In diesem interaktiven künstlerischen Forschungsprojekt, einer neuartigen Mischung aus Skulpturenpark und begehbarer Ausstellung, geht es um individuelle Erfahrungen, Erlebnisse der »Immersion« und eine zukunftsträchtige Frage: Was heißt es, mit Kunst zu

leben und zu arbeiten – im privaten und im öffentlichen Bereich? Die Kunst bildet hier das Spannungsfeld, in dem neue und experimentelle Konzepte entstehen. Auf diese Weise wollen wir ein bewussteres Wahrnehmen und Nachdenken innerhalb eines künstlerischen Umfelds erzeugen, das zugleich auf gemeinschaftliche Art und Weise erlebt und diskutiert werden kann.

Die für *tinyBE • living in a sculpture #1* eingeladenen Künstler\_innen entwickelten exklusiv acht bewohnbare Skulpturen unter Berücksichtigung nachhaltiger Materialien und einer maximalen Größe von dreißig Quadratmeter. Die temporär erbauten »Hütten« wurden in der Metropolregion Frankfurt Rhein-Main mit Standorten in Frankfurt, Darmstadt und Wiesbaden gezeigt. »Day- und Nightexperiences« mit Übernachtung vermittelten dem Publikum eine neue Form der Kunst- und Lebensbetrachtung.

Das interdisziplinär arbeitende Kollektiv MY-CO-X habe ich zur Teilnahme eingeladen, um neben Künst-

## Cornelia Saalfrank

# Living in a sculpture

The global platform tinyBE is dedicated to artistic visions endeavouring to forge a sustainable way of life. It unites art, science, and architecture in discussing meaningful ways of living in an open dialogue, seeking solutions that approach resources and space in a sustainable, intelligent and efficient manner. tinyBE has set itself the objective of producing a series of exhibitions of habitable sculptures in public space, inviting visitors to view, explore, and even live in the works of art. Complemented by an interdisciplinary accompanying programme encompassing talks, lectures, and discussions, visitors were, for the first time, able to experience an intense involvement with the concept at the premiere in summer 2021.

The interactive artistic research project, a new amalgam of sculpture park and exhibits visitors can enter,

facilitates individual immersive experiences and raises a seminal question, namely: What does it mean to live and work with art – in both the private and public sphere? Art becomes the site where new and experimental concepts are able to emerge, engendering more awareness in perception and thinking within an art environment which lends itself to being experienced and discussed collaboratively.

The artists invited for *tinyBE • living in a sculpture #1* developed eight habitable sculptures that were no larger than thirty square meters in size, using sustainable materials. The »huts,« temporary constructions, were exhibited in the Frankfurt Rhine-Main area, including sites in Frankfurt, Darmstadt, and Wiesbaden. »Day and night experiences,« taking the form of overnight stays, provided the public with new ways of looking at both art and life.

ler\_innen auch Forscher\_innen und Student\_innen aus einem wissenschaftlich-universitären Umfeld in das tinyBE-Projekt einzubeziehen. Dass zwei Gründungsmitglieder der Gruppe, Prof. Dr.-Ing. Vera Meyer und Prof. Sven Pfeiffer, auch als freie bildende Künstlerin bzw. als Architekt tätig sind, war ein ausgesprochener Glückstreffer. Das aus Künstler\_innen, Architekt\_innen und Pilzbiotechnolog\_innen bestehende Kollektiv erwies sich als eine höchst produktive Schnittstelle zwischen Kunst, Bauen und naturwissenschaftlicher Forschung, die mit MY-CO SPACE aus einer Utopie Wirklichkeit werden ließ: In der Zusammenarbeit mit nicht-menschlichen Agenten, nämlich mit Pilzen, entstand eine organische, begeh- und bewohnbare Skulptur. Pilze werden heute unter anderem in der Medizin für die Herstellung von zahlreichen Medikamenten genutzt. Aber auch als nachhaltige Alternative beispielsweise in den Bereichen Verpackungsmaterial, Baustoff oder sogar in der Textilindustrie scheint ihr Einsatz vielversprechend zu sein.

Wie nahe Wissenschaft und Vision im MY-CO-X-Projekt für tinyBE beieinander lagen, lässt schon die biomorphe Architektur des MY-CO SPACE erkennen:

Sein auffälliges Design steht in der Tradition von Galina Balaschowa, die in den 1960er- und 1970er-Jahren unter anderem für die Innengestaltung des Raumschiffs Sojus und der Raumstation Mir verantwortlich war. Die architektonischen Herausforderungen der bemannten Raumfahrt übertrug MY-CO-X in diesem Projekt auf Überlegungen zur Zukunft der Menschheit auf der Erde: Wie wird der Mensch mit begrenzten Ressourcen und unabhängig von fossilen Brennstoffen leben und wohnen können? Wie lässt sich das Gleichgewicht zwischen Mensch und Natur wieder herstellen und der Anthropozentrismus überwinden? Wird die Menschheit sich stärker auf die erfolgreichste Überlebensstrategie der Evolution, auf die Symbiose mit anderen Lebewesen, einlassen?

Die für zwei Personen ausgelegte Skulptur wurde zum konkreten Test- und Erlebnisraum für solch eine potenzielle Wechselbeziehung zwischen Mensch und Pilz. Elementare Bedürfnisse des Menschen, wie etwa die nach Schutz, werden abgedeckt durch eine minimale Ausstattung, die hauptsächlich aus Pilzmaterial besteht: Die wabenförmigen Dachelemente der Skulptur hat beispielsweise der aus Berlin-Brandenburg



The interdisciplinary collective MY-CO-X was invited to participate as a means of involving not only artists, but also researchers and students from a scientific, university environment in the tinyBE project. That two founding members of the group, Prof. Dr.-Ing. Vera Meyer und Prof. Sven Pfeiffer, also work as a freelance artist and architect, respectively, has been most serendipitous. The collective, consisting of artists, architects, and fungal biotechnologists, embodied a highly productive interface between art, construction, and scientific research which, in MY-CO SPACE, succeeded in turning the utopian into reality. With the aid of non-human agents, namely fungi, an organic sculpture was created that could be entered and inhabited.

Fungi are employed in many fields today, including in medicine for the manufacture of a range of pharmaceuticals. But they would also seem to present a promising sustainable alternative in such areas as packaging, construction materials, or even as fabrics. MY-CO SPACE's biomorphic architecture already

demonstrates how closely related the scientific and visionary are in the MY-CO-X project for tinyBE. Its striking design belongs to the same tradition as ones by Galina Balashova, who, during the 1960s and 70s, was responsible for the interior design of the Soyuz space-craft and Mir space station, among other projects. For their project, MY-CO-X transposed the architectural challenges of manned space flight to considerations of the future of mankind on Earth. How will humans be able to live and dwell with limited resources and without being dependent on fossil fuels? How can a balance between humanity and nature be restored and issues of anthropocentrism surmounted? Will we be capable of more deeply engaging with evolution's most successful survival strategy, namely symbiosis with other living beings?

The sculpture, conceived for use by two people, became a real experimental and experiential space for potential interactions between humans and fungi. Such elementary human needs as shelter were provided by

stammende Zunderschwamm ausgefüllt. Auch im Inneren saßen und schliefen die Besucher\_innen auf Pilzmaterialien und -textilien. Mit der Kompromisslosigkeit des *Solarpunk* verfolgt das Kollektiv in seinen Projekten einen biomimetischen und biophilen Ansatz zur Entwicklung zukünftiger Methoden und Werkzeuge, die unsere Widerstandskraft und Anpassungsfähigkeit stärken und dem Zusammen- wie dem gemeinsamen Überleben dienlich sind. In einer Art Hommage an das rechnerische, biologische und materielle Genie von Pilzen und ihren Myzelien adressiert es die Herausforderungen für Klima und Umwelt, die Beeinträchtigungen, denen diese ausgesetzt sind, und das mithilfe der menschlichen und nicht-menschlichen Kräfte eines kolaborativ organisierten Unternehmens. Dabei werden die Technologien beider Seiten für ein techno-futuristisches, jedoch faires und utopisches Leben genutzt; eines, das auf Vorstellungen wie Wachstumsrücknahme und Autarkie gegründet ist. Ein Erfahrungsbericht von Ute Warnke vom 23. Juli 2021 sei hier zitiert, als ein Beispiel für die vielen Besucher\_innen, die eine Übernachtung in der Skulptur erprobt haben und dabei in multiple Wahrnehmungswelten eingetaucht sind: »Von außen

wie ein urzeitliches Gürteltier, von innen ein Leben in einem Champignon. Der Geruch von Pilzen steigt mir in der Nacht in die Nase, meine Hand streicht vorsichtig über den weichen-samtigen Flaum des künstlich-natürlichen Pilzgeflechts. Es ist ein innerstädtisches künstlerisches Naturerlebnis, einzigartig, ungewöhnlich und aufregend, Geräusche, Gerüche, ein Hauch von Wind und das Gefühl tiefer Geborgenheit inmitten einer draußen tobenden Welt umgibt mich. Danke an alle, die dieses wunderbare einzigartig-innovative Projekt möglich gemacht haben. Fröhlich beginnt der Tag!«



minimal means, comprising mainly fungal materials. The sculpture's honeycomb walls, for example, were filled with the tinder fungus from the Berlin-Brandenburg region. In the interior, too, visitors sat and slept on fungal materials and fabrics. With the uncompromising nature of *solarpunk*, the collective's projects take a biomimetic and biophilic approach to the development of future methods and tools that strengthen our resilience and adaptability and are conducive to both coexistence and collective survival. In a kind of homage to the computational, biological and material genius of fungi and their mycelia, it addresses the climate and environmental challenges, the degradations they face, and does so with the help of the human and non-human forces of a collaboratively organised enterprise. In doing so, it harnesses the technologies of both sides for a techno-futuristic, yet fair and utopian life; one grounded in notions of growth reversal and self-sufficiency.

A field report by Ute Warnke from 23 July 2021 is being quoted here as just one example of the many

visitors who have undertaken an overnight stay in the sculpture, immersing themselves in multiple worlds of perception: »The exterior resembles a primeval armadillo, while being inside is like living in a toadstool. The smell of fungi filled my nostrils at night, my hand gently stroking the soft, velvety flock of the natural, yet artificial fungal structure. It is an urban art experience of nature – unique, unconventional, and exciting; sounds, smells, a gentle breeze, and the experience of being enveloped in a feeling of deep security in the midst of a frenzied world outside. Thanks to everyone who has made this wonderful, unique and innovative project possible. A happy start into the day!«



1 Die bewohnbare Holz-Pilz-Skulptur MY-CO SPACE während der Ausstellung *tinyBE • living in a sculpture* im Frankfurter Metzlerpark, Juni bis September 2021: Außenansicht (†), Innenansicht (‡)

The habitable sculpture MY-CO SPACE, made from wood and fungi, during the exhibition *tinyBE • living in a sculpture* in Frankfurt's Metzlerpark, June to September 2021: exterior view (†), interior view (‡)

# Farben des Lebens

Die orangefarbene Riesen-Gallerträne, *Dacrymyces palmatus*, gedeiht auf verrottetem Holz in vielen Gebieten Nordamerikas. Der Blaue Rindenpilz, *Terana caerulea*, wächst auf toten Bäumen in warmen, feuchten Wäldern in Europa. Der berühmte rot-weiße Fliegenpilz *Amanita muscaria* ist in Wäldern, in unserer Folklore und in alten Traditionen auf der ganzen Welt zu Hause. Und der Schwarzschwamm *Aspergillus niger* findet sich allerorts in feuchten Kellern und Hauswänden. Überall um uns herum färben Pilze die Welt, indem sie verschiedene biochemische Stoffe, sogenannte Pigmente, produzieren. Diese sind sowohl in ihrer Struktur als auch in ihrem Aussehen sehr vielfältig und reichen von orangefarbenen Carotinoiden über braune Melanine bis hin zur blauen Thelephorsäure (→ Abb.1). Aufgrund ihrer Schönheit werden sie unter anderem zur Färbung von Textilien und Lebensmitteln eingesetzt.

Es war die Anziehungskraft biologischer Pigmente, die mich während meines Promotionsstudiums die Re-

aktion des Enzyms Tyrosinase aus dem weißen Champignon *Agaricus bisporus* untersuchen ließ. Sobald dieses Enzym mit der Aminosäure Tyrosin in einer wässrigen Lösung in Kontakt kommt, beginnt eine Reaktion, bei der Tyrosin oxidiert und anschließend polymerisiert wird. Im Laufe dieser Reaktion färbt sich die Lösung von transparent über helles Pfirsichrot und tiefes Rot bis hin zu warmem Braun und endet schließlich in entschiedenem Schwarz (→ Abb.2). Ich konnte diesen natürlichen Vorgang Hunderte Male im Labor beobachten.<sup>1</sup> Das Endprodukt dieser enzymatischen Reaktion ist Melanin, ein Pigment, welches in Pilzen, aber auch in unseren Haaren, unserer Haut, unseren Augen, unseren Innenohren und unserem Gehirn vorkommt.

Diese biochemische und visuelle Verwandtschaft inspirierte mich zu meinem Artist-in-Residence-Projekt im Labor von Vera Meyer, bei der ich mich mit folgenden Fragen beschäftigte: Könnte die Suche nach einer spiegelbildlichen Entsprechung der äußerlichen menschlichen

Sunanda Sharma

## Colours of life

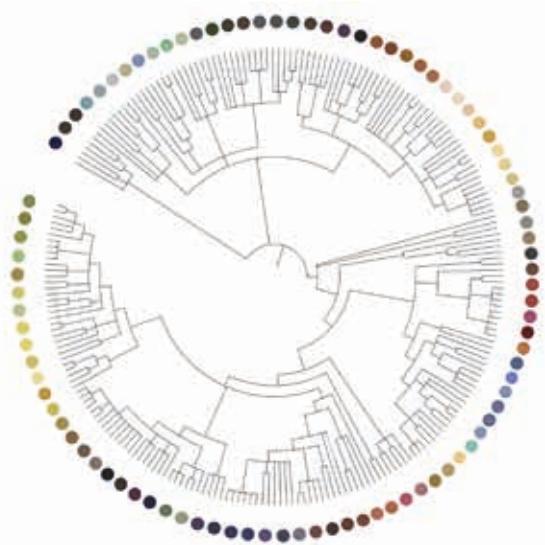
The orange jelly spot fungus, *Dacrymyces palmatus*, thrives on rotted wood across many areas in North America. The velvet blue spread, *Terana caerulea*, grows upon dead trees in warm, damp forests in Europe. The famous red and white toadstool *Amanita muscaria* is a staple of forests, folklore, and ancient traditions from all over the world. And the »black mold« *Aspergillus niger* is found in damp basements and house walls everywhere. All around us, fungi are colouring the world through their expression of different biochemicals called pigments. In fungi, they are diverse in terms of both structure and appearance, ranging from orange carotenoids to brown melanins to blue thelephoric acid (→ Fig.1). The beauty and utility of fungal pigments have led to their use for textile dyeing and food colouration, amongst others.

It was the appeal of biological pigments that drew me towards them during my graduate studies, beginning with the examination of the reaction catalysed by the tyrosinase enzyme from the white button mushroom *Agaricus bisporus*. Tyrosinase, when placed in aqueous solution with the amino acid tyrosine, begins a reaction that oxidises the amino acid and begins to build a chain. As the act proceeds, the colour of the solution transitions from utterly transparent, to light peach, to deep red, to warm brown, and ends at resolute black (→ Fig.2). I watched this natural event transpire hundreds of times in the lab.<sup>1</sup> The end product of this reaction is melanin, a pigment that can be found in fungi but also inhabits our own human hair, skin, eyes, inner ears, and brain.

This biochemical and visual kinship inspired my artist-in-residence project in the lab of Vera Meyer.

Identität in Pilzen unsere Nähe zu ihnen und unsere Empathie für sie verstärken? Können biologische Farben eine Art Linse sein, durch die wir uns mit der Welt der Pilze verbinden können? Könnte diese Linse über die disziplinäre Grenze der Wissenschaft hinaus in die Kunst hineinreichen? Das Projekt »Colors of Life« zielt daher darauf ab, sichtbare und ästhetisch-attractiven Merkmale von Pilzen hervorzuheben, um Empathie für Pilze in Menschen zu wecken und sie dazu zu ermutigen, sie schätzen und respektieren zu lernen. Um Wissenschaftler\_innen und Künstler\_innen hierbei gleichermaßen anzusprechen, wurden drei sich ergänzende Werke geschaffen: das Videokunstwerk *Colors of Life I* (QR-Code → S.147), die öffentlich frei zugängliche Online-Datenbank »The Living Color« ([www.color.bio](http://www.color.bio)) und ein Fachartikel, der diese beiden Werke zusammenfassend erläuterte und in einer öffentlich frei zugänglichen wissenschaftlichen Zeitschrift publiziert wurde<sup>2</sup> (→ S.123 ff.).

In dem Video *Colors of Life I* wird unser Einfühlungsvermögen in ein nicht-menschliches Subjekt, den stark pigmentierten Schimmelpilz *Aspergillus niger*, erkundet. Dieser Pilz wurde vor über einem Jahrhundert entdeckt und spielt seitdem eine wichtige Rolle in der



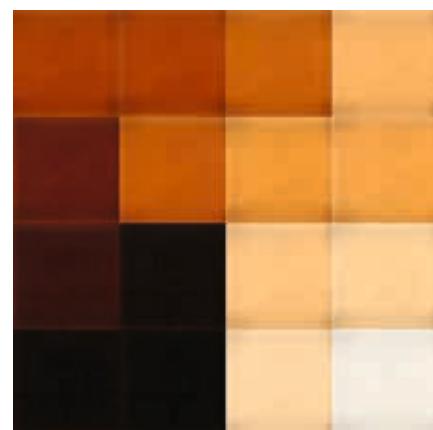
1 Eine künstlerische Darstellung des großen Spektrums an Farben, die von phylogenetisch verschiedenen Organismen im Stammbaum des Lebens erzeugt werden

An artistic representation of the wide spectrum of colours produced by phylogenetically diverse organisms in the tree of life



In this residency, I asked: Could finding a reflection of human visual identity in fungi increase our closeness to and empathy for them? Can biological colour be a lens through which to connect with the world of fungi? And could this lens expand beyond the disciplinary confines of science, into art? The project »Colors of Life« thus aimed to highlight visible, aesthetically attractive features of fungi that can stir empathy in humans, ideally encouraging us to appreciate and respect them. To engage with researchers from the different disciplines, three complementary works were created: the video artwork *Colors of Life I* (QR code → p.147); the open-access online database »The Living Color« ([www.color.bio](http://www.color.bio)), and an article summarising these two outputs published in an open-access scientific journal<sup>2</sup> (→ p.123 ff.).

In the video *Colors of Life I*, our empathy with a non-human subject, the highly pigmented filamentous fungus *Aspergillus niger*, was explored. This fungus was discovered over a century ago and has since taken a



2 Sichtbare Farbskala, die sich aus der Reaktion des Enzyms Tyrosinase aus dem Champignon *Agaricus bisporus* und der Aminosäure L-Tyrosin ergibt

The colour range visible in the reaction between the *Agaricus bisporus* enzyme tyrosinase and amino acid L-tyrosine

Biotechnologie<sup>3</sup>. Als Teil unserer Mikrobiota besiedelt er aber auch unsere Körper sowie unsere gebaute Umwelt, von der Küche bis hin zur Internationalen Raumstation ISS<sup>4</sup>. Trotz dieser großen Bedeutung und Präsenz hängt diesem Pilz ein schlechter Ruf außerhalb wissenschaftlicher Kreise an, wird er doch hauptsächlich mit Fäulnis und Verfall in Verbindung gebracht. Die auffälligen Farben dieses Pilzes, die von Weiß über Gelb bis Braun reichen, sind auf seine Melanin-Pigmente zurückzuführen, was zu einem Vergleich mit der menschlichen Hautfarbe einlädt. Während die Hautfarbe des Menschen ein sehr sichtbarer Aspekt seiner Körperlichkeit und Gruppenzugehörigkeit ist, stellt die Gegenüberstellung mit einem eindeutig nicht-menschlichen Wesen hier sowohl eine Provokation als auch eine Frage nach der »Menschlichkeit« dieses Merkmals dar. Die spannungsvolle Mischung aus Ähnlichkeit, Vertrautheit und Ekel machte daher *Aspergillus niger* zu einem faszinierenden Thema für dieses Kunstwerk. Das Video steht für ein neues Paradigma in der transdisziplinären Forschung, bei dem die künstlerische Perspektive nicht die Ästhetisierung der Wissenschaft übernimmt, sondern versucht, Empathie im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersu-

chung zu erzeugen, indem sie erkennbare Ähnlichkeiten zwischen Menschen und diesem Pilz hervorhebt. Die zentrale Frage dieser Arbeit, »Wie können wir Empathie für Mikroorganismen lernen?«, wird über Aufnahmen von *Aspergillus niger*-Sporen präsentiert, die durch ein Mikroskop betrachtet werden. Der Pilz wird in einer uns bekannten Umgebung vorgestellt, auf verrottendem Gemüse, und dann in Zeitraffer-Aufnahmen mit verschiedenen Vergrößerungen porträtiert, wobei ein und dieselbe Pilzkultur verschiedene Farbvariationen durchläuft. Die biochemischen Stoffwechselwege, die sowohl bei *Aspergillus niger* als auch beim Menschen zur Melaninbildung führen, werden einander gegenübergestellt wie auch Beispiele von Melanin in Pilzsporen und in menschlicher Haut. Die begleitende Musikkomposition wurde auf einer Harfe eingespielt, um emotionale Reaktionen bei den Betrachter\_innen hervorzurufen. Die hierbei zugrunde liegenden musikalischen Themen wie Wiederholung, Mutation und Wachstum sollten zentrale Muster im Leben dieses Pilzes widerspiegeln.

Darüber hinaus schwiebte mir ein erweitertes Lexikon der natürlichen Farben vor, das die große und wachsende Zahl von Pigmenten umfasst, die von Pilzen und



prominent role in biotechnology<sup>3</sup>. It has also made its home on our bodies, as part of our microbiota, as well as in our built environments, from kitchens to the International Space Station ISS<sup>4</sup>. Despite its importance for our world, this fungus suffers from a poor reputation – beyond scientific circles it is primarily associated with rot and decay. The remarkable colours of this fungus, ranging from white to yellow to brown, are due to its melanin pigments and invite comparison with human skin colour. While skin colour is a very visible aspect of human physical and group identity, the juxtaposition with a distinctly non-human entity represents a provocation and (at the same time) poses a question regarding the »humanness« of this trait. The tense mixture of similarity, familiarity, and disgust made *Aspergillus niger* an intriguing subject for this artwork.

The video demonstrates a new paradigm for interdisciplinary research in which the artistic perspective does not try to beautify science but aspires to engender empathy in a scientific investigation by highlighting rec-

ognisable similarities between humans and this fungus. The central question of this work – »How can we learn empathy for microorganisms?« – is presented over footage of *Aspergillus niger* spores observed through an optical microscope. The fungus is introduced in a familiar setting, on a rotting vegetable, and then portrayed in a series of time-lapses, at various magnifications showing the colour variation in a single culture. The metabolic pathways that produce melanin in both *Aspergillus niger* and humans are presented simultaneously, and examples of melanin in fungal spores and human skin are displayed side by side. The accompanying musical composition was played on a harp to trigger emotional responses of the viewers. Its underlying themes of repetition, mutation, and growth are patterns central to the life of the fungus.

I further envisioned an extended natural colour dictionary that included the great, and growing, number of pigments known to be produced by fungi and other microorganisms. While these pigments have gained the

anderen Mikroorganismen produziert werden. Während diese Pigmente die Aufmerksamkeit der Biotechnologie bereits auf sich gezogen haben, sind ihre Vielfalt und unzähligen Eigenschaften außerhalb dieser Welt kaum bekannt. Ein leicht zugängliches Wörterbuch, das die Sprache der Wissenschaften und Künste nutzt, könnte das Verständnis für und die Beschäftigung mit biologischen Pigmenten daher erweitern. So entwickelte ich die »Living Color Database« (LCDB) als Online-Lexikon für mikrobielle Pigmente, welches taxonomische, metabolische, chemische und künstlerische Daten in Beziehung setzt. Die erste Version dieser durchsuchbaren und öffentlich zugänglichen Datenbank unter [www.color.bio](http://www.color.bio) enthält mehr als 400 Pigmenteinträge, die 110 einzigartige Pigmente und 380 verschiedene mikrobielle Arten repräsentieren. Die LCDB kann erweitert werden, idealerweise mit Beiträgen von Forschenden aus unterschiedlichen Bereichen der Wissenschaft, der Künste und des Designs. Das Videokunstwerk und die Datenbank stellen zusammen zwei sehr unterschiedliche Ansätze für eine menschliche Auseinandersetzung mit Pilzen dar. Der erste appelliert an unsere Fähigkeit, uns in andere einzufühlen und uns in ihnen zu erken-

nen. Der zweite appelliert an unsere Fähigkeit, zu bauen und zu gestalten. Im Idealfall führen beide Wege zum gleichen Ergebnis: zu mehr Verständnis und Wertschätzung für das Königreich der Funga, die im Stammbaum des Lebens evolutionär nah mit uns verwandt sind.

**1** Sunanda Sharma: »Designing the Organism-Environment Relationship«, Doktorarbeit am Massachusetts Institute of Technology 2020.

**2** Sunanda Sharma und Vera Meyer: »The colors of life: An interdisciplinary artist-in-residence project to research fungal pigments as a gateway to empathy and understanding of microbial life«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 9, 1 (2022). DOI [10.1186/s40694-021-00130-7](https://doi.org/10.1186/s40694-021-00130-7)

**3** Timothy C. Cairns et al.: »How a fungus shapes biotechnology: 100 years of *Aspergillus niger* research«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 5, 13 (2018). DOI [10.1186/s40694-018-0054-5](https://doi.org/10.1186/s40694-018-0054-5)

**4** Jillian Romsdahl et al.: »Characterization of *Aspergillus niger* isolated from the International Space Station«, in *mSystems* 3, 5 (2018).



attention of biotechnology, their diversity and myriad properties are little known beyond this world. An easily accessible dictionary that utilises both scientific and artistic languages could broaden the understanding of and engagement with biological pigments. I therefore developed »The Living Color Database« (LCDB) as an online dictionary of microbial pigments that correlates taxonomic, metabolic, chemical and artistic data. The first version of this searchable and publicly available database at [www.color.bio](http://www.color.bio) contains more than 400 pigment entries, representing 110 unique pigments and 380 distinct microbial species. The LCDB can be expanded, ideally with contributions from researchers across disparate fields, from science, the arts, and design. Together, the video artwork and the database represent two very different approaches to human engagement with fungi. The first appeals to our capacity to empathise with and recognise ourselves in another. The second appeals to our ability to build and design. Ideally, both paths lead to the same conclusion: greater understanding and

appreciation for a group of our evolutionary kin across the tree of life.

**1** Sunanda Sharma: »Designing the Organism-Environment Relationship«, doctoral dissertation at the Massachusetts Institute of Technology 2020.

**2** Sunanda Sharma and Vera Meyer: »The colors of life: An interdisciplinary artist-in-residence project to research fungal pigments as a gateway to empathy and understanding of microbial life«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 9, 1 (2022). DOI [10.1186/s40694-021-00130-7](https://doi.org/10.1186/s40694-021-00130-7)

**3** Timothy C. Cairns et al.: »How a fungus shapes biotechnology: 100 years of *Aspergillus niger* research«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 5, 13 (2018). DOI [10.1186/s40694-018-0054-5](https://doi.org/10.1186/s40694-018-0054-5)

**4** Jillian Romsdahl et al.: »Characterization of *Aspergillus niger* isolated from the International Space Station«, in *mSystems* 3, 5 (2018).

## Raumzeit

Die Idee von Raum und Zeit faszinierte mich schon lange. Wie sehr sich die Sichtweise verschiebt, wenn man versucht, in größeren Dimensionen zu denken, das empfinde ich als beruhigend und irritierend zugleich. In einer durch Covid-19 bedingten Arbeitspause hatte ich die Chance, wieder mehr über Zeit und Raum zu lernen und diese Inspiration dank der Artist Residency von Vera Meyers Fachgebiet Angewandte und Molekulare Mikrobiologie in eine Bildform zu bringen. Die Idee eines Films zu Raum und Zeit trug ich bald zehn Jahre mit mir herum. Erste Skizzen entstanden 2012, nach einer Vorlesungsreihe, die ich zur visuellen Erfassung eben dieser beiden Dimensionen hielt. Unter anderem zeigte ich den Studierenden den Film *Sans Soleil* von Chris Marker. Der Filmemacher unternimmt hier den Versuch, als Mensch einen Schritt zurückzutreten und die Menschheit, das Leben auf der Erde, aus einer Außenperspektive zu zeigen. Das war einer der wichtigsten Impulse, die zu meinem audiovisuellen Experiment,

dem Film *Raumzeit* (QR-Code → S.147) geführt haben, bei dem ich eine andere Idee von Zeit vermitteln will als jene, die durch die begrenzte Zahl an Lebensjahren des Menschen gedanklich dominiert.

Eine weitere Gedankenlinie meiner Ideenfindung bezog sich auf die Frage, wie man die Grenzen der Erkenntnisfähigkeit thematisieren kann. Wir können nur verstehen, was wir mit unserem Sinnesapparat auch wahrzunehmen in der Lage sind, und »... was immer Menschen tun, erkennen, erfahren oder wissen, wird sinnvoll nur in dem Maß, in dem darüber gesprochen werden kann«, wie es Hannah Arendt so treffend formuliert<sup>1</sup>.

Für die Kunst stellt sich diese Frage genauso: Wie kann ich etwas vermitteln, das eigentlich nicht greifbar ist? Wie eben die Tiefe der Zeit oder die (möglicherweise) gekrümmten Ränder des Universums. Bezogen auf den Raum erstreckt sich die Unendlichkeit in zwei Richtungen: in die unermessliche Größe der sich voneinander

Martin Weinhold

## Spacetime

For many years I have been mesmerised by the idea of space and time. I find it reassuring and irritating at the same time how much the perspective shifts when you try to think in larger dimensions. During the break in my work caused by Covid-19, I had the chance to learn more about time and space again and to transfer this inspiration into an artistic form – thanks to the artist residency granted by Vera Meyer's department of Applied and Molecular Microbiology. Creating a film on the subject-matter of space and time was a revolving thought I had for almost a decade. First ideas and sketches date back as early as 2012. They were induced by a lecture series I gave in Toronto on the visual capture of space and time. Among other examples, I was showing the students the film *Sans Soleil* by Chris Marker. Here, the filmmaker attempts to take a step back as a human

being and to show humanity, life on Earth, from an assumed outside perspective. This was one of the main sparks that led to my audio-visual experiment, the film *Raumzeit* (»Spacetime«) (QR code → p.147), in which I want to convey a different concept of time. Different than the one which intellectually dominates, mainly caused by the limited years of life we are given as humans.

Another line in my contemplation and creation process related to the question of how to address the limits of the ability to know. We can only understand what we are able to perceive with our sensory apparatus, »and whatever men do or know or experience can make sense only to the extent that it can be spoken about,« as Hannah Arendt writes aptly in her book *The Human Condition*<sup>1</sup>. For works of art a similar question applies: How can I describe something that actually is

entfernenden Galaxien ebenso wie in die Welt des unfassbar Kleinen der Mikroorganismen oder der physikalischen Kleinstpartikel. Künstlerisch kann ich beide Unfassbarkeiten nur mit sprachlichen und bildlichen Metaphern abstrahierend darstellen, so wie die Wissenschaft das, was der Mensch nicht wahrnehmen kann, über Modelle begreiflich zu machen versucht. Beide Methoden sind in diesem Sinne kreativ, beide Methoden werden Aspekte der Wahrheit in sich tragen und dennoch nie die wirkliche Dimension erfassen können. Während der Arbeiten zu *Raumzeit* über Wissenschaft und Kunst im Vergleich nachzudenken und gleichzeitig darüber mit den Mitarbeiter\_innen des Fachgebiets ins Gespräch zu kommen, das war für mich ein großer Gewinn im Sinne der Erkenntnis über das Erkennen-Können. Bei der Autorin Nadja Spiegelman fand ich dazu den passenden Satz: »Wir sehen die Dinge nicht, wie sie sind, wir sehen sie, wie wir sie verstehen.«<sup>2</sup>

Das Streben nach Wissen und Begreifen wird nie aufhören – so wenig wie das Bedürfnis, Kunstwerke zu schaffen, die unser Dasein reflektieren –, aber ich denke, dass wir an einen Punkt kommen werden, wo wir möglicherweise wie die Fliege gegen die Fensterscheibe

prallen<sup>3</sup>. Das Insekt versteht Glas – durchsichtig, aber fest – mit seinem Sinnesapparat nicht, und wir werden mit unserem Gehirn möglicherweise nie in der Lage sein, Phänomene wie die Quantenverschränkung oder die dunkle Materie wirklich zu begreifen.

Dass es auf der Erde auch andere Daseins-Modelle als das des Menschen gibt, das habe ich immer wieder über die Forschung von Vera Meyer erfahren. Ihre Ausführungen zu großflächigen Symbiosen von Pilzen mit Bäumen und dem Kommunikationssystem, das diese Organismen miteinander entwickeln, machten mir klar: Es gibt außerhalb unserer menschlichen Vorstellung von Realität auch ganz andere Weltwahrnehmungen, die aber neben der unseren auf unserem Planeten existieren.

Der Film *Raumzeit* ist stark geprägt von meiner Faszination für sich wiederholende Bewegungen. Der Wechsel in der Rhythmisierung dieser Bewegungen war, neben der inhaltlichen Abfolge der Phänomene, der wichtigste Punkt für die Gesamt-Komposition des Films. *Raumzeit* wollte ich sowohl als stimmige Abfolge wie auch als Gesamt-Mosaik gestalten, Farben, Bewegungen, Töne sollen sich ergänzen und kontrastierend verstärken. Die



intangible? Something as intangible as deep time or the (possibly) curved edges of the universe. With respect to space, infinity expands in two directions: into the immeasurable size of galaxies moving away from each other as well as into the world of inconceivably small microorganisms or physical microparticles. Artistically, I can depict both inconceivabilities only with abstract metaphors using the means of language and image. Which is similar to the process happening in the science world where models aid the understanding of phenomena that we cannot perceive. In that sense, both methods are creative and may contain aspects of truth but will never grasp the full dimension.

Thinking about art and science in comparison and having the chance to discuss that matter with the researchers of the department of Applied and Molecular Microbiology was a huge gain during the work process for *Raumzeit*. In particular it was a cognitive gain about the limits of knowledge and cognition. During those production days in 2021, I discovered a very suitable text

passage by US-American writer Nadja Spiegelman: »We don't see things as they are, we see them as we understand them.«<sup>2</sup> The human striving for knowledge and comprehension will never cease, as the need to create artworks reflecting our world will persist. However, I believe we will come to a point where we encounter a barrier without noticing it. Then we may resemble the fly bumping incessantly against the window pane for not understanding the material's quality.<sup>3</sup> Like the insect unable to see and overcome an invisible obstacle, we may not be able to really grasp space's dark matter or the quantum entanglement with our human brain.

There are different models of existence on Earth than that of man – that is something I have learned again and again through the research of Vera Meyer. Her explanations of large-scale symbioses of fungi with trees and of the communication system that these organisms develop with each other, made it clear to me: there are worlds outside our human conception of reality and their inhabitants live together with us on this planet.

Bewegungen sind zum Teil nicht zeitlich einzuordnen, wie die Bewegung von Wasser oder Gras und Bäumen im Wind, teils sind sie eindeutige Kennmarken unserer industriellen Moderne. Mich hat daran interessiert, dass es bestimmte Anblicke auf der Erde schon unendlich lange vor der Existenz des Menschen gab, es also so etwas wie »ewige Bilder« gibt. Diesen haben wir nun in der Landschaft selbst geschaffene Bilder, wie das Netz von Bahnlinien, Schleusentore oder eben Windkraftwerke, hinzugefügt. Windturbinen, mit ihrer Bewegung ohne Anfang und Ende, sind für mich eine Chiffre für die von Menschen geprägte Neuzeit. Diese benötigt die aus der stetigen Drehung der Rotoren entstehende Energie wie die Luft zum Atmen für ihre technischen Bewegungsmuster.

Zu guter Letzt spiegeln die Bilder des Films die mir vertrauten Orte, die in den vergangenen Corona-Jahren der Boden für mich waren und die ich in dieser Zeit mit anderen Augen sehen gelernt habe. Ich danke dem Fachgebiet Angewandte und Molekulare Mikrobiologie der TU Berlin für die Möglichkeit, im Rahmen des Artist-in-Residence-Programms diesen Film zu schaffen.

---

1 Hannah Arendt: *Vita Activa oder Vom tätigen Leben* (1960), 3. Aufl. München 2005.

2 Nadja Spiegelman: *Was nie geschehen ist*, Berlin 2018.

3 Sinngemäß zitiert nach: Fabian Scheidler: *Der Stoff, aus dem wir sind. Warum wir Natur und Gesellschaft neu denken müssen*, München 2021.



The film *Raumzeit* is strongly influenced by my artistic excitement for repeated movement. The change in the rhythm of these movements, along with the sequence of phenomena in terms of content, was the most important aspect for the overall composition of the film. It was my intention to create *Raumzeit* as a harmonious succession and as a coherent mosaic at the same time, a mosaic in which colours, shapes, movement, and sound complement and contrast each other. Some of the movements cannot be identified in time at all, like the motion of water or grass and trees swaying in the wind, some are clear landmarks of our industrial modern age. I was interested in the fact that certain sights on Earth existed infinitely long before the rise of mankind, so they can be considered »eternal images« in a manner of speaking. Meanwhile, we have added man-made sights, have put railway lines, floodgates or wind turbines into the landscape. Especially wind turbines are a key visual for me. Their sight stands like a metaphor for our present era with its immense human impact onto the planet, their

perpetual rotation providing the desperately needed energy for our technical movement patterns.

Finally, the film's images reflect the familiar places that constituted the ground for me in the past Covid-years and which I learnt to see anew during that time. I would like to thank the department of Applied and Molecular Microbiology of the TU Berlin for the opportunity to create this film in the framework of its Artist-in-Residence programme.

---

1 Hannah Arendt: *The Human Condition* (1958), 2nd ed. Chicago 1998.

2 Nadja Spiegelman: *I'm Supposed to Protect You from All This*, Melbourne 2016.

3 Paraphrased and translated quote from Fabian Scheidler: *Der Stoff, aus dem wir sind*, München 2021.



1 Bilder aus dem Videofilm *Raumzeit*, 2021  
Video stills from *Raumzeit* (»Spacetime«), 2021

## **Wunderkammer: Pilze**

Seit 2020 gibt es an der Neuköllner Oper in Berlin eine besondere Veranstaltungsreihe über und mit Musik: die WUNDERKAMMER. Inspiriert von den historischen Wunderkammern als frühe Sammlungen ausgewählter Objekte der Wissenschaft, Natur und Kunst, zugleich Labore aktuellster Wissenschaften damals, der Weltbilder der europäischen Renaissance und Orte des Staunens, führt die WUNDERKAMMER der Neuköllner Oper heutige Wissensstände, Musik und Philosophie zusammen und erprobt damit einen anderen Blick auf unsere Gegenwart. Das Programm der von Bernhard Glocksin und Sabrina Rossetto initiierten und geleiteten, von der Schering Stiftung unterstützten Reihe spürt dem Wundersamen in ausgewählten Alltagsphänomenen nach – etwa dem Wunderwerk des menschlichen Körpers, Klang- und Geruchsreisen mit Alexander von Humboldt, dem »Tier in mir« oder der »Vermessung der Zeit«. Alle Themen werden an besonderen Orten – oder auch in speziellen Resonanzräumen – inszeniert.

Für die WUNDERKAMMER: PILZE ging ein Forschungsteam mit einem neugierigen Publikum an drei Abenden im September 2021 auf Entdeckungsreise im herbstlichen Prinzessinnengarten auf dem Neuen St. Jacobi-Friedhof im Berliner Stadtteil Neukölln. Hier begegneten sie merkwürdigen Lebewesen, die sie staunen, singen und die Welt anders sehen lassen. Denn Pilze sind überall, in, um und zwischen uns. Sie halten uns am Leben, bauen Schadstoffe ab, verändern das Verhalten von Tieren und Pflanzen und beeinflussen, wie wir Menschen fühlen und denken. Und: Myzelien, ihr unterirdisches Geflecht aus fadenförmigen Zellen, zeigen faszinierende Muster von Intelligenz, Kommunikation und Organisation – und führen uns auch vor Augen, dass wir Menschen keine Individuen im klassischen Wortsinn sind. Inspirationen zur Bewältigung der Herausforderungen unserer Zeit? Pilzstrukturen haben auch vieles mit Musik zu tun. Eine vielstimmige Musik – Polyphonie – spannt dabei einen Raum auf, in dem die unsichtbaren Netzwerke

**Bernhard Glocksin, Sabrina Rossetto, Markus Syperek, Jens Krause, Vera Meyer**

## **Cabinet of curiosities: Fungi**

Since 2020, there has been a special series of events about and with music at the Neuköllner Oper in Berlin: the WUNDERKAMMER (Cabinet of curiosities). Inspired by the historical *Wunderkammer* as early collections of selected objects of science, nature, and art, at the same time laboratories of the most current sciences at that time, displays of the world views of the European Renaissance, and places of wonder, the WUNDERKAMMER of the Neuköllner Oper brings together today's knowledge, music, and philosophy and thus tests a different view of our present. The programme of the series, initiated and directed by Bernhard Glocksin and Sabrina Rossetto and supported by the Schering Stiftung, explores wonderful phenomena in everyday life – such as the miracle of the human body, sound and smell journeys with Alexander von Humboldt, the »animal in me,« or

the »measurement of time.« All themes are staged in special places – or resonance spaces.

For the WUNDERKAMMER: PILZE (Fungi), a research team and a curious audience set out on a journey of discovery in the autumnal Princess Garden at the New St. Jacobi Cemetery in the Neukölln district of Berlin. Here, on three evenings in September 2021, they met fascinating creatures that amazed them, made them sing and see the world differently. This is because fungi are everywhere, in, around and between us. Fungi keep us alive, break down pollutants, change the behaviour of animals and plants, and influence how we humans feel and think. Also, mycelia, with their subterranean network of thread-like cells, show fascinating patterns of intelligence, communication, and organisation, whose study leads us to the insight that we humans are not



1 Akteur\_innen der WUNDERKAMMER: PILZE im Prinzessinnengarten in Berlin Neukölln sowie Bühnenbild für die Kiezkapelle von Sabrina Rossetto („), Berlin, September 2021

Participants of WUNDERKAMMER: PILZE in the Princess Garden of Berlin Neukölln as well as the stage design for the Kiezkapelle by Sabrina Rossetto („), Berlin, September 2021

und Labyrinth der Pilze beim Hören erfahrbar werden. So also erklang an diesen Abenden in der St. Jacobi Kapelle polyphone Musik unter anderem von Monteverdi, Bach und Piazzolla, und mehr noch: Auch das Publikum sang einfache Kanons und ein Quodlibet und ermöglichte sich und anderen eine unmittelbare Erfahrung von »Verwebung« im sinnlichen Abbild. Musik verbindet, wie Mikroorganismen und Pilzstrukturen Menschen, Tiere und Pflanzen verbinden.

Da die WUNDERKAMMER-Programme in ihrer Konzeption und Durchführung auf eine enge Zusammenarbeit mit allen Beteiligten ausgerichtet sind, entstanden mit der Mikrobiologin Vera Meyer von der Technischen Universität Berlin, dem Schwarmforscher Jens Krause von der Humboldt-Universität zu Berlin und dem künstlerischen Leiter der Neuköllner Oper Bernhard Glocksins drei jeweils neu akzentuierte Abende. Moderiert durch Bernhard Glocksins ging es im ersten Teil draußen auf dem abendlichen Friedhof um das Konkrete, Sichtbare, Fühl- und Schmeckbare, um Fruchtkörper der Pilze, um Lebensmittel, die ohne die Stoffwechselfähigkeiten der Pilze nicht denkbar wären, um kleine Kostproben vom »Baum der Erkenntnis«,

aber auch um Grundzüge von Intelligenz und Schwarmverhalten. Mit dem Musiker und Komponisten Markus Syperek wurde das Publikum auch sängerisch aktiv, bevor es im zweiten Teil um die Vertiefung der Erkenntnisse und damit in die nahe liegende »Kiezkapelle« ging: ein idealer Klang-Raum für polyphonic Musik eines Monteverdi, Bach und Piazzolla, neu arrangiert und aufgeführt von dem Pianisten Markus Syperek, dem Schlagzeuger Leonardo van Papp und der Sopranistin Hrund Ósk Árnadóttir. Der ehemalige Kirchenraum war von der Bühnenbildnerin Sabrina Rossetto in ein Kunstlabor verwandelt worden – mit Installationen von wesentlichen Exponaten aus der wissenschaftlichen Forschung und der künstlerischen Arbeit von Vera Meyer sowie Praxisbeispielen aus dem Labor von Jens Krause. In diesem zweiten Teil standen vertiefende Einblicke in die Zusammenhänge im Fokus, vor allem aber die Frage, was diese Forschung und ihre Anwendung für jede\_n Einzelne\_n und die Gesellschaft bringt – Ausblicke in ein neues, anderes Verständnis des Zusammenspiels von Mensch, Fauna, Flora und Funga und ihrer enormen Potenziale für die Zukunft, die ja bekanntlich jetzt beginnt. Nach drei in spontaner Interaktion mit



individuals in the classic sense of the word. Is this inspiration for overcoming the challenges of our time?!

Fungal structures also have a lot to do with music. Polyphonic music opens a space for the experience of the invisible networks and labyrinths of fungi in the audible. So, on these evenings in the St. Jacobi Chapel, polyphonic music by Monteverdi, Bach, and Piazzolla, among others, was heard, and even more: the audience also sang simple canons and the quodlibet, enabling themselves and others to have an immediate experience of »interweaving« in the sensual image. Music connects, just as microorganisms and fungal structures connect people, animals, and plants.

The WUNDERKAMMER programmes are generally designed and implemented in close cooperation with all partners involved. The »Cabinet of Curiosities: Fungi« was thus jointly developed with the microbiologist Vera Meyer from Technische Universität Berlin, the swarm researcher Jens Krause from Humboldt-Universität zu Berlin, and the artistic director of the Neuköllner Oper

Bernhard Glocksins. Moderated by Bernhard Glocksins, the first part outside in the cemetery was about the concrete, visible, tangible, and tastable, about fruiting bodies of fungi, about food that would be unthinkable without the metabolic abilities of fungi, about small samples of the »Tree of Knowledge« but also about basic features of intelligence and swarm behaviour. With the musician and composer Markus Syperek, the audience also became active by singing, before the second part went on to deepen their knowledge in the nearby local chapel: an ideal sound space for polyphonic music by Monteverdi, Bach, and Piazzolla, newly arranged and performed by pianist Markus Syperek, drummer Leonardo van Papp, and soprano Hrund Ósk Árnadóttir. The chapel interior was transformed into an art laboratory by stage designer Sabrina Rossetto with installations of exhibits from the scientific research and artistic work of Vera Meyer as well as practical examples from Jens Krause's laboratory. In this second part, the focus was on deeper insights into the connections, but above all on the question of

dem Publikum variierten Abenden stand fest: Der Zuspruch war so enorm, dass diese WUNDERKAMMER: PILZE Zukunft hat und im Herbst 2022 mit allen Beteiligten wiederholt wird.



what this research and its application had to offer for each individual and society as a whole – perspectives on a new, different understanding of the interplay between humans, fauna, flora, and fungi and their enormous potential for the future, which, as we all know, begins now. After three evenings of spontaneous interaction with the audience, it was clear that the response was so enormous that this WUNDERKAMMER: PILZE has a future and will be repeated in autumn 2022 with all participants.



**Transdisziplinär lehren  
und lernen**

**Teaching and learning  
transdisciplinary**

# Öffentliche Laborkurse für das Projekt MY-CO BUILD

Transdisziplinäre Arbeit wird immer beliebter, vor allem im wissenschaftlichen Kontext. Wenn diese Zusammenarbeit jedoch ausschließlich zwischen traditionellen Akademiker\_innen (oder Künstler\_innen) stattfindet, verpassen wir eine noch breitere gesellschaftliche Beteiligung. Die Bemühungen der Bürger\_innenwissenschaft sind ein Schritt in die richtige Richtung, da sie die Entdeckungen der Wissenschaft auf greifbare Weise in die Welt hinaustragen. Allerdings bleiben diese Bemühungen oft hinter den Erwartungen zurück. In vielen Fällen befassen sie sich nur mit dem Erheben oder Auswerten von Daten, während die Bildung von Hypothesen und die Anwendung von Wissen nur selten angegangen werden. Wir müssen darüber hinausgehen und Wissenschaft demokratisieren als Teil der radikalen Machtverschiebung, die wir im Hinblick auf eine ökologisch und sozial gerechte Gesellschaft für notwendig erachten.

Die Wissenschaft zu demokratisieren bedeutet, die Kontrolle über das Wissen neu zuzuweisen. Die Menschen, die von der Produktion und Anwendung von Wissen betroffen sind, sollten bei dieser Neuverteilung im Mittelpunkt stehen. Wir betrachten den Laborkurs im Rahmen von MY-CO BUILD, einem zutiefst transdisziplinären Projekt zwischen Mykologie, Architektur und Kunst (→ s.29 ff.) als ein Experiment in diesem Sinne. Es wurde durch eine Kooperation von gemeinschaftsbasierten Gruppen (TOP Lab, KiezPilz) mit institutionell etablierten Partnern aus der akademischen (TU Berlin) und musealen Welt (Futurium) realisiert. An vier Workshop-Tagen lernten die Teilnehmer\_innen, wie man Baumaterialien aus Pilzen züchtet und stellten Pilzziegel her. Zu diesem Zweck haben wir eine Reihe von Werkzeugen eingesetzt, etwa *Nachbaubarkeit* einschließlich Open-Source-Publikation, *niederschwellige Technologie* und *minimaler Fachjargon* mit sorgfältiger Einführung.

*Alessandro Volpato, Logan Noonan, Annemarie Nazarek*

## Public lab courses for the project MY-CO BUILD

Transdisciplinary work has become increasingly popular, especially in connection to science. But when this work is done in narrow collaboration between traditional academics (or artists) we miss out on an even wider societal cooperation. Citizen science efforts are a step in the right direction in that they bring the discoveries of the academy out into the world in a tangible way. However, these efforts often fall short. They are often concerned only with the collection or evaluation of data, while hypothesis generation and application of knowledge are rarely addressed. We must go beyond this and democratise science as a part of the radical power shift we deem necessary for an ecologically and socially just society.

Democratising science means to reallocate control over knowledge. The people affected by the production

and application of knowledge should be central in this reallocation. We see as an experiment in this endeavour the lab course part of MY-CO BUILD, a profoundly transdisciplinary project across mycology, architecture, and art (→ s.29 ff.). It was realised through a cooperation of community-based groups (TOP Lab, KiezPilz) with institutionally established partners from the academic (TU Berlin) and the museum world (Futurium). Within four workshop days, participants learned how to grow building materials from fungi and proceeded to create their own fungal bricks. We used a series of tools to this end; for example »recreatability« including open-source publishing, *low or appropriate technology*, and *minimised jargon* with careful introduction.

### — Nachbaubarkeit

Unser Ziel war es, die Teilnehmer\_innen in die Lage zu versetzen, den Anbauprozess selbst nachzuvollziehen, sodass sie tatsächlich eine sinnvolle Kontrolle über die Anwendung des erworbenen Wissens erhalten. Die Anleitungen und Präsentationen in englischer Sprache sind für jede\_n online frei zugänglich. Diese Reproduzierbarkeit bietet den Teilnehmer\_innen eine solide Grundlage für weitere mykologische Forschung, Kunst oder andere direkte Anwendungen.

### — Niederschwellige Technologie

Wir haben die am besten zugänglichen Geräte und Technologien verwendet. Wenn etwas nicht leicht zugänglich war, haben wir Alternativen vorgestellt. So haben wir zum Beispiel für sterile Arbeiten eine preisgünstige Kunststoff-Box anstelle einer teuren Reinraumbank verwendet.

### — Minimierung des Fachjargons

Wir haben den Gebrauch von Fachsprache reduziert. Wenn Jargon verwendet wurde, erklärten wir ihn sorgfältig. Die Moderator\_innen und Teilnehmer\_innen hatten unterschiedliche Muttersprachen. Dies stellte uns vor einige Herausforderungen, wenn es darum ging,

Erklärungen zu finden, die das Verständnis aller Beteiligten erleichterten.

Dies sind nur drei von mehreren vielversprechenden Werkzeugen, die zur Demokratisierung der Wissenschaft zur Verfügung stehen. Welche davon eingesetzt und wie sie kombiniert werden, wird sicherlich ein iterativer Prozess sein, der in vielerlei Hinsicht die iterative Produktion von wissenschaftlichem Wissen selbst widerspiegelt. MY-CO BUILD ist nur ein Versuch in diesem Prozess.

Die aktuelle Pandemie und die Klimakrise haben die Bedeutung des wissenschaftlichen Verständnisses unterstrichen. In beiden Fällen sehen wir die Gefahr, die eine falsch informierte, misstrauische Öffentlichkeit darstellen kann. Die Tatsache, dass die breite Öffentlichkeit keinen Zugang zu Wissenschaft und keine Kontrolle über das Wissen hat, das ihr Leben betrifft, hat den Grundstein für gefährliche wissenschaftsfeindliche Ansichten gelegt, die von einigen für politische Zwecke ausgenutzt werden.

Bei dieser Demokratisierung geht es nicht nur darum, den Zugang zu wissenschaftlichen Anliegen für historisch unterrepräsentierte Teile der Gesellschaft zu



### — »Recreatability«

Our goal was to enable the participants to recreate the growing process on their own, so that they would actually gain meaningful control over the application of the gained knowledge. The instructions and presentations, in English, are freely available to anyone online. This reproducibility gives participants a solid basis to pursue further mycological research, art, or other direct applications.

### — Low or appropriate technology

We utilised the most accessible equipment and technologies possible. When something was not easily accessible, we presented alternatives. For example, using an affordable still-air-box for sterile work instead of an expensive clean bench.

### — Minimised jargon

We reduced the use of technical language. When jargon was used we explained it carefully. Facilitators and participants had a variety of native languages. This presented some challenges in finding explanations that facilitated everyone's understanding.

These are only three of a number of promising tools available to democratise science. Which of these to use and how they are combined will certainly be an iterative process, reflecting in many ways the iterative production of scientific knowledge itself. MY-CO BUILD is just one experiment in this process.

Throughout the current pandemic and climate crisis the importance of scientific understanding was strongly reinforced. In both cases, we see the danger that a misinformed, distrusting public can pose. The broader public's lack of connection to science and control of knowledge affecting their lives has laid the groundwork for dangerous anti-science perspectives which some are exploiting for political means.

This democratisation is not simply about improving accessibility to scientific matters for historically underrepresented parts of society. It also benefits professional scientists. Research done under the auspices of corporate, academic and even state institutions is faced with a myriad of both implicit and explicit limitations. These

verbessern. Sie kommt auch professionellen Wissenschaftler\_innen zugute. Forschung, die unter der Schirmherrschaft von Unternehmen, akademischen und sogar staatlichen Einrichtungen durchgeführt wird, unterliegt einer Vielzahl von impliziten und expliziten Beschränkungen. Diese können von Regeln für die Verbreitung von Informationen über die Wahl des Forschungsthemas bis hin zum Druck der Gewinnerzielung reichen.

Durch die oben beschriebenen Techniken, mit denen die Forschung aus dem institutionellen Rahmen herausgelöst werden kann, haben professionelle Wissenschaftler\_innen mehr Möglichkeiten zu wählen, woran sie arbeiten, mit wem sie zusammenarbeiten und was sie mit dieser Forschung tun. Darüber hinaus können sie die Bemühungen, den Wissensreichtum und die Perspektive von Laien aufgreifen und integrieren, indem sie sich mit organischen Intellektuellen und der Öffentlichkeit verbinden.

MY-CO BUILD ist ein Beispiel dafür, wie Partner aus verschiedenen Einrichtungen zusammenkommen, um das Paradigma zu ändern, unter dem sie arbeiten. Durch diese Zusammenarbeit konnten wir Wissen aus-

tauschen und den Grundstein für weitere Erkenntnisse legen. Sie hat auch dazu beigetragen, unsere eigenen Praktiken und Perspektiven zu überarbeiten. Sowohl die Erfolge als auch die Unzulänglichkeiten dieses Projekts dienen als Wegweiser. Nur durch die Wiederholung und Ausweitung von Kooperationen wie dieser können wir hoffen, die Wissenschaft zu democratizieren.

1 Kursteilnehmer\_innen während des MY-CO BUILD-Pilzkultivierungsworkshops, TOP Lab, Berlin, März 2022

Course participants during the MY-CO BUILD Mushroom Cultivation Workshop, TOP Lab, Berlin, March 2022



can range from rules around dissemination of information, to the choice of research topic, and the pressure of the profit motive.

The techniques outlined above, to bring research out of the institutional setting, give professional scientists more choice in what to work on, who to work with, and what to do with that research. Further it allows them to deeply engage the efforts, wealth of knowledge, and perspective of people without formal scientific training, embracing organic intellectuals and the public at large.

MY-CO BUILD is an example of how partners from various entities come together in order to shift the paradigm under which they work. Through this collaboration, we were able to share and lay the groundwork for producing more knowledge. It also helped reshape our own practices and perspectives. Both the successes and shortcomings of this project serve as stepping stones. Only through repeated and widening versions of collaborations like this can we hope to democratise science.



## MY-CO BUILD + AFFECT – Subjektives Erleben und Bewertung pilzbasierter Materialien

Mit dem Modul der X-Student Research Groups fördert die Berlin University Alliance im Rahmen der Exzellenzinitiative Forschungsteams aus Nachwuchsforschenden und Studierenden mit dem Ziel, Studierende in aktuelle Forschungsprojekte einzubinden und ihnen damit eigene erste selbstständige Forschung zu ermöglichen. Zudem erlaubt dieses Format fächerübergreifende Angebote und damit Begegnungen und Interaktionen in transdisziplinärer Forschung. Genau da ist das Lehrforschungsprojekt MY-CO BUILD + AFFECT verortet, das sich im Wintersemester 2021/22 an Berliner Studierende der Psychologie, Architektur und Biotechnologie richtet mit dem Ziel, Materialinnovation im Bereich pilzbasierter Baumaterialien aus ökologischer Perspektive und architektonischer Praxis vor dem Hintergrund der spezifischen Bedürfnisse und dem Erleben der Nutzer\_innen einzuordnen, Material- und Prozessvariablen vor dem Hintergrund verstandesmäßiger (kognitiver) und

gefühlsmäßiger (affektiver) Bewertungen zu lesen und dieses Wissen für den Gestaltungsprozess nutzbar zu machen.

Das Projekt MY-CO BUILD + AFFECT mit Gudrun Rauwolf als Psychologin und Leiterin der X-Student Research Group sowie der Biotechnologin Vera Meyer und dem Architekten Sven Pfeiffer als begleitende Lehrende erweitert die Forschung an zukünftigen pilzbasierten Baustoffen um eine architekturpsychologische Perspektive und stellt damit das multisensorische Erleben des Menschen sowie die Akzeptanzforschung in den Mittelpunkt der Untersuchungen, um offene Fragen zur Zukunftsfähigkeit dieser Materialien zu beantworten. Folgt man den aufgestellten Kriterien des Zertifizierungssystems der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen<sup>1</sup>, müssen für eine aussagekräftige Bewertung neben der ökologischen, ökonomischen und technischen Qualität auch die soziokulturelle,

Gudrun Rauwolf, Sven Pfeiffer, Vera Meyer

## MY-CO BUILD + AFFECT – Subjective experience and evaluation of fungal-based materials

With the X-Student Research Groups, the Berlin University Alliance promotes research teams of young researchers and students within the framework of the Excellence Initiative to involve students in current research projects and thus enable them to conduct their first independent research. In addition, this format allows for interdisciplinary offerings and thus encounters and interactions in transdisciplinary research. The teaching research project MY-CO BUILD + AFFECT included students of psychology, architecture, and biotechnology in the winter semester of 2021/22 with the aim of classifying material innovation in the field of fungal-based materials from an ecological perspective and architectural practice against the background of the specific needs and experiences of the users, of read-

ing material and process variables in view of rational (cognitive) and emotional (affective) evaluations, and of making this knowledge usable for the design process.

The MY-CO BUILD + AFFECT project, with Gudrun Rauwolf as a psychologist and head of the X-Student Research Group as well as biotechnologist Vera Meyer and architect Sven Pfeiffer as accompanying teachers, expands research on future fungal-based building materials by including an architectural psychology perspective. Thus, multisensory experience of humans as well as acceptance research are placed in the centre of the investigations to clarify open questions about the future viability of these materials.

Following the criteria of the certification system of the German Sustainable Building Council DGNB<sup>1</sup>,

funktionale und Prozessqualität (wie Nutzer\_innenkommunikation) in den Blick genommen werden. Während bei der Entwicklung neuer pilzbasierter Materialien zunächst technische Fragen wie Festigkeit, Schallschutz, aber auch Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit im Mittelpunkt stehen, sollen durch die architekturpsychologische Begleitforschung von MY-CO BUILD + AFFECT weitere Fragen untersucht werden. So stehen Kriterien wie Aufenthaltsqualität und sensorische Qualitäten (also visuelle, akustische, olfaktorische, haptische und thermische) wie auch der Einfluss des Wissens auf die affektive Bewertung im Fokus. Denn gerade zu Pilzen haben Menschen ein ambivalentes Verhältnis, weil diese für sie nicht nur mit Schönheit und Genuss verbunden sind, sondern auch mit Ekel und Angst vor krankmachenden Substanzen oder bautechnischen Mängeln. Daher gilt es, Hemmnisse und Potenziale rechtzeitig zu identifizieren und gleichzeitig den Menschen neue Möglichkeitsräume im Denken über Pilze zu eröffnen.

Durch Exkursionen und öffentliche Open-Lab-Workshops im Futurium, im Austausch mit Expert\_innen und Laien und durch die systematische Auswertung von zwei Expert\_inneninterviews (geführt von

dem Architekturstudenten Lukas Stockmaier) wurden häufige Vorbehalte identifiziert. Dazu zählen neben Kosten-, Zeit- und Umsetzungsfaktoren (Wann ist dieses Material wirklich als Baumaterial verfügbar?) vor allem Fragen und Vorbehalte in Bezug auf Haltbarkeit, Belastbarkeit, Wasserbeständigkeit, Entflammbarkeit (zum Beispiel in Assoziation mit der Pilzart Zunderschwamm), Gefährlichkeit (in Bezug auf Gesundheit, Entsorgung), Kompostierbarkeit (in Bezug auf mögliche Beschichtungen), Schimmelbildung und letztendlich die Angst vor einem »lebendigen« Material. Gerade die Sichtbarkeit eines aktiven Pilzwachstums im optischen Erscheinungsbild des Materials wurde als kontroverser Punkt mehrfach diskutiert mit starken positiven (bei »Pilzenthusiast\_innen«) und negativen (bei »Pilznoviz\_innen«) affektiven Konnotationen. Auf all diese Punkte gilt es, mit einer angemessenen Kommunikation zu reagieren, transparent derzeitiges Wissen und aktuelles Nicht-Wissen zu vermitteln und dabei neben den Vorteilen auch die Einschränkungen zu thematisieren.

In Modellen technikorientierter Akzeptanzforschung werden dem Akzeptanzbegriff vier unterschiedliche Dimensionen zugeschrieben: eine kognitive (verständes-



a meaningful evaluation must consider not only ecological, economic and technical quality but also socio-cultural, functional and process quality (such as user communication). While the development of new fungal-based materials initially focuses on technical issues such as strength, sound insulation, deconstruction and recycling friendliness, the accompanying architectural psychology research of MY-CO BUILD + AFFECT is intended to clarify further questions. Criteria such as quality of stay and sensory qualities (that is visual, acoustic, olfactory, haptic and thermal) as well as the influence of knowledge on affective evaluation will be examined. People have an ambivalent relationship with fungi, associating them not only with beauty and pleasure, but also with disgust and fear of contamination. Therefore, it is essential to identify obstacles and potentials and at the same time to open up new possibilities for people to think about fungi.

Through excursions and public open lab workshops in the Futurium, in exchanges with experts and lay-

persons, and through the systematic evaluation of two expert interviews (conducted by student of architecture Lukas Stockmaier), frequent reservations have been identified. In addition to cost, time and implementation factors (when will this material be available as a building material?), these include above all questions and reservations regarding durability, resilience, water resistance, flammability (for example in association with the name of the tinder fungus), hazardousness (concerning health, disposal), compostability (concerning possible coating), mould formation, and ultimately the fear of a »living« material. Within this context, it is crucial to react with appropriate communication and transparently convey current knowledge and current non-knowledge, in both cases thematising advantages as well as limitations.

Particularly the visibility of active fungal growth in the visual appearance of the material has been discussed several times as a controversial point with strong positive (among »fungal enthusiasts«) and negative (among »fungal novices«) affective connotations.

mäßige), eine affektive (gefühlsmäßige), eine normative-evaluative (bewertende) und eine konative (handlungsbezogene) Dimension von Akzeptanz<sup>2</sup>. Ob und wie diese Dimensionen in unserem Fall zusammenhängen bzw. sich gegenseitig beeinflussen, wurde in verschiedenen Studien untersucht. In einer Pilotstudie unter Studierenden der TU Berlin gingen etwa die Architekturstudentinnen Vanessa Wawerek und Carolin Druba gemeinsam mit der Psychologiestudentin Isabelle Sander systematisch der Frage nach, wie die unterschiedlich deutliche Sichtbarkeit von Pilzwachstum als besondere Materialeigenschaft die ästhetische und emotionale Bewertung sowie die Nutzungspräferenz beeinflusst. Dazu wurde simuliertes Bildmaterial zu pilzbasierten Fußbodenmaterialien im architektonischen Raum erstellt (→ Abb. 1), das im Erscheinungsbild hinsichtlich der Homogenität und damit der Sichtbarkeit von Pilzwachstum variierte. Zudem entwickelten die Studentinnen ein Wissensmodul als Input. Während in der Pilotstudie mit 62 Teilnehmenden in Bezug auf die Homogenität, also die Sichtbarkeit des Pilzwachstums, kein systematischer Einfluss auf die ästhetische und emotionale Bewertung des Materials bei den Versuchs-

personen festgestellt wurde, hatte der Wissensinput in Bezug auf diese neuen Materialien einen signifikanten Einfluss. Sowohl die ästhetische und emotionale Bewertung als auch die Nutzungspräferenz wurden positiv beeinflusst – unabhängig von der Ausprägung des Materials hinsichtlich seiner Homogenität.

Um die unterschiedlichen funktionalen und multisensorischen Dimensionen pilzbasierter Baumaterialien einer breiteren Öffentlichkeit zu vermitteln sowie deren Wirkungen auf das Erleben, die Bewertung sowie die Akzeptanz zu untersuchen, wurde das »Box-Experiment« gemeinsam mit den Biotechnologiestudierenden Emina Jahic und Vladyslav Lemberg und den Architekturstudentinnen Sarah Baur und Victoria Roznowski konzipiert. Hierbei handelt es sich um eine Versuchsanordnung, in der unterschiedliche Boxdesigns (→ Abb. 2) für verschiedene Materialeigenschaften fragmentiert dargestellt werden und damit für eine systematische Untersuchung zur kognitiven wie auch affektiven Bewertung zur Verfügung stehen. Es ist geplant, dieses Versuchsgestaltung in der MY-CO BUILD-Ausstellung umzusetzen, um die spezifischen sinnlichen (visuellen, olfaktorischen, haptischen) und technisch-bauphysikalischen

In models of technology-oriented acceptance research, different dimensions are attributed to the concept of acceptance: a cognitive (rational), affective (emotional), normative-evaluative (value-related) and conative (action-related) dimension of acceptance<sup>2</sup>. In a pilot study among students at the TU Berlin, architecture students Vanessa Wawerek and Carolin Druba together with the psychology student Isabelle Sander, systematically pursued the question of how the varying visibility of fungal growth as a particular material property influences aesthetic and emotional evaluation as well as user preference. For this purpose, simulated images of fungal-based flooring materials which varied in appearance concerning homogeneity and thus visibility of fungal growth were created (→ Fig. 1). In addition, the students developed a knowledge module as an input. While in the pilot study with 62 participants, no systematic influence on the aesthetic and emotional evaluation of the material has been found regarding homogeneity, that is the visibility of fungal growth, the knowledge input had

a significant influence concerning these new materials. Aesthetic and emotional evaluation and preference for use were positively influenced – regardless of the material's characteristics in terms of homogeneity.

To communicate the different functional and multi-sensory dimensions of fungal-based building materials to a broader public and to investigate their effects on experience, evaluation, and acceptance, the »Box Experiment« was conceived together with the biotechnology students Emina Jahic and Vladyslav Lemberg and the architecture students Sarah Baur and Victoria Roznowski. The experimental set-up consists of different box designs (→ Fig. 2), which represent the different material properties in a fragmented way, available for a systematic cognitive and affective evaluation. It is planned to implement this experimental design in the MY-CO BUILD exhibition in the future to make the specific sensory qualities (visual, olfactory, haptic) and technical properties (good sound and insulation function) tangible and understandable for visitors.

---

Eigenschaften (gute Schall- und Isolierfunktion) der Pilzmaterialien für die Besucher\_innen erlebbar und verstehbar zu machen.

Somit nimmt MY-CO BUILD + AFFECT eine Brückenfunktion ein: Es verbindet fächerübergreifend unterschiedliche Formen der Wissensproduktion und erweitert vorangegangene biotechnologische und architektonische Forschung um eine architekturpsychologische Perspektive. Da das Ausstellungsprojekt MY-CO BUILD bis 2024 zu Gast im Berliner Museum Futurium ist, werden dort im Sommersemester 2022 die geplanten interaktiven Workshopformate mit dem Box-Experiment und weitere begleitende systematische Befragungen zur Datenerhebung und Analyse für MY-CO BUILD + AFFECT fortgeführt.

---

**1** Siehe [dgnb-system.de/de/gebaeude/neubau/kriterien/index.php](https://dgnb-system.de/de/gebaeude/neubau/kriterien/index.php) [29.3.2022].

**2** Martina Schäfer und Dorothee Keppler: *Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung* (= Discussion Paper Nr. 34/2013 des Zentrums Technik und Gesellschaft der TU Berlin), Berlin 2013. DOI 10.14279/depositonce-4461



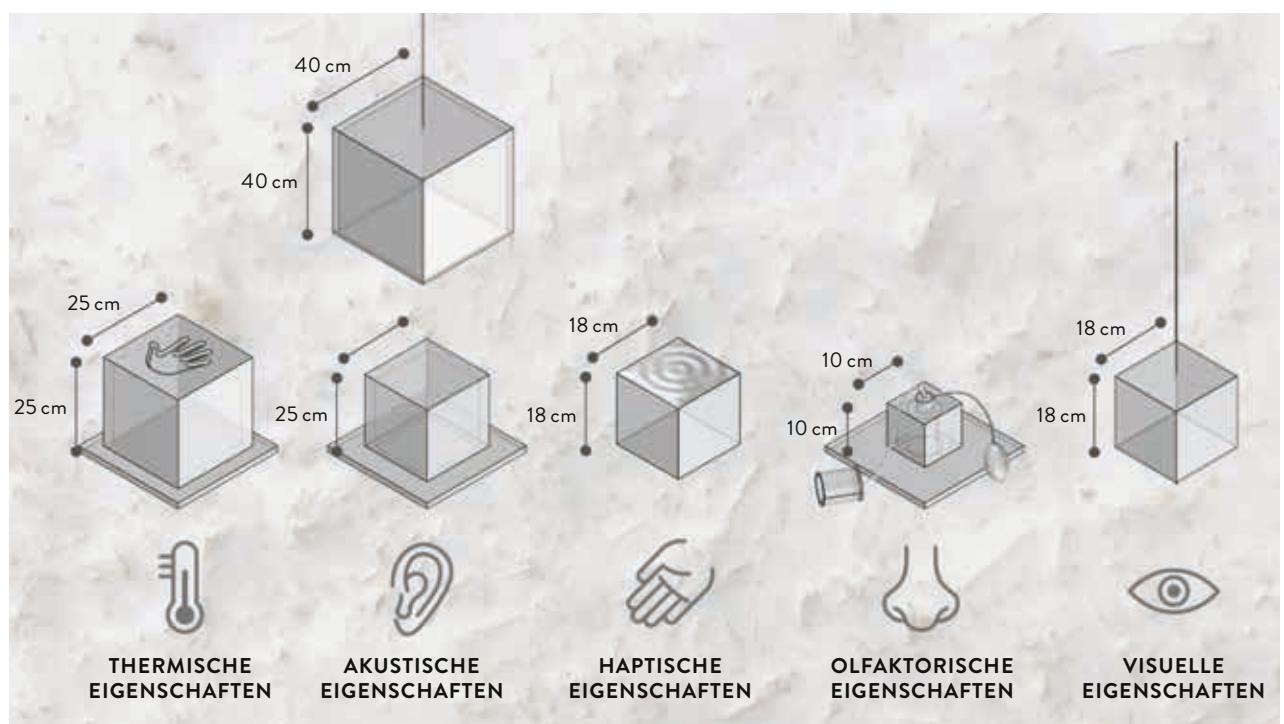
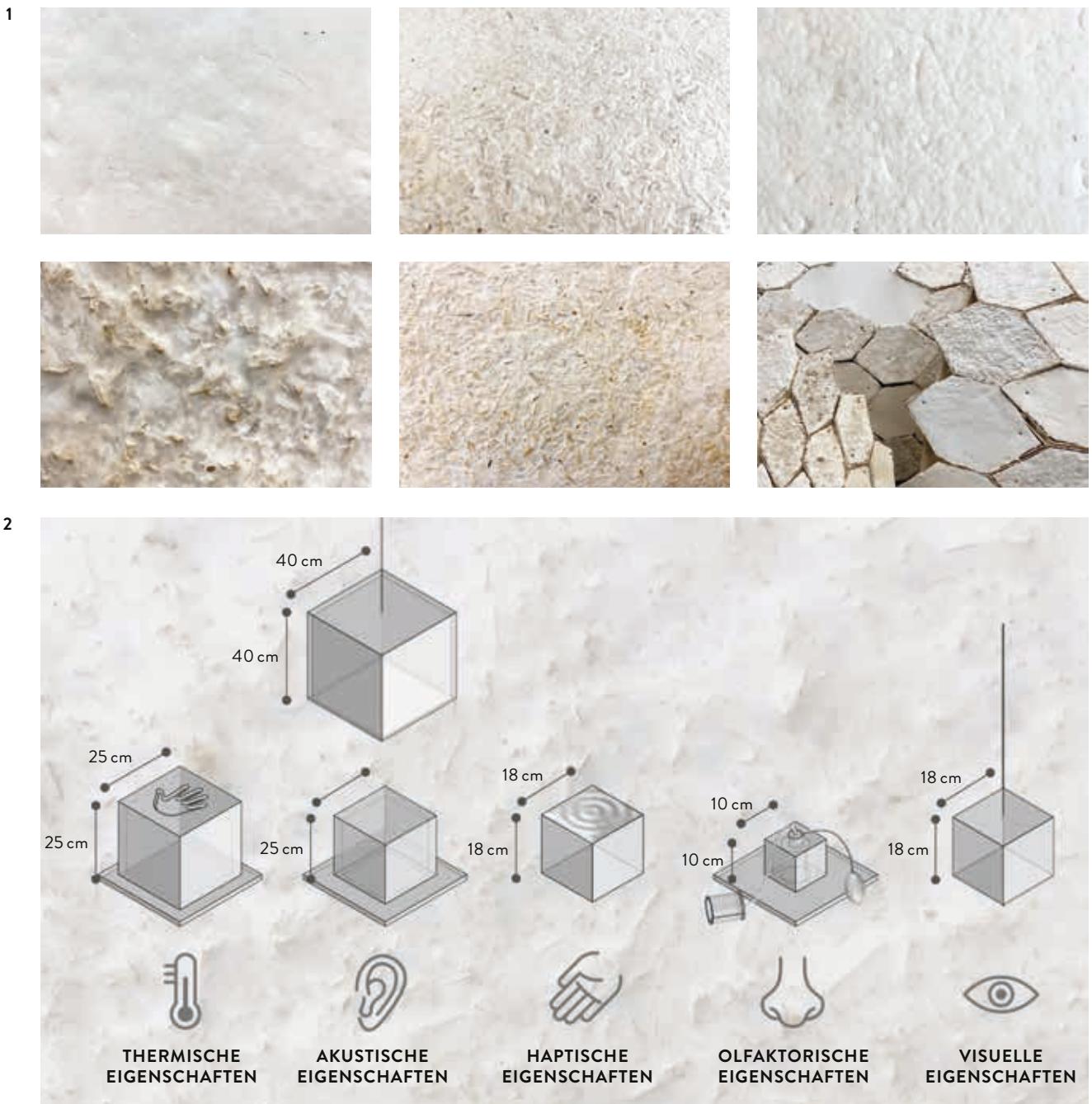
---

MY-CO BUILD + AFFECT thus takes on a bridging function: It connects different forms of knowledge production across disciplines and expands previous biotechnological and architectural research with an architectural-psychological perspective. As the exhibition project MY-CO BUILD will be guest at the Berlin Futurium Museum until 2024, the planned interactive workshop formats with the Box Experiment and further accompanying systematic surveys for data collection and analysis for MY-CO BUILD + AFFECT will be continued there in the summer semester of 2022.

---

**1** See [dgnb-system.de/de/gebaeude/neubau/kriterien/index.php](https://dgnb-system.de/de/gebaeude/neubau/kriterien/index.php) [29.3.2022].

**2** Martina Schäfer and Dorothee Keppler: *Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung* (= Discussion Paper No 34/2013 of TU Berlin's Zentrum Technik und Gesellschaft), Berlin 2013. DOI 10.14279/depositonce-4461



**1** Anschauungsmaterial für die Onlinebefragung im Rahmen der X-Student Research Group MY-CO BUILD + AFFECT zur ästhetischen und emotionalen Bewertung sowie Nutzungspräferenz von pilzbasierten Materialien

Stimulus material for the online survey conducted by the X-Student Research Group MY-CO BUILD + AFFECT on aesthetic evaluation, emotional evaluation, and user preference of fungal-based materials

**2** Das Box-Experiment im Rahmen der X-Student Research Group MY-CO BUILD + AFFECT zur Untersuchung von Erleben und Bewertung unterschiedlicher sensorischer Qualitäten pilzbasierter Materialien

The Box Experiment as part of the X-Student Research Group MY-CO BUILD + AFFECT to investigate the experience and evaluation of different sensory qualities of fungal-based materials

## Reste der Reste

*Es ist wichtig, mit welchen Ideen man andere Ideen denkt.*

*Es ist wichtig, von welchem Ort man andere Orte denkt.*

*Es ist wichtig, mit welchen Geschichten man andere Geschichten denkt.*

Pilzbasierte Materialien können nicht nur in akademischen oder industriellen Laboren beforscht, verstanden und weiterentwickelt werden, sondern auch unter DIY-Bedingungen. Um die Berliner DIY-Szene auf diesem Gebiet zu stärken, initiierten die Biotechnologin Vera Meyer sowie der Künstler Erik Göngrich und die Produktdesignerin Nora Wilhelm von der Berliner MITKUNSTZENTRALE im Herbst 2021 ein transdisziplinäres Lehr- und Forschungsprojekt, welches eine Brücke zwischen dem Labor des Fachgebiets Angewandte und Molekulare Mikrobiologie an der TU Berlin und dem Haus der Materialisierung am Berliner Alexanderplatz schlagen sollte. Ziel war es, DIY-Begeisterte

mit Studierenden verschiedener Berliner Studiengänge zusammenzuführen, um ein neues DIY-Pilzlabor an einem besonderen Ort in der Mitte Berlins aufzubauen.

Die MITKUNSTZENTRALE im Haus der Materialisierung besteht seit 2019 und versteht sich als eine Zentrale der skulpturalen Gemeingüter, hergestellt durch künstlerische Praktiken des Recyclings von Materialien, Geschichten und Ideen. Sie untersucht und entwickelt mit Partner\_innen aus dem Haus der Materialisierung Materialkreisläufe für Rest- und Gebrauchtmaterialien, für Lebensmittel und Objekte. Holz-, Kunststoff-, Textil- und Metall-Werkstätten bieten öffentliche Kurse und Ausstellungen an und erproben in Sozial- und Bildungs-

Erik Göngrich, Nora Wilhelm, Lena Heber, Bertram Schmidt, Vera Meyer

## Residues of residues

*It is important with which ideas one thinks other ideas.*

*It is important from which place one thinks other places.*

*It is important with which stories one thinks other stories.*

Fungal-based materials can be researched, understood, and developed not only in academic or industrial laboratories, but also under DIY conditions. In order to strengthen Berlin's DIY scene in this field, biotechnologist Vera Meyer as well as artist Erik Göngrich and product designer Nora Wilhelm from Berlin's MITKUNSTZENTRALE initiated a transdisciplinary teaching and research project in autumn 2021, which aimed to build a bridge between the laboratory of the Department Applied and Molecular Microbiology at TU Berlin and

the Haus der Materialisierung (House of Materialisation) at Berlin's Alexanderplatz. The aim was to bring DIY enthusiasts together with students from different Berlin degree programmes to set up a new DIY fungal lab at a special location in the centre of Berlin.

The MITKUNSTZENTRALE at the Haus der Materialisierung was founded in 2019 and sees itself as a centre for sculptural commons, produced through artistic practices of recycling materials, stories, and ideas. Together with partners from the Haus der Materiali-

projekten Wege für eine nachhaltige und ressourcenschonende Lebensweise, um mit diesen Erfahrungen gesellschaftliche Veränderungen anzustoßen.

Doch auch im Haus der Materialisierung fallen bei der Verwertung von Restmaterialien Abfälle an, die keiner Nutzung mehr zugeführt werden können. Diese »Reste der Reste« wurden zum gemeinsamen pilzlichen Forschungsthema ernannt: Können Abfälle aus dem Haus der Materialisierung, etwa Bestandteile alter Möbel, aber auch Alttextilien oder Betonreste, doch noch als wertvolle Quelle für neue Materialien dienen? Wenn ja, wie können diese Reste durch pilzlichen Stoffwechsel in neuartige pilzbasierte Materialien transformiert werden? Um diese Fragen zu beantworten, luden wir Studierende und Bürgerwissenschaftler\_innen im Wintersemester 2021/22 zu einem experimentellen Kurs ein. Ihre ersten Versuchsergebnisse liegen inzwischen vor. Sie zeigen: Pilze können nicht nur auf naturbelassenen land- und forstwirtschaftlichen Substraten wachsen, sondern auch auf verschiedenen Altmöbel-Materialien wie zerkleinertem Sperrholz oder ähnlichen holzbasierten Abfällen. Somit wird es vermutlich möglich sein, aus diesen Resten mithilfe der Pilze neue Ver-

bundwerkstoffe herzustellen, um daraus beispielsweise wieder neue Möbel zu fertigen (→ Abb. 2, 3, 4).

Der für alle Interessierten offene Kurs wurde im zweiwöchigen Rhythmus durchgeführt und begann mit Einführungskursen zur Pilzkultivierung in den Laborräumen des Fachgebiets Angewandte und Molekulare Mikrobiologie an der TU Berlin unter Anleitung von Lena Heber und Bertram Schmidt. Das erklärte Ziel aller war es, die im Labor etablierten wissenschaftlichen Methoden und Protokolle für DIY-Bedingungen anzupassen, sodass die Kultivierung von Pilzen einfach in der MITKUNSTZENTRALE durchgeführt werden kann. Im dort längerfristig geplanten selbstständigen DIY-Pilzlabor soll schließlich verschwimmen, wer Student oder Dozentin, wer Künstler oder Wissenschaftlerin, wer Bürgerwissenschaftlerin oder Designer ist (→ Abb. 1). Wissensgenerierung auf Augenhöhe soll hierbei allen Beteiligten helfen, gesellschaftlich, ressourcenökonomisch und politisch wirksam zu werden. Auch wenn diese Ziele noch entfernt erscheinen mögen, so werden sie dennoch mit kleinen Schritten erreicht werden: Zuerst werden Formen aus Holzresten gebaut. Durch Versuchsreihen wird sodann herausgefunden, welche



sierung, it investigates and develops material cycles for residual and used materials, for food and objects. Wood, plastic, textile and metal workshops offer public courses and exhibitions and test ways for a sustainable and resource-saving way of life in social and educational projects in order to initiate social change with these experiences.

But even in the Haus der Materialisierung, the recycling of residual materials produces waste that can no longer be used. These »residues of residues« were defined as a common fungal research topic: Can waste from the Haus der Materialisierung, for example components of old furniture but also old textiles or concrete remnants, serve as a valuable source for new materials after all? If so, how can these residues be transformed into novel fungal-based materials through fungal metabolism? To answer these questions, we invited students and citizen scientists to take part in an experimental course in the winter semester of 2021/22. Their first test results are now available. They show: Fungi can

feed not only on natural agricultural and forestry substrates, but also on various old furniture materials such as shredded plywood or similar wood-based waste. Thus, with the help of fungi, it will presumably be possible to produce new composite materials from these residues and to use these materials to make new furniture, for example (→ Fig. 2, 3, 4).

The course, open to anyone interested, was held every two weeks and began with introductory courses on fungal cultivation in the laboratory rooms of the Department of Applied and Molecular Microbiology at the TU Berlin under the guidance of Lena Heber and Bertram Schmidt. The stated aim of all was to adapt the scientific methods and protocols established in the laboratory for DIY conditions so that the cultivation of fungi can be easily carried out in the MITKUNSTZENTRALE. In the independent DIY fungal lab planned there for the longer term, it should eventually become blurred who is student or lecturer, who is artist or scientist, who is citizen scientist or designer (→ Fig. 1).

Reste sich als Substrate eignen und mit welchen Pilzen diese Formen befüllt werden können. Schließlich werden Skulpturen, funktionale Objekte und ganze Räume oder die zukünftigen Experimental-Häuser des Quartiers der Statistik gemeinschaftlich entwickelt werden.

Nur wenige Meter von der MITKUNSTZENTRALE entfernt wurden holzabbauende Pilze an einem gefällten Baum gefunden, isoliert und im TU Labor in eine Reinkultur überführt. Ein weiterer, wichtiger Schritt in Richtung Unabhängigkeit, denn jetzt kann die MITKUNSTZENTRALE mit ihren eigenen Kulturen vom Zunderschwamm *Fomes fomentarius* und Austernpilz *Pleurotus ostreatus* arbeiten. Das Lehr- und Forschungsprojekt »Reste der Reste« wird auch im Sommersemester 2022 und darüber hinaus weitergeführt werden, um Wissenschaft, bürger\_innenschaftliches Engagement und Kunst noch stärker miteinander zu verbinden, um durch diesen wissenschaftlich-künstlerischen Austausch ideelle und materielle Verbindungen zu entwickeln und Kunst und Wissenschaft als gesellschaftlich und ästhetisch relevante Forschung gemeinsam zu praktizieren.



Knowledge generation at eye level should help all participants to become socially, resource-economically and politically effective. Even though achieving these goals may still seem far away, they will be reached with small steps: First, moulds will be built from wood residues. Then, through series of experiments, it will be found out which residues are suitable as substrates and with which fungi these moulds can be filled. Finally, sculptures, functional objects, and entire rooms or the future experimental houses of the Quartier der Statistik will be developed together.

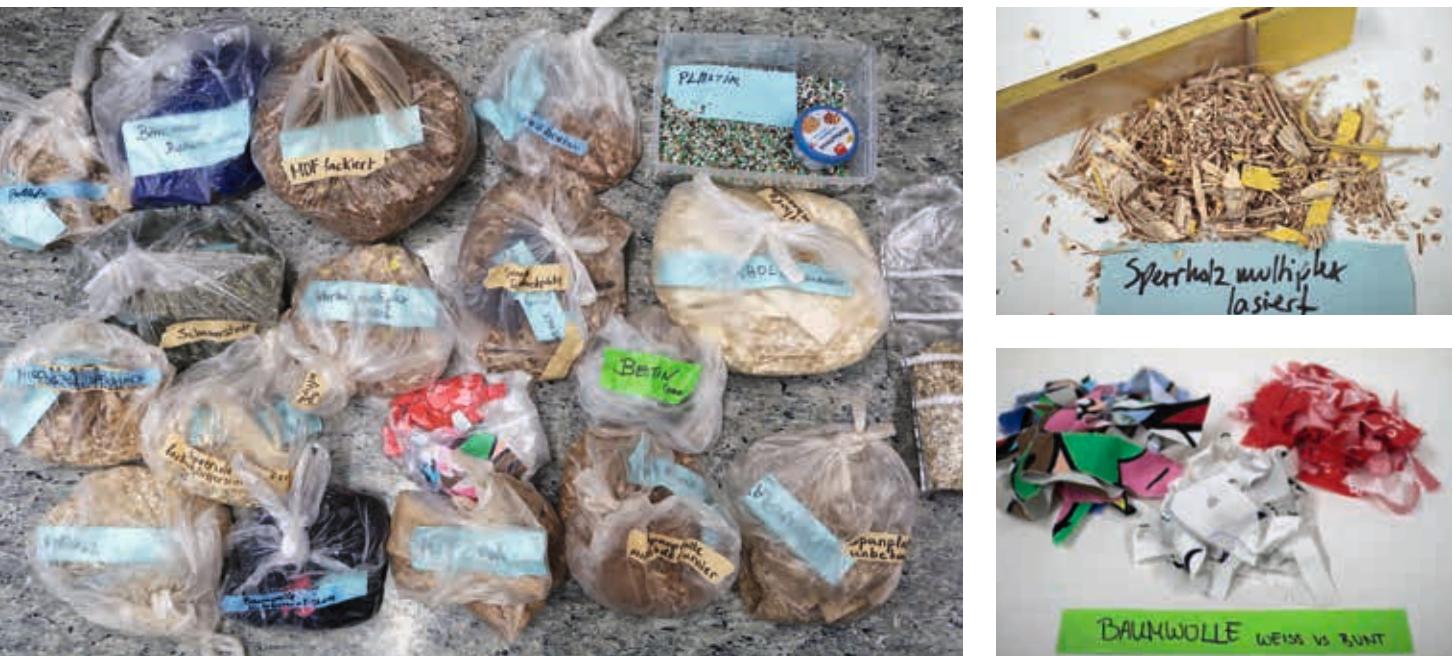
Just a few metres away from the MITKUNSTZENTRALE, wood-degrading fungi were found on a felled tree, isolated, and transferred to a pure culture at the TU Berlin laboratory. This is an important step towards independence, because now the MITKUNSTZENTRALE can work with its own cultures of the tinder fungus *Fomes fomentarius* and oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. The »residues of residues« teaching and research project will continue in the summer semes-

ter of 2022 and beyond in order to connect science, civic engagement, and art even more strongly, to develop ideal and material connections through this scientific-artistic exchange, and to practise art and science together as socially and aesthetically relevant research.



1 Teilnehmer\_innen des experimentellen Pilzkultivierungskurses in der MITKUNSTZENTRALE,  
Haus der Materialisierung, Berlin, März 2022

Participants of the experimental fungal cultivation course at the MITKUNSTZENTRALE,  
Haus der Materialisierung, Berlin, March 2022



2



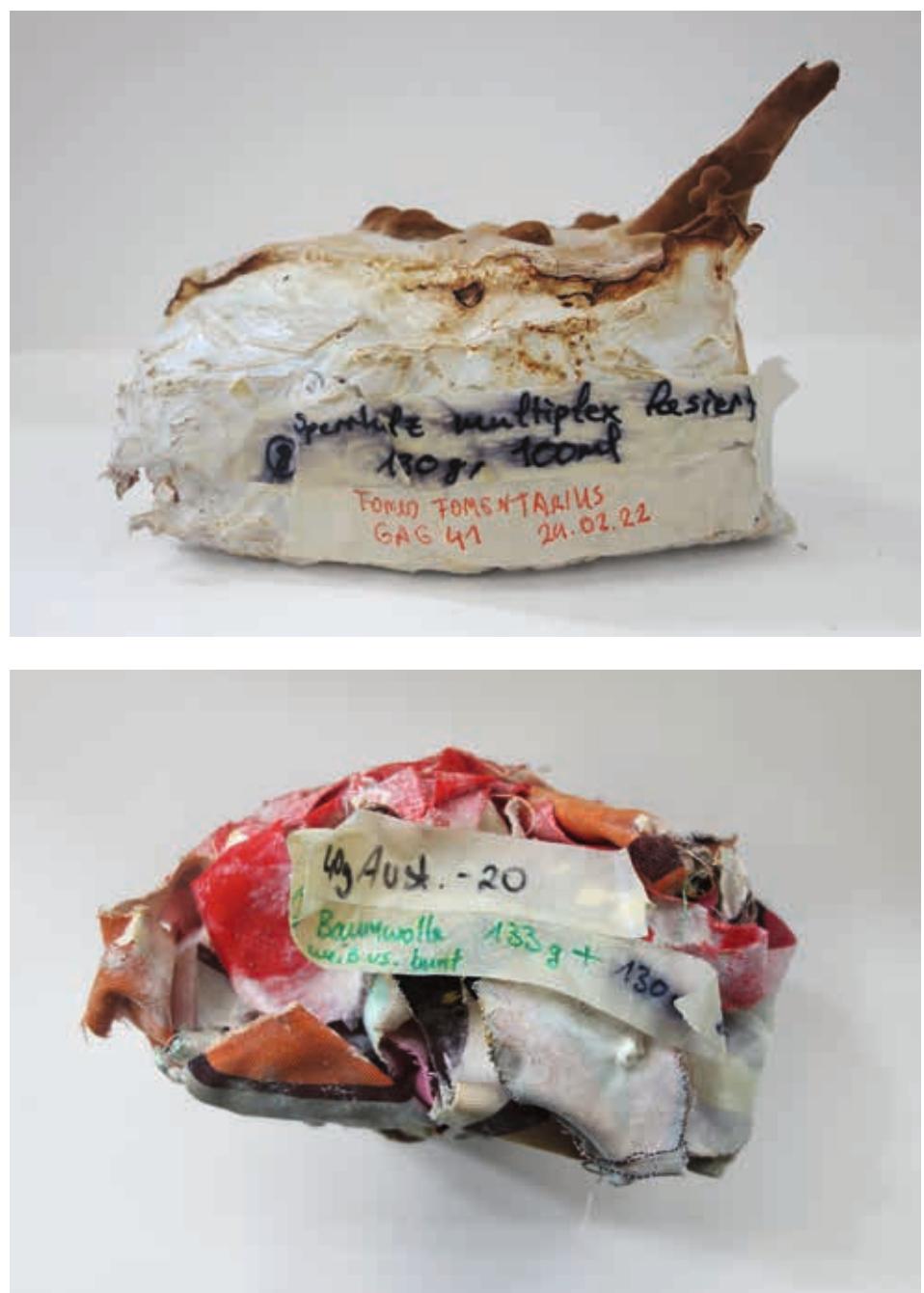
3

**2** Verschiedene geschredderte Reste dienten als Ausgangsmaterial für die Versuchsreihe, Pilze auch auf industriellen Abfällen wachsen zu lassen, um nachhaltige Verbundmaterialien zu erzeugen.

Various shredded scraps served as the starting material for the series of experiments aimed to grow fungi on industrial waste in order to produce sustainable composite materials.

**3** Die Sterilisation und Inkubation wurde in den Laborräumen des Fachgebiets Angewandte und Molekulare Mikrobiologie an der TU Berlin vorgenommen.

Sterilisation and incubation were carried out in the laboratories of the Department of Applied and Molecular Microbiology at the TU Berlin.



4

4 Versuchsstoffe aus Sperrholz und Zunderschwamm (I) sowie Baumwolle und Austernpilz (I) nach der Trocknung im Ofen, die das Wachstum des Pilzmyzels gestoppt hat

Experimental objects made of plywood and tinder fungus (I) and cotton and oyster mushroom (I) after drying in the oven, which stopped the growth of the fungal mycelium



# **Epilog für eine vernetzte Zukunft**

Vera Meyer, Sven Pfeiffer

# **Epilogue for a networked future**

**UNSERE GEMEINSAME REISE** begann durch einen Zufall. Wir begegneten uns zum ersten Mal am Eröffnungsbend des Berliner Futuriums im Herbst 2019, wo wir unabhängig voneinander wissenschaftlich-künstlerische Arbeiten im Kontext pilzbasierter Materialien (*Mind the Fungi*) und architektonische Studien im Kontext des 3D-Drucks (*The Printed Tower*) im Futurium Lab ausstellen durften. Schnell war uns klar, dass – so weit auseinander uns auch unsere jeweiligen Expertisen und Denkweisen erschienen – wir unbedingt zusammenarbeiten wollten. Es dauerte nicht lange, und wir entwickelten gemeinsam Ideen für die Projekte MY-CO SPACE und MY-CO BUILD und gründeten dafür 2020 das SciArt Kollektiv MY-CO-X. Denn wir waren überzeugt, dass es für die Umsetzung unserer Vision, in Zukunft Häuser aus Pilzen zu bauen, eines transdisziplinären Forschungskollektivs bedarf, welches aus sich heraus die Grenzen zwischen Wissenschaft, Kunst und Architektur überwinden kann und darüber hinaus auch den Brückenschlag zu zivilgesellschaftlichen Aktivitäten und bürger\_innenwissenschaftlicher Forschung wagt. Und wir waren uns einig, dass wir für die Vermittlung und Darstellung unserer transdiszipli-

nären Forschung an bzw. für eine breite Öffentlichkeit künstlerische Mittel nutzen wollten, da Kunst neue Welten sinnlich erfahrbar und intellektuell zugänglich machen kann, weit bevor die Wissenschaft diese in die Realität umzusetzen vermag. Oder mit den Worten von Theodor W. Adorno gesprochen: »Kunst ist Magie, befreit von der Lüge, Wahrheit zu sein«<sup>1</sup> und kann uns davor bewahren, in die Falle zu tappen, nach einer objektiven Wahrheit zu suchen. So erleben wir seit unserem Kennenlernen intensive Lern- und Lehrjahre, die geprägt sind durch vielzählige und facettenreiche neue Forschungs- und Lehrprojekte, die wir im Herbst 2019 jedoch nicht annäherungsweise erahnen konnten. Denn auf unserer gemeinsamen Reise wuchs kontinuierlich das Netzwerk an Wissenschaftler\_innen, Ingenieur\_innen, Architekt\_innen, Künstler\_innen, Designer\_innen und Bürgerwissenschaftler\_innen, die sich für die Welt der Pilze begeistern ließen und daher mit uns zusammen forschen, lehren und lernen wollten. Pilze waren hier unser aller Lehrmeister, da sie Experten des Vernetzens und der Kollaboration sind. Sie lehrten uns, dass in der Natur die Kooperation über Artgrenzen hinweg zum gemeinschaftlichen Nutzen dominiert und dass



**OUR JOURNEY TOGETHER** began by chance. We met for the first time on the opening night of the Berlin Futurium in autumn 2019, where we independently exhibited scientific-artistic works in the context of fungal-based materials (*Mind the Fungi*) and architectural studies in the context of 3D printing (*The Printed Tower*) in the Futurium Lab. It quickly became clear to us that – as far apart as our respective expertise and ways of thinking seemed to us – we absolutely wanted to work together. It didn't take long and we developed ideas together for the MY-CO SPACE and MY-CO BUILD projects, for which we founded the SciArt collective MY-CO-X in 2020. We were convinced that the implementation of our vision of building houses out of fungi in the future requires a transdisciplinary research collective that can overcome the boundaries between science, art, and architecture on its own and also dares to build bridges to civil society activities and citizen science research. And we agreed that we wanted to use artistic means to communicate and present our transdisciplinary research to a broad

public, since art can make new worlds sensually tangible and intellectually accessible long before science can turn them into reality. Or to put it in the words of Theodor W. Adorno: »Art is magic, freed from the lie of being truth,«<sup>1</sup> and thus can save us from falling into the trap of searching for an objective truth. Since we got to know each other, we have experienced intensive years of learning and apprenticeship characterised by numerous and multifaceted new research and teaching projects, which we could not even begin to anticipate in autumn 2019. On our journey together, the network of scientists, engineers, architects, artists, designers, and citizen scientists who were enthusiastic about the world of fungi and therefore wanted to research, teach and learn together with us, grew continually. Fungi became teachers of all of us, as they are experts in networking and collaboration. They taught us that in nature, cooperation across species boundaries dominates for the common benefit and that resources, how limited they may be, can only be harnessed collectively and thus continuously kept

Ressourcen, so limitiert sie auch sein mögen, nur gemeinschaftlich erschlossen und somit kontinuierlich im Kreislauf gehalten werden können. Sie lehrten und lehren uns Menschen, das Wir über das Ich zu stellen.

Was könnte »von Pilzen lernen« für das Bauen, für eine nachhaltige Architektur von morgen bedeuten? So wie die Biotechnologie steht auch die Architektur in der Tradition einer interdisziplinären Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteur\_innen und Disziplinen. Im Bauen gibt es insbesondere im Zuge der Digitalisierung schon kollaborative Arbeitsweisen zwischen Architekt\_innen, Informatiker\_innen, Ingenieur\_innen und Kund\_innen, die eine intensivere und bessere Zusammenarbeit von der digitalen Planung bis zum realen Bau ermöglichen und bei der besonders der anfängliche Entwurfsprozess eine gemeinsame Sprache aller Beteiligten formt. Würde sich für die Architektur durch die Arbeit mit pilzbasierten Biomaterialien und im Kollektiv nun etwas ändern? Wir denken, Ja. Denn in den Narrativen der Moderne wurden die wichtigsten Projekte bisher einzelnen Autor\_innen, Chefarchitekt\_innen oder Projektleiter\_innen zugeschrieben. Durch die Einbeziehung des (pilz)biotechnologischen

Materialwissens und die transdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Wissensfeldern und der Gesellschaft wird jedoch nun der Entwurfs- und Bauprozess dezentralisiert und könnte damit potenziell demokratisiert werden. Menschliche und pilzliche Mitwirkende am Bau werden Co-Autor\_innen. Eine transdisziplinäre Zusammenarbeit bedeutet weiterhin, dass Informationen, Werkzeuge und Ressourcen, die bisher nur ausgewählten Expert\_innengruppen zur Verfügung standen, nun auch von einer Öffentlichkeit genutzt und von dieser sogar kontinuierlich weiterentwickelt und erweitert werden können. Anstatt Spezialwissen und Expertise auf wenige autorisierte Architekt\_innen zu verteilen und zu beschränken, wird Arbeiten im Netzwerk zum bestimmenden Element und Wissen und Expertise damit zum Gemeingut. Diese Entwicklung halten wir für bedeutsam, denn nun versteht und gestaltet der Bürgerwissenschaftler neue Materialien für die Architektur oder forscht die Ingenieurin künstlerisch und optimiert damit ein Verfahren der Natur für eine neue Architektur. Somit bedarf es aber auch eines neuen Typus von Architekt\_innen, der nicht nur im digitalen Planen und Entwerfen versiert ist, sondern auch Erfahrung in der



in circulation. They taught and teach us humans to put the we above the I.

What could »learning from fungi« mean for building, for a sustainable architecture of tomorrow? Like biotechnology, architecture stands in the tradition of interdisciplinary cooperation between different actors and disciplines. In construction, especially in the course of digitisation, there are already collaborative working methods between architects, computer scientists, engineers, and customers which enable more intense and better cooperation from digital planning to real construction and in which the initial design process forms a common language for all partners involved. Would something change for architecture through working collectively with fungal-based biomaterials? We believe yes. Because in the narratives of modernism, the most important projects so far have been attributed to individual authors, chief architects or project managers. With the inclusion of (fungal) biotechnological material knowledge and transdisciplinary cooperation with other

fields and with society, the design and construction process becomes decentralised and could thus potentially be democratised. Humans and fungi become co-authors.

Transdisciplinary cooperation also means that information, tools, and resources that were previously only available to selected expert groups can now also be used by a wider public and can also be continuously developed and expanded by it. Instead of distributing and limiting special knowledge and expertise to a few authorised specialists only, working in the network becomes the determining element and knowledge and expertise thus become common goods. We consider this development to be significant, because now a citizen scientist understands and designs new materials for architecture or an engineer conducts artistic research and thus optimises a process of nature for a new architecture. Therefore, a new type of architect is also needed, who is not only well-versed in digital planning and design but also experienced in the material science of bio-based materials and able to think and develop architecture in a circular way.

Materialkunde von biobasierten Materialien besitzt und Architektur kreislauffähig zu denken und zu entwickeln vermag.

Aber wollen denn alle zusammenarbeiten? Man könnte argumentieren, dass es in der Natur der Architektur als gestaltender Disziplin liegt, individuell zu sein, weshalb eine Arbeit nur einen »alleinigen Autor« haben kann. Nur die Tatsache, dass intensive und demokratische Zusammenarbeit und Austausch möglich sind, bedeutet ja nicht, dass diese per se sinnvoll sind. Man könnte genauso gut das Gegenteil behaupten und erklären, dass bahnbrechende Architektur in einem wahrhaft kollaborativen und damit demokratischen Prozess undenkbar ist. Denn meist waren es bisher ja Einzelpersonen, die das Charisma und die Kraft hatten, kollaborative Teams dazu zu bringen, sich um ihre architektonische Vision zu scharen. Doch die Zeiten ändern sich und müssen sich ändern. Wir sind überzeugt, dass das Wissen, das in eine nachhaltige und gleichzeitig gestalterisch anspruchsvolle Architektur der Zukunft fließt, dieser Zusammenarbeit in einem wachsenden und lebendigen Netzwerk von Expert\_innen aus Wissenschaft, Kunst, Architektur und Gesellschaft grundsätz-

lich bedarf. Nur wenn alle Beteiligten sich auf Augenhöhe einbringen können und ihre Stimmen, Expertisen und Sichtweisen gleichermaßen berücksichtigt werden, wird ihre gebaute Architektur und damit unsere gebaute Umwelt wahrhaft nachhaltig sein. Wir hoffen sehr, dass es diesem Buch gelungen ist, eine Neugier auf solche transdisziplinären Kollaborationen zu wecken und die Architektur unserer Zukunft zu inspirieren.

---

<sup>1</sup> Theodor W. Adorno: *Minima Moralia. Reflexionen aus dem beschädigten Leben*, Frankfurt am Main 1951, S. 428.



But does everyone want to work together? One could argue that it is in the nature of architecture as a creative discipline to be individual and that a work therefore can only have a »sole author«. The mere fact that intensive and democratic cooperation and exchange are possible does not mean that these are good per se. One could just as well declare the opposite and claim that ground-breaking architecture is unthinkable in a truly collaborative and democratic process. Up to now, indeed, outstanding architecture has mostly been created by individuals who have the charisma and strength to get collaborative teams to gather around their architectural vision. But times are changing and need to change. We are convinced that the knowledge that flows into a sustainable and at the same time creatively sophisticated architecture of the future fundamentally requires this cooperation from a growing and vivid network of experts from science, art, architecture, and society. Only if all participants' expertise and perspectives are equally considered will their built architecture and thus our

built environment be truly sustainable. We hope that this book was able to arouse curiosity about such transdisciplinary collaborations and inspire the architecture of our future.

---

<sup>1</sup> Theodor W. Adorno: *Minima Moralia. Reflexionen aus dem beschädigten Leben*, Frankfurt / Main 1951, p. 428.



1 Transdisziplinäres Denken und Arbeiten gemeinsam mit den Wissenschaften, den Künsten und der Gesellschaft kann ein Schlüssel für eine nachhaltige Zukunft sein.

Transdisciplinary thinking and working together with the sciences, the arts, and society can be a key to a sustainable future.



## **Appendix**

## Biografien

**Bernhard Glocksin** ist Künstlerischer Leiter der Neuköllner Oper Berlin und gemeinsam mit Sabrina Rossetto Initiator und Programmgestalter der Reihe WUNDERKAMMER. Zuvor war er Dramaturg und Chef-dramaturg an Staats- und Stadttheatern in Hannover, Zürich, Salzburg, Mainz und am Deutschen Theater in Göttingen, dort auch stellvertretender Intendant. Ein Schwerpunkt seiner Arbeit dort waren Projekte mit Autor\_innen und Schreib-Werkstätten. Er schrieb Stücke für Musiktheater mit Uraufführungen in Berlin, Salzburg, Wien, Stuttgart, Amsterdam. Auch ist er freischaffender Juror, Projektgeber, Gastdozent und Lehrbeauftragter im In- und Ausland.



**Erik Göngrich** ist forschender Künstler, politischer Architekt, produzierender Kurator, diskursiver Zeichner, gemeinwohlorientierter Koch und performativer Verleger. Seine Arbeit thematisiert die Nutzung und Veränderung des städtischen Raumes, welchen er aktiv skulptural mitgestaltet. Vorgefundene räumliche und gesellschaftliche Situationen werden dabei zum Ausgangspunkt eines mehrjährigen, oft kollaborativen Prozesses, in dem ein zeit-, benutzer\_innen- und ortsspezifisches Kunstwerk entwickelt wird. Mit der von ihm initiierten MITKUNSTZENTRALE betreibt er mit Valeria Fahrenkrog, Nora Wilhelm und vielen Kollaborateur\_innen seit 2019 eine Werkstatt und einen Projektraum, wo Materialkreisläufe und Kunst in Zeiten des Klimanotstands thematisiert werden. Es handelt sich dabei um eine Zentrale der skulpturalen Gemeingüter, hergestellt durch künstlerische Praktiken des Recyclings von Materialien, Ideen und Geschichten.



**Lena Heber** arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Team von Vera Meyer. Zuvor absolvierte sie ihr Bachelor- und Masterstudium in Biotechnologie an der Technischen Universität Berlin und spezialisierte sich hier auf die angewandte Mikrobiologie. Als Tutorin mikrobiologischer Praktika erwarb sie während ihres Studiums Lehrerfahrungen, die sie nun für transdisziplinäre Lehr- und Forschungsprojekte weiterentwickelt, um Interessierte aus den Bürger\_innenwissenschaften, Wissenschaften und Künsten zusammenzuführen und über Disziplingrenzen hinweg auszubilden.

**Friederike Hoberg** studierte Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, bevor sie sich dem Studium der Biologischen Chemie an der Technischen Universität Berlin widmete. Im Rahmen eines studentischen Forschungsprojekts arbeitete sie im Team von Vera Meyer an Pilzkompositen, analysierte deren Ökobilanz und entdeckte hierbei ihre Faszination für das Königreich der Pilze. Derzeit erforscht sie für ihre Masterarbeit im Team von Vera Meyer die Verwendbarkeit von molekularen Werkzeugen der synthetischen Biologie für die genetische Modifikation von Pilzen. Des Weiteren begeistert sie insbesondere das Arbeiten im interdisziplinären Team, um Wissenschaft durch Kunst zu vermitteln.



**Saskia Hundt** studiert aktuell im Master Montage an der Filmuniversität in Babelsberg und arbeitet frei-beruflich als Animatorin und Videoeditorin. Zuvor absolvierte sie ihren Bachelor of Fine Arts im Studiengang Motion Design in Berlin, wobei ihr Fokus auf 2D-Animation und Moving Graphics lag. Sie begeisterte sich schnell für den Experimentalfilm, was sie zur Filmmontage führte. In ihren Arbeiten setzt sie sich mit den visuellen und narrativen Mitteln sowie den soziokulturellen Auswirkungen des post-digitalen Zeitalters auseinander.



**Jens Krause** ist Professor für Verhaltensbiologie an der Humboldt-Universität zu Berlin. Seine Forschung konzentriert sich hauptsächlich auf Mechanismen und Funktionen des Gruppenlebens bei Tieren. Anhand von Experimenten und mathematischen Modellen erfolgt die Untersuchung der verschiedenartigen Vor- und Nachteile dieser sozialen Organisationsform. Schwerpunkte liegen hier auf der Schwarmintelligenz, dem kollektiven Verhalten sowie der Untersuchung von sozialen Netzwerken.

## Biographies

**Bernhard Glocksin** is artistic director of the Neuköllner Oper Berlin and, together with Sabrina Rossetto, initiator and programme designer of the WUNDERKAMMER series. Previously he was dramaturge and chief dramaturge at state and municipal theatres in Hanover, Zurich, Salzburg, Mainz and at the Deutsches Theater in Göttingen, where he was also deputy artistic director. One focus of his work there were author projects and writing workshops. He has written plays for music theatre with premieres in Berlin, Salzburg, Vienna, Stuttgart and Amsterdam. He is also a freelance juror, project initiator, guest lecturer and lecturer at home and abroad.



**Erik Göngrich** is a researching artist, political architect, producing curator, discursive draftsman, public-spirited cook, and performative publisher. His work addresses the use and transformation of urban space, which he actively shapes sculpturally. Found spatial and social situations become the starting point of a multi-year, often collaborative process in which a time-, user- and place-specific work of art is developed. With the MIT-KUNSTZENTRALE, which he initiated, he has been running a workshop and a project space with Valeria Fahrenkrog, Nora Wilhelm and many collaborators since 2019 in which material cycles and art are thematised in times of climate emergency. It is a centre of sculptural commons, produced through artistic practices of recycling materials, ideas, and stories.



**Lena Heber** works as a research assistant in Vera Meyer's team. Previously, she studied biotechnology for her Bachelor's and Master's degree at the Technische Universität Berlin, where she specialised in applied microbiology. As a tutor of microbiological internships, she gained teaching experience during her studies, which she now develops further for transdisciplinary teaching and research projects to bring together interested people from citizen science, the sciences, and the arts and to educate them across disciplinary boundaries.

**Friederike Hoberg** studied chemistry at the Westfälische Wilhelms-Universität Münster before devoting herself to the study of biological chemistry at the Technische Universität Berlin. As part of a student research project, she worked in Vera Meyer's team on fungal composites, analysing their life cycle assessment, and thereby discovered her fascination for the kingdom of fungi. Currently, she is researching the applicability of molecular tools of synthetic biology to the genetic modification of fungi for her Master thesis in Vera Meyer's team. Furthermore, she is particularly excited about working in an interdisciplinary team to communicate science through art.



**Saskia Hundt** is currently studying for a Master's degree in Montage at the Filmhochschule Babelsberg and works freelance as an animator and video editor. She previously completed her Bachelor of Fine Arts in Motion Design in Berlin, focusing on 2D animation and moving graphics. She became passionate about experimental film, which led her to film montage. In her work, she explores the visual and narrative means as well as the socio-cultural implications of the post-digital age.



**Jens Krause** is Professor of Animal Behaviour at the Humboldt-Universität zu Berlin. His research mainly focuses on mechanisms and functions of group-living in animals. Experiments and mathematical models are used to investigate the various advantages and disadvantages of this form of social organisation. A particular focus of his research is on swarm intelligence, collective behaviour and the investigation of social networks.

## Biografien

**Vera Meyer** ist Professorin für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie an der Technischen Universität Berlin. Die Erforschung und Optimierung pilzlicher Zellfabriken bilden den Schwerpunkt, dabei geht es um eine effektivere Nutzung pilzlicher Stoffwechselpotenziale zur Herstellung von Medikamenten, Enzymen und Biomaterialien. Mit ihrem Team entwickelt und kombiniert sie Methoden aus der Systembiologie und der Synthetischen Biologie. Ihre inter- und transdisziplinären Forschungsvorhaben verbinden Natur- und Ingenieurwissenschaften mit Kunst, Design und Architektur und entwerfen biobasierte Szenarien für mögliche Lebens- und Wohnwelten der Zukunft. Vera Meyer ist auch als bildende Künstlerin unter dem Pseudonym V. meer aktiv und macht durch die Mittel der Kunst das Potenzial von Pilzen für eine nachhaltige Zukunft in der Gesellschaft bekannter. 2020 gründete sie gemeinsam mit Sven Pfeiffer das interdisziplinäre SciArt Kollektiv MY-CO-X.



**Angely Angulo Meza** ist Master-Studentin der Architektur an der Universität der Künste Berlin. Vor dem Architekturstudium hat sie ein Studium für Hochbauingenieurwesen an der Universidad Politécnica de Madrid abgeschlossen. Seit mehreren Jahren beschäftigt sie sich mit Fragen der Verantwortung der Architektur hinsichtlich der Klimagerechtigkeit und des Umgangs mit materiellen Ressourcen. Im Team von Sven Pfeiffer und Christian Schmidts experimentierte sie mit der Nutzung von Myzel-Kompositmaterialien als Baustoff für architektonische Entwürfe sowie deren Anwendung in Kombination mit moderner Technologie wie dem 3D-Druck. Sie war als Teil des MY-CO-X-Kollektivs an Entwurf und Konstruktion der MY-CO SPACE Skulptur beteiligt.



**Annemarie Nazarek** hat Umweltnatur- und Umweltingenieurwissenschaften an der ETH Zürich und der University of Toronto studiert und beim WWF im Bereich Klima und Wirtschaft gearbeitet. Sie möchte sich und anderen ein Leben in einer solidarischen Gemeinschaft ermöglichen, freier von zerstörerischen Wirtschaftszwängen. Mit Gleichgesinnten gründete sie unter anderem eine offene Werkstatt und das KiezPilz Kollektiv und arbeitet derzeit an urbaner Nachhaltigkeit und Gemeinschaftsbildung im Projekt Kiez-Parklets bei den NaturFreunden Berlin.

**Logan Noonan** verfolgt einen radikal transdisziplinären Ansatz. Von Philosophie und Psychologie bis hin zu Bauwesen, autodidaktischer Mykologie und Organisation sozialer Bewegungen. Derzeit arbeitet er in der fahrradbasierten Logistik und ist Mitgründer von KiezPilz, einem Pilz- und Gemeinschaftsforschungsprojekt. Als Bürgerwissenschaftler war er am *Mind the Fungi*-Projekt der Technischen Universität Berlin von 2018 bis 2020 beteiligt und unterstützte danach als technischer Assistent das Team von Vera Meyer im biotechnologischen Produktionsprozess für die MY-CO SPACE-Skulptur. Aufbauend auf diesen Erfahrungen entwickelt er aktuell gemeinsam mit Annemarie Nazarek und Alessandro Volpato Pilzkultivierungskurse für interessierte Bürger\_innen für die MY-CO BUILD-Ausstellung des MY-CO-X-Kollektivs im Berliner Futurium.



**Sven Pfeiffer** ist Professor für Digitales Entwerfen, Planen und Bauen an der Hochschule Bochum. Er arbeitet als Architekt in Berlin. Sein Fokus in Forschung, Lehre und Praxis liegt auf den Potenzialen digital gestützter und generativer Methoden für eine nachhaltige Entwurfs- und Baupraxis. Seine Forschung ist an der Schnittstelle von programmierbaren Materialien, Architektur und Digitalität angesiedelt. Pfeiffers Arbeit stellt das etablierte Verständnis von Digitalisierung in der Architektur infrage und wendet Prinzipien der Biologie auf den Entwurf von umweltverträglichen Bau-systemen an. Er entwickelt derzeit mit dem MY-CO-X-Kollektiv Anwendungen biobasierter Werkstoffe für die gebaute Umwelt.

## Biographies

**Vera Meyer** is Full Professor of Applied and Molecular Microbiology at the Technische Universität Berlin. The research and optimisation of fungal cell factories are her main focus, with the aim of a more effective use of fungal metabolic potentials for the production of drugs, enzymes, and biomaterials. Together with her team, she develops as well as combines methods from systems biology and synthetic biology. Her inter- and transdisciplinary research projects combine natural and engineering sciences with art, design, and architecture, and create bio-based scenarios for possible living environments of the future. Vera Meyer is also active as a visual artist under the pseudonym V. meer and uses the means of art to make society more aware of the potential of fungi for a sustainable future. In 2020, she founded the interdisciplinary SciArt collective MY-CO-X together with Sven Pfeiffer.



**Angely Angulo Meza** is a Master's student of architecture at the Berlin University of the Arts. Before studying architecture, she completed a degree in structural engineering at the Universidad Politécnica de Madrid. For several years, she has been concerned with questions of the responsibility of architecture with regard to climate justice and the use of material resources. In the team of Sven Pfeiffer and Christian Schmidts, she experimented with the use of fungal-based composites as building materials for architectural designs, as well as their application in combination with modern technology such as 3D printing. She was involved in the design and construction of the MY-CO SPACE sculpture as part of the MY-CO-X collective.



**Annemarie Nazarek** studied environmental science and engineering at ETH Zurich and the University of Toronto and worked for WWF in the field of climate and economy. She wants to enable herself and others to live in a community of solidarity, free from destructive economic pressures. Among other things, she founded an open workshop and the KiezPilz collective with like-minded people, and is currently working on urban sustainability and community building in the »Kiez-Parklets« project at NaturFreunde Berlin.



**Logan Noonan** pursues a radically transdisciplinary approach. From philosophy and psychology to construction, autodidactic mycology, and social movement organising. He currently works in bicycle-based logistics and is the co-founder of KiezPilz, a mushroom and community research project. As a citizen scientist, he was involved in the *Mind the Fungi* project at the Technische Universität Berlin from 2018 to 2020 and then supported Vera Meyer's team as a technical assistant in the biotechnological production process for the MY-CO SPACE sculpture. Building on this experience, he is currently developing Mushroom Cultivation Courses for interested citizens together with Annemarie Nazarek and Alessandro Volpato for the MY-CO BUILD exhibition of the MY-CO-X collective at the Futurium in Berlin.



**Sven Pfeiffer** is Professor of Digital Design, Planning and Construction at the Hochschule Bochum. He works as an architect in Berlin. His focus in research, teaching, and practice is on the potential of digitally supported and generative methods for sustainable design and construction practice. His research is located at the interface of programmable materials, architecture, and digitality. Pfeiffer's work questions the established understanding of digitisation in architecture and applies principles of biology to the design of environmentally friendly building systems. He is currently developing applications of bio-based materials for the built environment with the MY-CO-X collective.

## Biografien

**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. In den Projekten *Mind the Fungi* (2018–2020), *MY-CO SPACE* (2021) und *MY-CO BUILD* (2021–2024) und als Mitglied des *MY-CO-X*-Kollektivs wendet er seine Erfahrungen mit verschiedenen Schimmelpilzen nun auf Ständerpilze an und entwickelt grundlegende molekulare und biotechnologische Werkzeuge für diese.



**Gudrun Rauwolf** arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Architekturtheorie an der Technischen Universität Berlin und forscht im Bereich Architekturpsychologie. Sie studierte Psychologie an der Humboldt-Universität zu Berlin, Bühnenbild und Freie Kunst an der weißensee kunsthochschule berlin und am Chelsea College of Arts and Design. Sie kombiniert ästhetische Handlungsstrategien und wissenschaftliches Arbeiten. Ihre zentralen Forschungsfragen sind, wie Räume, Objekte und visuelle Displays in ihrer spezifischen Präsenz Erkenntnisse vermitteln, Prozesse steuern und zu (Be-)Deutungsgeneratoren im menschlichen Erleben und Verhalten werden. Ziel ist dabei, Gestaltungswissen interdisziplinär nutzbar zu machen.



**Sabrina Rossetto** promovierte am Politecnico di Milano in Architektur und Ökologischem Design. Die Mitarbeit an einer Monografie über Renzo Pianos Masterplan für den Potsdamer Platz führte sie nach Berlin, wo sie ihr eigenes Büro gründete. Sie arbeitet als Architektin und Bühnenbildnerin mit besonderem Fokus auf Aspekte der Nachhaltigkeit und ist Mitglied der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen. Gemeinsam mit Bernhard Glocksin leitet sie die Veranstaltungsreihe WUNDERKAMMER.

**Cornelia Saalfrank** führt seit 1997 eine Kunstagentur in Wiesbaden und ist in der Beratung und Entwicklung von Kunstkonzepten für Wirtschaftsunternehmen tätig. So baut sie unter anderem seit 2005 die Kunstsammlung der SCHUFA Holding AG auf und erweitert diese kontinuierlich mit Werken etwa von Daniel Buren und Katharina Grosse. Von 2002 bis 2011 hat sie ehrenamtlich den Nassauischen Kunstverein Wiesbaden als Vorstandsmitglied und stellvertretende Vorsitzende begleitet. Sie ist seit 2015 die Initiatorin, Kuratorin und Geschäftsführerin des interdisziplinären Skulpturenprojekts *tinyBE • living in a sculpture*.



**Bertram Schmidt** hat an der Technischen Universität Berlin Umweltechnik studiert und sich während seiner Promotion 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 Lebensmittelkrobiologie 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. Daher ist er an vielen wissenschaftlich-künstlerischen Projekten wie *Mind the Fungi* (2018–2020), *MY-CO SPACE* (2021) und *MY-CO BUILD* (2021–2024) sowie dem *MY-CO-X*-Kollektiv beteiligt und bringt sich auch in transdisziplinäre Forschungs- und Lehrformate unter anderem mit der MITKUNSTZENTRALE ein.

## Biographies

**Carsten Pohl** got his Master's degree in 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* (2018–2020), MY-CO SPACE (2021) und MY-CO BUILD (2021–2024) projects, he is now applying his experience with various moulds to mushroom-forming fungi and developing basic molecular and biotechnological tools for them.



**Gudrun Rauwolf** currently works as a research fellow at the Department of Architecture Theory at the Technische Universität Berlin and conducts research in the field of architecture psychology. She studied psychology at the Humboldt-Universität zu Berlin, stage design and fine arts at the weißensee kunsthochschule berlin and at the Chelsea College of Arts and Design. Her central research questions are how spaces, objects, and visual displays communicate insights regarding their specific presence, how they control processes and how they become (meaning or) interpretation generators in human experience and behaviour. The goal of her research is to use design knowledge in an interdisciplinary way.



**Sabrina Rossetto** holds a PhD in architecture and »ecological design« from the Politecnico di Milano. Collaboration on a monograph about Renzo Piano's master plan for Potsdamer Platz led her to Berlin, where she founded her own office. She works as an architect and stage designer with a special focus on aspects of sustainability and is a member of the German Sustainable Building Council. Together with Bernhard Glocksin, she directs the event series WUNDERKAMMER.

**Cornelia Saalfrank** has operated an art agency in Wiesbaden since 1997 and has been active in advising and developing art concepts for commercial enterprises. Among other things, she has since 2005 continually built up and broadened the art collection of SCHUFA Holding AG with works by artists such as Daniel Buren and Katharina Grosse. From 2002 to 2011 she volunteered for the Nassauischer Kunstverein Wiesbaden as deputy chairwoman and board member. She has been the initiator, curator, and director of the interdisciplinary sculpture project *tinyBE • living in a sculpture* since 2015.



**Bertram Schmidt** studied environmental engineering at the Technische Universität Berlin and specialised in environmental microbiology during his doctorate. 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. Therefore, he is involved in many scientific-artistic projects such as *Mind the Fungi* (2018–2020), MY-CO SPACE (2021) and MY-CO BUILD (2021–2024) and also contributes to transdisciplinary research and teaching formats with MITKUNSTZENTRALE, among others.

## Biografien

**Christian Schmidts** ist ein in Berlin lebender Gestalter, Künstler und Pädagoge. Er arbeitet als freischaffender Medienkünstler und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet für Digitales und Experimentelles Entwerfen der Universität der Künste Berlin. Im Zentrum seiner Forschung und Lehre stehen Fragen zu den konzeptuellen, räumlichen und medialen Ausprägungen digitaler Methoden und Werkzeuge und deren Einfluss auf die Gesellschaft. Als Teil der Künstlergruppe Society for Nontrivial Pursuits untersucht er den Einfluss einer Echtzeit-Entwicklungsumgebung auf den Verlauf von Experimenten. Im MY-CO-X-Kollektiv arbeitet er an der Integration von pilzbasierten Kompositmaterialien und computergestützten Entwurfs- und Fertigungsprozessen.



**Sunanda Sharma** ist eine interdisziplinär arbeitende Designerin und Wissenschaftlerin. Zu ihren Interessen gehören Astrobiologie, Biodesign, Mikrobiologie und Forschungsperspektiven, die weder mensch- noch erdzentriert sind. Sie promovierte am Media Lab des Massachusetts Institute of Technology mit Schwerpunkt auf biologischem Design. Ihre Arbeiten im Rahmen der Mediated Matter Group wurden unter anderem im Museum of Modern Art, New York, im San Francisco Museum of Modern Art, im Berliner Schinkel Pavillon und im London Design Museum ausgestellt. Im Jahr 2021 war sie Artist-in-Residence in der Forschungsgruppe von Vera Meyer. Derzeit ist sie Postdoktorandin am NASA Jet Propulsion Laboratory / California Institute of Technology und Mitglied der Mission »Mars 2020«.



**Lisa Stelzer**, Mitglied des SciArt Kollektivs MY-CO-X, studiert derzeit Biologische Chemie an der Technischen Universität Berlin und hat bereits mehrere Jahre Berufserfahrung im Forschungs- und Entwicklungsbereich eines Medizinprodukteherstellers. Nach der Teilnahme an verschiedenen Projekten mit dem Schwerpunkt pilzbasierte Komposite in Vera Meyers Team beschäftigt sie sich nun in ihrer Masterarbeit mit den genetischen Grundlagen des Myzelwachstums. Vor allem die Potenziale von Pilzkompositen im Hinblick auf Nachhaltigkeit interessieren sie, ob es nun um Umweltauswirkungen bei der Herstellung dieser Materialien geht oder um deren Implementierung in bioökonomische Prozesse.

**Markus Syperek** studierte Dirigieren, Klavier und Gesang in Lübeck und Karlsruhe. Seit 2003 ist er als Dirigent, Pianist, Komponist und Arrangeur an Opern- und Schauspielhäusern unter anderem in Rostock, Berlin, Linz, Baden-Baden, Hamburg und Kiel sowie bei diversen Festivals tätig. Er spielt regelmäßig bei den Berliner Philharmonikern, beim Rundfunk Sinfonie Orchester und dem Rundfunkchor Berlin. Seit 2018 hat er einen Lehrauftrag im Fachbereich Gesang an der Universität der Künste Berlin. Daneben ist er auch als Komponist und Arrangeur für diverse Theater, Orchester, Musikverlage und Solokünstler tätig.



**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 Pilzkultivierungskurse für die Projekte *Mind the Fungi* (2018–2020) und *MY-CO BUILD* (2021–2024) im Berliner Futurium und engagiert sich bei Unternehmen wie der Deutschen Telekom für die Erforschung von Innovationsmöglichkeiten im Schnittbereich von 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. Im Mittelpunkt ihrer Projekte steht die Frage nach einem Leben in Symbiose mit unserer Umwelt. Dabei kombiniert sie traditionelle Textiltechniken mit der vielseitigen Wissenschaft der Pilze. Als Teil des MY-CO-X-Kollektivs beschäftigt sie sich seit Sommer 2020 mit der Gewinnung von Farbstoffen aus Pilzen und ihren möglichen Anwendungsbereichen im Textildesign.

## Biographies

**Christian Schmidts** is a Berlin-based designer, artist, and teacher. He works as a media artist and research assistant at the department of Digital and Experimental Design at the Berlin University of the Arts.. His research and teaching focuses on questions about the conceptual, spatial and media characteristics of digital design methods and tools and their influence on society. As part of the artist group Society for Nontrivial Pursuits, he investigates the impact of real-time creation environments on experimental performance. In the MY-CO-X collective, he works on the integration of mycelium-based composite materials and computational design processes.



**Sunanda Sharma** is an interdisciplinary designer and scientist. Her interests include astrobiology, biodesign, microbiology, and non-human and non-Earth centric perspectives in research. She completed her PhD at the Massachusetts Institute of Technology's Media Lab focusing on biological design. Her work as part of the Mediated Matter Group has been exhibited at the Museum of Modern Art, New York, the San Francisco Museum of Modern Art, the Schinkel Pavillon in Berlin, and the London Design Museum, among others. She was an artist-in-residence in Vera Meyer's research group in 2021. She is currently a postdoctoral scholar at NASA Jet Propulsion Laboratory / California Institute of Technology and a member of the Mars 2020 mission.



**Lisa Stelzer** is currently studying Biological Chemistry at the Technische Universität Berlin and already has several years of professional experience in the research and development department of a medical device manufacturer. After participating in various projects focusing on fungal-based composites in Vera Meyer's team, she is now conducting her Master's thesis at the department and is working on the genetic basis of mycelial growth. She is particularly interested in the potentials of fungal composites in terms of sustainability, be it environmental impacts in the production of these materials or their implementation in bioeconomic processes.

**Markus Syperc** studied conducting, piano, and singing in Lübeck and Karlsruhe. Since 2003 he has worked as a conductor, pianist, composer, and arranger at opera houses and theatres in Rostock, Berlin, Linz, Baden-Baden, Hamburg and Kiel, among others, as well as at various festivals. He plays regularly with the Berliner Philharmoniker, the Rundfunk Sinfonie Orchester and the Rundfunkchor Berlin. Since 2018, he has held a teaching position in the vocal department at the Berlin University of the Arts. He also works as a composer and arranger for various theatres, orchestras, music publishers, and solo artists.



**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 such as the *Mushroom Cultivation Courses for the Mind the Fungi* (2018–2020) and *MY-CO BUILD* (2021–2024) projects at the Berlin Futurium 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 HTW Berlin – University of Applied Sciences. Building on this, she is currently completing a Master of Arts degree at the weißensee kunsthochschule berlin in the field of textile and surface design. Her projects focus on the question of living in symbiosis with our environment. She combines traditional textile techniques with the versatile science of fungi. As part of the MY-CO-X collective, she has been working since 2020 on extracting pigments from fungi and their possible applications in textile design.

## Biografien

**Martin Weinhold** ist Fotograf und Autor aus Berlin. Er unterrichtet in Deutschland und Kanada als Dozent für visuelle Kommunikation. An der Universität der Künste Berlin studierte er Gesellschafts- und Wirtschaftskommunikation und arbeitete viele Jahre für private Fernsehsender als Kameramann. Künstlerisch setzt er sich besonders intensiv mit dem sozialdokumentarischen Porträt auseinander. Sein umfangreichstes Werk zu diesem Thema, das WorkSpace Canada Project, bestimmt seit mehr als 15 Jahren sein kreatives Schaffen. Für seine Dokumentationen besteht Weinhold auf analogem Schwarz-Weiß-Material, das er im eigenen Labor verarbeitet, wo auch seine Fine-Art-Prints in Handarbeit entstehen. Die Video-Installation zum Kurzfilm *Raumzeit* schuf er 2021 im Rahmen einer Kunstresidenz im Team von Vera Meyer.



**Nora Wilhelm** wirkt seit 2020 in der MITKUNSTZENTRALE im Haus der Materialisierung in Berlin als Materialforscherin und Entwicklerin von Möbeln aus gebrauchtem Material. Als Herrenmaßschneiderin und Gestalterin im Handwerk war sie an Theaterproduktionen in Tecklenburg, Bad Vilbel, Berlin und Kassel beteiligt. Bei der Entwicklung von Bühnen- und Kostümbildern legte sie den Fokus auf wiederverwendbares Material. Im Rahmen ihrer Ausbildung »Gestaltung im Handwerk« in Kassel widmete sie sich Aufwertungsprozessen gebrauchter Textilien. Seit 2018 studiert sie an der Kunsthochschule Kassel Produktdesign. Sie beschäftigt sich mit den spezifischen Eigenschaften und Problematiken unterschiedlicher wiederverwendeter Materialien.

## Biographies

**Martin Weinhold** is a Berlin-based photographer and author. He is also an instructor for visual communication in both Germany and Canada. He studied Communication in Social and Economic Contexts at Berlin University of the Arts and was working for many years as a cameraman for various television programmes. His main artistic interest is in social documentary portrait photography. In this field, the most ambitious of his works is the WorkSpace Canada Project which he runs continuously since 2006. For photo documentaries, he insists on working with analogue black-and-white film material. He processes the film in his own darkroom facility where he also manufactures fine art prints. His video installation for the short film *Raumzeit* was created within the framework of an Artist-in-Residence programme offered by Vera Meyer's team.



**Nora Wilhelm** has been working at the MITKUNST-ZENTRALE at the Haus der Materialisierung in Berlin since 2020 as a materials researcher and developer of furniture made from used materials. As a tailor and designer in the trade, she was involved in theatre productions in Tecklenburg, Bad Vilbel, Berlin, and Kassel. In her development of stage and costume designs, she focused on reusable material. As part of her training in »Design in the Crafts« in Kassel, she devoted herself to valorisation processes of used textiles. Since 2018, she has been studying product design at the Kunsthochschule Kassel. She is concerned with the specific properties and problems of different reused materials.

## **Reprints**

# The Colors of Life: An interdisciplinary artist-in-residence project to research fungal pigments as a gateway to empathy and understanding of microbial life

Reprint

Sunanda Sharma, Vera Meyer

## Abstract

Biological pigmentation is one of the most intriguing traits of many fungi. It holds significance to scientists, as a sign of biochemical metabolism and organism-environment interaction, and to artists, as the source of natural colors that capture the beauty of the microbial world. Furthermore, the functional roles and aesthetic appeal of biological pigmentation may be a path to inspiring human empathy for microorganisms, which is key to understanding and preserving microbial biodiversity. A project focused on cross-species empathy was initiated and conducted as part of an artist-in-residence program in 2021. The aim of this residency is to bridge the current divide between science and art through interdisciplinary practice focused on fungi.

The residency resulted in multiple products that are designed for artistic and scientific audiences with the central theme of biological pigmentation in fungi and other microorganisms. The first product is a video artwork that focuses on *Aspergillus niger* as a model organism that produces melanin pigment in a biosynthetic process similar to that of humans. The growth and morphology of this commonplace organism are displayed through video, photo, animation, and time-lapse footage, inviting the viewer to examine the likenesses and overlaps between humans and fungi. The second product is The Living Color Database, an online compendium of biological colors for scientists, artists, and designers. It links organisms across the tree of life, focusing on fungi, bacteria, and archaea, and the colors they express through biological pigmentation. Each pigment is represented in terms of its chemistry, its related biosynthesis, and its color expressions according to different indices: HEX, RGB, and Pantone. It is available at [www.color.bio](http://www.color.bio).

As fungal biotechnology continues to mature into new application areas, it is as important as ever that there is human empathy for these organisms to promote the preservation and appreciation of fungal biodiversity. The products presented here provide paths

for artists, scientists, and designers to understand microorganisms through the lens of color, promoting interspecies empathy through research, teaching, and practice.

*»The most important thing for humanity today and tomorrow is dialogue – dialogue between people, between I and you, in small manageable groups. For face-to-face encounters alone can bring about creative, political and cultural reflection and action.«*

Heinrich Ott, Emeritus Professor, University of Basel

*»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 Liessmann, Professor, University of Vienna<sup>1</sup>

## Background

The limited discovery and quantification of microbial diversity is a significant challenge to our understanding of the biodiversity of Earth. A great deal of life on our planet may in fact be microbial, yet we are estimated to know less than one percent of existing microbial species<sup>2</sup> and little to nothing about the trends regarding its diversity and rate of change<sup>3</sup>. Even the microbial species we know of, including many bacteria, fungi, archaea, and protists, are often understudied. This may be in part due to the fact that they are individually difficult or impossible to discern with the naked eye, limiting observation and interaction by humans. The mismatch of physical scale between microorganisms and humans has been proposed as the reason for a »size bias« against microbial life, resulting in their exclusion from the ethical frameworks utilized in laboratory research<sup>4,5</sup>.

In addition, microorganisms lack key features that humans have been shown to have strong affective and empathetic responses to, such as visible neotenic characteristics, similarity to human appearance, the possibility of communication, and aesthetic beauty<sup>6</sup>. Furthermore, research on human empathy for other organisms indicates that there is an inverse relationship between empathy inspired by the species and evolutionary divergence time, suggesting that achieving human empathy for microorganisms is a challenging endeavor<sup>7</sup>. Yet, it is well accepted that microorganisms are essential to agriculture<sup>8</sup>, major biogeochemical cycles<sup>9,10</sup>, and the evolution of higher life forms<sup>11,12</sup>. In addition, they are ubiquitous in and on the human body<sup>13</sup> and built environment<sup>14,15</sup>, so may be deserving of unique ethical consideration. Microbial diversity is fundamental to not only the maintenance of global resources and, in turn, human survival<sup>16,17</sup>, but microorganisms are now being increasingly pursued for their potential in biotechnological applications such as the production of biopharmaceuticals<sup>18</sup>, and use in bioremediation<sup>19,20</sup>. Given that human preference directly affects the success of preservation and conservation efforts<sup>21</sup>, it is critical that microbes are reconsidered in an empathetic light if their survival and diversity are to be maintained.

Approaches for increasing human empathy for non-human organisms have been explored most widely in the field of conservation biology and can be grouped into five themes: promoting anthropomorphism, demonstrating utility, eliciting emotion (such as sympathy, protectiveness, or curiosity), promoting practical engagement and attachment to nature, and highlighting aesthetic beauty. The first approach focuses on finding or creating similarities between a target species and humans to develop empathy, such as by adding human-like faces onto representations of animals; it has more recently been refined in an attempt to reduce anthropocentric bias<sup>22</sup>. The second approach focuses on examining and communicating the usefulness of a target species to human survival or daily life. For instance, public interest in insect pollinators has been sought by presenting data on their widespread positive effect on globally important crops as well as quantifying their service contribution to market output<sup>23</sup>. The third approach has similarly been used to call for support for pollinators such as honeybees (*Apis mellifera*) by describing their plight and the potential role of humans as protectors<sup>24</sup>. The fourth approach has been explored through citizen science efforts to engage the public in the research and conservation of various organisms such as native North American songbirds<sup>25</sup>, butterflies<sup>26</sup>, and bumblebees<sup>27</sup>. Finally, highlighting aesthetic beauty has been used

effectively to promote interest in some organisms, such as butterflies<sup>28</sup>.

In the context of microorganisms, most of these approaches can be explored through the lens of biological pigmentation. Microorganisms, including certain fungi, bacteria, archaea, algae, and protists, create a stunning myriad of colors through natural pigment production. For instance, »watermelon snow«, a phenomenon found in many high-altitude regions, is caused by frost-dwelling *Chlamydomonas nivalis* algae that produce the red pigment astaxanthin<sup>29</sup>; red fermented rice is colored by pigments from the fungus *Monascus purpureus*<sup>30</sup>; and decaying fruits and vegetables often have a mélange of green, brown, black, and white colors caused by pigments produced by molds and fungi such as *Penicillium*, *Mucor*, and *Aspergillus*<sup>31</sup>. Across taxa and environments, microorganisms are recognized for their creation of striking pigments, hundreds of which have been isolated and studied to date.

Pigments are biosynthesized through various pathways dependent on the genetics of the organism and may be contained within cells or diffused throughout surrounding media<sup>32</sup>. Most microbial pigments are termed »secondary metabolites«, as they are byproducts of biosynthesis but are not required for necessary functions such as growth and reproduction<sup>33</sup>. However, they are thought to have a wide variety of roles in different organisms and environments, such as photoprotection, cell wall integrity and defense, biofilm formation, and protection from oxidation<sup>34,35</sup>. Extensive research has been conducted in various pigment-producing microorganisms that indicate that growth conditions and abiotic stresses, such as the presence of light<sup>36–38</sup>, pH<sup>39,40</sup>, salinity<sup>41</sup>, and temperature<sup>40,41</sup>, may all affect the rate and quantity of pigments produced. The many roles and diverse sources of microbial pigments have led to a significant interest in their use in several fields, including food coloration<sup>42</sup>, textile dyeing<sup>43–45</sup>, biomedicine<sup>46</sup>, and synthetic biology<sup>47,48</sup>. Fungal pigments, in particular, have also been used in the fields of art and design, having featured in projects such as »C-MOULD: living paints«<sup>49,50</sup>, in stained wood objects for a production of »The Blue Forest«<sup>51</sup>, and in the fungi dress »Fibre Reactive«<sup>52</sup>.

The range of applications of microbial pigments in addition to the methods and techniques required to produce and obtain them in a controlled manner naturally means that the field is inherently interdisciplinary. This is also reflected in historical approaches to cataloging biological pigmentation. For instance, the renowned Werner's *Nomenclature of Colors*, published in 1814, is a color dictionary that contains color names matched with an animal, vegetable, and mineral source<sup>53</sup>. It was

famously compiled by a flower painter based on the notes of a geologist, and subsequently used by evolutionary biologists, artists, natural scientists, and philosophers; more recently, it has been re-interpreted and provided as an online resource<sup>54</sup>. This and similar historical guides instilled a sense of wonder and interest not only in scientists but also in artists. However, few modern guides exist that capture this interdisciplinary spirit and provide accessible information for researchers of different fields, though more data than ever has been collected on pigments across domains of life.

Currently, known biological pigments produced by microorganisms are mainly cataloged in scientific publications and reviews and may be referred to in large, general databases such as Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG)<sup>55</sup> and PubChem<sup>56</sup>. There also exist a handful of more specific online databases, such as ProCarDB<sup>57</sup>, antiSMASH<sup>58</sup>, and the *Aspergillus* secondary metabolite database<sup>59</sup>, that include certain types of pigments but are not exhaustive. While these existing resources contain a great deal of highly pertinent information, they are often difficult to find and search within and do not provide easily comprehensible data for artists, designers, and others who are beyond the fields of microbiology or biochemistry. This hinders the transition from the collection of pigment data to the application of pigment biotechnology across fields in art, science, and society. To this end, it is clear that there is a need for a searchable, online database that is openly accessible and contains data relevant for applied researchers from science to design to art.

In this project, biological pigmentation was explored as a path for the understanding of and empathy for microorganisms, focusing on fungi. The aim of this work is to elucidate visible, attractive features of microorganisms that can promote empathy in humans, ideally encouraging the appreciation and preservation of microbial life and biodiversity. We propose to increase empathy through the exploration of microbial color as an appealing feature in organisms that promotes sympathetic attention<sup>60</sup>. To this end, we described the source pigments with respect to their utility and created an interactive catalog of fungi colors to encourage practical engagement with these organisms. This research was produced as part of an art residency in the department Applied and Molecular Microbiology over a period of eight months. The broader motivation was to deepen both the scientific and artistic practice related to fungi and to remediate the gap between these fields through the creation of interdisciplinary research products that are released into the public realm<sup>61</sup>. For this reason, three complementary products and venues were chosen

to display the resulting work: a video released in conjunction with an art exhibition; an open-access, searchable database hosted online; and an article written for publication in an open-access scientific journal.

## Results and discussion

*Colors of Life I: A video artwork* The study of color is one of the oldest pursuits of both science and art and has yielded distinct representations in each field, such as UV-Vis spectra and the color wheel. In biology, color is often seen as related to function – color for warning, attracting mates, camouflage, or environmental protection<sup>62</sup>. In the arts, color is examined mainly through human experience, emotion, and connection to visible objects and surroundings<sup>63–65</sup>. Pigment science and color theory are therefore two sides of the same coin and are the focus of this video artwork. This project provides a path to discover a model microbial species, *Aspergillus niger*, in a new light, expressing the visible color diversity in a single organism. In doing so, this work demonstrates a new paradigm for interdisciplinary research in which the artistic perspective does not take the role of beautification of science but aspires to engender empathy in a scientific investigation by highlighting recognizable similarities between humans and this mold.

*Aspergillus niger* is a filamentous fungus that was discovered over a hundred years ago and has since taken a prominent role in the industrial production of citric acid and food enzymes<sup>66</sup>. Furthermore, it has been discovered in the human ocular<sup>67</sup> and oral<sup>68</sup> microbiomes, as well as in a range of built environments<sup>69,70</sup>, even including the International Space Station<sup>71,72</sup>. Despite its ubiquity, general safety to humans<sup>73</sup>, and positive roles in both biotechnology and human health, *Aspergillus niger* is often termed a »black mold« and is associated with rotting fruits and vegetables<sup>74–76</sup>. The striking color of this species is the point of interest and overlap highlighted in the video artwork, as the pigment responsible for this color, melanin, is also naturally produced by humans. This tense mixture of familiarity, disgust, and similarity makes *Aspergillus niger* an intriguing subject for this artwork. Furthermore, the selection of this melanin-producing species invites comparison to human skin color. While skin color is a highly visible component of human physical and ethnic identity, the juxtaposition with a distinctly non-human entity here poses both a provocation and a question regarding the »humanness« of this trait.

The video begins with a quote from Charles Darwin, the noted naturalist who utilized Werner's Nomenclature of Colors in his scientific explorations<sup>77</sup>. The background of this research area, empathy for other species, is

introduced through text and animations. The central question, »How can we learn empathy for microorganisms?« is superimposed over footage of *A. niger* conidia observed through an optical microscope. Microbial colors are presented in a format similar to the British Standard Colour Chart<sup>78</sup> and melanins are highlighted as a group of interest. *A. niger* is introduced in a familiar setting, on a rotting vegetable, and then as the subject of portrait time-lapses, at various magnifications, and images showing the color variation in a single culture. The metabolic pathways that produce melanin in both *Aspergillus* and humans are shown simultaneously, and examples of melanin in fungal spores and human skin are shown side by side.

As non-diegetic music is commonly used to guide viewers' emotional responses to a subject or scene<sup>79</sup>, a novel track was composed that may evoke sympathy in the viewer, with underlying themes of repetition, mutation, and growth. It is played on a harp (as a software instrument), which has been shown to inspire emotional responses<sup>80</sup> and foster positive associations in humans<sup>81</sup>. The video is available online, in both English and German, at [ssunanda.com/colors-of-life-i](http://ssunanda.com/colors-of-life-i), on YouTube ([youtu.be/rygnseIrgw](https://youtu.be/rygnseIrgw), [youtu.be/5Fvb17asoeg](https://youtu.be/5Fvb17asoeg)), and on Vimeo ([vimeo.com/568137146](https://vimeo.com/568137146), [vimeo.com/568139990](https://vimeo.com/568139990)). It was released online in conjunction with the exhibition of a habitable fungal sculpture, entitled MY-CO SPACE, created by the SciArt collective MY-CO-X for tinyBE in 2021 ([tinybe.org/artists/my-co-x/](https://tinybe.org/artists/my-co-x/)). (→ Fig.1)

**Living Color Database: An Open Source Artistic-Scientific Database** The second product of this residency is the Living Color Database (LCDB), an online dictionary of microbial pigments that aims to correlate general pigment information with taxonomic, metabolic, chemical, and color index data (→ Fig. 2, 3). The initial version of this database contains approximately 445 pigment entries, representing 110 unique pigments and 380 distinct species. Currently, the database focuses on pigments from fungi and bacteria; in the future, it will be expanded to include pigments from algae and protists and contributions from other researchers across the fields of science, art, design, and engineering. The data in LCDB were sourced from published literature and existing accessible databases. Relevant keywords were used to search Google Scholar and PubMed, including: »microbial pigments«, »microorganisms pigments«, »fungal pigments«, »bacteria pigments«, »carotenoids«, »melanins«, and »prokaryotic pigments«. To allow for cross-comparison with existing databases such as ProCarDB, the following data categories were included: Pigment Name (e.g. »Aleuria xanthin«), General Color Name (e.g. »Red«), link to source reference, Kingdom

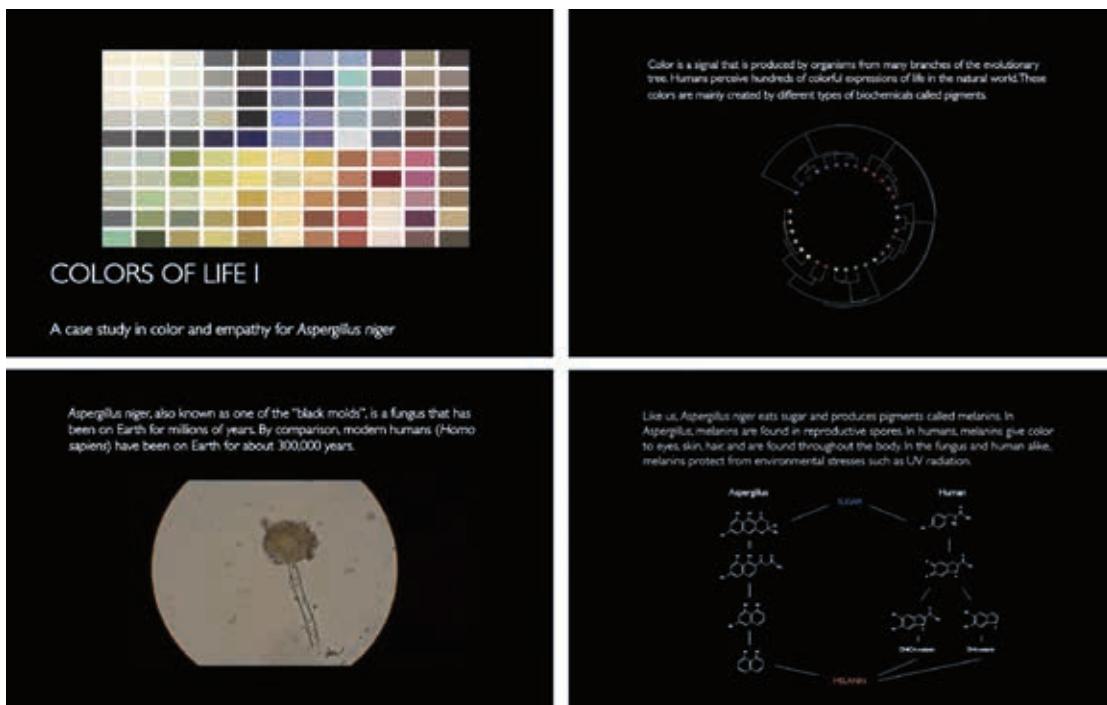
(e.g. »Fungi«), Organism Name in binomial nomenclature (e.g. »Aleuria aurantia«), NCBI Tax ID (e.g. »5188«), Pigment Molecule Type (e.g. »Non-protein«), Pigment Category (e.g. »Isoprenoids«), Pigment Subcategory (e.g. »Carotenoids«), IUPAC Name, Canonical SMILES, Image of Pigment Chemical Structure, Associated Genes, Relevant Publication on Organism Genetic Information or Functional Roles.

While the aforementioned data provide insights relevant for scientists from various fields, it is unapproachable for artists, designers, and application scientists who may wish to utilize biological pigmentation. Therefore, the following additional categories were included to link the organism and chemical pigment to the related visible color: Image of the Approximate Pigment Color, Approximate HEX Code, Approximate RGB values, and Pantone Color Code (e.g. »2347 C«). In the future, additional fields for images as well as evolutionary or biogeographical information for each species may be included. (→ Fig.2, 3)

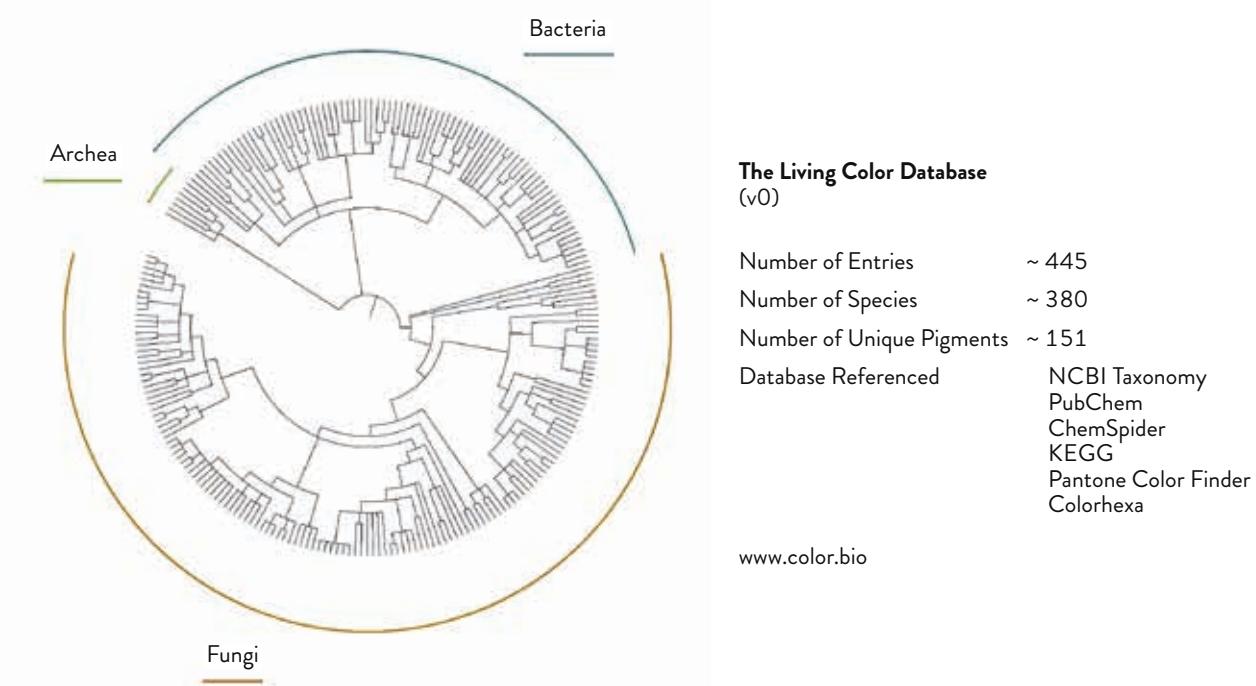
The LCDB is publicly accessible on [www.color.bio](http://www.color.bio) through any browser. The database itself is hosted on Airtable, an online, collaborative database-spreadsheet service. Airtable was selected because it allows for the creation of large databases that can be cross-correlated and linked, edited by multiple users dynamically, and embedded into other websites in several different views. Furthermore, it enables content filtering through each included field or multiple fields, allowing for users from different backgrounds to find relevant pigment information based on their own interests.

The website is organized into three pages: Color Picker, Living Color Database Entries, and About. The Color Picker allows users to select a color from an sRGB color gradient and find the closest matches to that color in terms of biological pigments in the LCDB. Data cards appear on the right that include the pigment name, approximate color, organism name, kingdom, molecule type, RGB value, HEX code, Pantone code, and link to a published reference (→ Fig.4). As the LCDB is expanded, more color samples will allow for improved color matching in the Color Picker. (→ Fig.4)

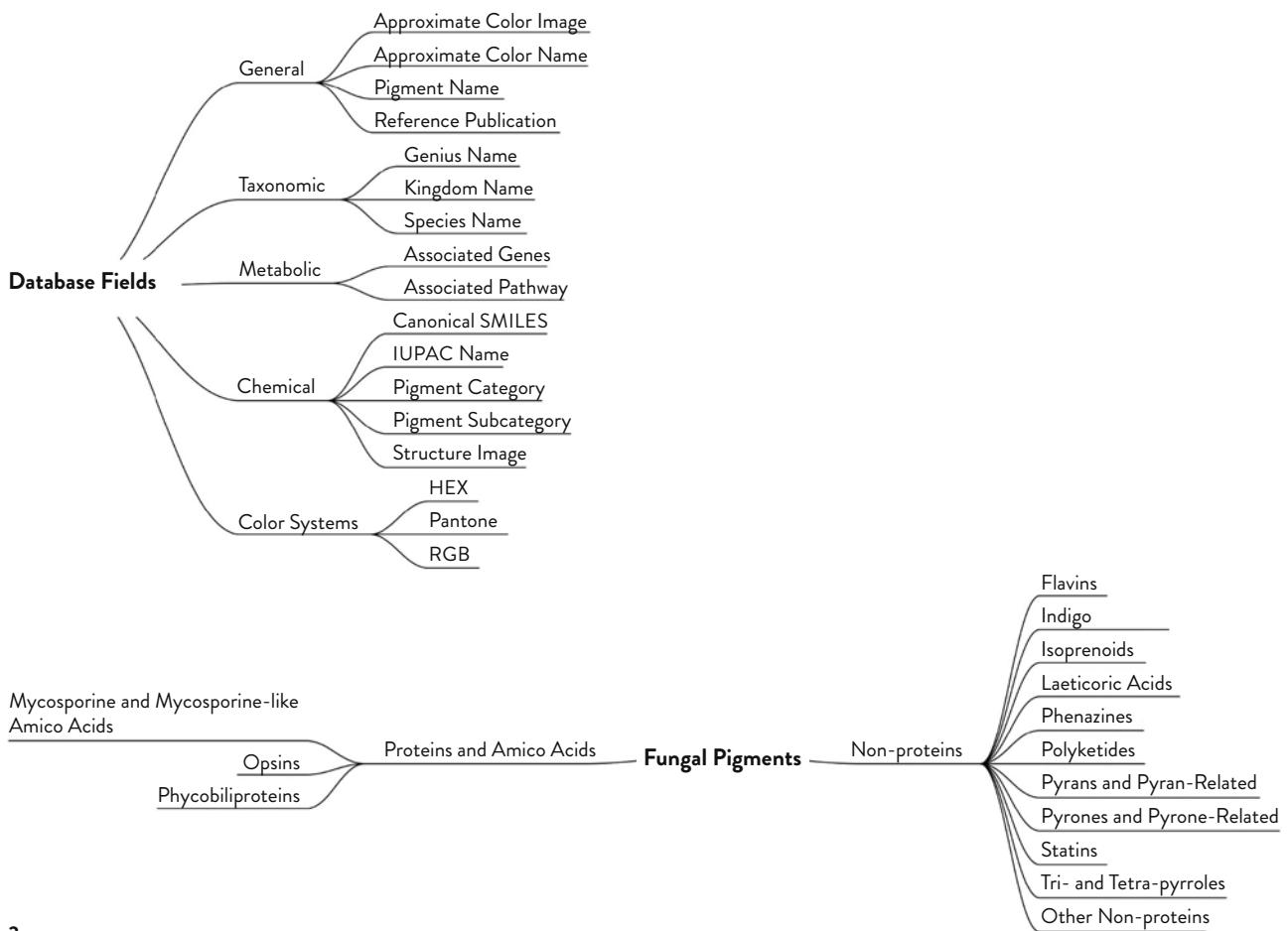
The Database itself is visible on the second page, where a view of the Airtable is embedded with controls for filtering and scrolling (→ Fig.5). Users can see the »back end« of the database, represented in a gallery of entries, which includes all the information for each entry. In the future, there will be an interactive form to allow visitors to submit new entries to expand and update the database. The inclusion of more entries into the LCDB may allow for the identification of trends and commonalities between pigment groups and pigment-producing organisms. (→ Fig.5)



**1** Video *The Colors of Life I*. Four screenshots from the video artwork that was created as part of the residency



**2** Overview of the Living Color Database (LCDB). The LCDB includes c. 445 entries from c. 380 species representing c. 151 unique pigments from fungi, archaea, and bacteria. A larger version of this figure and Newick formatted files of all species included can be accessed at [www.color.bio](http://www.color.bio).



3

**3** Organization of the Living Color Database. The Living Color Database (LCDB) includes five categories of fields to organize associated data for each entry: General Information, Taxonomic, Metabolic, Chemical, and Color Systems (I). Fungal Pigments included in the LCDB are divided by molecule type and category as organized here (I). Categories are further divided into subcategories (not shown).

**4** Color Picker Tool interface. The landing page of the [www.color.bio](http://www.color.bio) website features the Color Picker Tool. Users may scroll over colors on the spectrum (→), view the »Preview« color, »Selected« color, and respective RGB values (I), and view the »Matched« color (I) (→). Cards for the closest matching pigments are returned with key information (right), including the Pigment Name, General Color Name, Source Organism (binomial nomenclature), Kingdom, Pigment Category, Molecule Type, RGB values, HEX values, Pantone Code, and a link to a Reference.

**5** Embedded gallery view of the LCDB. The Database can be viewed on the »Living Color Database« tab of the [www.color.bio](http://www.color.bio) website. The card arrangement can be modified through the Airtable interface. Here, two different arrangements are shown: with an image of the Approximate Color(I) and an image of the Chemical Structure (I).

**COLOR.BIO** Color Picker | Using Color Database | Help

The screenshot shows a color picker on the left with a gradient from red to blue. On the right, there is a table of search results for blue pigments:

PIGMENT	COLOR	ORGANISM
Phaeophytin	Blue	<i>Lactarius indigo</i>
Stauroditerrol	Blue	<i>Lactarius indigo</i>
Azulene	Blue	<i>Lactarius sp.</i>
Sanguinor A	Blue	<i>Mycena sanguinolenta</i>
Sanguinor B	Blue	<i>Mycena sanguinolenta</i>
Sanguinotrinquinone	Blue	<i>Mycena sanguinolenta</i>

4

**COLOR.BIO** Color Picker | Using Color Database | Help

The screenshot shows a grid of color swatches and their corresponding chemical structures. The top row contains nine color swatches: orange, purple, red, dark red, brown, black, yellow, lime green, and dark maroon. Below each swatch is its name and a detailed description. The bottom row shows the chemical structures for each pigment:

- Alpha-carotene
- Beta-carotene
- Beta-cryptoxanthin

5

## Conclusions

As increasingly more biotechnologies are being applied in new areas, multidisciplinary tools are required to expand the investigation and understanding of biology from purely scientific perspectives. These tools have the potential to not only enhance human understanding of biological phenotypes, complexity, and biodiversity but also empathy for the biological sources – the microorganisms – themselves. The aim of this residence project was twofold: to explore biological color as a path to inspiring empathy for microorganisms and catalog the vast amount of information known about microbial pigments in an accessible format for scientists, designers, and artists alike. Through the creation of three products – the video artwork, database, and research publication – this project applies multiple approaches from conservation biology to increase empathy for fungi in an attempt to appeal to the broadest possible audience. Color as an aesthetic quality is greatly featured<sup>60</sup>. The usefulness of pigments and, by extension, their microbial sources are highlighted in the open access database. By utilizing language and terms from different fields, the products of the residency provide multiple parallel ways for humans to engage with organisms distant from us on the evolutionary tree.

## Materials and methods

»Colors of Life I« – video creation and composition Photographic and video footage was filmed using a Nikon (Melville, USA) D3300 DSLR Camera with 18–55 mm and 35 mm lenses. Micrographic footage was captured using this camera in addition to Wild M240 Makroskop and Olympus BH2 optical microscopes. Additional footage was provided by Vera Meyer and Stephan Starke (TU Berlin). All footage was edited using After Effects 2021 and compiled using Premiere 2021, both applications from Adobe Creative Cloud (San Jose, USA). Drawings and illustrations were created using Savage Interactive Procreate (Hobart, Australia) and Adobe Illustrator 2021 (San Jose, USA). Animations were created and edited using After Effects 2021. Music was composed and generated using a Yamaha Pn15 Electronic Keyboard (Hamamatsu, Japan) and recorded, edited, and mixed using Apple GarageBand for Mac (Cupertino, USA).

Living Color Database creation The database content, hosted on Airtable, was generated through manual entry of data sourced from published research articles, reviews, and books. Each field was arranged as a column and each pigment entry was a single row; the binomial name of each species and the associated taxonomic identification was entered in a separate sheet within the same base as a reference table. Key chemical

information and imagery were sourced from the National Center for Biotechnology Information (NCBI) PubChem Database<sup>82</sup> and ChemSpider<sup>83</sup>; genetic and functional role information was sourced from KEGG and published literature, and taxonomic information was sourced from NCBI Taxonomy Browser. HEX values were identified by applying a color picker extension to images of the pigment in published literature (Hex Color Picker<sup>84</sup>) and subsequently converted to RGB values (ColorHexa<sup>85</sup>), and matched with Pantone colors (Pantone Color Finder<sup>86</sup>).

Website creation The domain www.color.bio was purchased through Google Domains (Mountain View, USA) and created with ReactJS and Tailwind CSS deployed on Vercel via GitHub. The Airtable Gallery view was selected due to its clear representation of each sample that includes both textual and visual information on a single card; this view was embedded in the »Living Color Database« tab on www.color.bio. Updates to the visible gallery on www.color.bio are periodically pushed using the Airtable API.

## Acknowledgements

The authors acknowledge Stephan Starke, TU Berlin, for images of *Aspergillus niger* used in the video artwork and Samvaran Sharma for helpful discussions regarding website design. We also acknowledge the German DEAL consortium for open access funding.

- 1** Liessmann KP. In einem Atemzug – science.ORF.at. 6 Nov 2013 [cited 17 Oct 2021]. Available: [sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html](http://sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html)
- 2** Locey KJ, Lennon JT. Scaling laws predict global microbial diversity. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2016; 113: 5970–5975.
- 3** Thaler DS. Is Global Microbial Biodiversity Increasing, Decreasing, or Staying the Same? *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021; 9: 202.
- 4** Cockell CS. Environmental Ethics and Size. *Ethics Environ.* 2008; 13: 23–39.
- 5** Cockell CS. The rights of microbes. *Interdiscip Sci Rev.* 2004; 29: 141–150.
- 6** Harrison MA, Hall AE. Anthropomorphism, empathy, and perceived communicative ability vary with phylogenetic relatedness to humans. *J Soc Evol Cult Psychol*. 2010; 4: 34.
- 7** Miralles A, Raymond M, Lecointre G. Empathy and compassion toward other species decrease with evolutionary divergence time. *Sci Rep*. 2019; 9: 19555.
- 8** Singh HB, Sarma BK, Keswani C. Agriculturally Important Microorganisms: Commercialization and Regulatory Requirements in Asia. Singh HB, Sarma BK, Keswani C, editors. Springer, Singapore; 2016.
- 9** Madsen EL. Microorganisms and their roles in fundamental biogeochemical cycles. *Curr Opin Biotechnol*. 2011; 22: 456–464.
- 10** Rousk J, Bengtson P. Microbial regulation of global biogeochemical cycles. *Front Microbiol*. 2014; 5: 103.
- 11** Bertrand J-C, Brochier-Armanet C, Gouy M, Westall F. For Three Billion Years, Microorganisms Were the Only Inhabitants of the Earth. In: Bertrand J-C, Caumette P, Lebaron P, Matheron R, Normand P, Sime-Ngando T, editors. *Environmental Microbiology: Fundamentals and Applications: Microbial Ecology*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2015; pp. 75–106.
- 12** Rosenberg E, Sharon G, Atad I, Zilber-Rosenberg I. The evolution of animals and plants via symbiosis with microorganisms. *Environ Microbiol Rep*. 2010; 2: 500–506.
- 13** Turnbaugh PJ, Ley RE, Hamady M, Fraser-Liggett CM, Knight R, Gordon JI. The human microbiome project. *Nature*. 2007; 449: 804–810.
- 14** National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, National Academy of Engineering, Division on Engineering and Physical Sciences, Health and Medicine Division, Division on Earth and Life Studies, Board on Infrastructure and the Constructed Environment, et al. Tools for Characterizing Microbiome – Built Environment Interactions. National Academies Press (US); 2017.
- 15** Brown GZ, Kline J, Mhuireach G, Northcutt D, Stenson J. Making microbiology of the built environment relevant to design. *Microbiome*. 2016; 4: 6.
- 16** Colwell RR. Microbial diversity: the importance of exploration and conservation. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 1997; 18: 302–307.
- 17** Delgado-Baquerizo M, Maestre FT, Reich PB, Jeffries TC, Gaitan JJ, Encinar D, et al. Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nat Commun*. 2016; 7: 10541.
- 18** Kusari S, Singh S, Jayabaskaran C. Biotechnological potential of plant-associated endophytic fungi: hope versus hype. *Trends Biotechnol*. 2014; 32: 297–303.
- 19** Singh RK, Tripathi R, Ranjan A, Srivastava AK. Chapter 9 – Fungi as potential candidates for bioremediation. In: Singh P, Kumar A, Borthakur A, editors. *Abatement of Environmental Pollutants*. Elsevier, 2020; pp. 177–191.
- 20** Harms H, Schlosser D, Wick LY. Untapped potential: exploiting fungi in bioremediation of hazardous chemicals. *Nat Rev Microbiol*. 2011; 9: 177–192.
- 21** Gunnthorsdottir A. Physical Attractiveness of an Animal Species as a Decision Factor for its Preservation. *Anthrozoös*. 2001; 14: 204–215.
- 22** Root-Bernstein M, Douglas L, Smith A, Veríssimo D. Anthropomorphized species as tools for conservation: utility beyond prosocial, intelligent and suffering species. *Biodivers Conserv*. 2013; 22: 1577–1589.
- 23** Potts SG, Imperatriz-Fonseca V, Ngo HT, Aizen MA, Biesmeijer JC, Breeze TD, et al. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*. 2016; 540: 220–229.
- 24** Spivak M, Mader E, Vaughan M, Euliss NH Jr. The plight of the bees. *Environ Sci Technol*. 2011; 45: 34–38.
- 25** Larson LR, Cooper CB, Hauber ME. Emotions as Drivers of Wildlife Stewardship Behavior: Examining Citizen Science Nest Monitors' Responses to Invasive House Sparrows. *Hum Dimensions Wildl*. 2016; 21: 18–33.
- 26** Wang W-L, Suman DO, Zhang H-H, Xu Z-B, Ma F-Z, Hu S-J. Butterfly Conservation in China: From Science to Action. *Insects*. 2020; 11. DOI 10.3390/insects1100661
- 27** Sharma N, Greaves S, Siddharthan A, Anderson H, Robinson A, Colucci-Gray L, et al. From citizen science to citizen action: analysing the potential for a digital platform to cultivate attachments to nature. *SISSA Medialab*. 2019; 18: A07.
- 28** Habel JC, Gossner MM, Schmitt T. Just beautiful?! What determines butterfly species for nature conservation. *Biodivers Conserv*. 2021; 30: 2481–2493.
- 29** Williams WE, Gorton HL, Vogelmann TC. Surface gas-exchange processes of snow algae. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003; 100: 562–566.
- 30** Zhu B, Qi F, Wu J, Yin G, Hua J, Zhang Q, et al. Red Yeast Rice: A Systematic Review of the Traditional Uses, Chemistry, Pharmacology, and Quality Control of an Important Chinese Folk Medicine. *Front Pharmacol*. 2019; 10: 1449.
- 31** Paterson RRM, Lima N. Filamentous Fungal Human Pathogens from Food Emphasising Aspergillus, Fusarium and Mucor. *Microorganisms*. 2017; 5. DOI 10.3390/microorganisms5030044

- 32** Chatragadda R, Dufossé L. Ecological and Biotechnological Aspects of Pigmented Microbes: A Way Forward in Development of Food and Pharmaceutical Grade Pigments. *Microorganisms*. 2021; 9.
- DOI 10.3390/microorganisms9030637
- 33** Narsing Rao MP, Xiao M, Li W-J. Fungal and Bacterial Pigments: Secondary Metabolites with Wide Applications. *Front Microbiol*. 2017; 8: 1113.
- 34** Demain AL, Fang A. The natural functions of secondary metabolites. *Adv Biochem Eng Biotechnol*. 2000; 69: 1–39.
- 35** Singh BP, Rateb ME, Rodriguez-Couto S, Polizeli M de LT de M, Li W-J. Editorial: Microbial Secondary Metabolites: Recent Developments and Technological Challenges. *Front Microbiol*. 2019; 10: 914.
- 36** Gmoser R, Ferreira JA, Lundin M, Taherzadeh MJ, Lennartsson PR. Pigment Production by the Edible Filamentous Fungus *Neurospora Intermedia*. *Fermentation*. 2018; 4: II.
- 37** Babitha S, Carvahlo JC, Soccol CR, Pandey A. Effect of light on growth, pigment production and culture morphology of *Monascus purpureus* in solid-state fermentation. *World J Microbiol Biotechnol*. 2008; 24: 2671–2675.
- 38** Velmurugan P, Lee YH, Venil CK, Lakshmanaperumalsamy P, Chae J-C, Oh B-T. Effect of light on growth, intracellular and extracellular pigment production by five pigment-producing filamentous fungi in synthetic medium. *J Biosci Bioeng*. 2010; 109: 346–350.
- 39** Tudor D, Robinson SC, Cooper PA. The influence of pH on pigment formation by lignocellulosic fungi. *Int Biodeterior Biodegradation*. 2013; 80: 22–28.
- 40** Méndez A, Pérez C, Montañéz JC, Martínez G, Aguilar CN. Red pigment production by *Penicillium purpurogenum* GH2 is influenced by pH and temperature. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2011; 12: 961–968.
- 41** Venkatachalam M, Gérard L, Milhau C, Vinale F, Dufossé L, Fouillaud M. Salinity and Temperature Influence Growth and Pigment Production in the Marine-Derived Fungal Strain *Talaromyces albobiverticillius* 30548. *Microorganisms*. 2019; 7. DOI 10.3390/microorganisms7010010
- 42** Durán N, Teixeira MFS, De Conti R, Esposito E. Ecological-friendly pigments from fungi. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2002; 42: 53–66.
- 43** Caro Y, Venkatachalam M, Lebeau J, Fouillaud M, Dufossé L. Pigments and Colorants from Filamentous Fungi. In: Mérillon J-M, Ramawat KG, editors. *Fungal Metabolites*. Cham: Springer International Publishing; 2017. pp. 499–568.
- 44** Kalra R, Conlan XA, Goel M. Fungi as a Potential Source of Pigments: Harnessing Filamentous Fungi. *Front Chem*. 2020; 8: 369.
- 45** Fuck WF, Brandelli A, Gutterres M. Special review paper: leather dyeing with biodyes from filamentous fungi. *J Am Leather Chem As*. 2018; 113: 299–310.
- 46** Kumar A, Prajapati S, Nikhil, Nandan S, Neogi TG. Industrially Important Pigments from Different Groups of Fungi. In: Yadav AN, Singh S, Mishra S, Gupta A, editors. *Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi: Volume 2: Perspective for Value-Added Products and Environments*. Cham: Springer International Publishing; 2019; pp. 285–301.
- 47** Sharma KK. Exploiting Fungi in Synthetic Biology: Commentary. *Current Synthetic and Systems Biology*. 2015. DOI 10.4172/2332-0737.1000123
- 48** Hillman ET, Readnour LR, Solomon KV. Exploiting the natural product potential of fungi with integrated -omics and synthetic biology approaches. *Current Opinion in Systems Biology*. 2017; pp. 50–56. DOI 10.1016/j.coisb.2017.07.010
- 49** Madhusoodanan J. Science and Culture: Petri palettes create microbial masterpieces. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2016; 113: 11056–11058.
- 50** simonsublime. C-MOULD: living paints. 5 Jul 2013 [cited 10 Dec 2021]. Available: [exploringtheinvisible.com/2013/07/05/c-mould-living-paints/](http://exploringtheinvisible.com/2013/07/05/c-mould-living-paints/)
- 51** Robinson SC, Van Court RC, Andersen C. Fungal Pigments, Wood Coloring Technology and Their Applications in the Play The Blue Forest. *Leonardo*. 2021; 54: 306–310.
- 52** Bell S. The Fungi Dress – A Living Garment: Interview with Donna Franklin (July 2005). In: Scapp R, Seitz B, editors. *Fashion Statements: On Style, Appearance, and Reality*. New York: Palgrave Macmillan US; 2010; pp. 49–55.
- 53** Werner AG, Syme P. Werner's nomenclature of colours, with additions by P. Syme. W. Blackwood, 1814.
- 54** Rougeux N. Werner's Nomenclature of Colours. [cited 10 May 2020]. Available: [c82.net/werner/#about](http://c82.net/werner/#about)
- 55** KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. [cited 17 Oct 2021]. Available: [genome.jp/kegg/](http://genome.jp/kegg/)
- 56** PubChem. [No title]. [cited 17 Oct 2021]. Available: [pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/](http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/)
- 57** Nupur LNU, Vats A, Dhanda SK, Raghava GPS, Pinnaka AK, Kumar A. ProCarDB: a database of bacterial carotenoids. *BMC Microbiol*. 2016; 16: 96.
- 58** Blin K, Shaw S, Kautsar SA, Medema MH, Weber T. The antiSMASH database version 3: increased taxonomic coverage and new query features for modular enzymes. *Nucleic Acids Res*. 2021; 49: D639–D643.
- 59** Vadlapudi V, Borah N, Yellusani KR, Gade S, Reddy P, Rajamanikyam M, et al. Aspergillus Secondary Metabolite Database, a resource to understand the Secondary metabolome of Aspergillus genus. *Sci Rep*. 2017; 7: 7325.
- 60** Small E. The new Noah's Ark: beautiful and useful species only. Part 2. The chosen species. *Biodiversity*. 2012; 13: 37–53.
- 61** Meyer V. Merging science and art through fungi. *Fungal Biol Biotechnol*. 2019; 6: 5.
- 62** Cuthill IC, Allen WL, Arbuckle K, Caspers B, Chaplin G, Hauber ME, et al. The biology of color. *Science*. 2017; 357: eaano221.

- 63** Plack JJ, Shick J. The effects of color on human behavior. *Journal of the Association for the Study of Perception*. 1974; 9: 4–16.
- 64** Conway BR, Chatterjee S, Field GD, Horwitz GD, Johnson EN, Koida K, et al. Advances in color science: from retina to behavior. *J Neurosci*. 2010; 30: 14955–14963.
- 65** Suk H-J, Irtel H. Emotional response to color across media. *Color Res Appl*. 2010; 35: 64–77.
- 66** Cairns TC, Nai C, Meyer V. How a fungus shapes biotechnology: 100 years of *Aspergillus niger* research. *Fungal Biol Biotechnol*. 2018; 5: 13.
- 67** Shivaaji S, Jayasudha R, Sai Prashanthi G, Kalyana Chakravarthy S, Sharma S. The Human Ocular Surface Fungal Microbiome. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019; 60: 451–459.
- 68** Peters BA, Wu J, Hayes RB, Ahn J. The oral fungal mycobiome: characteristics and relation to periodontitis in a pilot study. *BMC Microbiol*. 2017; 17: 157.
- 69** Gutarowska B, Czyżowska A. The ability of filamentous fungi to produce acids on indoor building materials. *Ann Microbiol*. 2009; 59: 807–813.
- 70** Leung MHY, Tong X, Lee PKH. Indoor Microbiome and Airborne Pathogens. *Comprehensive Biotechnology*. 2019; 96.
- 71** Checinska A, Probst AJ, Vaishampayan P, White JR, Kumar D, Stepanov VG, et al. Microbiomes of the dust particles collected from the International Space Station and Spacecraft Assembly Facilities. *Microbiome*. 2015; 3: 50.
- 72** Romsdahl J, Blachowicz A, Chiang AJ, Singh N, Stajich JE, Kalkum M, et al. Characterization of *Aspergillus niger* Isolated from the International Space Station. *mSystems*. 2018; 3. DOI 10.1128/mSystems.oo112-18
- 73** van Dijck P. SED-CNFJ. On the safety of *Aspergillus niger* – a review. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2002; 59: 426–435.
- 74** Parveen S, Wani AH, Bhat MY, Pala SA, Ganie AA. Biology and management of *Aspergillus niger* Van Tiegh. causing black mold rot of pear (*Pyrus communis* L.) in Kashmir Valley, India. *International Journal of Advanced Research*. 2014; 2: 24–34.
- 75** Özer N, Köyü ND. The Ability of Plant Compost Leachates to Control Black Mold (*Aspergillus niger*) and to Induce the Accumulation of Antifungal Compounds in Onion Following Seed Treatment. *Biocontrol*. 2006; 51: 229–243.
- 76** Ko S-S, Huang J-W, Wang J-F, Shanmugasundaram S, Chang W-N. Evaluation of onion cultivars for resistance to *Aspergillus niger*, the causal agent of black mold. *J Am Soc Hortic Sci*. 2002; 127: 697–702.
- 77** Nature's colours: from page to paint. [cited 17 Oct 2021]. Available: [nhm.ac.uk/discover/natures-colours-page-paint.html](http://nhm.ac.uk/discover/natures-colours-page-paint.html)
- 78** Baty P. The anatomy of color: the story of heritage paints and pigments. 2017.
- 79** Russell WB, Waters S. Cinematic Social Studies: A Resource for Teaching and Learning Social Studies With Film. IAP, 2017.
- 80** Chau C-J, Wu B, Horner A. The emotional characteristics and timbre of nonsustaining instrument sounds. *J Audio Eng Soc*. 2015; 63: 228–244.
- 81** Raunikar MF. Arizona State University. 2018. Available: [bit.ly/3iggWRs](https://bit.ly/3iggWRs)
- 82** Schoch CL, Ciufo S, Domrachev M, Hotton CL, Kannan S, Khovanskaya R, et al. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*. 2020; 2020: baaao62. DOI 10.1093/database/baaao62
- 83** ChemSpider. [cited 17 Oct 2021]. Available: [chemspider.com/](http://chemspider.com/)
- 84** Color Picker. [cited 17 Oct 2021]. Available: [color-picker.dllplayer.com/](http://color-picker.dllplayer.com/)
- 85** Color Hex – ColorHexa.com. [cited 17 Oct 2021]. Available: [colorhexa.com/](http://colorhexa.com/)
- 86** Pantone. [No title]. [cited 17 Oct 2021]. Available: [pantone.com/connect/features](http://pantone.com/connect/features)

First published in the scientific peer-reviewed journal *Fungal Biology and Biotechnology* under Creative Commons Attribution License on 10 January 2022; CC BY, creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Sunanda Sharma and Vera Meyer: »The colors of life: An interdisciplinary artist-in-residence project to research fungal pigments as a gateway to empathy and understanding of microbial life«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 9, 1 (2022). DOI 10.1186/s40694-021-00130-7

# Ten simple rules for hosting artists in a scientific lab

Reprint

Matthias C. Rillig, Karine Bonneval, Christian de Lutz, Johannes Lehmann,

India Mansour, Regine Rapp, Saša Spačal, Vera Meyer

Hosting an artist in a scientific lab is likely a new experience for many scientists in the natural and engineering sciences, and perhaps also for many artists, yet it can be a very beneficial experience for both parties<sup>1</sup>. »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«<sup>2</sup>. During our science and art collaborations in the last years, we have learned what connects and what separates our disciplines, how different yet common our worlds of working and thinking are, how stimulating such collaborations can be. Although scientists and artists belong to two different cultural worlds, many share research as a congruent method to explore and understand the world around us. Often, scientific and artistic work spaces are indistinguishable as they are full of equipment, materials, tools and computers to run experiments and analyze data<sup>3,4</sup>. Science and art are fundamentally connected through their focus on creativity<sup>5</sup>. Also, both scientists and artists deliberately venture into the public realm in the spirit of Hannah Arendt: »Humanity is never won in loneliness and never by handing one's work over to the public. Only if you take your life and person[ality] into the venture of the public realm, will you reach [humanity]«<sup>6</sup>. At the most fundamental level, science and art both try to understand the world around us and to guide society to recognize and solve problems. Artistic and scientific research may also have much more in common than one expects at first sight: they both involve years of learning and personal development, they both involve trial and error, and the sharing of results with different communities.

However, transdisciplinary cooperation requires openness, a willingness to take risks, the ability for self-reflection, respect and esteem for the other culture as well as a lot of appreciative listening from both parties<sup>7,8</sup>. Our paper thus intends to serve as a practical guide for both, artists-in-residence and the hosting scientific lab, to easier cross borders, to better collaborate, to better learn from each other, to sustainably bridge the different cultures of science and the arts. Our discussion starts at the point where a decision for such

an interaction has already taken place. Still wondering if this is for you? There is much to gain for both sides. For the scientists, for example, this interaction can be a source of new ideas and questions, offering new points of view. Some of us also felt that this interaction offered training in explaining research in clear, simple language, and provided opportunities for interfacing with the science-curious public in a curated context. For the artists, this can be about learning new tools, methods and approaches and about the specific topics on which a lab works.

Some of the following ten »rules« apply more to the artist, some more to the hosting science lab, and some to both (→ Fig.1).

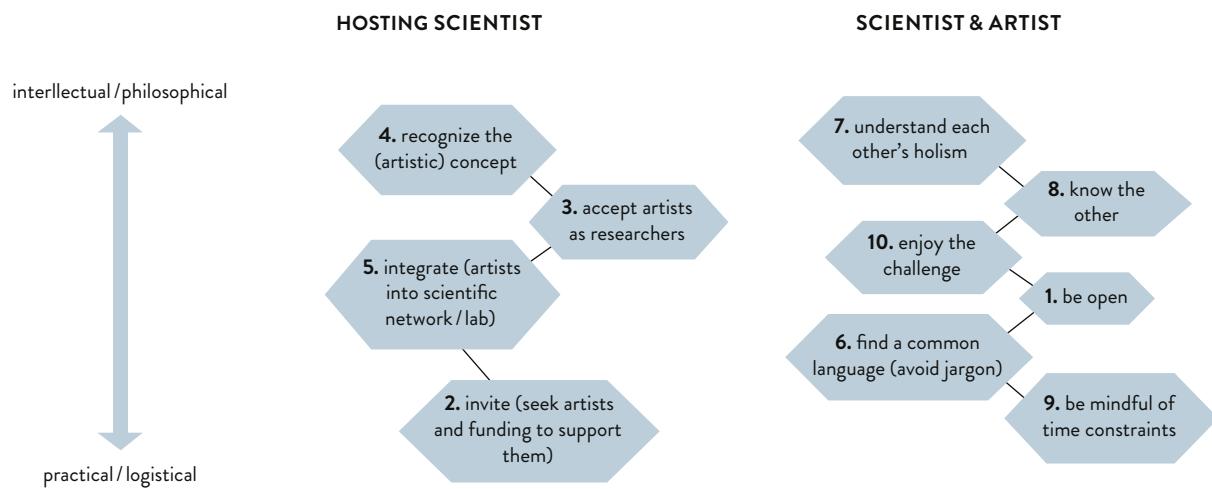
## 1. Be open

The basic mindset and attitude required for both scientists and artists is openness. Openness to new input, willingness to share ideas, and a sharing attitude. It is not at all required to have an artistic ›inclination‹ on the part of the hosting scientist, but nothing can replace an open attitude. Be open to accept that research can be both: scientific research and artistic research (for a definition of artistic research, see<sup>9</sup>).

## 2. Invite

Scientists may actively approach and invite artists to join their labs for a specific period of time. They should be aware that – although their own salaries are usually secured – the income of an artist is not secured. Hence, make sure to have a grant available that should cover the income of the artist and consumables for his or her artistic research.

Thus, seek out and visit art residencies and their show openings; make studio visits. Browse the internet and visit gallery shows and contact artists directly, or get in touch with organizations that connect artists with scientists. Such organizations vary according to country and region. Some scientific organizations (like CERN) have their own associated partners. In the EU a number of organizations promote and support artists. Many of these have experience arranging collabora-



**1** Summary of the ten rules, arrayed from intellectual/philosophical to practical/logistical, and divided into rules more applicable to the hosting science lab, and rules relevant for both, the hosting lab and the artist

tions: examples are The Waag Society (NL), Kersnikova / Kapelica (SLO), BioArt Society (FI), Cultivamos Cultura and Ectopia (PT), Art Laboratory Berlin and Schering Stiftung (D). Universities in many countries also support collaborations and some have internal organizations that do so: for example, Metaphorest at Waseda University, Tokyo, SymbioticA at the University of Western Australia, and the MIT Media Lab.

Keep your lab's websites up to date. Consider working with the artist when developing proposals for funding; this will ensure that sufficient funds are available, and that the proposal is pitched in a way that works for the artist; but it will likely also be a much better proposal with much greater chance of funding the full project if it has a compelling broader impact module (if this is required for your national funding agency).

### 3. Accept artists as researchers

An artist is not primarily in a scientific lab to perform outreach activities for lab's research or illustrate and

communicate scientific research results, even though this can also be an outcome. The artist is a researcher in the arts. Remember, while 'the means' or the process may be the same, and the goals may also include to arrive at new insights, the product may take many different forms. The artist is doing research to produce an artwork, even if it may take the shape of sound art, a performance, or ephemeral objects. Some examples from our artist co-authors may help illustrate this point. Karine Bonneval researches the acoustic world surrounding plants. Her artworks bridge our perception and understanding of what plants are and how they create ecologies ([karinebonneval.com/](http://karinebonneval.com/)). Saša Spačal's research and installations create spaces for exploring symbiosis between life forms, often involving human interaction ([agapea.si/en/](http://agapea.si/en/)).

### 4. Recognize the concept

Scientists should not equate art projects with producing a painting to hang on the wall. Do not anticipate that

an object will be created (even if in many or most cases it may be so). Focus on the concept and allow the concept to be either directly related to the natural science/engineering research or also and specifically to creative practice (how do I develop an idea or a question?) as well as to socio-political dimensions.

## 5. Integrate

The more effortlessly artists can become integrated in the scientific lab group and its routines the better. For example they could come to regular lab meetings, even give presentations there, or else participate in the technical discussions (certain topics are more appropriate than others). Ensure that the artist becomes embedded with his or her own place in the lab. Consider offering a lab tour to the artist at the beginning of the residency. All of this will make the artists better known in the lab group, and this is very important for the success of the artist's residence, as it increases the number of potential interactions. Be open to learn as much as possible from the artist or the artistic practice in your science project and vice versa.

## 6. Find a common language

Different disciplines and surely artists and scientists use different languages. To understand each other, use or develop common language: explain terminology, both physical (what is a soil aggregate?) as well as conceptual (what does creativity mean?). Be aware that this process is probably the most time-consuming part of this joint endeavor. Even the same words can have different meanings, potentially leading to misunderstanding. Hence, sometimes several rounds of explanation may be necessary to find a common language.

## 7. Be curious about and understand each other's holism

Most scientists in life sciences and engineering use holistic approaches to study, understand and design (a)biotic systems. The biology of (micro)organisms is studied from the community, cellular, molecular and physical levels with technologies and tools developed for example in chemistry, biotechnology, computer and material sciences. Hence, inter- and transdisciplinarity is a central working method for many scientists.

Artistic research often bridges different scientific disciplines with cutting edge theory from the humanities (philosophy, cultural studies, ethics, aesthetics) and social sciences (sociology and anthropology) creating both larger audiences and an exchange of ideas across fields on topics such as the »anthropocene«, diversity loss and antibiotic resistance, as well as questioning

cultural viewpoints on the supposed divide between nature and (human) culture.

For both parties, it is helpful to be explicit about the other fields they draw upon in their work, making clear the respective »network of ideas« at play. This also requires awareness of our own intellectual context that we might normally take for granted when staying within our own respective »spheres« of science or the arts.

## 8. Know the other

Interactions are effortless when the artist and scientist can communicate effectively, and when the artist knows some background-knowledge of the work done in the lab. Websites of many scientific groups introduce their scientific visions, approaches, technologies, and achievements. Scientific publications offer in-depth details and are often inspirational for artists. The more prepared artists are in knowledge and practice, the easier (and more successful) the residency will be.

Similarly, the scientist must not only know the media and œuvre that the artist is working in, but also the progression and trajectory of concepts and questions. Familiarize yourself with the evolution of the artists thinking through the artists' website, which is inspirational, too.

## 9. Be mindful of time constraints on both sides

Scientists are typically busy with the day-to-day craziness of managing a lab, writing grants and papers, so it is important to be mindful of these constraints, and to fit into their schedule. This is best achieved by scheduling meetings that match the academic structure, such as a 45 minutes meeting or shorter, with specific goals.

Similarly, recognize that artists do not have unlimited time or may not be available when they are preparing shows or publications, apply for grants or are busy running their studios. Be flexible, when a meaningful interaction with artists is possible, and schedule meetings during those phases and days that provide opportunities to generate new insights.

## 10. Enjoy the challenge

Merging science and the arts in one lab is not an easy endeavour. Neither for the artist nor the scientist and the scientists' group. Getting appropriate funding, struggling with the difficulties in communication and understanding of the different concepts and results is time-consuming, unpredictable and uncontrollable (the latter can be a nightmare for some scientists). However, those who are willing to take on these challenges, who want to cooperate on eye-level with the other and who

appreciate the other as companions, will be rewarded with a tingling brain shower that can open new horizons in both artistic and scientific research. By joining scientific and artistic research we could gain access to the wider complexity of a particular subject, inaccessible to one methodological approach alone.

We believe that when both parties consider these rules, they will be better prepared for the challenge, increasing the likelihood of a successful residency. With in-person residencies currently rendered challenging due to the pandemic, virtual (online) residencies are an option, and may also be a good way to get acquainted during non-pandemic times.

- 
1. Rillig MC, Bonneval K. The artist who co-authored a paper and expanded my professional network. *Nature*. 2020 [cited 17 Jul 2020]. DOI 10.1038/d41586-020-00575-7
  2. Liessmann KP. In einem Atemzug – science.ORF.at. In: Science at orf.at [Internet]. 6 Nov 2013 [cited 4 Oct 2020]. Available: [sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html](http://sciencev2.orf.at/stories/1727489/index.html)
  3. Bürkle S. Atelier + Labor. Werkstätten des Wissens. Hatje Cantz Verlag; 2018. Available: [hatjecantz.de/stefanie-buerkle-atelier-labor-7395-0.html](http://hatjecantz.de/stefanie-buerkle-atelier-labor-7395-0.html)
  4. Meyer V. Merging science and art through fungi. *Fungal Biology and Biotechnology*. 2019; 6: 5. DOI 10.1186/s40694-019-0068-7
  5. Lehmann J, Gaskins B. Learning scientific creativity from the arts. *Palgrave Communications*. 2019; 5: 1–5. DOI 10.1057/s41599-019-0308-8
  6. Arendt H. *Men in Dark Times*. New York, NY: Harcourt, Brace & World, Inc., 1968.
  7. Johung J. Experiments in Art + Soil: biochar, media technology, and a collaboration between Nathaniel Stern and Johannes Lehmann. *The World After Us: Imaging Techno-Aesthetic Futures*. Wisconsin, USA: TAUW, 2020; pp. 112–138.
  8. Meyer V, Rapp R. *Mind the Fungi*. Berlin: TU Verlag, 2020.
  9. Klein J. What is artistic research? *JAR*. 2017 [cited 12 Dec 2020]. DOI 10.22501/jarnet.0004

First published in the scientific peer-reviewed journal *PLoS Computational Biology* unwwdter Creative Commons Attribution License on 25 February 2021; CC BY, creative-commons.org/licenses/by/4.0/.

Matthias C. Rillig, Karine Bonneval, Christian de Lutz, Johannes Lehmann, India Mansour, Regine Rapp, Saša Spačal and Vera Meyer. »Ten simple rules for hosting artists in a scientific lab«, in *PLoS Computational Biology* 17, 2 (2021): e1008675. DOI 10.1371/journal.pcbi.1008675

# Fungi for a sustainable future

Reprint

Vera Meyer et al.

## The lifestyle of filamentous fungi – moulds and mushrooms

Fungi growing as a yeast morphology have impacted society for millennia and have been instrumental for the production of bread, beer, and wine. However, fungal species capable of the filamentous growth form have additional beneficial properties such as the productions of a diverse array of metabolites, enzymes, and materials. The life of a filamentous fungus usually starts with a spore, which has a diameter of only a few microns ( $\mu\text{m}$ ) (→ Fig. 1). The spore starts to swell in a humid and nutrient-rich environment and germinates. A germ tube is formed that elongates to eventually form a thread-like, filamentous cell, called a hypha. After the hypha grows and elongates for some time, it forms a network of interconnected hyphal threads called a mycelium. When nutrients become limited in the substrate within which the mycelium lives, the mycelium starts to explore air and space in order to form reproductive structures. Ascomycetes (moulds) can form conidiophores that produce asexual spores at their ends and / or fruiting bodies that produce sexual spores inside them. Basidiomycetes are known for their ability to form fruiting bodies to generate sexual spores. Some of these fruiting bodies are colloquially called mushrooms. These fruiting bodies consist of mycelia which are more densely packed and different in their composition compared to the rather loose substrate mycelia, which forms three-dimensional net-like structures resembling the global system of interconnected computer networks.

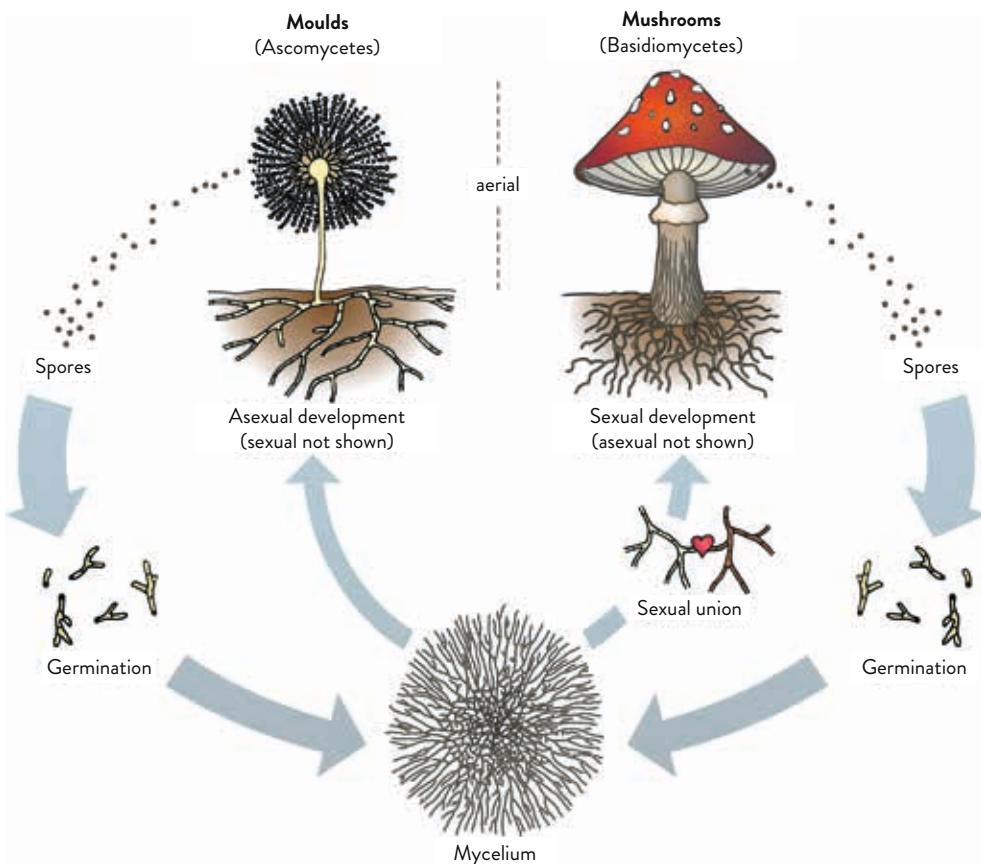
Filamentous fungi are both invisible and visible. The diameters of fungal hyphae range from 2–10  $\mu\text{m}$ , and a fungal mycelium consists of a network of mm- to cm-long hypha. The mycelia of mushroom-forming fungi can colonise large surface areas, as illustrated by an individual of *Armillaria bulbosa* (common name honey mushroom in English and Hallimasch in German) which has colonised more than a thousand hectares of forest soil, making it the largest and oldest organism on Earth. Mycelia of mushroom-forming fungi can also be grown on various by-products and waste streams from forestry and agriculture. The efficiency of colonisation and biomass formation is determined by the composition and

physical properties of the substrate, the environmental growth conditions (temperature, humidity, and pH), and the genetic make-up of the fungus.

## The product portfolio of filamentous fungi – an overview

Filamentous fungi have evolved to become superbly efficient decomposers and have developed the ability to feed on and break down organic matter and polymeric substances. Polysaccharides from plant biomass make up most of the biomass on Earth (450 out of a total of 550 gigatons of carbon) and represent the major carbon source that drives fungal growth. In order to digest, humans must first ingest. Filamentous fungi first digest and then ingest. The fungal cells that infiltrate a substrate secrete enzymes, such as cellulases, amylases, pectinases, inulases, proteases, and lipases, into the surrounding medium and hydrolyse (break down) plant polysaccharides (like cellulose, starch, pectin, inulin), proteins, and lipids. The degradation products of polysaccharides are monosaccharides, such as glucose, and oligosaccharides, which are subsequently taken up into the hyphae with the help of specific sugar transporters. This hydrolytic capacity for plant biomass, coupled with an extraordinary high secretion capacity for enzymes (up to 100 g / L are reported), forms the basis for the success of high-performance enzyme-producing cell factories, such as *A. niger*, *A. oryzae*, *Trichoderma reesei*, and *Thermothelomyces thermophilus* (all being ascomycetes). Their enzyme products are exploited by a diverse array of major industries, including food and feed, detergent, pulp and paper, fuel, pharmaceutical, and chemical (→ Fig. 2).

In fact, the natural metabolic capacities of filamentous fungi are extraordinarily diverse and unmatched in nature. Organic acids, chemicals, antibiotics and other drugs, proteins and enzymes, meat alternatives, vitamins, polyunsaturated fatty acids and even composite materials and vegan leathers are existing fungal products (→ Tab. 1). Table 2 highlights some currently traded pharmaceuticals derived from filamentous fungi (→ Tab. 2).



1 The fungal life cycle

### Filamentous fungi as meat replacements

The use of fungi as a source of food predates recorded history. These have been predominantly the mushrooms from supermarket shelves and foraging expeditions. The fruiting bodies of these fungi have a wide variety of tastes and textures and some of these are considered very meat-like, for example »Chicken of the Woods« (*Laetiporus sulphureus*) and »Beefsteak fungus« (*Fistulina hepatica*). There has recently been a move to create meat-like products from fungal mycelium grown in fermenters, rather than the solid fruiting bodies. This has allowed the introduction of ascomycetes, traditionally used as flavour modifiers in such foods as blue cheese, to enter the food chain as convincing meat

substitutes. The longest established of these companies is Marlow Foods, using *Fusarium venenatum* under the trade name Quorn™, but several other companies have recently shown an interest in this area, including Mycorena (*A. oryzae*), Sustainable Bioproducts (*F. oxysporum*) and MycoTechnology (using the basidiomycete *Lentinula edodes*). The hyphae of filamentous fungi, when aligned and organised, provide a structure that looks like and has the mouth feel of meat, particularly chicken, due to the similarity of fibre size. The high amino acid and fibre content, and low saturated fat, combined with the high digestibility of fungal protein, make this an exceptionally healthy food.

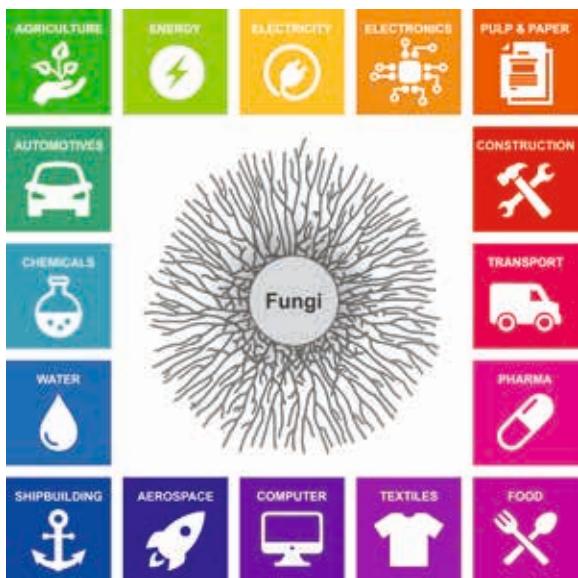
Filamentous fungus	Important product(s)
<i>Acremonium chrysogenum</i>	$\beta$ -lactam antibiotics (cephalosporins)
<i>Aspergillus niger</i>	Enzymes (glucoamylase, proteases, phytases, glucose oxidase) Organic acids (citric acid, gluconic acid)
<i>Aspergillus oryzae</i>	Enzymes (amylases)
<i>Aspergillus terreus</i>	Enzymes (xylanases) Organic acids (itaconic acid) Secondary metabolites (lovastatin)
<i>Blakeslea trispora</i>	Vitamins ( $\beta$ -carotene)
<i>Fusarium venenatum</i>	Mycoprotein as meat alternative
<i>Ganoderma lucidum</i>	Composite materials (packaging material, construction material) Imitation leather
<i>Mortierella alpina</i>	Polyunsaturated fatty acids used as food additives
<i>Mucor circinelloides</i>	Polyunsaturated fatty acids used as food additives
<i>Penicillium brevicompactum</i>	Mycophenolic acid
<i>Penicillium camemberti</i>	Cheese production
<i>Penicillium nalgiovense</i>	Mould-fermented salami
<i>Penicillium roqueforti</i>	Cheese production
<i>Penicillium solitum</i>	Mevastatin
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Food Composite materials (packaging material, construction material)
<i>Rhizopus oligosporus</i>	Tempeh production
<i>Thermothelomyces thermophilus</i>	Enzymes (cellulases, phytases, laccases)
<i>Trichoderma reesei</i>	Enzymes (cellulases, hemicellulases)
<i>Umbelopsis isabellina</i>	Polyunsaturated fatty acids used as biodiesel

**Tab.1** Selected list of established filamentous fungal cell factories and their products

Note that *T. thermophilus* was formerly named *Myceliophthora thermophila* and that the *P. chrysogenum* strain used for penicillin production was recently reidentified as *P. rubens*.

Pharmaceutical	Remark
$\beta$ -lactams	Penicillins and cephalosporins account for more than 30% of the global antibiotics market
Cyclosporin	Immunosuppressant that avoids organ rejection in transplant surgery
Drospirenone	Steroid hormone used as a birth control pill and traded as Slynd; in combination with an oestrogen traded under the brand name Yasmin
Echinocandins	Caspofungin, micafungin and anidulafungin used for the treatment of <i>Candida</i> infections
Griseofulvin	Antifungal used for the treatment of skin infections
Mycophenolic acid	Immunosuppressant that avoids organ rejection in transplant surgery and is traded as CellCept
Myriocin	Chemical analogue thereof is used to treat multiple sclerosis; approved in 2018 as Gilenya
Psilocybin	Indolalkaloid currently being tested in phase II clinical trials for the treatment of major depressive disorders and considered by the FDA as a breakthrough therapy
Statins	Lovastatin, simvastatin and pravastatin are used to treat cardiovascular diseases by lowering cholesterol levels

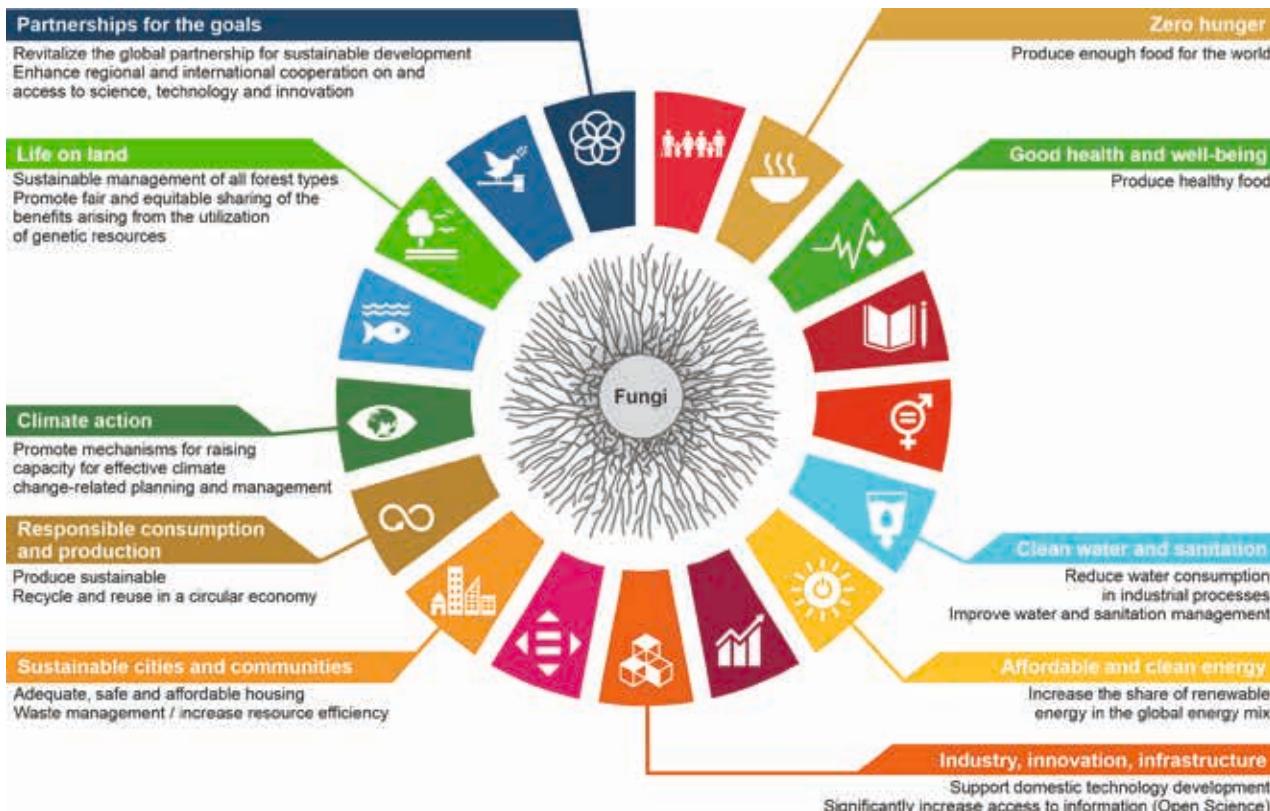
**Tab.2** Selected pharmaceuticals derived from filamentous fungi and their applications



2



3



4

**2** Industries profiting from the metabolic capacities of filamentous fungi

**3** MycoWorks' fungal analogues for composites and leather. Analogues for synthetic wood composites and expanded polystyrene foams (↑), Analogues for animal leather (↓)

**4** Fungal biotechnology has the potential to make a significant contribution meeting 10 out of 17 United Nation's sustainable development goals through the rational improvement of filamentous fungal cell factories.

## Filamentous fungi as biomaterials

Fungi thrive by decomposing and consuming dead plants by breaking down the plant's cellulose, lignin and other sugars, then rearranging these molecules into their own biomass to grow. Their cell wall is secured by chains of chitin and glucans, which, like cellulose and keratin, are naturally forming polymers found in the toughest of organic tissues. Chitin is the same ingredient that creates the durable and flexible exoskeletons of insects and shellfish. During the colonisation of substrates, hyphae bind the organic particles together, while degrading them simultaneously. A composite material is obtained, consisting of a bulk of organic substrate bound together by the hyphal network, by inactivating the fungus before the substrate is degraded (for example by drying or by heat inactivation). Pure fungal materials are obtained by complete degradation of the substrate or removing the fungal skin from the substrate. Both pure and composite mycelium can be used for different applications.

Stopping fungal growth during colonisation of the substrate results in materials with properties similar to that of expanded polystyrene or other foams. Such materials can be used as packaging material or for heat or acoustic insulation. The properties of both composite and pure mycelium materials are dependent on the substrate, the type of fungus, the growth conditions, and post-processing. Heat pressing, for instance, improves the homogeneity, strength, and stiffness of the mycelium composite material, shifting its performance from foam-like to cork- and wood-like. A range of mycelium composite materials with different properties can be produced. Future studies should focus on the coating of mycelium materials to reduce water uptake and volatile organic compound escape. The genetic engineering of strains, however, may make coating superfluous.

The flexibility and aesthetics of mushroom materials were first appreciated by artists and designers who used them to grow living art works. Similar to cement and plaster, mycelia will bind, harden, and set into a variety of solidified configurations. These designers and artists soon discovered that materials grown from this dense living matrix could be used to make advanced composites, foams, and performance plastics, and the commercial potential soon followed. Companies that are designing and engineering mycelium materials include MycoWorks, Ecovative Design, NEFFA, and MOGU, to name but a few. Research programmes at MycoWorks proved that fine mycelium materials can be grown into the texture of sheet urethanes, animal skins, and foams, with surfaces that are velvety and fluffy, leathery and rubbery, or beetle-shell brittle and shiny.

After a mycelium-based object has been grown, it can be cut, processed, and machined like many other materials. Demand for these materials has been driven by concerns for stabilising the price of supply chains into the future. One of the first markets for which fungal mycelium can provide a solution is the fashion industry, where there is both a consumer and market demand for alternatives to the animal skins and plastics used to make apparel. A sensual and strong material for luxury fashion has been developed by moulding the body of the mycelium into a sheet and processing it in many of the same ways as animal leather (→ Fig. 3).

Notably, mushroom-based materials can absorb and dissipate a variety of energetic forces, ranging from sounds to seismic waves to ballistics. They are naturally flame retardant, good thermal insulators and can be grown as flexible or rigid as one desires. While incredibly strong and durable, these materials can readily be broken down into constituent minerals and dispersed easily back into the world. Materials grown through a process of fermentation and decomposition require far less energy, water, and other resources than conventional manufacturing.

## Concluding remarks

We would not be able to live the life we are living without the help of moulds and mushrooms from nature. Fungi are our present and they will shape our future. They are champions in recycling and material transformation; their biosynthetic capacities are unmatched in the microbial world. We should do our best to harness their abilities! Fundamental and applied science on fungi offers solutions for the shift from our current petroleum-based economy into a bio-based circular economy, opens new avenues for food security as demand increases from a growing human population, and provides us with new concepts on how to ensure human, animal and plant health in the future. Science on fungi already contributes to 10 out of 17 UN development goals (→ Fig. 4) and their role will become even more important for the future of mankind.

The economist Peter Drucker (1909–2005) once said: »The best way to predict your future is to create it.« Stronger mutual collaborations between scientists, engineers, artists, designers, and industrial stakeholders, and vivid communication with the general public and policymakers will ensure that the inter- and transdisciplinary science on fungi will create a path towards innovative breakthroughs. As Peter Drucker suggests, this will create a sustainable economic future based on fungal cell factories for years to come.

---

This text contains excerpts from a white paper published by the Eurofung consortium in 2020:

Vera Meyer, Evelina Y. Basenko, J. Philipp Benz, Gerhard H. Braus, Mark X. Caddick, Michael Csukai, Ronald P. de Vries, Drew Endy, Jens C. Frisvad, Nina Gunde-Cimerman, Thomas Haarmann, Yitzhak Hadar, Kim Hansen, Robert I. Johnson, Nancy P. Keller, Nada Kraševc, Uffe H. Mortensen, Rolando Perez, Arthur F. J. Ram, Eric Record, Phil Ross, Volha Shapaval, Charlotte Steiniger, Hans van den Brink, Jolanda van Munster, Oded Yarden and Han A. B. Wösten: »Growing a circular economy with fungal biotechnology: A white paper,« in *Fungal Biology and Biotechnology* 7, 5 (2020). DOI 10.1186/s40694-020-00095-z

For the full text including all references, please refer to the original publication. All pictures depicted are reproduced from this white paper, which has been published under a Creative Commons Attribution license (CC BY, creative-commons.org/licenses/by/4.0/).

# **Engage with Fungi in den Medien**

## **Ausstellungen**

### **Biotopia, München**

Fungi for Future (März 2020 bis März 2022)  
[biotopia.net/de/biotopia-lab/popupausstellung](http://biotopia.net/de/biotopia-lab/popupausstellung)

### **Futurium, Berlin**

MY-CO BUILD (Mai 2021 bis April 2024)  
[futurium.de/de/my-co-build](http://futurium.de/de/my-co-build) (de)  
[futurium.de/en/my-co-build](http://futurium.de/en/my-co-build) (en)

### **tinyBE, Frankfurt/Main**

MY-CO SPACE (Juni bis September 2021)  
[tinybe.org/en/artists/my-co-x/](http://tinybe.org/en/artists/my-co-x/)

### **Kunstgewerbemuseum, Berlin**

Material Loops – Wege in eine kreisläufige Zukunft  
(Juni bis August 2021)  
[smb.museum/ausstellungen/detail/design-lab-8/](http://smb.museum/ausstellungen/detail/design-lab-8/)

### **BMBF**

MS Wissenschaft (Juni bis Oktober 2021)

### **Literaturhaus Berlin**

Festival der Kooperationen (September 2021)  
[literaturhaus-berlin.de/programm/festival-der-kooperationen-mitalexander-kluge-friends](http://literaturhaus-berlin.de/programm/festival-der-kooperationen-mitalexander-kluge-friends)

### **Neuköllner Oper, Berlin**

WUNDERKAMMER III: PILZE (September 2021)  
[neukoellneroper.de/performance/wunderkammer-iii-pilze/](http://neukoellneroper.de/performance/wunderkammer-iii-pilze/)

### **Museum für Naturkunde, Berlin**

NaturFutur – Bioökonomie erleben  
(November bis Dezember 2021)  
[biooeconomie.de/naturfutur-biooeconomie-erleben](http://biooeconomie.de/naturfutur-biooeconomie-erleben)

### **Universitätsbibliothek der TU Berlin**

MY-CO SPACE (Mai 2022 bis Juli 2023, inkl. LNDW)  
[tu.berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/juni/eine-lange-nacht-im-pilzhaus/](http://tu.berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/juni/eine-lange-nacht-im-pilzhaus/)

## **Text (Print & Online)**

### **ZDF heute**

Antibiotika, Lebensmittel, Leder – Pilze: Der nachwachsende Rohstoff der Zukunft, 20.9.2020

### **heise online**

Kleidung und Häuser aus Pilzen, 20.10.2020  
[heise.de/hintergrund/Kleidung-und-Haeuser-aus-Pilzen-4931201.html](http://heise.de/hintergrund/Kleidung-und-Haeuser-aus-Pilzen-4931201.html)

### **Stuttgarter Zeitung**

Aus Erdöl mach Pilz!, 4.11.2020  
[stuttgarter-zeitung.de/inhalt.pilze-in-der-industrie-aus-erdeoel-mach-pilz.8f3cd27c-3504-4721-88cc-23e1b2b20ca.html?reduced=true](https://stuttgarter-zeitung.de/inhalt.pilze-in-der-industrie-aus-erdeoel-mach-pilz.8f3cd27c-3504-4721-88cc-23e1b2b20ca.html?reduced=true)

### **Quarks**

Darum könnten Pilze die Rohstoffe der Zukunft sein, 20.11.2020  
<https://www.quarks.de/umwelt/darum-koennten-pilze-die-rohstoffe-der-zukunft-sein/>

### **Tagesspiegel**

Pilzen gehört die Zukunft, 29.11.2020  
[tagesspiegel.de/themen/technische-universitaet-berlin/nach-wachsende-rohstoffe-pilzen-gehört-die-zukunft/26657408.html](https://tagesspiegel.de/themen/technische-universitaet-berlin/nach-wachsende-rohstoffe-pilzen-gehört-die-zukunft/26657408.html)

### **Kultur Aspekte**

tinyBE • living in a sculpture – Internationale Ausstellung mit bewohnbaren Skulpturen, 19.3.2021  
[kulturaspekte.de/tinybe-living-in-a-sculpture/](https://kulturaspekte.de/tinybe-living-in-a-sculpture/)

### **bba**

Übernachten in einer Skulptur, 19.5.2021  
[bba-online.de/news/skulpturen-projekt-tinybe/](https://bba-online.de/news/skulpturen-projekt-tinybe/)

### **hessenschau**

Diese außergewöhnliche Ausstellung lädt zum Einziehen ein, 25.5.2021

### **Frankfurter Rundschau**

Frankfurt: Begehbarer Skulpturen im Metzlerpark, 1.6.2021  
[fr.de/frankfurt/frankfurt-begehbar-skulpturen-im-metzler-park-90785150.html](https://fr.de/frankfurt/frankfurt-begehbar-skulpturen-im-metzler-park-90785150.html)

### **Die Zeit**

Worum geht's ... in der Pilzforschung, 10.6.2021

### **Spiegel Kultur**

Schlafen in der Brust, 18.6.2021  
[spiegel.de/kultur/schlafen-in-der-brust-a-3d7cfooa-0002-0001-0000-000177967201](https://spiegel.de/kultur/schlafen-in-der-brust-a-3d7cfooa-0002-0001-0000-000177967201)

### **Frankfurt-Live**

Bewohnbare Skulpturen, 24.6.2021

### **Monopol**

Das Baumhaus als Elfenbeintürmchen, 25.6.2021  
[monopol-magazin.de/tiny-be-terence-kohbaumhaus-schlafenskulptur](https://monopol-magazin.de/tiny-be-terence-kohbaumhaus-schlafenskulptur)

### **BauNetz**

Leben in Skulpturen, 25.6.2021  
[baunetz.de/meldungen/Meldungen-Ausstellung\\_in\\_Frankfurt\\_Darmstadt\\_und\\_Wiesbaden\\_7662020.html](https://baunetz.de/meldungen/Meldungen-Ausstellung_in_Frankfurt_Darmstadt_und_Wiesbaden_7662020.html)

**Wiesbadener Kurier**

»tinyBE« Ein Skulpturenpark als Kunst-Campingplatz, 25.6.2021  
[wiesbadener-kurier.de/kultur/ausstellungen/tinybe-ein-skulpturenpark-als-kunst-campingplatz\\_23987256](http://wiesbadener-kurier.de/kultur/ausstellungen/tinybe-ein-skulpturenpark-als-kunst-campingplatz_23987256)

**Stylepark**

Architektur zum Sein, 25.6.2021  
[stylepark.com/de/news/tinybe-living-in-a-sculpture-frankfurt-darmstadt-wiesbaden](http://stylepark.com/de/news/tinybe-living-in-a-sculpture-frankfurt-darmstadt-wiesbaden)

**Bild**

In diesem Gras-Busen kann man schlafen!, 25.6.2021  
[bild.de/regional/frankfurt/frankfurt-aktuell/frankfurt-kunst-hotel-ab-166-euro-in-diesem-gras-busen-kann-man-schlafen-76869712.bild.html](http://bild.de/regional/frankfurt/frankfurt-aktuell/frankfurt-kunst-hotel-ab-166-euro-in-diesem-gras-busen-kann-man-schlafen-76869712.bild.html)

**Frankfurter Allgemeine Zeitung**

Schöner schlafen im Park, 26.6.2021  
[faz.net/aktuell/rhein-main/frankfurt/skulpturen-von-tiny-be-laden-zum-nachdenken-ein-17408520.html](http://faz.net/aktuell/rhein-main/frankfurt/skulpturen-von-tiny-be-laden-zum-nachdenken-ein-17408520.html)

**grossstadtliebe.art**

tinyBE • living in a sculpture, 26.6.2021  
[grossstadtliebe.art/kunst/tinyBE](http://grossstadtliebe.art/kunst/tinyBE)

**ahgz**

Übernachten in der Kunst-Skulptur, 28.6.2021  
[ahgz.de/hoteldesign/news/aktion-uebernachten-in-bewohnbaren-skulpturen-30251?crefresh=1](http://ahgz.de/hoteldesign/news/aktion-uebernachten-in-bewohnbaren-skulpturen-30251?crefresh=1)

**Frankfurter Allgemeine Zeitung**

Eine Nacht im Erdhügel: 360 Euro, 30.6.2021  
[faz.net/aktuell/feuilleton/kunst-und-architektur/uebernachten-im-kunstwerk-projekt-tiny-be-in-frankfurt-17413518.html](http://faz.net/aktuell/feuilleton/kunst-und-architektur/uebernachten-im-kunstwerk-projekt-tiny-be-in-frankfurt-17413518.html)

**Artefakt**

tinyBE • living in a sculpture, Juni 2021  
[artefakt-berlin.de/archiv/2021/tinybe-living-in-a-sculpture/](http://artefakt-berlin.de/archiv/2021/tinybe-living-in-a-sculpture/)

**Opus**

tinyBE • living in a sculpture, Juni 2021  
[opus-kulturmagazin.de/tinybe-living-in-a-sculpture/](http://opus-kulturmagazin.de/tinybe-living-in-a-sculpture/)

**Hybrid Plattform**

MY-CO SPACE, Sommer 2021  
[www.hybrid-plattform.org/forschung/detail/my-co-place](http://www.hybrid-plattform.org/forschung/detail/my-co-place)

**Der Kultur Blog**

tinyBE • living in a sculpture, 2.7.2021  
[der-kultur-blog.de/tinybe-living-in-a-sculpture/](http://der-kultur-blog.de/tinybe-living-in-a-sculpture/)

**md**

tinyBE • living in a sculpture, 8.7.2021  
[md-mag.com/news/ausstellungen/tinybe-living-in-a-sculpture/#slider-intro-3](http://md-mag.com/news/ausstellungen/tinybe-living-in-a-sculpture/#slider-intro-3)

**TU Berlin**

Eine Nacht im Pilzhaus, 12.7.2021  
[tu.berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/2021/juli/eine-nacht-im-pilzhaus/](http://tu.berlin/ueber-die-tu-berlin/profil/pressemitteilungen-nachrichten/2021/juli/eine-nacht-im-pilzhaus/)

**Die Zeit**

Ist das Kunst oder mein Bett?, 14.7.2021  
[zeit.de/2021/29/tinybe-living-in-a-sculpture-frankfurt-mainuferwohnen-nachhaltigkeit](http://zeit.de/2021/29/tinybe-living-in-a-sculpture-frankfurt-mainuferwohnen-nachhaltigkeit)

**Bioökonomie.de**

Wohnen im Pilzhaus, 15.7.2021  
[wissenschaftsjahr.de/2020-21/aktuelles/juli-2021/wohnen-im-pilzhaus](http://wissenschaftsjahr.de/2020-21/aktuelles/juli-2021/wohnen-im-pilzhaus)

**Nordwest Zeitung**

Leben im Pilzhaus, 17.7.2021  
[pressreader.com/germany/nwz-goppinger-kreisnachrichten/20210717/282729114910777](http://pressreader.com/germany/nwz-goppinger-kreisnachrichten/20210717/282729114910777)

**Die Zeit**

Bauen mit Pilzen, 22.7.2021  
[zeit.de/2021/30/nachhaltigkeit-baubranche-beton-holz-pilz-hanf](http://zeit.de/2021/30/nachhaltigkeit-baubranche-beton-holz-pilz-hanf)

**FeuilletonFrankfurt**

Bewohnbare Skulpturen in der Metropolregion Frankfurt Rhein-Main bieten individuelle Erlebnisse, 8.8.2021  
[feuilletonfrankfurt.de/2021/08/08/bewohnbare-skulpturen-in-der-metropolregion-frankfurt-rhein-main-bieten-individuelle-erlebnisse/](http://feuilletonfrankfurt.de/2021/08/08/bewohnbare-skulpturen-in-der-metropolregion-frankfurt-rhein-main-bieten-individuelle-erlebnisse/)

**Verein Deutscher Reisejournalisten / Columbus onlinemagazin**

Living in a sculpture – VDRJ Regiotreff schaut in die Zukunft des Wohnens, 10.8.2021  
[vdrj.de/living-in-a-sculpture-vdrj-regiotreff-schaut-in-die-zukunft-des-wohnens/](http://vdrj.de/living-in-a-sculpture-vdrj-regiotreff-schaut-in-die-zukunft-des-wohnens/)

**gallerytalk.net**

Eine Nacht unterm Nippel – Kunstvoll Schlafen im »Boob Hill« von Laure Prouvost, 25.8.2021  
[gallerytalk.net/tinybe-uebernachtung-laure-prouvost/](http://gallerytalk.net/tinybe-uebernachtung-laure-prouvost/)

**Märkische Oderzeitung**

Wohnen in Pilzen, 28.8.2021  
[pressreader.com/germany/maerkische-oderzeitung-schwedt/20210828/283592403418940](http://pressreader.com/germany/maerkische-oderzeitung-schwedt/20210828/283592403418940)

**d'Lëtzbuerguer Land**

Leben im Pfifferling, 3.9.2021  
[land.lu/page/article/419/338419/DEU/index.html](http://land.lu/page/article/419/338419/DEU/index.html)

### **Neue Zürcher Zeitung**

Minihäuser plädieren für das Wohnen am Existenzminimum und sind zugleich Sammlerobjekte in der Topliga, 7.9.2021  
[nzz.ch/feuilleton/minihaeuser-plaedieren-fuer-das-wohnen-am-existenzminimum-und-sind-zugleich-sammlerobjekte-der-luxus-klaasse-ld.1644276](https://nzz.ch/feuilleton/minihaeuser-plaedieren-fuer-das-wohnen-am-existenzminimum-und-sind-zugleich-sammlerobjekte-der-luxus-klaasse-ld.1644276)

### **diskurs**

Pilze – der Baustoff der Zukunft?, 14.9.2021  
[weberbank-diskurs.de/pilze-der-baustoff-der-zukunft](https://weberbank-diskurs.de/pilze-der-baustoff-der-zukunft)

### **Fluter**

Kleiner Pilzführer, 27.9.2021  
[fluter.de/pilze-plastik-muell-nachhaltigkeit](https://fluter.de/pilze-plastik-muell-nachhaltigkeit)

### **Gebäudeforum klimaneutral**

Mit Pilzen zum klimaneutralen Bauen!, November 2021  
[www.gebaeudeforum.de/service/newsletter/ausgabe-1/interview-pilze/](https://www.gebaeudeforum.de/service/newsletter/ausgabe-1/interview-pilze/)

### **Berlin vis-à-vis**

»In zehn Jahren werden wir in Pilzhäusern leben«, Herbst 2021  
[berlin-visavis.de/stadt/in-zehn-jahren-werden-wir-in-pilzhaeusern-leben](https://berlin-visavis.de/stadt/in-zehn-jahren-werden-wir-in-pilzhaeusern-leben)

### **Das Parlament**

Hoffnung aus dem Wald, 13.12.2021  
[das-parlament.de/2021/50/themenausgaben/871388-871388](https://das-parlament.de/2021/50/themenausgaben/871388-871388)

### **NEFF / The Ingredient**

Pilze – Ist das Kunst oder kann man das essen?  
[media3.neff-international.com/Documents/17793369\\_NEFF\\_The\\_Ingredient\\_2021.pdf](https://media3.neff-international.com/Documents/17793369_NEFF_The_Ingredient_2021.pdf), S. 9

### **Vaillant / zigrad**

Das neue Steinzeitalter, o. A.  
[vaillant.de/21-grad/technik-und-trends/das-neue-steinzeitalter/](https://vaillant.de/21-grad/technik-und-trends/das-neue-steinzeitalter/)

### **Lothar Laux (Hrsg.)**

Originell und kreativ: Vom göttlichen Funken bis zur künstlichen Intelligenz, Göttingen 2022, S. 12 f.

### **Exberliner**

A future of fungi: How mushrooms are changing the world, 16.5.2022  
[exberliner.com/berlin/the-future-for-fungi-how-mushrooms-are-changing-the-world/](https://exberliner.com/berlin/the-future-for-fungi-how-mushrooms-are-changing-the-world/)

### **Berliner Zeitung**

Die Lange Nacht der Wissenschaft will gegen Fake News angehen, 28.6.2022  
[berliner-zeitung.de/mensch-metropole/die-lange-nacht-der-wissenschaften-kehrt-zurueck-1400-angebote-in-berlin-li.239817](https://berliner-zeitung.de/mensch-metropole/die-lange-nacht-der-wissenschaften-kehrt-zurueck-1400-angebote-in-berlin-li.239817)

### **Tagesspiegel**

»In der Natur gibt es keine Individuen«, 1.7.2022  
[plus.tagesspiegel.de/in-der-natur-gibt-es-keine-individuen-was-menschen-von-pilzen-lernen-konnen-524760.html](https://plus.tagesspiegel.de/in-der-natur-gibt-es-keine-individuen-was-menschen-von-pilzen-lernen-konnen-524760.html)

### **taz**

Wer nicht fragt, bleibt dumm, 1.7.2022  
[taz.de/Lange-Nacht-der-Wissenschaften/!5861343/](https://taz.de/Lange-Nacht-der-Wissenschaften/!5861343/)

### **Radio & Audio**

#### **Bioökonomie.de**

DIE BIOPIONIERE | Vera Meyer – Die Pilzprophetin, 22.12.2020  
[open.spotify.com/episode/1S2GRNU6mpmxXNWoFB9Cw4](https://open.spotify.com/episode/1S2GRNU6mpmxXNWoFB9Cw4)

#### **rbb Talking Science**

Mikrokiller – die Welt der Bakterien und Pilze, 8.6.2021  
[rbb-online.de/talkingscience/podcast/mikroorganismen.html](https://rbb-online.de/talkingscience/podcast/mikroorganismen.html)

#### **Deutschlandfunk Kultur**

Die Schönheit der Schimmelpilze, 8.7.2021  
[deutschlandfunkkultur.de/vera-meyer-biotechnologin-und-pilzexpertin-die-schoenheit-100.html](https://deutschlandfunkkultur.de/vera-meyer-biotechnologin-und-pilzexpertin-die-schoenheit-100.html)

#### **Architektenkammer Rheinland-Pfalz, Podcast**

##### **Kreislaufwirtschaft**

Tradition, Innovation: Lehm und Pilze – Biobaustoffe, 18.10.2021  
[diearchitekten.org/quicklinks/newsroom/detail/biobaustoffe-tradition-innovation/](https://diearchitekten.org/quicklinks/newsroom/detail/biobaustoffe-tradition-innovation/)

#### **Deutschlandfunk Kultur**

Matsutake. Ein Pilz im Anthropozän, 11.12.2021 und 14.1.2022  
[www.hoerspielundfeature.de/ueber-das-leben-in-den-ruinen-des-kapitalismus-matsutake-100.html](https://www.hoerspielundfeature.de/ueber-das-leben-in-den-ruinen-des-kapitalismus-matsutake-100.html)

#### **radioeins rbb**

Im Pilzhaus, 27.2022  
[radioeins.de/programm/sendungen/sondersendung/lange-nacht-der-wissenschaften/2022/im-pilzhaus.html](https://radioeins.de/programm/sendungen/sondersendung/lange-nacht-der-wissenschaften/2022/im-pilzhaus.html)

### **TV & Video**

#### **Falling Walls**

Breaking the Wall of Tipping Points – Vera Meyer, 9.10.2020  
[falling-walls.com/discover/videos/breaking-the-wall-of-tipping-points/](https://falling-walls.com/discover/videos/breaking-the-wall-of-tipping-points/)

#### **NDR Kulturjournal**

Pilze statt Plastik: Die Künstlerin und Forscherin Vera Meyer, 16.11.2020

#### **rbb Abendschau**

Pilze ersetzen Erdöl, 16.11.2020

#### **Hybrid Plattform**

Im Gespräch mit ... Vera Meyer & Sven Pfeiffer, 20.11.2020  
[www.hybrid-plattform.org/news/detail?tx\\_news\\_pirow%5Bnews%5D=960&cHash=iaa6ed61a7f122ddd68ee777f3bicrae](https://www.hybrid-plattform.org/news/detail?tx_news_pirow%5Bnews%5D=960&cHash=iaa6ed61a7f122ddd68ee777f3bicrae)

#### **Spiegel Wissenschaft**

Was Pilze alles können, 21.11.2020  
[spiegel.de/wissenschaft/technik/was-pilze-koennen-baustoff-fleischersatz-und-fuer-accessoires-a-857f97b2-d311-4517-9d83-9f5dibfd0547](https://spiegel.de/wissenschaft/technik/was-pilze-koennen-baustoff-fleischersatz-und-fuer-accessoires-a-857f97b2-d311-4517-9d83-9f5dibfd0547)

#### **Futurium x Hybrid Plattform**

Hybrid Futures. Spekulationen von Vera Meyer und Sven Pfeiffer, 10.12.2020  
[www.hybrid-plattform.org/veranstaltungen/hybrid-event/detail?tx\\_news\\_pirow%5Bnews%5D=954&cHash=b2840131d9e519b](https://www.hybrid-plattform.org/veranstaltungen/hybrid-event/detail?tx_news_pirow%5Bnews%5D=954&cHash=b2840131d9e519b)  
cdd54bc67fba756f7

## Bioökonomie.de

DIE BIOPIONIERE | Die Pilzprophetin Vera Meyer, 22.12.2020  
[biooekonomie.de/akteure/biopioniere/die-pilzprophetin-vera-meyer#jumpTo-Podcast](http://biooekonomie.de/akteure/biopioniere/die-pilzprophetin-vera-meyer#jumpTo-Podcast)

## BIOTOPIA Naturkundemuseum Bayern

Pilze zwischen Wissenschaft und Kunst mit Prof. Dr. Vera Meyer, 23.2.2021  
[youtube.com/watch?v=KGRTU5Iipgo](https://youtube.com/watch?v=KGRTU5Iipgo)

## 3sat

scobel – Pilze: Die biologische Wunderwaffe, 15.4.2021  
[3sat.de/wissen/scobel/scobel---pilze-die-biologische-wunderwaffe-100.html](https://3sat.de/wissen/scobel/scobel---pilze-die-biologische-wunderwaffe-100.html)

## Arte

Flick Flack: Pilze – Popstars der Zukunft!?, 28.4.2021  
[arte.tv/de/videos/093029-049-A/flick-flack/](https://arte.tv/de/videos/093029-049-A/flick-flack/)

## Futurium

MY-CO BUILD, 17.5.2021  
[futurium.de/de/my-co-build \(de\)](https://futurium.de/de/my-co-build)  
[futurium.de/en/my-co-build \(en\)](https://futurium.de/en/my-co-build)

## Wetter- und Klima-Werkstatt Offenbach

Pilze für eine Zukunft, die Zukunft hat!? – Ein Vortrag von Vera Meyer, 1.7.2021  
[youtube.com/watch?v=aCuIjBgfjA](https://youtube.com/watch?v=aCuIjBgfjA)

## KfW Stiftung

TinyMonday: Mutations in Urban Development.  
 Fungi as Societal Agents and Generators of Ideas, 19.7.2021  
[youtube.com/watch?v=gCYw\\_rslnNM](https://youtube.com/watch?v=gCYw_rslnNM)

## RTL News

Mitten in Frankfurt: Übernachten im Skulpturen-Dorf, 26.7.2021  
[rtl.de/cms/mitten-in-frankfurt-uebernachten-im-skulpturen-dorf-tinybe-4802917.html](https://rtl.de/cms/mitten-in-frankfurt-uebernachten-im-skulpturen-dorf-tinybe-4802917.html)

## Deutsche Welle

Übernachten im Kunstwerk, 1.8.2021  
[dw.com/de/uebernachten-im-kunstwerk/av-58708727](https://dw.com/de/uebernachten-im-kunstwerk/av-58708727)

## Arte

Pilz: Baustoff der Zukunft, 26.8.21  
[arte.tv/de/videos/105296-000-A/pilz-baustoff-der-zukunft/](https://arte.tv/de/videos/105296-000-A/pilz-baustoff-der-zukunft/)

## Schering Stiftung

WUNDERKAMMER: PILZE – Warum wir keine Individuen sind, September 2021  
[scheringstiftung.de/de/programm/dialog/wunderkammer/wunderkammer-pilze/](https://scheringstiftung.de/de/programm/dialog/wunderkammer/wunderkammer-pilze/)

## Studienmaterial



MY-CO SPACE | Making of, 2021  
 Video (de/en), 15 min  
 Vera Meyer, Martin Weinhold, Friederike Hoberg, Saskia Hundt



MY-CO SPACE | Designing for Co-Habitation, 2021  
 Video (de/en), 4 min  
 Angely Angulo Meza, Christian Schmidts



MY-CO SPACE | The World of Fungi, 2021  
 Video (de/en), 4 min  
 Vera Meyer, Sven Pfeiffer



MY-CO BUILD | Architektur, Digitalität & Pilze, 2021  
 Video (de), 7 min  
 Futurium



MY-CO BUILD | Architecture, Digitality, & Fungi, 2021  
 Video (en), 7 min  
 Futurium



Raumzeit, 2021  
 Video (de), 9 min  
 Martin Weinhold



WUNDERKAMMER: PILZE, 2021  
 Video (de), 7 min  
 Neuköllner Oper



Colors of Life I, 2021  
 Video (de), 4 min  
 Sunanda Sharma, Vera Meyer



Colors of Life I, 2021  
 Video (en), 4 min  
 Sunanda Sharma, Vera Meyer

Der aufgeführte Pressespiegel umfasst alle Medienauftritte ab September 2020. Alle hier genannten Links wurden am 2. Juli 2022 zuletzt aufgerufen. Alle vorherigen medialen Veröffentlichungen sind im Anhang des Buches *Mind the Fungi* (Berlin 2020) zu finden.

Alle Videos finden sich auch im YouTube-Channel von Vera Meyer | V. meer.  
[youtube.com/channel/UCJjkU4OSTCiAktGPVShrfVGw](https://youtube.com/channel/UCJjkU4OSTCiAktGPVShrfVGw)

# Bibliografie

## **Adorno, Theodor W.**

*Minima Moralia. Reflexionen aus dem beschädigten Leben*, Frankfurt am Main 1951.

## **Antonelli, Paola und Ala Tannir**

*Broken Nature: Design Takes on Human Survival*, New York 2019.

## **Arendt, Hannah**

*The Human Condition* (1958), 2. Ausg. Chicago 1998.

## **Arendt, Hannah**

*Vita Activa oder Vom tätigen Leben* (1960), 3. Aufl. München 2005.

## **Armstrong, Rachel**

*Vibrant Architecture: Matter as a CoDesigner of Living Structures*, De Gruyter Open 2015.

## **Bennett, Jane**

*Vibrant Matter: A Political Ecology of Things*, Durham 2010.

## **Braidotti, Rosi und Simone Bignall (Hrsg.)**

*Posthuman Ecologies: Complexity and Process after Deleuze*, Lanham 2018.

## **Burry, Mark**

*Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*, Hoboken 2011.

## **Cairns, Timothy C. et al.**

»How a fungus shapes biotechnology: 100 years of *Aspergillus niger* research«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 5, 13 (2018).

## **Campo, Alberto de**

»Lose control, gain influence – Concepts for Metacontrol«, in Anastasia Georgaki und Georgios Kouroupetroglo (Hrsg.): *Proceedings ICMC|SMC|2014*, Athen 2014.

## **Cogdel, Christina**

*Toward a Living Architecture? Complexism and Biology in Generative Design*, Minneapolis 2019.

## **David M. Underhill und Iliyan D. Iliev**

»The mycobiota: Interactions between commensal fungi and the host immune system«, in *Nature Reviews Immunology* 14, 6 (Juni 2014), S. 405–416.

## **Deleuze, Gilles und Félix Guattari**

*A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*, Minneapolis / London 1987 (Originalausgabe: *Mille plateaux*, Paris 1980).

## **Gandia, Antoni et al.**

»Flexible fungal materials: Shaping the future« in *Trends in Biotechnology* 39, 12 (Dez. 2021), S. 1321–1331.

## **Hebel, Dirk E. und Felix Heisel**

*Cultivated Building Materials: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction*, Berlin 2017.

## **Hudert, Markus und Sven Pfeiffer**

*Rethinking Wood*, Berlin 2019.

## **Jessen, Jens**

»Vom Volk bezahlte Verblödung«, in *DIE ZEIT* Nr. 31 (29. Juli 2010).

## **Kwinter, Sanford**

*Far From Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture*, Barcelona 2008.

## **Margulis, Lynn und René Fester (Hrsg.)**

*Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation: Speciation and Morphogenesis*, Cambridge MA 1991.

## **Menges, Achim und Sean Ahlquist (Hrsg.)**

*Computational Design Thinking*, London 2011.

## **Meuser, Philip**

*Galina Balaschowa. Architektin des sowjetischen Raumfahrtprogramms*, Berlin 2014.

## **Meyer, Vera et al.**

»Growing a circular economy with fungal biotechnology: A white paper«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 7, 5 (2020).

## **Meyer, Vera und Regine Rapp (Hrsg.)**

*Mind the Fungi*, Berlin 2020.

## **Mittelstraß, Jürgen**

»Interdisziplinarität oder Transdisziplinarität?«, in ders. (Hg.): *Die Häuser des Wissens*, Frankfurt am Main 1998, S. 29–48.

## **Nai, Corrado und Vera Meyer**

»The beauty and the morbid: Fungi as source of inspiration in contemporary art«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 3, 10 (2016).

## **Pohl, Carsten et al.**

»Establishment of the basidiomycete *Fomes fomentarius* for the production of composite materials«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 9, 4 (2022).

## **Romsdahl, Jillian et al.**

»Characterization of *Aspergillus niger* isolated from the International Space Station«, in *mSystems* 3, 5 (2018).

## **Schäfer, Martina und Dorothee Keppler**

*Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung* (=Discussion Paper Nr. 34/2013 des Zentrums Technik und Gesellschaft der TU Berlin), Berlin 2013.

## **Scheidler, Fabian**

*Der Stoff, aus dem wir sind. Warum wir Natur und Gesellschaft neu denken müssen*, München 2021.

## **Sharma, Sunanda und Vera Meyer**

»The colors of life: An interdisciplinary artist-in-residence project to research fungal pigments as a gateway to empathy and understanding of microbial life«, in *Fungal Biology and Biotechnology* 9, 1 (2022).

## **Sharma, Sunanda**

»Designing the Organism-Environment Relationship«, Doktorarbeit am Massachusetts Institute of Technology 2020.

**Sheldrake, Merlin**

*Entangled Life: How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds & Shape Our Futures.* London 2020.

**Sheldrake, Merlin**

*Verwobenes Leben: Wie Pilze unsere Welt formen und unsere Zukunft beeinflussen,* Berlin 2020.

**Spiegelman, Nadja**

*I'm Supposed to Protect You from All This,* Melbourne 2016.

**Spiegelman, Nadja**

*Was nie geschehen ist,* Berlin 2018.

**Stelzer, Lisa et al.**

»Life Cycle Assessment of Fungal-Based Composite Bricks«, in *Sustainability* 2021, 13, II573.

**Tegeler, Karin**

*Leitfaden zum Färben mit Pilzen*, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Mykologie e. V., 2. kompl. überarb. Aufl. München 2016.

**Teuscher, Jan-Markus**

*Neue experimentelle Designs zum Thema Naturstoffe im Chemieunterricht: Chemie mit Pilzen* (1972), Jena 2011.

**Urban, Karl**

»Klimasünder Beton: Ein Baustoff sucht Nachfolger«, in Deutschlandfunk, 20. Dezember 2020; deutschlandfunk.de/klimasuender-beton-ein-baustoff-sucht-nachfolger-100.html.

**Velíšek, Jan und Karel Cejpek**

»Pigments of higher fungi: A review«, in *Czech Journal of Food Sciences* 29 (2011), S. 87–102.

**WWF Deutschland (Hrsg.)**

*Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie. Hintergrund und Handlungsoptionen*, Berlin 2019.

**Abbildungsnachweis**  
**Picture credits**

Sarah Baur / Emina Jahic / Vladyslav Lemberg /  
Victoria Roznowski / Gudrun Rauwolf 97/2  
Carolin Druba / Isabelle Sander /  
Vanessa Wawerek / Gudrun Rauwolf 97/1  
Julius Eirund 60  
Erik Göngrich 88, 102–103  
Wolfgang Günzel / tinyBE 12, 16/1, 19, 75  
Friederike Hoberg 61  
Sang Lee 36 (✉)  
Vera Meyer 18, 36 (→)(✉)  
MITKUNSTZENTRALE 101  
Neuköllner Oper 85 (✉)(✉)(✉)  
Oliver Päßler 28, 40–41, 104, 109  
Sven Pfeiffer 37, 53  
Philip Ross / MycoWorks 141/3  
Sabrina Rossetto 85 (✉)  
Christian Schmidts 24–25, 65  
Sunanda Sharma 77, 127–129  
Charlotte Steininger / Vera Meyer 139, 141/2, 4  
Alessandro Volpato 92  
Birke Weber 16/2, 68/2, 70–71  
Martin Weinhold 22, 32–33, 44, 50–51, 55–57, 83  
Paul Zaslansky 23

**Impressum**  
**Imprint**

Herausgegeben von

Edited by

**Vera Meyer und Sven Pfeiffer**

Buchgestaltung

Book design

**Eva-Maria Bolz**

Lektorat

Copy editing

**Julia Kühn**

Bildbearbeitung

Image editing

**Johann Hausstätter**

Druck

Print

**Druckhaus Sportflieger**

**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/>.

**Berlin Universities Publishing, 2022**

<https://berlin-universities-publishing.de/>

Berlin Universities Publishing (BerlinUP) ist der Open-Access-Verlag der Freien Universität Berlin, der Humboldt-Universität zu Berlin, der Technischen Universität Berlin und der Charité – Universitätsmedizin Berlin im Zusammenschluss der Berlin University Alliance (BUA). Die Sparte BerlinUP Books veröffentlicht hochwertige Bücher für die disziplinären Schwerpunkte der Berliner Forschungslandschaft.

Berlin Universities Publishing (BerlinUP) is the open access publisher from the consortium of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Technische Universität Berlin, and Charité – Universitätsmedizin Berlin. The BerlinUP Books division publishes high-quality books across the core disciplines of Berlin's research landscape.

BerlinUP Books

Universitätsbibliothek der TU Berlin

Fasanenstr. 88, 10623 Berlin

Tel.: +49 (0)30 314 76131

E-Mail: [books@berlin-universities-publishing.de](mailto:books@berlin-universities-publishing.de)



Diese Veröffentlichung ist unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0 lizenziert.

Dies gilt nicht für anderweitig gekennzeichnete Inhalte.

This work is licensed under a Creative Commons License Attribution 4.0 International.  
This does not apply to otherwise indicated content.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

ORCID iD Vera Meyer

<https://orcid.org/0000-0002-2298-2258>

**ISBN 978-3-98781-000-8 (print)**

**ISBN 978-3-98781-001-5 (online)**

Online veröffentlicht auf dem institutionellen Repositorium der Technischen Universität Berlin

Published online on the institutional repository of the Technische Universität Berlin

DOI [10.14279/depositonce-15894](https://doi.org/10.14279/depositonce-15894)

<http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-15894>





Wie wollen wir in Zukunft leben? Wie tragen wir Verantwortung für die Zukunft der Erde, für unsere Umwelt, für uns Menschen? Indem wir die Kreativitätsmotoren Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft zusammenführen, um gemeinschaftlich und transdisziplinär Visionen für eine nachhaltige Zukunft und beschreitbare Wege in eine solche zu erarbeiten.

Das Buch *Engage with Fungi* (»Beschäftigung mit Pilzen«) berichtet beispielhaft von einem solchen Unterfangen und stellt das gemeinsame Forschen an und das Lernen von Pilzen in den Mittelpunkt der Betrachtung. Pilze sind Baumeister, Stoffwechselkünstler und Experten des Vernetzens und der Kollaboration. Sie lehren uns, dass in der Natur die Kooperation über Artgrenzen hinweg zum gemeinschaftlichen Nutzen dominiert, und helfen uns zu verstehen, wie limitierte Ressourcen gemeinschaftlich erschlossen werden können. So stellt das Buch vernetzte wissenschaftliche, künstlerische und zivilgesellschaftliche Forschungsvorhaben im Zeitraum 2020 bis 2022 vor. Ausgehend vom Fachgebiet für Angewandte und Molekulare Mikrobiologie der TU Berlin, verschmolz im Berliner Raum die Pilzbiotechnologie mit den Künsten, dem Design, der Architektur und der Citizen Science. In dieser einzigartigen Kooperation konnten Konzepte für pilzbasierte Biomaterialien entwickelt werden, die ein nachhaltiges Leben und Wohnen in greifbare Nähe rücken lassen.



How do we want to live in the future? How do we take responsibility for the future of the Earth, for our environment, for our society? By facing the great challenges of today together. By fusing the creativity engines of science, art, and society in order to jointly and transdisciplinarily develop visions for a sustainable future and viable paths towards it.

The book *Engage with Fungi* exemplifies such a transdisciplinary endeavour and focuses on collaborative research on and learning from fungi. Fungi are master builders, metabolic artists, and experts in networking and collaboration. They teach us that nature is dominated by cooperation across species boundaries for collective benefit, and help us understand how limited resources can be tapped collectively. Thus, the book presents networked scientific, artistic and civil society research projects in the period 2020 to 2022. Initiated by the Department of Applied and Molecular Microbiology at TU Berlin, fungal biotechnology merged with the arts, design, architecture, and citizen science. Through this unique collaboration, concepts for fungal-based biomaterials could be jointly developed, bringing a sustainable living and dwelling within reach.