

Jens Hauser

Zur Rehabilitierung der Bakterien

2021

<https://doi.org/10.25969/mediarep/17171>

Veröffentlichungsversion / published version
Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Hauser, Jens: Zur Rehabilitierung der Bakterien. In: *Navigationen - Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften. Multispecies Communities*, Jg. 21 (2021), Nr. 1, S. 101–126. DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/17171>.

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Creative Commons - Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0/ Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu dieser Lizenz finden Sie hier:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Terms of use:

This document is made available under a creative commons - Attribution - Share Alike 4.0/ License. For more information see:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

ZUR REHABILITIERUNG DER BAKTERIEN

Eine erkenntnistheoretische Schnittstelle
zwischen Kunst und Wissenschaft

VON JENS HAUSER

Bacteria are getting big – Bakterien sind groß im Kommen.¹ Sie finden zunehmend Beachtung in der Kunst, der Philosophie, den Natur- und Gesundheitswissenschaften und sind nunmehr omnipräsent in der kunstbasierten Forschung und der forschungsbasierten Kunst. So werden Bakterien als älteste, kleinste, strukturell einfachste, aber ubiquitäre Organismen mit lebenswichtigen Funktionen für andere Lebensformen in der zeitgenössischen praxis-orientierten Kunst mit Biomedien wiederentdeckt und spielen eine zentrale Rolle sowohl im künstlerischen Diskurs als auch in ästhetischen Dispositiven. Waren Bakterien in der früheren Biomedienkunst noch ontologische blinde Flecken – Zellen, Gewebe und Gensequenzen galten als besser geeignete biologische Entitäten, um Einzelorganismen, für die sie *pars pro toto* standen, zu ›verkörpern‹ oder ›codieren‹ – so sind Bakterien und die mit ihnen assoziierten Metaphern nunmehr zu erkenntnistheoretischen Indikatoren geworden. Parallel zur Schwerpunktverlagerung in den Naturwissenschaften vom Human Genome Project (1990–2003) zum Human Microbiome Project (2007–16) hat die forschungsbasierte Kunst zu einem Wandel der kulturellen Wahrnehmung beigetragen, indem sie bestimmte biologische Agenten und deren Maßstäbe, Funktionen und *agency* selektiv betont und jeweils in den Vorder- oder Hintergrund stellt. Indem sie prokaryotische Organismen nach und nach als Agenten, materielle Medien, Motive, Metaphern und Modelle der Wissensproduktion heranzog, hat Kunst Leitfiguren mitverändert: von individuellen Codes hin zu Zellstädten und -gesellschaften, von programmierbaren Arbeitstieren hin zu komplexen Ökologien, in denen bakterielle Organisationsformen in einem weiter gefassten bio-semiotischen Beziehungsgeflecht als Rollenmodelle dienen. Damit bieten Bakterien für die künstlerische Praxis ein außerordentlich breites Potential, weil sie das gesamte Spektrum verschiedener Modi von Biomedialität abdecken² – als *Milieus* für andere Organismen, als technologisierte *Mittel* der Transformation

-
- 1 Dieses Kapitel entstand im Rahmen der Forschung unseres Big Bacteria Research Netzwerkes an der Universität Kopenhagen, dessen Ziel die Schaffung einer interdisziplinären Plattform gewesen ist, die zwischen Natur- und Gesundheitswissenschaften, den Künsten und Geisteswissenschaften vermittelt. Big Bacteria untersucht die Rolle von Bakterien als Erkenntniswerkzeugen, es verlagert die Aufmerksamkeit weg vom Paradigma der Big Data mit seinen unermesslichen Mengen sequenzieller Daten hin zu Big Bacteria und betont die Bedeutung der für die interdisziplinäre Forschung unverzichtbaren relationalen Netzwerke. <https://bigbacteria.ku.dk>. Eine erste Version des Textes ist in englischer Sprache erschienen: Hauser, Jens: »Rehabilitating Bacteria«.
 - 2 Vgl. Hauser: Biotechnologie als Medialität; Hauser: »Biomediality and Art«.

und Produktion, sowie als analytische Werkzeuge für die *Messung* z.B. als ökosystemische Bio-Indikatoren. Sie sind zugleich Subjekte, Objekte und Werkzeuge künstlerischer Darstellungen: sei es bei der Simulation von Darmflora oder Ökosystemen in Winogradsky-Säulen, beim Einsatz foto- oder magnetotaktischer Bakterien, die als fotografische Medien oder gar Spiegel dienen, bis hin zu extremophilen Bakterien als Reinigungskräfte oder programmierten Bakterien als *Chassis* in der synthetischen Biologie.

Kunstschaffende, die heute mit diesen ›signifikanten Anderen‹³ arbeiten, kombinieren dabei meist fundiertes biologisches Wissen, biotechnologische Kompetenz, philosophisches, wissenschafts- und kulturhistorisches Wissen, eine post-anthropozentrische Haltung und viel Humor. So sind beispielsweise in Adam Browns Installation *The Great Work of the Metal Lover* (2012) (siehe Abbildung 1) extremophile Bakterien die Protagonisten, welche wegen ihrer inhärenten Fähigkeit genutzt werden, toxische Metalle zu verstoffwechseln: In einem Bioreaktor, der eine reduzierte, sauerstofflose Atmosphäre simuliert, produzieren Bakterien der Gattung *Cupriavidus metallidurans* 24-karätiges Gold, das der Künstler anschließend erntet, daraus kleine Nuggets formt und so scheinbar ein altes alchemistisches Rätsel löst. Der Titel nimmt Bezug auf die mittelalterlichen Versuche, Basismetalle zu Gold zu »transmutieren« – durch Synthese jener alchemistischen Substanz, die als *Lapis Philosophorum* oder Stein der Weisen bezeichnet wurde. Hier wird die »Transmutation« auf biologischem Weg von *Cupriavidus metallidurans*-Bakterien vollzogen, die in Kulturmedien einer hohen Konzentration hochgiftigen Goldchlorids ausgesetzt werden. Derartige Extremophile spielen beim Verständnis der Entstehung von Leben eine Rolle. Sie werden zur Entwicklung geo-biologischer Explorationswerkzeuge eingesetzt, etwa als Bio-Indikatoren für Gold und Biosensoren, sowie um toxische Metalle aus industriell belasteten Böden oder Abwässern herauszufiltern – kurz: Sie räumen den von der Menschheit hinterlassenen Dreck weg und machen aus unserer »Scheiße« Gold. Wenn das Ausstellungspublikum verblüfft die kaum sichtbaren Goldpartikel mustert, die in der Bakterienbrühe am Grund des Glaskolbens in der Installation langsam zutage treten, wird fast stereotypisch die Frage gestellt: »Wie machen Sie das?« Browns genauso typische Antwort darauf lautet: »Ich mache gar nichts, das tun die Extremophilen.« Dieser Dialog könnte dann wie folgt weitergehen: »Was meinen Sie mit Extremophilen?« – »Das sind Mikroorganismen, von denen angenommen wird, dass sie extreme Bedingungen lieben. Mögen Sie Süßigkeiten?« – »Ja.« - »Und mögen Sie Spinat?« - »Eigentlich nicht, aber bevor ich verhungere esse ich ihn« – »Den *Cupriavidus metallidurans*-Bakterien geht es genauso. Zunächst gebe

3 Die Ausstellung SO₃, die vom Autor 2015 am Espace Multimédia Gantner in Bourgne/Frankreich kuratiert wurde, zeigte »three tender significant others« mit Werken von Adam Brown, Tagny Duff und Paul Vanouse als Triptychon von künstlerischen Positionen, die einladen zu »affectionate experiences with our gentle but usually despised biological better halves – viruses, bacteria and plasmids – as today's science focuses on the benefits of bacteriophages, microbiome studies, or decontaminating bacteria.«

ich ihnen Zucker, dann setze ich ihn ab und verfüttere nur noch Goldchlorid-Lösung, bis sie diese zu metabolisieren beginnen – aber sie mögen das Goldchlorid genauso wenig wie Sie Spinat«. Der konkrete Bakterienstamm erhält hier nicht nur seinen Namen sowie Anerkennung für seine Arbeit und *agency*, sondern ihm werden auch differenzierte Verhaltensmuster zugeschrieben, die jene Einzeller mitunter vernünftiger erscheinen lassen als das trotzige Kind, das sein Gemüse verweigert. Auch wenn Menschen vielleicht auf diese Bakterien als primitive Feinde oder als bloße Arbeitstiere der Biotechnologie herabsehen – Brown inszeniert die Kontinuität der grundlegendsten Lebensprinzipien, indem er mit Einzellern das begehrteste aller Metalle produziert, das mit unbegrenzter Langlebigkeit assoziiert wird.

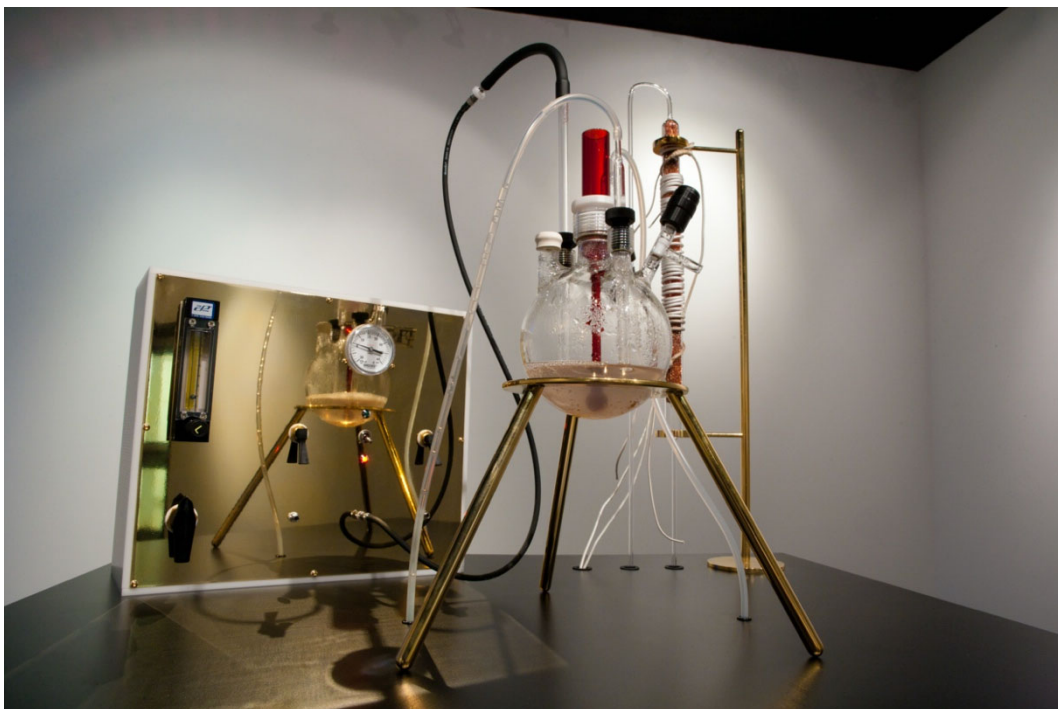


Abbildung 1: Adam Brown, *The Great Work of the Metal Lover* (2012), photo by the artist.

Historisch betrachtet pflegen Bakterien und die visuellen Künste eine ambivalente Beziehung. Einzellige Organismen blieben bis 1676, als Antonie van Leeuwenhoek erstmals Lebewesen beobachtete, die er »animalcula« nannte, unsichtbar. Die in sichtbaren Kolonien wachsenden »Tierchen« wurden eher für die Verunreinigung und die biologisch bedingten Zerstörung von menschlicher Kunst und Kulturerbe verantwortlich gemacht, als dass sie ästhetische Faszination auslösten. In der von Koch bis Pasteur reichenden traditionellen Charakterisierung als »den Körper befallende Tiere« und als berüchtigte Krankheitserreger, die in der Ära der naturwissenschaftlichen Entdeckung des Ursachenzusammenhangs zwischen Bakterien und Krankheit im 19. Jahrhundert vorherrschte, begründeten das vom Zeitalter der Hygiene geschaffene Vokabular und seine kulturellen Metaphern eine vorurteilvolle Vorstellung von Bakterien. Mit der Unterstellung von »Invasion«, »Ein-

schleppung«, »(Ein-)Wanderung« und des »Eindringens« wurden die bedrohlichen »Feinde« den Primärzellen des menschlichen Körpers gegenübergestellt, die »gute Republikaner sind, friedlich, seßhaft, mit legitimen Verwandtschaften und gesicherten Loyalitäten im Körper«⁴. Mit zunehmender Verfügbarkeit optischer Medien stellte die Mikro-Kinematografie des frühen 20. Jahrhunderts, beispielsweise jene des französischen Pioniers Jean Comandon, Bakterien wie die Syphilis-Spirochäte eingebettet in kriegerische, sensationalistische Narrative dar, in denen ein vermenschlichter »great combat [...] in the organism« gegen »one of the most dreadful microbes« geführt wurde.⁵ Zwar machten sich biomorph arbeitende moderne Maler wie Wassily Kandinsky auf die Suche nach natürlicher Harmonie, wenn sie Mikroben und Mikrotubuli malten, die jene Flagellen bilden, mit deren Hilfe Einzeller sich fortbewegen. Doch erst mit dem allgemeinen Übergang von der Objekt- zur Prozesshaftigkeit im Zusammenhang mit dem kybernetischen Paradigma in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Kunst so in das Kraftfeld zwischen ihren Sujets und jenen technischen Medien gezogen, welche neue wissenschaftliche Erkenntnisse ermöglichten. Genau in diesem Zeitraum, für den Lucy Lippard die »dematerialization of the art object«⁶ diagnostiziert, welche den Fokus weg vom Objekt auf Ideen und konzeptuelles Denken verlegt, unternimmt Jack Burnham 1968 mit *Beyond Modern Sculpture* eine biologistische Rückschau auf über 2.500 Jahre Bildhauerei und erklärt, das Überleben der Kunst hänge davon ab, dass sie sich von materiellen Objekten ab- und den permanent sich wandelnden Systemen zuwende: dass sie den Wechsel von idealistisch-vitalistischen Vorstellungsformen zu organizistischen Prozessen vollziehe, »from a psychically-impregnated totemic object toward a more literal adaptation of scientific reality via the model or technologically inspired artefact« hin zu »life-simulating systems through the use of technology«⁷. Unter dem Einfluss der Kybernetik, Ludwig von Bertalanffys früher Systembiologie sowie aufkommender Umweltschutzbelange hofft Burnham, dass diese Kunst dazu anregen möge, sich einem planetarisch-holistischen Denken zu öffnen und Umweltbewusstsein zu entwickeln – nicht *contra*, sondern *qua* Technologie. Dabei relativisiert Burnham das typische Primat anthropozentrischer und mesoskopischer Verdichtung und sagt der Kunst voraus, dass sie Systembewusstsein sowohl für die Unsichtbarkeit des Mikroskopischen als auch für die Unüberschaubarkeit des Makroskopischen schaffen müsse, was eine Abkehr von Form und eine Neuausrichtung auf Funktionalität verlange, »away from biotic appearances toward biotic functioning via the machine«⁸. Dieses Paradigma hat experimentelle künstlerische Strömungen begünstigt, die sich in ihrer Praxis seit den 1990er Jahren der unterschiedlichsten

4 Sarasin: »Die Visualisierung des Feindes«, S. 445, 450 und 454.

5 Landecker: »Microcinematography and the History of Science and Film«, S. 128.

6 Lippard: *Six Years*.

7 Burnham: *Beyond Modern Sculpture*, S. 7 und 76.

8 Burnham: *Beyond Modern Sculpture*, S. 76.

technischen und biologischen Agenten, darunter auch Bakterien, bedienen. Ebenso nimmt es den aktuellen Trend von »Mikroperformativität«⁹ vorweg und markiert die Schwerpunktverschiebung von *Aktionen* mesoskopischer Körper hin zu *Funktionen* mikroskopischer Körper, bei denen Gene oder Zellfragmente, Proteine, Enzyme oder Bakterien usw. als Identitäts-Proxys in Anspruch genommen werden, oder nicht-menschliche *agencies* in Bezug auf performative, naturwissenschaftlich-technische Systeme inszeniert werden. In diesem Kontext werden Bakterien heute in zentraler Weise sowohl als Instanzen des Maschinellen als auch des Organischen thematisiert.

Das Handlungspotential von Bakterien bietet sich in der künstlerischen Praxis nun als ein Modus an, der unterschiedlichste Rollenmodelle möglich macht: Bakterien werden einerseits inszeniert als ontologische Subjekte oder Objekte von Forschungsaktivität, andererseits in ihrer eigenen epistemischen Qualität, als Instanzen von *Biomedialität* zu fungieren: Zum einen können Bakterien selbst als eigenständige Protagonisten, zum anderen als Medien thematisiert und inszeniert werden. Biomedialität lässt sich dabei verstehen als *Sonderform der losen Koppelung*¹⁰ von de- und reorganisierten biologischen Einheiten (auf niedrigeren Ebenen etwa von Nukleotiden, Zellen usw., oder auf höheren Ebenen von Labororganismen), die trotz ihres eigenen vitalen Potenzials als indifferent gegenüber dem durch sie Vermittelten gedacht werden können. Ein derartiger Atomismus unterscheidet sich jedoch insofern qualitativ vom Atomismus rein physisch verstandener Medien als dass Organismen als zentraler Bezugspunkt zunächst einmal organisiert sind bzw. waren. Das Konzept von Biomedialität definiert jenes Ensemble aller topischen und funktionalen *Ermöglichungsbedingungen*, die sich aufgrund der technisch manipulierten oder nutzbar gemachten Organisiertheit von Lebewesen oder biologischer Prozesse ergeben. Biomedialität lässt sich funktional unterteilen in *Biologische Medien*, *Biomedien* und *Medien der Biologie*. Prokaryotische Organismen sind nun aufgrund ihrer Ubiquität, Anpassungsfähigkeit und funktionalen Ambivalenz besonders dazu geeignet, alle drei Aspekte abzudecken:

- Unter *Biologischen Medien* werden regulierbare Medien verstanden als *Milieu*; als existentielle Medien, die biologische Systeme zu etwas machen, die einen Körper umgeben und seine inneren Funktionen ermöglichen, oder Veränderungen in Lebewesen oder organischen Entitäten hervorrufen. Diese Definition von Medien ist z.B. für Kunstpraktiken mit Tissue Engineering relevant, für die Brutkästen, Kulturgefäße und Nährmedien zur Anregung des Zell-

9 Vgl. Hauser: Molekulartheater, Mikroperformativität und Plantamorphisierungen; Hauser: Microtransplantations et microperformativité dans l'art vivant; Hauser/Strecker: »On Microperformativity«.

10 Ausgangspunkt ist das atomistische Prinzip der lose gekoppelten, atomistischen Einheiten, die nach den frühen medienphilosophischen Arbeiten von Fritz Heider Medienfunktionen wie Übertragung, Vermittlung und Verarbeitung sowie deren Wahrnehmung möglich machen. Vgl. Heider, Fritz: »Ding und Medium«.

und Gewebewachstum benötigt werden, mit denen Milieus kontrolliert nachgestellt werden. Sie kann sich jedoch auch auf minimale Bakterienzellen beziehen, die zum *Chassis* für programmierte Prozesse in der synthetischen Biologie werden; dann aber auch kann das *Milieu* einer *bakteriellen Flora* gemeint sein, die eine lebenswichtige Voraussetzung für ihren Wirtsorganismus darstellt, z.B. im Organsystem des Verdauungstrakts. Die auf Wechselseitigkeit beruhende Beziehung von bakteriellen Gemeinschaften, die das Mikrobiom eines Organismus bilden, lässt sich als *milieustiftend* ansehen.

- Mit *Biomedien* nun sind Medien als transformativ-generative *Mittel* gemeint: Biologische Systeme werden als verarbeitende Körper betrachtet, die technisch zur Ausführung von Funktionen jenseits ihres organischen Selbstzwecks programmiert werden können. *Biomedien* als »particular instance in which the ›bio‹ is transformatively mediated by the ›tech‹«¹¹ verlagern die Fähigkeit zum Übertragen, Speichern und Verarbeiten in den Bereich der Biologie und bedienen sich dazu der internen Mechanismen lebender Systeme. Hierzu gehören etwa durch Promoter-Viren eingeschleuste oder synthetisierte Gensequenzen, aber auch die Nutzung von Mikroorganismen zur Herstellung von Substanzen oder Pigmenten, sowie der Einsatz im ökologischen Maßstab bei der Bioremediation.
- Unter *Medien der Biologie* fallen Medien der *Messung*, der *Analyse* und *Beobachtung* von biologischen Systemen – Dispositive also, bei denen ein organisches System etwas über ein anderes aussagt. Sie dienen dem Erkenntnisgewinn und stehen historisch gesehen in der Tradition von Mikroskopie und anderer optischer und physikalischer Wahrnehmungs- und Analyseinstrumente. Auf der Kleinstebene kann es sich dabei z.B. um Fluoreszenz-Biomarker, um DNA-Chips, aber auch um Bakterien handeln, die um ihrer inhärenten technischen Fähigkeiten willen genutzt oder die technisch als Bio-, Geo- oder Ökosensoren ausgelegt werden. Auf makroskopischer Ebene können Organismen selbst als ökologische Indikatoren fungieren, wie z.B. empfindliche Amphibien.

Diese drei Kategorien von Biomedialität erfordern, dieser Wandlung bzw. Erweiterung des Medienbegriffes durch den Einfluss der Biologie und der auf sie angewandten Techniken nachzugehen, und über die vorherrschende Auffassung von Medien als reinen Kommunikationsmedien hinaus zu denken. Eine solche Neuausrichtung des Medienbegriffes bedeutet ebenso, über Speicher-, Übertragungs- und Informationsverarbeitungs-Medien hinaus auch naturwissenschaftliche Medienkonzeptionen, inklusive ältere, in den Blick zu rücken. So erinnert Erik Porath daran, dass noch im 17. Jahrhundert das aus dem Lateinischen in moderne europäische Sprachen übersetzte Lehnwort *Medium* mehr im natur- denn im geisteswissenschaftlichen Kontext Verwendung fand, »bevor es dann in der zweiten

¹¹ Thacker: Biomedica, S. 6.

Hälfte des 18. Jahrhunderts durch ein verbreitetes Verständnis von ›Medium‹ als ›vermittelndes Element‹ und, allgemeiner, als ›Mittel‹ oder ›Werkzeug‹ überlagert« wurde. Hingegen habe der heutige Fokus auf Kommunikationsfunktionen dazu geführt, dass wir »die naturwissenschaftliche Relevanz der Medialität aus den Augen« verlieren, sodass »dem kulturwissenschaftlich wie dem traditionell medizinwissenschaftlich geprägten (Ansatz) in der Regel der Fokus auf Naturwissenschaft und deren Geschichte« fehle.¹² Ebenso ist es unabdingbar, bei der Betrachtung der medialen Funktionen von biologischen Agenten wie Bakterien das Wechselspiel und die Verschränkung ihrer erkenntnistheoretischen und ästhetischen Dimensionen historisch zu betrachten. So beruht beispielsweise die sogenannte Gram-Färbung, die bis heute als Standard-Methode zwecks einer ersten taxonomischen Einschätzung von Bakterien praktiziert wird, auf der Sichtbarmachung von Unterschieden des Zellwandaufbaus durch unterschiedliche Anfärbung. Sie wurde ursprünglich entwickelt, um Bakterien gegen Wirtszellen abzugrenzen und so rasch eine bakterielle Infektion zu erkennen, noch bevor das genaue Ergebnis der Anzucht des Bakteriums bekannt ist. Das vom dänischen Arzt Hans Christian Gram 1884 entwickelte effiziente Färbeverfahren erlaubt es, die sogenannten grampositiven Bakterien mit dicken Zellmembranen, die angefärbt dunkelviolett erscheinen, von gramnegativen Bakterien mit dünnen Membranen, die rotorange sichtbar werden, zu unterscheiden. Dank der Gram-Färbung kann das medizinische Personal schnell entscheiden, welcher antimikrobielle Wirkstoff zu verschreiben ist. Umgekehrt haben aber auch Fälle ästhetischer Praxis mit Bakterien zu bedeutenden wissenschaftlichen Erkenntnissen beigetragen, denken wir an die folgenreiche Entdeckung der antibiotischen Eigenschaften des Penicillin-Pilzes durch den schottischen Mikrobiologen Alexander Fleming, als dieser seinem Hobby nachging, in Petrischalen kleine flüchtige Gemälde aus Mikrobekulturen anzufertigen. Hierfür nutzte er unterschiedliche Naturpigmente, die von Bakterien wie *Bacillus prodigiosus*, des *Chromobacterium violaceum*, den Gattungen *Sarcina* und *Staphylococcus* exprimiert werden, um Motive wie Balletttänzerinnen, Soldaten oder stillende Mütter darzustellen. Dann jedoch wurde im Jahr 1923 eine Schale, die Planeten und Sterne am Nachthimmel zeigen sollte, Opfer einer »aufgehenden Sonne« – des Penicillin-Pilzes, dessen Enzym Lysozym die Motive aus aufgeimpften Bakterien zerstört hatte.¹³

Benötigt wird daher ein resolut interdisziplinärer Ansatz, der sich sowohl aus Ästhetik, Erkenntnistheorie sowie Kunst- und Wissenschaftsgeschichte speist, und der das ständig proliferierende Cluster künstlerischer Praxen zu erfassen imstande ist, in denen Bakterien sowohl materiell eingesetzt als auch kulturell adressiert werden: als unspezifische Bakterienflora oder vitale Milieus, als symbolische Stellvertreter von Lebendigkeit und Prozessualität, als mikroperformative Film-

12 Porath: »Begriffsgeschichte des Mediums oder Mediengeschichte von Begriffen?«, S. 254 und 256.

13 Vgl. Fleming: »The Growth of Microorganisms on Paper«; Dunn: »Painting with Penicillin«.

Akteure, als lebende Pigmente zur Produktion von Farben und Formen, als kontaminierende pathogene Invasoren und Aggressoren, als Reiniger und Heiler, als Verursacher von Biokorrosion und gleichzeitig jedoch als Konservatoren und Bioremediatoren von Kulturerbe, als Patina-generative Instanz, als mikrobieller Staub in Zeitkapseln, die einen Zustand stillgestellter Lebendigkeit festhalten, als astrobiologische Botschafter, evolutionäre Indikatoren, rasch lernende und sich anpassende biosemiotische Organismen, als Bio-, Geo- oder Öko-Sensoren, als überindividuelle Bewohner von Mikrobiomen, die Rollenmodelle von individueller hin zu kollektiver Identität verlagern, als naturtechnische Kraftwerke, Goldschürfer, metabolische Produzenten, Kompostierer, Fabriken für Geruchsstoffe, Architektur-Konstrukteure, als Zuchtbehälter oder standardisierte *Chassis* in der synthetischen oder Do-it-yourself-Biologie mit ihren implantierten genetischen Schaltkreisen, als Bio-Controller oder gar Computer, oder reduziert auf bakterielle Plasmide in der Rolle von gefügigen Arbeitstieren der Molekularanalyse.

Ein kurzer historischer Abriss prozessbasierter Kunst seit den 1960er Jahren zeigt, dass Bakterien in erster Linie als natürliche, weit verbreitete und einfach zu beschaffende Ressource im Kampf gegen das Objekthafte und im Werben für Prozesshaftigkeit eingesetzt wurden, insbesondere in Kunststrategien, die auf ökologische und systemische Bewusstmachung abzielten. So finden wir in Michael Baduras geschlossener Biosphäre *Die Eingeweckte Welt* eine Vielzahl miteinander verbundener Einmachgläser, in denen Zersetzungsprozesse und Stoffwechselläufe unter Beteiligung diverser Pflanzen- und Essensabfallmaterialien sowie von Wasser und Gasen stattfinden: »Die Zeiten einer statuarischen (klassischen) Plastik sind unwiderruflich vorbei! An ihre Stelle tritt das ›Modell‹, das aus verschiedenartigsten, subjektiv ›mikroskopierten‹ (gewonnenen) Einzelteilen zusammengebaut ist.«¹⁴ Dies gilt auch für HA Schults große, museumsfüllende Installation *BIOkinetische SITUATIONEN* mit ihren umfangreichen Kulturen unterschiedlich gefärbter Bakterien und Pilze, deren kontrollierter Einsatz dazu diente, die Idee des Kontrollverlusts in einer Industriegesellschaft zu inszenieren. Schults Arbeit, die als Aktionskunst entgegen dem damals *en vogue* befindlichen Menschenzentrierten *Happening* konzipiert war, zielt darauf ab, »Aktionen und Veränderungen [...] als legitime künstlerische Verfahren, bestimmte Phänomene der Wirklichkeit allgemein bewußt zu machen«.¹⁵ Strategien wie diese wurden in den 1980er Jahren weiterentwickelt und beschäftigten sich gezielter mit kunsthistorischen Bezügen auf »Lebendigkeit« – für die etwa Courbet, Kandinsky oder Mondrian stehen – und die damit in besonderem Maße Ansätze konzeptueller Dekonstruktion und institutioneller Kritik verbinden. So entnimmt Peter Gerwin Hoffmann im Jahr 1987 verschiedenste Mikroorganismen, die Wassily Kandinskys Gemälde *Parties Diverses* (1940) bevölkern, und kultiviert sie in einer rechteckigen Anordnung von Petrischalen, womit er den Schwerpunkt weg von der Darstel-

14 Badura: »Manifest dem Laubvogel gewidmet«.

15 Schult: *BIOkinetische SITUATIONEN*.

lung hin zur Manipulation des Organischen verschiebt. Indem er Kandinsky als Protagonisten einer modernen, vorgeblich organischen Kunst wählt, der es um Fragen von natürlichem Gleichgewicht und Proportionen geht, beansprucht Hoffmann für sich, Versprechen materiell einzulösen, die von der klassischen Avantgarde letztlich nicht gehalten wurden, und bringt diese auf den Stand des gentechnischen Zeitalters:

Die Lebewesen (Pflanzen und Tiere), welche uns umgeben, sind künstlich, das heißt, sie beinhalten durch ihre verbliebene Existenzform kunstimmanente Bedeutung und können nur mehr als Kunstwerk verstanden und interpretiert werden. [...] Die Arbeit der Künstler bekommt einen neuen Stellenwert, denn es hat für unsere Zukunft höchste gesellschaftliche Priorität, daß die Kunstwerke (die Kuh oder das genmanipulierte Bakterium) mit Kriterien der Kunst untersucht und reflektiert werden und nicht wie bis jetzt mit den Kriterien der Wirtschaft, Politik und Wissenschaft.¹⁶

Hoffmann bringt die Kuh und das gentechnisch veränderte Bakterium zwecks der »Auflösung der Polarität von Kunst und Natur« ins Spiel zugunsten einer neu geschaffenen »Polarität von realer Kunst und Kunst Kunst«.¹⁷ Hoffmanns Forderung nach einer Verortung künstlerischer Praxis im Reich der Biotechnologie klingt dabei wie ein Echo der früheren Kritik des Fluxus-Künstlers Allan Kaprow an einer repräsentativ-symbolischen, selbstreferenziellen »art art«¹⁸. Hoffmann argumentiert weiter, »so wie die Mikroben auf dem Bild von Kandinsky auf einem Kunstwerk, auf einer Kunstwelt leben, so leben wir.«¹⁹ Es ist kein Zufall, dass er als historischen Bezugspunkt einen Maler der Moderne wählt, der selbst die Wandlung von geometrischer Abstraktion zu biomorphen, von der Mikrobiologie angeregten Formen vollzogen hat, und dass er als eigenes konzeptuelles Ergebnis ein hoch abstraktes Raster geometrisch angeordneter Petrischalen vorlegt, in denen sich Bakterienkulturen im Wachstum befinden, denen aber jeglicher ästhetischer Reiz und jede absichtsvolle Farbgebung fehlt, um auf diese Weise den Vorrang des konzeptuellen Prozesses vor der formalen Wirkung zu verdeutlichen.

Auch zwei Jahrzehnte später übt die Dekonstruktion der abstrakten modernistischen Agenda für Bakterien involvierende Kunstpraxen noch einen großen Reiz aus. In ihrer biologischen Live-Installation *Decon* (2007), die ein Mondrian-Gemälde nachahmt, folgt Marta de Menezes der Vorliebe des niederländischen Malers für perfekt geometrische Arrangements von Primärfarben, -formen und -texturen. Allerdings enthalten die farbigen Kompartimente bei Menezes nicht nur

16 Hoffmann: Kunstwesen, S. 142f.

17 Hoffmann: Kunstwesen.

18 Kaprow: »The Education of the Un-Artist, Part I«.

19 Hoffmann: Kunstwesen.

Azofarbstoffe, welche kürzlich in der Europäischen Union aufgrund ihrer Umwelttoxizität verboten wurden, sondern auch Bakterien der Gattung *Pseudomonas putida*, die gemeinhin zur Bioremediation belasteter Böden und Gewässer eingesetzt werden. Im Verlauf der Ausstellung bauen die Bakterien die Industriefarben ab und dekonstruieren, dekontaminieren und zersetzen auf diese Weise symbolisch Mondrians Obsession, Naturkräfte durch menschliche Organisation beherrschen zu wollen. Einerseits verwandeln die Bakterien so das Kunstwerk in etwas wirklich Lebendiges, auf der anderen Seite stellen sie einen Bezug zu den eigenen Schriften des Malers her, in denen er die Kunst als bloßen Ersatz für das Leben bezeichnet: »Kunst ist so lange Ersatz, als es dem Leben an Schönheit mangelt, sie wird in dem Maße verschwinden, in dem das Leben Gleichgewicht gewinnt.«²⁰ Die prokaryotische Lebendigkeit erweist sich jedoch als Herausforderung bei der Absicherung des Werks nach der Eröffnung und wirft die Frage nach der Verantwortung der Galerie für den Fall auf, dass das Bakterium *Pseudomonas putida*, ein potentieller Krankheitserreger, bei immunbeeinträchtigten Menschen lebensbedrohliche Infektionen auslösen kann. Der Farbbau ging bei der Premiere mit der Ausdünstung eines strengen Geruchs einher, der einen längeren Galerie-Aufenthalt unmöglich machte; Teile des Nährmediums »poured down the white walls« führten zu einem unerwarteten Wachstum von »cultures of fungi and bacteria with varied colors and textures«, sodass die Galerie zu der Einschätzung kam: »Decon holds the risk of its own threat. It does not show the ›biohazard‹ sign. And yet it is potentially a contaminant capable of strong violence.«²¹

Kunst mit Biomedien hat zwar seit der Jahrtausendwende post-anthropozentrische Weltsichten postuliert, prominent Tier- oder Pflanzenzellen kultiviert und inszeniert, aber Bakterien wurden dabei zunächst selten als begehrtenswerte Akteure angesehen. Ähnlich dem Pilzbefall erschienen Bakterien vor allem als Bedrohung, die eigentlichen lebenden Kunstwerke durch Kontamination zu zerstören. Stehen z.B. das transgene, biolumineszente Moos in Jun Takitas Installation *Light, only light* (2004) oder die transspezifischen als »opferlose« Lederjäckchen gezüchteten Tierzellen in *Victimless Leather* (2004) des Tissue Culture and Art Project im Vordergrund, so werden Bakterien als unerwünschter Negativeinfluss in den Hintergrund gerückt. Beide Kunstwerke verlangen viel Sorgfalt und Pflege, ihr Lebendigkeit wird aber gerade durch die Bedrohung durch Verfall und Tod beglaubigt. Die Kontamination durch unerwünschte Agenten wird jedoch um den Preis des ständigen Ersetzens durch nachgezüchtete Exemplare der ausgestellten Lebensformen vermieden.²² Jun Takitas vergängliches transgenes

20 Hofmann: »Avantgardistische Skepsisverweigerung«, S. 38.

21 Moreira: »Why Decon at petit CABANON?«.

22 Aus kuratorischer Sicht bedeutet dies, dass ein großer Teil des Ausstellungsbudgets darauf verwendet wird, fragile Ephemera ständig nachzuzüchten. Während der Ausstellung *sk-interfaces* in Luxemburg (2009–10) mussten die Moos-Skulptur von Takita und die *Victimless-Leather*-Jacken des Tissue Culture and Art Project wiederholt nachkultiviert werden, um über den Ausstellungszeitraum von 15 Wochen hinweg verfügbar zu sein.

Kunstwerk *Light, only light* begegnet uns in Form einer Licht abstrahlenden Moos-Skulptur, die dem Gehirn des Künstlers selbst nachgebildet ist. Dieses wurde nach einem Magnetresonanz-Scan dreidimensional gedruckt und mit dem biolumineszenten Moos *Physcomitrella patens* bedeckt, das jene Gensequenz enthält, die für das Leuchtkäfer-Enzym Luziferase kodiert. Indem er Licht emittierenden Pflanzenwuchs ausstellt und auf die historische Verknüpfung von Licht und Leben anspielt – wohlwissend, dass Pflanzen Licht zur Fotosynthese benötigen und es deshalb von sich aus nie abstrahlen würden – präsentiert Takita den gentechnisch veränderten Organismus als eine ambivalente kognitive Leistung des menschlichen Gehirns. Derweil erinnert die Form des Gehirns in der biolumineszenten Installation jedoch stark an einen Schädel, und damit an ein *Vanitas*-Motiv bzw. allegorisches *Memento mori*.²³ Und auf der Ebene der Materialsemantik wurden Fliegen in der Kunstgeschichte schließlich auch häufig als Symbole für die Vergänglichkeit des Lebens oder als Gefährten des Teufels gelesen. In ähnlicher Weise werden in *Victimless Leather fragile* Miniatur-Jacken in Bioreaktoren und Inkubatoren aus Linien immortalisierter Tier- und Menschenzellen herangezüchtet, die auf biologisch abbaubaren Polymergerüsten lebendiges, lederähnliches Material ausbilden – etwas, das normalerweise tot ist, wird dabei inszeniert, wie es zum Leben erweckt wird. Dieser »halb-lebendige« Mix aus Menschen- und Mäusezellen evoziert ein utopisches Ideal, Lederkleidung ohne Tieropfer zu produzieren, auch wenn man paradoxerweise dennoch auf Tierprodukte angewiesen ist wie fötales Kälberserum, mit dem in der Regel bei der Zell- und Gewebezucht das Nährmedium DMEM zur Wachstumsaktivierung angereichert wird. Ästhetisch muten die Kleidungsstücke wie hängende, kopf- und gliedmaßenlose Körper an, die am Ende der Modesaison wie reife Früchte herabfallen, zum Sterben in Szene gesetzt, während zugleich alles getan wird, damit die Handlungsmacht der Bakterien nicht die Oberhand gewinnt.

Um die Jahrtausendwende und im Schatten des Human Genome Project widerfuhr vor allem jenen mikro-performativen Agenten, die direkt mit menschlichen Körpern in Verbindung stehen, Anerkennung, wohingegen bakterielle Aktivität meist nur als undifferenzierte bakterielle Flora, als *biologisches Medium* im Sinne eines lebensermöglichenden *Milieus* thematisiert und eingesetzt wurde. Ein schlagendes Beispiel hierfür ist Wim Delvoyes *Cloaca*-Serie bio-kybernetischer Automaten, die seit dem Jahre 2000 als defäkierende Verdauungsmaschinen durch die Kunst-Tempel tingeln und materiell-präsentisch Stoffwechselprozesse transparent machen: Lebensmittel und Enzyme werden bei dieser Simulation eines Verdauungstrakts aufeinander abgestimmt, pH-Wert und Temperatur reguliert, und mit *Eschericia-coli*-Bakterien in Kontakt gebracht – letztere bleiben dabei allerdings blinde Flecken. Zwar programmiert der Künstler die komplexe Fäkalnsprache durch präzise Kombination von Enzymen wie Pankreatin, Amylase, Maltase, Lipase, Laktase, Protease unter Zusatz von alkalischer Ochsen-galle, Bili-

23 Vgl. Hauser: »Remediating Still Life, Pencils of Nature and Fingerprints«, S. 281.

rubin, Natriumbikarbonat, Natriumhydroxid und Salzsäure zur Produktion von künstlerischem Exkrement, aber wenigstens auch *E. coli* für die den Galerieraum durchziehende olfaktorische Kontamination nasenbetäubenden Gestanks verantwortlich sind, bleibt die komplexe Interaktion von Darmbakterien im Werkdiskurs weitgehend unerwähnt. Die Aufmerksamkeit gilt eher jedem auch noch so kleinen gastronomischen Detail und dem uhrwerkartigen Mechanismus des Verdauungssimulators, dessen skatologischer Ausstoß »menschlichen Kots« stets eine anthropomorphe Lesart der *Cloaca* suggeriert – auch wenn die Enzyme, die ihn funktionieren lassen, von Schweinen und Rindern stammen.²⁴ Der skatologische Vektor eignet sich dabei insbesondere für reibungslose Verknüpfungen in der Kunstgeschichte – von Jacques de Vaucansons mechanischer Ente des 18. Jahrhunderts, die vorgeblich Getreidekörner verdaute, über Darstellungen des Realisten Gustave Courbet und des Symbolisten James Ensor bis hin zu Piero Manzonis *Artist's Shit* (1961) – und er wird heute gleichermaßen im Zeitalter der synthetischen Biologie wieder für die zeitgenössische Kunst interessant. Gerade diese jüngsten Praktiken versuchen, eine große Vielfalt biologischer Entitäten miteinander zu verbinden, und oft finden diese Verbindungen über sogenannte *Biobricks* statt, standardisierte DNA-Sequenzen, die dann insbesondere in Modellorganismen wie Bakterien und Hefezellen implementiert werden. Ein Beispiel wie sowohl *Biobricks* als auch Bakterien eingesetzt werden, um auf die ökologischen, ethischen und gesellschaftlichen Konsequenzen der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen oder anderer Produkte der synthetischen Biologie in die Umwelt hinzuweisen, ist Tuur van Balens Projekt *Pigeon d'Or* (2011), das darauf angelegt ist, Tauben Seife defäkieren zu lassen und so aus Tieren, die gemeinhin als »fliegende Ratten« apostrophiert werden, ausschwärmende Desinfektionseinheiten für den urbanen Raum zu machen. Dazu modifiziert er in einem ersten Schritt, in Kooperation mit dem Biochemiker James Chappell, *in vitro* den Stoffwechsel von Darmbakterien mittels zweier speziell entwickelter *Biobricks* – von denen das eine den pH-Wert der *Bacillus subtilis* absenkt und der andere die Bakterien dazu bringt, das fettverdauende Enzym Lipase zu exprimieren. Anschließend testet er mithilfe von Lebensmittelfarbe, wie lange es dauert, bis die transplantierten Bakterien die natürliche Bakterienflora im Darm der Tauben verdrängt haben, womit er auch die aktuelle Forschung zur Mikrobiom-Transplantation anspricht. Dazu hat Van Balen zwei pseudo-funktionale Objekte entworfen: einen Taubenschlag, der an einem Fenstersims befestigt werden kann und so zum Taubenfüttern mit genetisch manipulierter Nahrung dient, und des Weiteren eine Vorrichtung, auf der Tauben auf geparkten Autos landen und ihr Geschäft direkt über der Windschutzscheibe verrichten können. Jenseits dieser neo-dadaistischen Grundhaltung muss das Projekt auf seine erkenntnistheoretischen Subtexte hin analysiert werden: Die Tauben selbst werden ja nicht genetisch verändert, lediglich die Bakterien in ihrem Darmtrakt. Insofern sind die Tau-

²⁴ Vgl. Hauser: »The Grammar of Enzymes«.

ben technisch gesehen nur »Boten« des gentechnisch veränderten Organismus, des Transgenen an sich. Insofern spielt van Balen auf das Forschungsparadigma der sogenannten Metagenomik an, bei dem nicht nur die DNA-Sequenzen von Einzelorganismen, sondern auch ihre symbiotischen oder parasitären Interaktionen mit anderen Bewohnern ihres Umfelds untersucht werden. Hinzu kommt, dass das Design der spekulativen Artefakte metaphorisch der überhöhten Techniksprache der synthetischen Biologie nachempfunden ist, wenn diese z.B. vom Design »genetischer Schaltkreise«, von »Modulen«, »standardisierten Teilen« und von »Chassis« spricht, statt von Organismen als Lebewesen. In Entlehnung des Konzepts der Orthogonalität aus den Computerwissenschaften geht die synthetische Biologie davon aus, dass, anders als bei den meisten lebenden Systemen, ein Effekt, der von einer technischen Komponente hervorgerufen wird, keine Nebenwirkungen auf andere technische Komponenten desselben System hat, »so wie beim Auto erfahrungsgemäß nicht das Einstellen des Rückspiegels die Lenkung beeinflusst«²⁵.

Derartige epistemische Verschiebungen lassen sich auch in Hinblick auf *Biomedien* im Sinne von *Mitteln* der Transformation, Erzeugung oder Kommunikation beobachten, insbesondere an Beispielen der Pioniere der Biomedien-Kunst Eduardo Kac und Joe Davis. Im Rückblick erscheint Eduardo Kacs bekannte transgene Installation *Genesis* (1999) als typischer Fall von Kunst, die Bakterien als bloße Zuchtbehälter für Gene einsetzt. Kac stellt ein für künstlerische Zwecke synthetisiertes Gen in den Fokus des Projekts: Ein zentraler Satz aus dem Buch *Genesis* der Bibel wurde zunächst in Morsecode transkribiert, dieser Code anschließend in DNA-Basenpaare übersetzt und die entsprechend erzeugte DNA-Sequenz in extrachromosomale Bakterien-Plasmide kloniert. In der interaktiven Installation können die Bakterien dann vom Publikum mit UV-Licht als mutagenem Faktor bestrahlt werden, sodass die codierte extrabiologische Information potenziell verändert wird. Die Bakterien, die ihrerseits bereits dergestalt gentechnisch modifiziert sind, dass sie entweder blau oder gelb fluoreszieren, dienen dabei als Biomarker, die den Unterschied zwischen Kolonien mit und ohne das Kunst-Gen anzeigen. Des Weiteren werden sie bei Kontakt miteinander grün, wodurch sie auf die Mutation in der Plasmid-DNA hinweisen und zugleich den genetischen Text als »Ko-Autoren« mitumschreiben. Der Hauptakzent liegt hier aber auf der Veränderung der Gensequenz als parasprachlicher Entität gemäß dem Narrativ der *Genesis*. Weniger als ein Jahrzehnt später rückt Kac in *Specimen of Secrecy about Marvelous Discoveries* (2006) nun die Aktivität von Mikroben ins Zentrum einer Serie von bildproduzierenden, dreidimensionalen Biotopen.²⁶ Technisch betrachtet sind diese metabolisch selbsterhaltende Winogradsky-Säulen, in denen verschiedene Farben und Formen zum Ausdruck kommen, die vom Künstler anfänglich vorgegeben sind, die sich jedoch im Laufe der Zeit im Zuge des metaboli-

25 Billerbeck/Panke: »Synthetische Biologie«, S. 23.

26 Vgl. Kac: »Specimen of Secrecy about Marvelous Discoveries«.

schen Austauschs in den Säulen willkürlich verändern. Abiotische Faktoren wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftzirkulation, Wassergehalt und Lichtstärke, sowie Erde und nährstoffreiche Medien schaffen die *Milieus* für eine große Vielfalt aerober und anaerober mikrobieller Lebewesen, die durch ihre Stoffwechselaktivität lebende Motive in ständigem Wandel erzeugen. Kac will seine Arbeiten in ökologische und evolutionäre Zusammenhänge gestellt sehen und kritisiert eine rein menschenzentrierte Wahrnehmung dieser Kunst-Biotope: »We shall not confuse our ability to describe a living entity in a given manner [...] with the phenomenological consideration of what it is like to be that entity, for that entity«. Er möchte eine dialogische Situation zwischen Betrachtenden und mikrobiellem Leben schaffen:

The biotope [...] is an artwork that asks for the participation of the viewer in the form of personal care. Like a pet, it will keep company and will produce more colors in response to the care it receives. Like a plant, it will respond to light. Like a machine, it is programmed to function according to a specific feedback principle [...]. Like an object, it can be boxed and transported. Like an animal with an exoskeleton, it is multicellular, has a fixed bodily structure and is singular. What is the biotope? It is its plural ontological condition that makes it unique.²⁷

Ein ähnlicher Trend ist auch in der Kunstpraxis von Joe Davis auszumachen. Seit 1986 kodiert er vor allem Text- und Bild-Informationen derart, dass sie als synthetisierte DNA in Bakterienzellen als materiellen Speichermedien eingeschrieben werden können. Jüngst hat sich sein Fokus dahingehend verschoben, dass er Bakterien *agency* zuschreibt, als organisatorischen Einheiten oder gar Werkzeugherstellern. In seiner frühen genetischen Kunst wie etwa *Microvenus* (1986) wird mithilfe von Rekombinationstechniken ein grafisches Symbol, das sowohl einer alten germanischen Rune als Fruchtbarkeitssymbol als auch dem ikonischen Umriss des weiblichen äußeren Genitals ähnelt, in Plasmid-DNA von *E.-coli*-Bakterien encodiert.²⁸ Während die visuelle Erscheinungsform des Werks unspektakulär ist – handelt es sich doch um eine banale Petrischale ohne jeglichen mikrobiellen Effekt hinsichtlich Farbe oder Form – verweist *Microvenus* konzeptuell auf Versuche mit Außerirdischen zu kommunizieren und verkörpert eine philosophische Umkehrung der Panspermie-Hypothese, der zufolge irdisches Leben seinen Ursprung in mikroskopischen Lebensformen im Universum hat. Im Kontext der synthetischen Biologie nun, 25 Jahre später, nutzt Davis in seinem *Bacterial Radio* (2011) die Handlungsfähigkeit von Bakterien jenseits ihrer vorherigen Rolle als bloße Informationsspeicher. Sie sind hier *Biomedien* im Sinne eines generativ-transformativen Mittels für Kommunikationsbelange. Die Arbeit impliziert in ihrer Produktions-

27 Kac: »Specimen of Secrecy about Marvelous Discoveries«, S. 92-96.

28 Vgl. Davis: »Microvenus«.

phase einen lebenden, leitfähigen Funkschaltkreis, der mit und durch genetisch veränderte *E.-coli* Bakterien hergestellt wird, die eine modifizierte Gensequenz des als Meerorange bekannten Schwamms *Tethya aurantium* enthalten. In der Natur kodiert dieses Gen für das Enzyms Silikatein und ermöglicht mittels Bioverkapselung das Bio-Glas-Skelett des Schwamms aufzubauen. In seiner technischen Anwendung ist es nun stattdessen in der Lage, Metalle zum Plattieren elektronischer Schaltkreise zu erzeugen.²⁹ Davis verweist damit auf das ehemals beliebte Hobby des Bastelns sogenannter *Crystal Radios* oder Detektorempfänger – Radios, die ohne Stromquelle auskommen, weil sie zum Funktionieren nur die Energie der elektromagnetischen Wellen benötigen, die von einem Sender ausgestrahlt und vom Radio empfangen werden. Davis' Interesse gilt hier dem Übergangsbereich von physikalischen zu biologischen Systemen und dem alternativen Wissen, das in der Elektronikbastlerszene als subversiver Gegenpol zur profitorientierten Industrie generiert wird. Der Künstler nimmt die Technikmetaphern der synthetischen Biologie beim Wort, verkehrt jedoch ihr Ziel ironisch ins Gegenteil: Statt Prinzipien der Elektronik auf die Biologie anzuwenden, überträgt er biologische Prinzipien auf die Elektronik und bringt Bakterien dazu, durch ihr Wachstum ein völlig anachronistisches Radio hervorzubringen.

Die zeitgenössische Biotechnologie ist von den technischen Möglichkeiten prokaryotischer Organismen auf mannigfache Weise fasziniert. Da gibt es zum einen die Forschung über Minimalorganismen, bei der biologische Einheiten auf ihre minimalen, überlebensnotwendigen Funktionen reduziert werden – etwa im Fall des Biotech-Unternehmers Craig Venter, der ein synthetisiertes Genom in das Bakterium *Mycoplasma capricolum* einschleust, welches dann zum reinen »Chassis« für »Schaltkreise«, »Module« oder »standardisierte Teile« der synthetischen Biologie wird. Zum anderen ist es möglich, technische Merkmale einzelliger Organismen zu verbessern und zu transplantieren, oder sie mithilfe biomimetischer Strategien zu emulieren. So besteht das Genbearbeitungssystem CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) beispielsweise aus einer angepassten Version eines natürlich vorkommenden Immunmechanismus bei Bakterien und Archaeen, deren DNA-Gensequenzen von Viren enthält, die den Prokaryoten zuvor infiziert haben. Drittens wird auf dem Gebiet der sogenannten gerichteten Evolution (directed evolution) starker Selektionsdruck auf in automatisierten Systemen kultivierte Bakterien dahingehend ausgeübt, dass sie ihre mikrobielle Evolution beschleunigen und vorteilhafte Anpassungseffekte entwickeln, mittels derer die aus dem Verfahren resultierenden mutierten Bakterien z.B. neue Proteine herstellen. Die erkenntnistheoretischen Hintergründe all dieser Techniken werden nun von Kunstschaffenden philosophisch und ästhetisch übersetzt. Manche konzipieren oder eignen sich *Biobricks* an, die im *Registry of Standard biological Parts* des MIT geführt und auf populären Events wie der International Genetically Engineered Machine Competition (iGEM) präsentiert werden, wie z.B. E.

29 Vgl. Davis: »Bacterial Radio«, S. 110–13.

chromi (2009) von Daisy Ginsberg und James King, bei dem gentechnisch veränderte Bakterien farbige Pigmente exprimieren, die bei der Heimdiagnose von Stuhlproben als Bio-Indikatoren von Giftstoffen dienen sollen;³⁰ die Bakterien sind hier *Medien der Biologie*, die zum Messen und Beobachten biologischer Systeme dienen. Die indische Gruppe ArtSciencebangalore hat mit *BBa_K221000: First volume of teenage gene poems* (2009) ein *Biobrick* erschaffen, das *E.-coli*-Bakterien künstlich Geosmin erzeugen lässt, eine organische Verbindung, die für den charakteristischen erdigen Geruch bei Monsunregen verantwortlich ist.³¹ Dieses olfaktorische *Reenactment* ist als kulturelle Referenz zu verstehen, gilt doch die Monsunperiode also ebenso fruchtbar wie melancholisch, und gehört daher in Bollywoodfilmen traditionell zum Schauplatz einer ersten Liebe. ArtSciencebangalore ruft aber auch ins Gedächtnis, dass Bevölkerungen der sogenannten Zweiten und Dritten Welt oft Opfer der Fahrlässigkeit westlicher Industrieunternehmen gewesen sind, wie es z.B. die Gas-Katastrophe von Bhopal gezeigt hat, und antizipiert, dass ebendiese Bevölkerungen auch die ersten und billigen Versuchskaninchen sein werden, die noch nicht getesteten Produkten der synthetischen Biologie in ihrer Umwelt ausgesetzt sein werden. Folgerichtig hält ihr Projekt *Searching for the Ubiquitous Genetically Engineered Machine* (2011), das im Kontext der Kunst mit taktischen Medien und des Bürgeraktivismus angesiedelt ist, Do-it-yourself-Kits für ein Netzwerk von Freiwilligen auf dem Land bereit, mit dem diese als Graswurzel-Aktivisten *Biobricks* in Bodenbakterien identifizieren und kartieren können.³² Diese Kits enthalten Geräte für die DNA-Extraktion, Elektrophorese und eine Polymerase-Kettenreaktion. Das Kunstduo C-Lab nun nutzt sowohl natürlich vorkommende Bakterien als auch mit *Biobricks* genetisch veränderte Bakterien. Die Idee ihres *Living Mirror* (2013) ist die Konstruktion eines biotechnologischen Spiegels und macht sich die Fähigkeit magnetotaktischer Bakterien zunutze, sich schwimmend entlang des Magnetfelds der Erde zu bewegen. Je nach gegebenem Input, z.B. einem Porträtbild, das in ein Magnetfeld übersetzt wird, richten sich die Bakterien in Echtzeit aus. Bei dieser Bewegung generieren und streuen sie Licht in einer flüssigen Bakterienkultur, und erzeugen damit ein Bild. Der Mythos des Narziss, der sich in sein eigenes Bild als Spiegelung auf einer Wasseroberfläche verliebte, steht hier Pate, doch ist es hier nicht Wasser, sondern die Bakterienkulturen in ihrem flüssigen Milieu, die das Spiegelbild erzeugen: »[It] highlights how contemporary science has shattered the idea of our own body by recognising that we are mostly made up of non-human bacterial cells.«³³ In *Banana Bacteria* (2012) manipuliert das Duo das Bakterium *E. coli*, das für seinen un-

30 Vgl. Ginsberg: »Design Evolution«, S. 123-125.

31 Vgl. http://parts.igem.org/Part:bba_K221000:Design.

32 Vgl. <https://artscienceblr.org/index.php/searching-for-the-ubiquitous-genetically-engineered-machine-igem-2011/> (05.03.2021).

33 Debatty, Régine: »The Living Mirror«, Interview mit C-Lab (Laura Cinti und Howard Boland), *We-make-money-not-art*, 2. Oktober 2013, http://we-make-money-not-art.com/the_living_mirror/ (05.03.2021).

angenehmen Geruch bekannt ist, mit Hilfe von *Biobricks* derart, dass es Enzyme produziert, die dann die Produktion von wohlriechendem Bananenöl ermöglichen. Unterdessen bedroht die Panamakrankheit die Cavendish-Banane, die weltweit meistverbreitete Sorte, die als standardisiertes menschliches Artefakt in Monokulturen angebaut wird, in denen sexuelle Fortpflanzung nicht mehr möglich ist. Der Künstler Orkan Telhan greift das mögliche Verschwinden von uns vertrauten Geschmackserfahrungen in seinem *Microbial Design Studio* (2015) auf. Es ist konzipiert als kompaktes Tisch-Labor, das auf Open-Source-Basis funktioniert, und in dem Bakterien mit Verfahren der gerichteten Evolution gentechnisch so hergerichtet werden, dass sie die verschiedensten Geschmacksnoten synthetisieren können. Seine *Bananaworks* (2016) sind in makrofluiden Gelen eingekapselte Bakterienstämme in Kulturmedien, die an bunte Süßigkeiten erinnern: »semi-living encapsulations capable of diversifying their taste independently, and of creating infinitely new possibilities that cannot be created by nature-born (wild) bananas or microorganisms alone«. ³⁴

Im Hinblick auf den ambivalenten Begriff einer bakteriellen *agency* tritt in diesen Kunststrategien nun eine eigentümliche Gemeinsamkeit hervor: das Anliegen, die angebliche Ausnahmestellung des Menschen als einzig werkzeugherstellendem Agenten zu dekonstruieren und dem menschlichem Können die Fähigkeit einzelliger Organismen entgegenzusetzen, sich selbst und anderes zu organisieren, sich anzupassen, zu entwickeln, zu bewegen, Reize wahrzunehmen und Informationen zu verarbeiten. Bei einer ökologisch geprägten Betrachtung natürlicher *agency* haben Einzeller so an einem »cognitive turn in microbiology« teil, welcher der Tatsache Rechnung trägt, dass »bacteria are purposive agents, and purposive agency is the mark of cognition«. ³⁵ Die nachdrückliche Behauptung der kognitiven Fähigkeiten von Bakterien macht sie zu mehr als einfach nur »biotic systems [that] are analogous to [...] artificial machines: thermodynamic engines, pumps, and information-processing systems. Bacteria are analogous to complex human-made cybernetic systems«, weil

the colony of individuals, the social group, gleans information from the environment. They ›talk‹ with one another, distribute tasks, and convert their collective into a huge ›talk‹ that processes information, learns from past experience, and, we suspect, creates new genes to better cope with novel challenges. ³⁶

34 Telhan: »Biorealize«, S. 81–82.

35 Fulda: »Natural Agency«, S. 70–71.

36 Ben-Jacob u.a.: »Smart Bacteria«, S. 56–57.

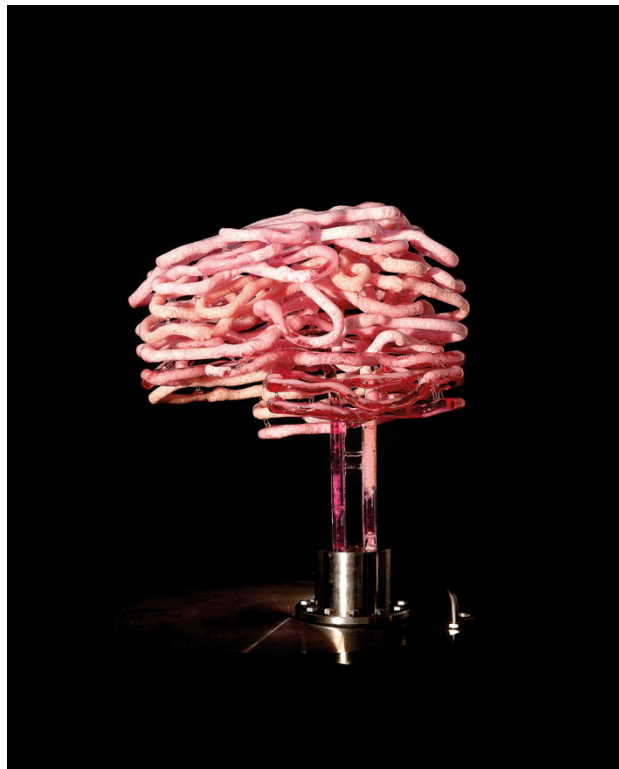


Abbildung 2: Thomas Feuerstein, *Pancreas* (2009), photo by the artist.

Der Künstler Thomas Feuerstein setzt solche bio-philosophischen Überlegungen in seinen Arbeiten material als *Metabole* um – metaphorische und metabolische Prozesse sollen nicht mehr als antagonistisch, sondern als im Zeitalter der Biotechnologie kompatibel gedacht werden. Das Gehirn mit seinem »metabolism of signs and symbols« soll nicht als Ort rein repräsentativer Aktivitäten verstanden werden, sondern auch als Verdauungsorgan – »digestive systems, memory and storage in our brain and in the rest of our body alike« sind als Kooperationspartner zu denken³⁷, insbesondere angesichts heutiger Forschung zur sogenannten Darm-Hirn-Achse. Feuersteins funktionale biotechnologische Skulptur *Pancreas* (2009) (siehe Abbildung 2) trägt dem sprichwörtlich Rechnung. Technisch veränderte Bakterien sind hier die Protagonisten: Sie wurden so modifiziert, dass sie beim Abbau von Zellulose aus zerkleinerten Büchern Glukose gewinnen, mit der dann wiederum menschliche Neuroglia-Zellen ernährt werden und zur Form eines menschliches Gehirns heranwachsen – metaphorisch betrachtet das Zentrum menschlicher Kognition. Doch die Ernährung des künstlichen Gehirns folgt einer strengen Diät und besteht ausschließlich aus Hegels *Phänomenologie des Geistes*. Metabolisch gesehen wird so aus »food for thought« dessen Umkehrung »thought for food«. In *Prometheus Delivered* (2017) (siehe Abbildung 3) verdauen endolithische Mikroben Gestein und scheiden im Gegenzug Nährstoffe für eine organische Skulptur aus, die aus menschlichen Leberzellen wächst: So wird eine

37 Feuerstein/Hauser: »From Metaphors to Metabols«.

für ewige Dauer bestimmte Skulptur metabolisch in ein biotechnologisches Artefakt verwandelt. Feuerstein verwendet chemolithoautotrophe Bakterien, die im Gestein leben können und sich durch Chemosynthese von anorganischem Material ernähren, um zunächst eine Marmorskulptur zu zersetzen (eine Replik des *Prométhée enchaîné* von Nicolas Sébastien Adam aus dem Jahr 1762), die ein Schlüsselsymbol für das kulturelle Erbe des Westens darstellt – der (männliche) Mensch beim Streben nach technisch-wissenschaftlichem Wissen – und um anschließend eine »live(r) sculpture«³⁸ ausbilden zu lassen, die auf die unsterbliche Leber des Prometheus verweist: Das als zentral für Wissen und Leben geltende Organ, das an jedem Tag erneut von einem Adler gefressen wird und jeweils in der darauffolgenden Nacht wieder nachwächst – als »a cautionary symbol to humans of both emancipation and hubris«.³⁹

In diesem Kontext erscheint nun die Bedrohung, die Mikroorganismen für gewöhnlich aus der Sicht der Biokorrosion und der Conservation Studies für das Kulturerbe darstellen, in einem anderen Licht. Auch wenn Bakterien, Algen, Pilze, Cyanobakterien, Moose und Pflanzen Flecken, Krusten, Risse, Patina, Biofilm oder Rost verursachen, so werden Mikroorganismen auf der anderen Seite auch zur Reinigung oder biologischen Entfernung von unerwünschten Substanzen eingesetzt. Und sie helfen sogar, Kulturerbe durch biologische Kalkproduktion zu erhalten, indem sie Tragsubstanzen wie Kalkstein verfestigen.⁴⁰ Künstler beschäftigen sich nur zu gern mit dieser Ambivalenz und paradoxen Anekdoten der Architekturgeschichte. Zum Beispiel wurde die Cyanobakterien-Gattung *Leptolyngbya* als verantwortlich für die Zerstörung der Fresken des Domus Aurea in Rom ausgemacht, eines vom römischen Kaiser Nero um 64 n. Chr. erbauten Palastes.⁴¹ Allerdings ist dafür gleichermaßen auch die Anwesenheit von Menschen ursächlich, da die ständige Beleuchtung der Fresken für die Besucherscharen die rot oder grün pigmentierten fototaktischen *Leptolyngbya* anlockt, die sich zu Lichtquellen hinbewegen. Der Künstler Edgar Lissel benutzt die Bakterien in *Domus Aurea* (2005) deshalb zur Remediation dessen, was sie zerstören: Zunächst fertigt er Fotos von den Fresken an und projiziert das Negativbild auf große rechteckige Platten, die mit einem Agar-Agar-Medium beschichtet sind, das seinerseits mit von den Fresken entnommenen Bakterien beimpft wird. Dann erzeugen die roten *Leptolyngbya* – die ihre fototaktischen Eigenschaften von ihren grünen, fotosynthesisierenden Vorgängern übernommen, in ihrer Entwicklung jedoch zusätzlich die Fähigkeit erworben haben, sich unter Schwachlichtbedingungen heterotroph von Zuckern zu ernähren – mithilfe ihrer Pigmente ein neues Abbild des Freskos, eine Art biologische Sicherheitskopie. Strategisch ähnlich geht Sabine Kacunko an die

38 Adler: Prometheus Delivered, S. 12.

39 Koos: »The Myth of Prometheus«, S. 45.

40 Vgl. Caneva u.a.: Plant Biology for Cultural Heritage.

41 Vgl. Albertano/Grilli Caiola: »Structural and Ultrastructural Characters of a Red Biodeteriorating *Lyngbya* sp. in Culture«.

JENS HAUSER

römische Baugeschichte heran: Sie entnimmt lebende Bakterien und Pilze vom Kolosseum in Rom, darunter auch das gramnegative *Bacillus cereus*, von dem bekannt ist, dass es Gestein verfestigt. Tatsächlich besteht das Baumaterial des Kolosseums vorwiegend aus Travertin, einem porösen terrestrischen Sedimentgestein, das von Bakterien durch biologische Kalkproduktion verfestigt wurde.⁴² In *Invincible* (2015) projiziert Kacunko dann in Echtzeit ein großes kreisförmiges Bild, das den in einer Petrischale kultivierten bakteriellen Biofilm zeigt, auf die Mauern des weltberühmten Kulturerbe-Bauwerks, das dank jenes Biofilms existiert und fortbesteht. Die durch den Stoffwechsel der Bakterien produzierten farbigen Pigmente werfen ein Schlaglicht auf die übersehene Tatsache, dass »the microorganisms protect the monument from destruction caused by harmful environmental influences and thus secure the transmission of our cultural memory«.⁴³ Konzeptuell schließen Kacunkos Arbeiten an Auffassungen in der Mikrobiologie an, dass Bakterien selbst betrachtet werden müssten als »ancient architects« mit der Fähigkeit zum Bau von »highly patterned dwellings« dank ihrer »interspecific sensory and coordinated physiological activity (>consciousness« [...] and >design«) to challenge the preconceived idea that conscious human architecture constitutes an exceptional feature«.⁴⁴



Abbildung 3: Thomas Feuerstein, *Prometheus Delivered* (2017), photo by the artist.

42 Vgl. Ranalli/Sorlini: »Bioremediation«.

43 Kacunko: Sabine Kacunko, S. 9.

44 Krumbein/Asikainen: »Ancient Architects«, S. 63–65.

Auch aus anderen Blickwinkeln wird das Postulat kognitiver Kompetenz von Bakterien gestützt und ergänzt. Durch aktuelle Mikrobiom-Untersuchungen, beispielsweise zur sogenannten Darm-Gehirn-Achse, wird die Trennung von metabolischer und kognitiver Aktivität hinterfragt und die existenzielle Bedeutung der mikrobiellen Diversität für die menschliche Gesundheit betont⁴⁵: für das Lernen, die soziale Interaktion, für Stimmungen und die Idee der Individualität von Menschen an sich – »*Mind the Gut*«⁴⁶ heißt dann auch treffenderweise eine diesen Herausforderungen gewidmete Kunst- und Wissenschaftsausstellung am Medical Museion in Kopenhagen.⁴⁷ Inzwischen thematisiert eine kaum noch überschaubare Zahl von Kunstprojekten den Kontakt des Menschen mit seinen mikrobiellen Gefährten, so etwa Sonja Bäumels *Expanded Self* (2012) als mikrobielles Selbstporträt mittels nicht-menschlicher Lebensformen, bei der Hautmikroben ihres Körpers in großformatigen Petrischalen angezchtet werden. In Jean-François Lapointes Performance *1000 Handshakes* (2014) entstehen durch Interaktion Selbstporträts, *Microbiome Selfies*, die die schrittweise Veränderung »seiner« Mikrobengemeinschaft durch den Handflächenkontakt mit anderen Menschen aufzeigen. Eine weitere Zuspitzung bringt die mikroperformative Installation *Labor* (2019) von Paul Vanouse (siehe Abbildung 4) mit sich, in der menschliche Körper vollständig zum Verschwinden gebracht werden, während stattdessen durch ein komplexes Zusammenspiel mikrobieller Aktivität exakt jener Schweiß-Geruch erzeugt wird, der normalerweise mit menschlicher körperlicher Anstrengung assoziiert wird. Bakterien der Gattungen *Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacterium xerosis* und *Propionibacterium avidum* werden in drei miteinander verbundenen Bio-Reaktoren kultiviert, verstoffwechseln Zucker und Fette und durchtränken schließlich ein vereinsamtes, trägerloses weißes T-Shirt, als nostalgischen olfaktorischen Verweis auf das fortschreitende Verschwinden von Arbeit, Arbeitern und Arbeiterinnen in der uns bekannten Form. *Labor* erzeugt in Zeiten des algorithmischen Finanzmarkt- und Hochfrequenzhandels den Schweißgeruch körperlicher Arbeit nicht als Neben-, sondern als Endprodukt. Die Instrumentalisierung sequenzieller Mikrogesten der industriellen Fließbandarbeit wird hier in eine selbstregulierenden Installation überführt. Sie verkörpert die gesellschaftliche Umstellung von körperlicher Menschen- und Maschinenarbeit hin zu zunehmend herrschenden Formen mikrobieller Fertigung einerseits, und computerisierter Bio-Optimierung andererseits.

45 Vgl. Blazer: Missing Microbes.

46 Vgl. Bencard/Whiteley: »Mind the Gut«.

47 Die Kunst- und Naturwissenschafts-Dauerausstellung *Mind the Gut!* über das Mikrobiom und seine Wechselwirkungen mit Gehirnfunktionen ist seit 2017 zu sehen am Medical Museion in Kopenhagen, an dem der Autor Gastforscher ist.



Abbildung 4: Paul Vanouse, *Labor* (2019), Burchfield Penny Art Center, photo by Tullis Johnson.

Die Rehabilitierung von Bakterien als Medien, als Untersuchungsgegenstand und als Modelle in verschiedenen Fächern der Geisteswissenschaften, die sich zunehmend der Auswirkungen naturwissenschaftlich-technischer geprägter Weltansichten bewusstwerden, zeugt nicht nur von einem allgemeinen Einstellungswandel gegenüber prokaryotischen Einzeller-Organismen innerhalb des Trends hin zu einem post-anthropozentrischen Selbstverständnis in Zeiten bedeutsamer ökologischer Krisen. Sie ist auch ein Hinweis auf die dringende Notwendigkeit hybrider, transdisziplinärer Denkvektoren in einer Zeit, in der die Forschung durch exzessive Hyper-Spezialisierung gekennzeichnet ist. Nach den Paradigmenverschiebungen durch den *linguistic turn*, *performative turn* und *pictorial turn* zeichnet sich nunmehr ein *epistemological turn* ab: Kunst befasst sich nicht länger mit der ästhetischen Transposition nur von Wissen, sondern auch mit der Art, wie Wissen produziert wird. Während die Technikwissenschaften heute selbst mächtige Produzenten ästhetisierter Bilder geworden sind, bedürfen die hier diskutierten künst-

lerische Strategien einer Analyse, die nicht primär auf die Interpretation der Bildebene abzielt, sondern die nach materiellen Medien und erkenntnistheoretischen Zusammenhängen fragt. Phänomene, die ehemals die Form künstlerischer Bilder annahm, werden derzeit in eine Vielfalt von Instanzen der Biomedialität übersetzt, verstreut und fragmentiert – nicht als Mittel zum Zweck, sondern als vollständig integrierte Elemente des ästhetischen Gegenstands. Dadurch, dass zunächst unverbundene Disziplinen und Erkenntnisverfahren zusammengeführt werden, entsteht bei der Vereinigung der Forschungsgebiete, die sich mit Bakterien beschäftigen, eine äußerst fruchtbare erkenntnistheoretische Schnittstelle zwischen Kunst und Wissenschaft.

JENS HAUSER

LITERATUR

- Adler, Sabine (Hrsg.): *Prometheus Delivered*. Thomas Feuerstein, München 2018.
- Albertano, Patrizia/Grilli Caiola, Maria: »Structural and Ultrastructural Characters of a Red Biodeteriorating *Lyngbya* sp. in Culture«, in: *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, Jg. 50-53, 1988, S. 55-57.
- Badura, Michael: »Manifest dem Laubvogel gewidmet«, in: Düsselberg, Klaus Ulrich (Hrsg.): *Michael Badura. Die Eingeweckte Welt und andere Arbeiten aus den Jahren 1966–1977*, Krefeld 1977, S. 33 (zuerst veröffentlicht in: *Bric à Brac*, Barlissen 1967).
- Ben-Jacob, Eshel u.a.: »Smart Bacteria«, in: Margulis, Lynn u.a. (Hrsg.): *Chimeras and Consciousness*, Cambridge, MA 2011, S. 55-62.
- Bencard, Adam/Whiteley, Louise Emma: »Mind the Gut – Displaying Microbiome Research through Artistic Collaboration«, in: *Microbial Ecology in Health and Disease*, Jg. 29, Nr. 2, 2016, 1555433.
- Billerbeck, Sonja/Panke, Sven: »Synthetische Biologie – Biotechnologie als eine Ingenieurwissenschaft«, in: Boldt, Joachim u.a. (Hrsg.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*, Paderborn 2012, S. 19-40.
- Blazer, Martin J.: *Missing Microbes. How the Overuse of Antibiotics Is Fueling Our Modern Plagues*, New York 2014.
- Burnham, Jack: *Beyond Modern Sculpture. The Effects of Science and Technology on the Sculpture of this Century*, New York 1968.
- Caneva, Giulia u.a. (Hrsg.): *Plant Biology for Cultural Heritage. Biodeterioration and Conservation*, Los Angeles 2008.
- Davis, Joe: »Bacterial Radio«, in: Leopoldseder, Hannes u.a. (Hrsg.): *Prix Ars Electronica. CyberArts 2012, Ostfildern 2012*, S. 110-13.
- Davis, Joe: »Microvenus«, in: *Art Journal, Contemporary Art and the Genetic Code*, Jg. 55, Nr. 1, 1996, S. 70-74.
- Debatty, Régine: »The Living Mirror«, Interview mit C-Lab (Laura Cinti und Howard Boland), *We-make-money-not-art*, 2. Oktober 2013, http://we-make-money-not-art.com/the_living_mirror/ (05.03.2021).
- Dunn, Rob: »Painting with Penicillin. Alexander Fleming's Germ Art«, <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/painting-with-penicillin-alexander-flemings-germ-art-1761496/#zx3op7s8frK2e14Z.99>, 11.07.2010.
- Fleming, Alexander: »The Growth of Microorganisms on Paper«, in: Kac, Eduardo (Hrsg.): *Signs of Life. Bio Art and Beyond*, Cambridge, MA 2007, S. 345-346 (zuerst veröffentlicht in: St. John-Brooks, Ralph Terence (Hrsg.): *Report of Proceedings. International Society for Microbiology. Second International Congress for Microbiology*, London 1937).

- Fulda, Fermín C.: »Natural Agency. The Case of Bacterial Cognition«, in: *Journal of the American Philosophical Association*, Jg. 3, Nr. 1, 2017, S. 69-90.
- Feuerstein, Thomas/Hauser, Jens: »From Metaphors to Metabols. Conversation between Thomas Feuerstein and Jens Hauser«, in: Bencard, Adam u.a. (Hrsg.): *Stofsk(r)ifter. Metabolic Machines by Thomas Feuerstein*, Copenhagen 2020, S. 50-57.
- Ginsberg, Alexandra Daisy: »Design Evolution«, in: Ginsberg, Alexandra Daisy/Calvert, Jane/Schyfter, Pablo/Elfick, Alistair/Endy, Drew (Hrsg.): *Synthetic Aesthetics. Investigating Synthetic Biology's Designs of Nature*, Cambridge MA 2014, S. 101-137.
- Hauser, Jens: »Rehabilitating Bacteria. A Contemporary Art/Science Interface«, in: Aldouby, Hava (Hrsg.): *Shifting Interfaces. Presence and Relationality in New Media Arts of the Early 21st Century*, Leuven 2020, S. 193-211.
- Hauser, Jens: »Biomediality and Art«, in: Hediger, Irene/Scott, Jill (Hrsg.): *Recomposing Art and Science: Artists-in-Labs*, Berlin 2016, S. 201-219.
- Hauser, Jens: »Microtransplantations et microperformativité dans l'art vivant«, in: Delaporte, François/Devauchelle, Bernard (Hrsg.): *Les questions de la transplantation*, Paris 2015, S. 151-159.
- Hauser, Jens: *Biotechnologie als Medialität: Strategien organischer Medienkunst*, Ruhr-Universität Bochum 2014 (Diss.).
- Hauser, Jens: »Molekulartheater, Mikroperformativität und Plantamorphisierungen«, in: Stemmler, Susanne (Hrsg.): *Wahrnehmung, Erfahrung, Experiment, Wissen. Objektivität und Subjektivität in den Künsten und den Wissenschaften*, Zürich 2014, S. 173-189.
- Hauser, Jens: »Remediating Still Life, Pencils of Nature and Fingerprints«, in: Cubitt, Sean/Thomas, Paul (Hrsg.): *Relive. Media Art Histories*, Cambridge, MA 2013, S. 275-307.
- Hauser, Jens: »The Grammar of Enzymes«, in: Wim Delvoye. *Cloaca 2000-2007*, Luxembourg 2007, S. 26-35.
- Hauser, Jens/Strecker, Lucie (Hrsg.): »On Microperformativity«, in: *Performance Research*, Jg. 25, Nr. 3, 2020, S. 1-7.
- Heider, Fritz: »Ding und Medium«, in: *Symposion. Philosophische Zeitschrift für Forschung und Aussprache*, Jg. 1, 1926, S. 109-157.
- Hoffmann, Peter G.: »Kunstwesen. Galerie-Notiz aus Graz vom 9.9.1987«, in: Holler-Schuster, Günther (Hrsg.): *Peter Gerwin Hoffmann*, Köln 2007, S. 142-143 (zuerst veröffentlicht in: Krusche, Richard (Hrsg.): *Animal Art*, Graz 1987).
- Hofmann, Werner: »Avantgardistische Skepsisverweigerung. Fortschrittseuphorie in den Lebenswelten der Kunst«, in: Drehsen, Volker/Sparn, Walter (Hrsg.): *Vom Weltbildwandel zur Weltanschauungsanalyse*, Berlin 1996, S. 31-38.

JENS HAUSER

- Kac, Eduardo: »Specimen of Secrecy about Marvelous Discoveries«, in: Eduardo Kac, Ausstellungskatalog, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 2007, S. 92-96.
- Kacunko, Slavko (Hrsg.): Sabine Kacunko. Bacteria, Art and Other Bagatelles, Wien 2016.
- Kaprow, Allan: »The Education of the Un-Artist, Part I«, in: Kelley, Jeff (Hrsg.): Essays on the Blurring of Art and Life, Berkeley 1993, S. 97-109 (zuerst veröffentlicht in: Art News, Jg. 69, Nr. 10, 1971, S. 28-31).
- Koos, Anuschka: »The Myth of Prometheus«, in: Adler, Sabine (Hrsg.): Prometheus Delivered, München 2018, S. 45-47.
- Krumbein, Wolfgang E./Asikainen, Celeste A.: »Ancient Architects«, in: Margulis, Lynn u.a. (Hrsg.): Chimeras and Consciousness, Cambridge, MA 2011, S. 63-70.
- Landecker, Hannah: »Microcinematography and the History of Science and Film«, in: Isis, Jg. 97, 2006, S. 121-132.
- Lippard, Lucy R.: Six Years. The Dematerialization of the Art Object from 1966 to 1972, New York 1973.
- Moreira, Ines: »Why Decon at petit CABANON?«. Galerie-Mitteilung aus dem November 2007, veröffentlicht im Rahmen der Ausstellung von Marta de Menezes im petit CABANON in Porto vom 17. November 2007 bis 10. Januar 2008.
- Porath, Erik: »Begriffsgeschichte des Mediums oder Mediengeschichte von Begriffen? Methodologische Überlegungen«, in: Müller, Ernst/Schmieder, Falko (Hrsg.): Begriffsgeschichte der Naturwissenschaften. Zur historischen und kulturellen Dimension naturwissenschaftlicher Konzepte, Berlin 2008, S. 253-72.
- Ranalli, Giancarlo/Sorlini, Claudia: »Bioremediation«, in: Caneva, Giulia u.a. (Hrsg.): Plant Biology for Cultural Heritage. Biodeterioration and Conservation, Los Angeles 2008, S. 340-46.
- Sarasin, Philipp: »Die Visualisierung des Feindes. Über metaphorische Technologien der frühen Bakteriologie«, in: Sarasin, Philipp u.a. (Hrsg.): Bakteriologie und Moderne. Studien zur Biopolitik des Unsichtbaren 1870–1920, Frankfurt a.M. 2007, S. 427-461.
- Schult, Hans-Jürgen: BIOkinetische SITUATIONEN, Ausstellungskatalog, Städtisches Museum Leverkusen, 1969.
- Telhan, Orkan: »Biorealize. Microbial Design Studio and Bananaworks«, in: Familiar, David/Hauser, Jens (Hrsg.): WETWARE. Art – Agency – Animation, Irvine, CA 2016, S. 80-89.
- Thacker, Eugene: Biomedia, Minneapolis 2004.