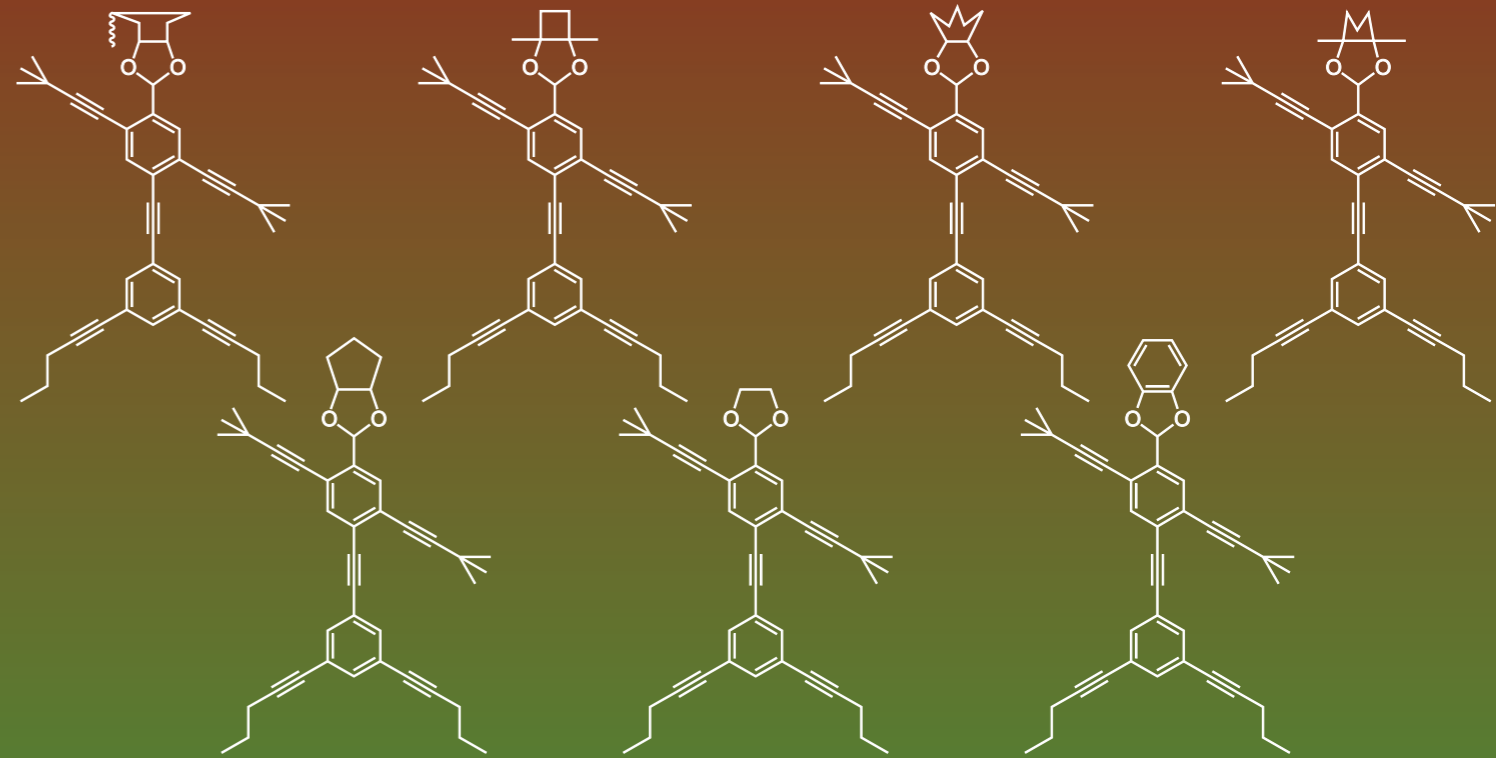
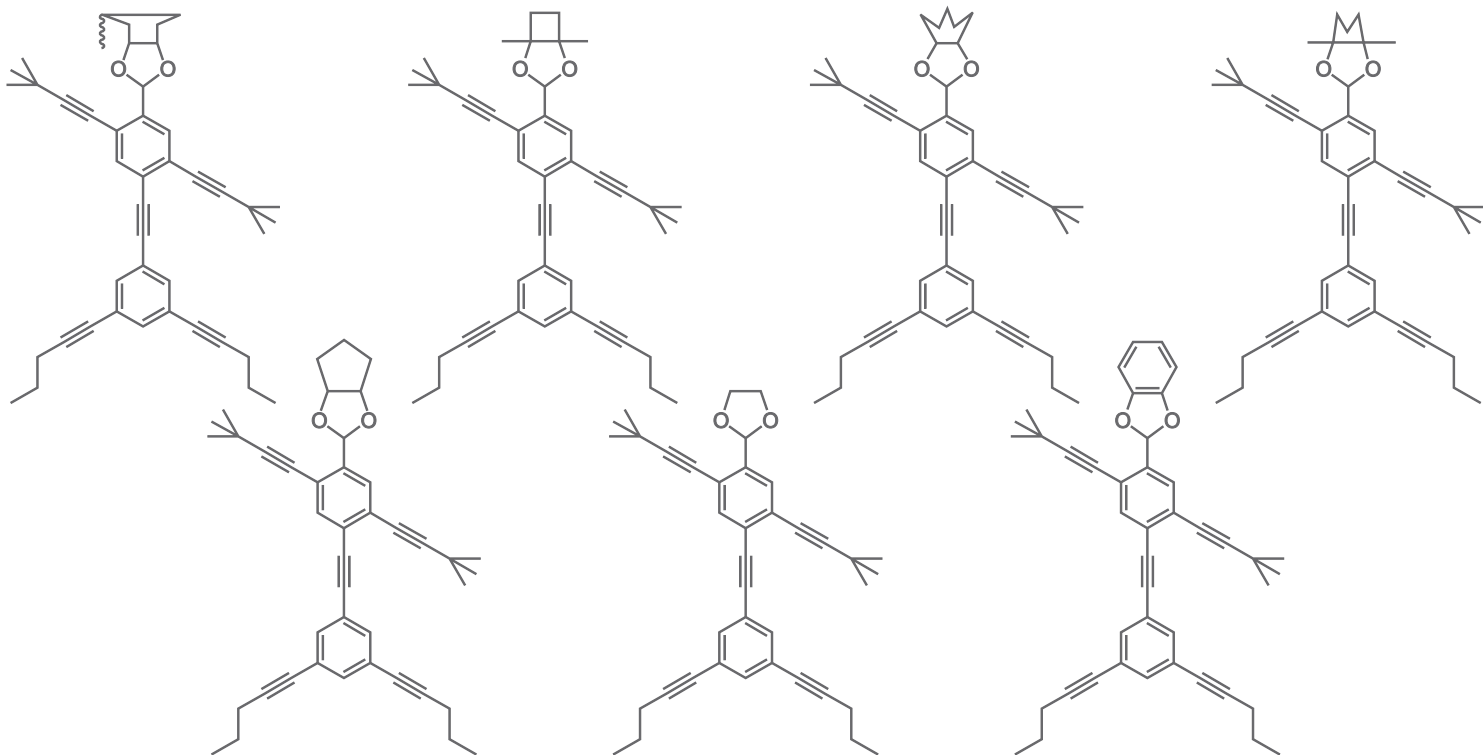


# synth-ethic



# synth-ethic

14. mai bis 26. juni 2011



## inhaltsverzeichnis

Adam Brown | 10

13 | Paul Vanouse

Roman Kirschner | 16

19 | Rachel Armstrong

Art Orienté objet | 22  
(Marion Laval-Jeantet &  
Benoît Mangin)

25 | Tuur van Balen

Joe Davis | 28

31 | Andy Gracie

James Tour & | 34  
Stephanie Chanteau

37 | The Tissue Culture  
and Art Project  
(Oron Catts & Ionat Zurr)

*table of contents*

## *vorwort*

Die Biowissenschaften haben in den letzten Jahren und Jahrzehnten eine rasante Entwicklung durchlaufen. Neben der Entschlüsselung des Erbgutes von Tieren und Pflanzen konnte im „Human Genome Project“ schließlich auch das menschliche Erbgut bestimmt werden. Und mittlerweile ist es sogar möglich, die Erbinformation von ausgestorbenen Lebewesen zu analysieren. In der Biotechnologie und in der Medizin werden Gensequenzen von Bakterien, Pflanzen und Tieren verändert, um neue pharmazeutische Produkte herzustellen und Krankheiten zu bekämpfen. Durch die Veränderung genetischer Information kann man beispielsweise aber auch Zellen oder ganze Tiere zum Fluoreszieren bringen, was in der Wissenschaft zum Verständnis biochemischer Reaktionen dient, in der Kunst aber auch zu ästhetischen Zwecken Verwendung gefunden hat. Schnitt man schon seit tausenden von Jahren Bäume und Sträucher so zurecht, dass sie beim Wachstum bestimmte ästhetische Formen ausbildeten, und züchtete Tiere, die bestimmte Schönheitsideale erfüllen sollten, so verwenden heute Künstler die Mittel der Biologie und Biochemie, und sogar der noch in den Kinderschuhen steckenden synthetischen Biologie, um Kunstwerke zu schaffen. Diese verfolgen heute nicht mehr reine Schönheitsideale, sondern werfen Fragen nach dem Sinn und der Ethik derartiger Werkzeuge und Prozesse auf. Doch die grundlegendste Frage, mit der sich Naturwissenschaftler und Künstler dabei auseinandersetzen, ist die Frage nach der Entstehung des Lebens. Schon die Definition „Was ist Leben?“ hat Humanisten und Philosophen seit langer Zeit beschäftigt, und so ist es durchaus legitim, dass nun auch Künstler aus ihrer Perspektive diese Frage mit Mitteln der Naturwissenschaft betrachten. Diese Herangehensweise zwischen Kunst und Biologie bietet ein neues und interessantes Spannungsfeld – auch in Hinblick auf Fragen der Ethik – dem sich das Naturhistorische Museum im zweiten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts nicht verschließen will. Wir hoffen, dass unsere Besucher durch diese spannende Ausstellung, deren Bedeutung sich vielleicht nicht beim ersten, sondern möglicherweise erst beim zweiten Hinsehen erschließt, zum Nachdenken angeregt werden.

Univ.-Prof. Dr. Christian Köberl  
Generaldirektor, Naturhistorisches Museum

## *foreword*

The biological sciences have undergone rapid development in recent years and decades. Having deciphered the genetic information of plants and animals, scientists then turned their attention to our own species, culminating their efforts in the Human Genome Project. In the meantime, we have developed the capability to ascertain the genetic information of even extinct life forms, while our advanced biotechnological and medical knowledge has made it possible to modify the genetic information of bacteria, plants and animals to create new pharmaceuticals and cure diseases. But altering the genetic make-up of cells or even entire organisms can give them, for example, fluorescent qualities, which make them useful in the scientific study of biochemical reactions, or which, alternatively, lend them aesthetic value in the arts. Just as we have, for thousands of years, cut back and directed the growth of shrubs and trees to suit our aesthetic sensibilities, or bred animals to fulfill certain ideals of beauty, so, today, artists use the tools of biology and biochemistry, including those of the emerging discipline of synthetic biology—to create works of art, which do not primarily follow the impulses of beauty but instead raise questions about the meaning and ethical dimension of these tools and processes. And the most fundamental question facing natural scientists and artists, alike, is that of the origins of life. Indeed, the definition of “life” is a question that has preoccupied humanists and philosophers for millennia. It is only legitimate, then, that artists, too, should take up this inquiry from their own vantage point and, themselves, employ the methods of natural science. This rapport between art and biology opens up a new and fascinating field of tension—including ethics—to which the Natural History Museum in this, the second decade of the 21<sup>st</sup> century, prefers not to turn a blind eye. On the contrary, we hope to provoke our visitors to reflection with this intriguing exhibit, whose meaning may not be apparent at first but perhaps at second glance.

Univ.-Prof. Dr. Christian Köberl  
General, Natural History Museum Vienna

## synth-ethic

### Kunst und Synthetische Biologie

Die Synthese ist immer schon Sache der Kunst gewesen. Das Zusammenfügen und Collagieren von disparaten Elementen zur Schaffung neuer Bildwerke, Metaphern, Sinneserfahrungen oder ästhetischen Genres geht aber auch einher mit einer Neugier auf neue Gestaltungsmittel der jeweiligen Epoche. Besonders „nah am Leben“ sind heute Künstler die seit einigen Jahren Labormethoden und Biotechnologien zweckentfremden und lebendige Systeme modifizieren. Da scheint die neu ausgerufene Disziplin der Synthetischen Biologie nun sehr gelegen zu kommen, will diese doch bestehende Organismen nicht nur verändern, sondern „Leben“ von Grund auf neu *designen*. Nicht von Lebewesen ist hier fortan mehr die Rede, sondern von Bauteilen, Schaltkreisen und Systemen. Ingenieurs-Rhetorik wird auf die Biologie übertragen. Diese neuen Dimensionen des technischen *Handeln-Könnens* erfordern auch eine neue ethische Hinterfragung des gesellschaftlichen *Handeln-Sollens*. Die Ausstellung *synth-ethic* zeigt Perspektiven menschlicher Interventionen in der Biotechnologie, sowie unsere daraus resultierende Verantwortung. Künstler machen sich auf ihre Weise diese Techniken zueigen, blicken über den Tellerrand des Neuigkeitswahns und des ökonomischen Sachzwangs hinaus, und untersuchen Spannungsfelder zwischen Molekularbiologie und Ökologie, Architektur und Biochemie, Technik und Natur, Kybernetik und Alchemie.

Einerseits verspricht die Synthetische Biologie potentiell nützliche Anwendungen für die Zukunft. Biologische Systeme sollen z.B. ermöglichen Information zu speichern, neue Materialien zu fabrizieren, umweltschonend Energie zu erzeugen, oder verträglichere Medikamente zu entwerfen. Viele Forschungsrichtungen konvergieren hier: Bei der *DNA-Synthese* wird genetische Information chemisch hergestellt und in fremde Zellen transplantiert; mit *DNA-basierten biologischen Schaltkreisen* stattet man Empfänger-Organismen mit neuartigen Funktionen aus; bei Forschungen zum *Minimalorganismus* versucht man, sich auf reine Überlebensfähigkeit reduzierte Einheiten zunutze zu machen; *Protozellen*, Vorstufen zellulärer Lebensformen, sollen aus leblosen chemischen Substanzen hergestellt werden; und als *Xenobiologie* werden funktionale biologische Systeme konstruiert, die in der Natur – noch – nicht vorkommen und mit dieser auch nicht interagieren sollen.

Andererseits werden jene Entwicklungen von Schlagzeilen begleitet wie „Künstliches Leben geschaffen!“, „Zweite Schöpfung im Labor!“ oder „Forscher spielt Gott!“ – spätestens seit der amerikanische Wissenschaftsunternehmer Craig Venter 2010 pressewirksam die Synthese eines kompletten und funktionierenden Bakteriengenoms publik gemacht hat. Anders als in der „toten“ Chemie und Physik scheint uns in der Biologie, wo es in erster Linie um die *Analyse* der Gesetzmäßigkeiten des Lebendigen geht, die Vorstellung einer *Synthese* Bauchschmerzen zu bereiten. In der Synthetischen Biologie wird versucht den Erkenntnisgewinn aus der Analyse für die Synthese

im Namen praktischer Nutzbarkeit anzuwenden. Manche sehen im Synthetisieren sogar den Ritterschlag des Wissens schlechthin und zitieren das Ingenieurs-Mantra des amerikanischen Physikers Richard Feynman: „*Was ich nicht erschaffen kann, verstehe ich nicht.*“ Aber ist der Nachbau oder die Konstruktion von etwas Neuem schon der Beweis, dieses auch vollständig verstanden zu haben? Verstehen wir wirklich, was wir konstruiert haben? Haben wir eine Chance ethisch zu handeln? Wenn Kant einst seinen kategorischen Imperativ „Handle so, als ob die Maxime deiner Handlung durch deinen Willen zum allgemeinen Naturgesetze werden sollte“ als *Naturgesetzformel* für jeden einzelnen verfasste, können wir heute selbst im gesellschaftlichen Kollektiv wirklich noch die Folgen technischen Handelns absehen?

Hier kommt die Kunst ins Spiel wie in *synth-ethic*. Sie inszeniert und regt zum Nachdenken an, wie der Mensch selbst die Folgen der von ihm strapazierten Naturgesetze ökologisch zu spüren bekommt, vielleicht in der Biosphäre sogar überflüssig wird angesichts seiner neuen Kreaturen. Wie vielleicht das Tier die durch des Menschen Technologien hervorgerufenen Krankheiten heilen hilft. Wie wir den Stellenwert von Tieren und Pflanzen von ihrem Nutzen für uns, statt für die gesamte Ökologie, abhängig machen. Wie angesichts technischer Allmachtsfantasien Schöpfungsmythen und Erzählungen wie vom Golem oder Pygmalion nun sprichwörtlich als „halb-lebendige“ Sorgen heranwachsen. Wie genetisch programmierte Bakterien Radios – oder Protozellen Architekturen wachsen lassen. Wie der Mensch auch den kleinsten von ihm manipulierten Sphären von organisierter Materie seinen Drang nach Anthropomorphisierung einschreibt. Wie schon die Kybernetik ein ideales Gleichgewicht zwischen konstruierten Systemen und deren Selbstregulation anstrebte. Wie die Rede von einer Synthetischen Biologie keine neue US-amerikanische Erfindung ist, sondern zurückgeht auf die „Biologie Synthétique“, die der französische Biologe Stéphane Leduc bereits 1910 prägte. Er verglich das Wachstum von Kristallformen mit dem Entstehen organischer Lebensformen und dachte die Synthese von Lebensphänomenen im Grenzbereich zwischen Anorganischem und Organischem durch das Kombinieren der elementarsten Bausteine zu erreichen. Ist Synthese überhaupt „unnatürlich“? Synthetisiert nicht auch die Seidenraupe?

„Was soll ich tun?“ lautete Kants Frage nach dem richtigen moralischen Handeln, und diese Frage hat nichts von ihrer Aktualität verloren. Zwischen Kunst und Technowissenschaft wirft die Ausstellung *synth-ethic* Fragen auf, die weit über das Dilemma zwischen Ablehnung oder Akzeptanz eines emergenten und rasch in Mode gekommenen Forschungsbereiches hinausgehen.

Jens Hauser und Markus Schmidt

## synth-ethic

### Art and Synthetic Biology

*Art has always involved synthesis. Uniting disparate elements, putting them into a collage to create new works, metaphors, sensory experiences, or aesthetic genres, however, is also inherent to a curiosity, present in every epoch, for finding new ways of creating with new expressive media. Those contemporary artists, who in recent years have begun to employ laboratory methods and biotechnology for their own purposes in new contexts and to modify living systems, are particularly “close to life”. Here, it would seem, the newly declared discipline of synthetic biology is well-suited to the task, seeking, as it does, not only to modify existing organisms but to design “life” anew, from the ground up. Yet, this biological science is not concerned with living beings but rather with components, circuits, and systems. The language of engineering has been shifted to biology. These new dimensions to our technical ability to act, however, call for a new ethical engagement concerning the question of how and whether we should act simply because we can. The exhibition **synth-ethic** offers perspectives on human intervention in biotechnology and the responsibility that arises with it. Artists appropriate these technologies for their own purposes, see through the mania of novelty and beyond the constraints of economics to examine the areas of tension between molecular biology and ecology, architecture and biochemistry, technology and nature, cybernetics and alchemy.*

*On the one hand, synthetic biology promises useful applications for the future. Biological systems, for example, may enable the storage of information, the fabrication of new materials, the production of environmentally-friendly energy, or the design of medications better tolerated by the body. The discipline merges the interests of numerous fields of research: In DNA synthesis, genetic information is chemically produced and transplanted into foreign cells; with DNA-based biological circuits receptor-organisms can be equipped with new functions; research on minimal organisms attempts to find uses for biological units reduced to their minimal functions necessary for survival; protocells, early stages of cellular life forms, can be produced out of lifeless chemical substances; and xenobiology constructs functional biological systems not-yet-existent in nature and not intended to interact with it.*

*On the other hand, at least since the American scientist-entrepreneur Craig Venter’s effective press campaign making public his synthesis of a completely functional bacteria genome in 2010, such scientific development is accompanied by headlines such as, “Artificial Life Created!”, “Second Creation in Laboratory!”, or “Scientist plays God!” In contrast to “dead” chemistry and physics, apparently the idea of synthesis in biology, which primarily deals with the analysis of the laws of life, makes us feel uncomfortable. Synthetic biology seeks to take the knowledge gained from analyzing and use it to synthesize for the sake of practical, useful applications. Some even see synthesis as the ultimate achievement of knowledge, citing the engineer-mantra of American physicist Richard Feynman, “What*

*I cannot create, I do not understand” (1988). But is the reconstruction or creation of something new really evidence that we have completely understood something? Do we truly understand what we have created? Is it even possible to act ethically? If Kant formulated his categorical imperative for every individual, “So act that your principle of action might safely be made a law for the whole world,” as a universal law of nature, can we today even in the social collective really foresee the consequences of our technological behavior?*

*This is where art comes in, as in **synth-ethic**. It stages, performs and provokes us to reflect on how humans themselves come to feel the ecological consequences of the natural laws they have pushed to the limit, perhaps to the point even of becoming superfluous in the biosphere, given the new creatures they create; how animals may help to cure diseases caused by human technology; how the value we place on animals and plants is in the end dependent upon their usefulness to us, rather than on a view of ecology as a whole; how in the context of our fantasies of technological omnipotence, creation myths and narratives, such as the Golem and Pygmalion, now literally grow as “half-living” concerns; how genetically-programmed bacterial radios revert the bioengineering paradigm; how protocells enable the growth of architectural structures; how humans ascribe their need to anthropomorphize even to the smallest of spheres of organized matter they can manipulate; how cybernetics already sought to achieve the ideal balance between constructed systems and their self-regulation; how talk of synthetic biology is not a recent U.S. American invention but dates back, instead, as early as 1910 to “Biologie Synthétique,” shaped by the French natural scientist Stéphane Leduc. He compared the growth of crystal formations with the creation of organic life forms and sought to achieve the synthesis of living phenomena in the grey area between the inorganic and organic by combining the most basic components. Is synthesis actually “unnatural”? Doesn’t the silk worm synthesize too?*

*“What should I do?” is Kant’s question regarding correct moral behavior. This question has lost none of its timeliness for us. Between art and techno-science, the exhibition **synth-ethic** poses questions reaching far beyond the dilemma of our acceptance or rejection of an emerging field of research which has quickly become fashionable.*

*Jens Hauser and Markus Schmidt*

Adam Brown

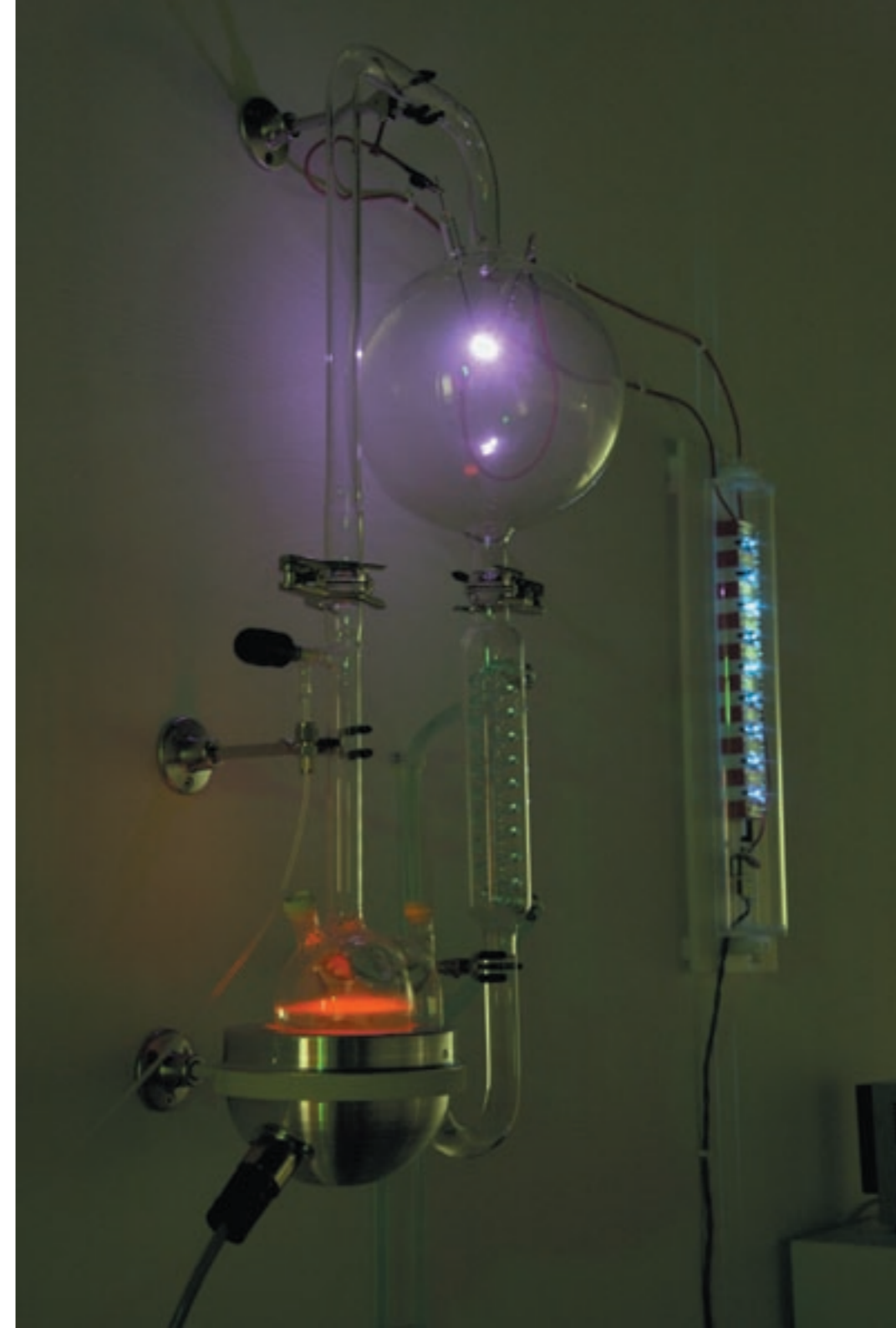
## Origins of Life: Experiment #1.4

Könnte auf der Erde heutzutage noch Leben neu entstehen? Diese Frage wird oftmals im Zusammenhang mit der Entstehung des Lebens gestellt – die Antwort der Wissenschaft darauf ist eigentlich “nein”. Chemiker, die sich mit der Ursuppe des Lebens beschäftigen, meinen, dass der Sauerstoff in der heutigen Atmosphäre diejenigen Reaktionen verhindern würde, die zur spontanen Generierung sogenannter präbiotischer Moleküle wie Aminosäuren oder Nukleinsäuren nötig sind. Die performative Kunstinstallation *Origins of Life: Experiment #1.4*, die der Künstler Adam Brown zusammen mit dem Physiologen Robert Root-Bernstein und der Atmosphären-Chemikerin Maxine Davis von der Michigan State University entwickelt hat, ist ein Miniaturmodell der Erde als Live-Experiment. Wird es bestätigen, dass auf der Erde wirklich kein Leben neu entstehen könnte, oder wird es eine andere, unerwartete Antwort liefern?

*Origins of Life: Experiment #1.4* ist eine Weiterentwicklung von Adam Brown's früheren Installationen seiner *Origins of Life*-Serie, in welchen er die berühmten Ursuppen-Experimente von Stanley Miller and Harold Urey an der Universität Chicago in den 1950er Jahren rekonstruierte. Diese Experimente simulierten die chemische und energetische Situation der frühen Erde vor etwa 4 Milliarden Jahren und brachten in der Synthese eine Reihe von organischen Molekülen hervor, die für die Entstehung des Lebens von zentraler Bedeutung waren. Auch Adam Brown gelang die Herstellung solcher Moleküle in seinen ästhetischen und direkt für das Publikum erfahrbaren Galerie-Experimenten, die dem Besucher vor Augen führen, dass alle Organismen und alles Leben das Produkt einer natürlichen Synthese sind.

Während die frühe Atmosphäre im Experiment von Miller und Urey aus Methan, Ammoniak, Wasserstoff und entmineralisiertem Wasser(dampf) bestand, verwendet *Origins of Life: Experiment #1.4* nun die Gase der heutigen Atmosphäre – Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid) – und welche einer Serie von hochenergetischen Blitzentladungen ausgesetzt werden. Die Installation simuliert auch die heutigen Ozeane und enthält Meerwasser mit den darin vorkommenden Mineralien wie Natrium, Chlor, Kalzium, Schwefel und Kalium, sowie Kalziumkarbonat und Kalziumphosphat, welche Bestandteile von Kalk, Kalkspat, Marmor und Apatit sind. Die Ergebnisse des Experiments sind schwer vorherzusehen: wäre es nicht doch möglich, dass auch in der heutige Atmosphäre noch Moleküle für die Entstehung von Leben synthetisiert würden?

Adam Brown ist ein konzeptioneller Künstler dessen kreative Forschungsarbeit Kunst und Wissenschaft verbindet und Robotik, Molekularchemie und neue Technologien kombiniert. Seine Arbeiten präsentieren sich in Form von Installationen, interaktiven Objekten, Videos, Performances und Fotografie.



Adam Brown

## Origins of Life: Experiment #1.4

*Could life still be originating on earth today? This is a question asked by many. The standard answer is "no." Origins-of-life chemists assert that the oxygen in the current atmosphere would prevent the reactions necessary to produce prebiotic molecules such as amino acids and nucleic acids. Origins of Life: Experiment #1.4, developed by artist Adam Brown in collaboration with physiologist Robert Root-Bernstein and atmospheric chemist Maxine Davis at Michigan State University, is a performative art installation that stages a miniature model of the earth today as a live experiment. Will the common assumption prove true or false in this public laboratory setting?*

*Origins of Life: Experiment #1.4 is a further development of Adam Brown's earlier installations of his Origins of Life series in which he re-enacted the famous experiments carried out by Stanley Miller and Harold Urey at the University of Chicago in the 1950s. Their setting simulated the chemical and energetic conditions of the early earth, 4 billion years ago, resulting in the production of a number of organic molecules necessary for the origin of life. Likewise, Adam Brown succeeded in obtaining similar molecules in his aesthetic and sensual gallery installations, reminding visitors that all organisms and all biology are the product of a natural synthesis.*

*While the early atmosphere simulated by Miller and Urey consisted of methane, ammonia, hydrogen and heated de-ionized water, subjected to electric sparks, Origins of Life: Experiment #1.4 now also integrates currently existing gases such as nitrogen, oxygen and carbon dioxide to drive the reactions. The display also reflects the presence, today, of large oceans and thus contains seawater rich in sodium, chlorine, calcium, sulfur and potassium. It further includes minerals such as calcium carbonate and calcium phosphate, representing lime, calcite, marble and apatite. The outcomes are unpredictable – will unexpected molecules indeed be synthesized?*

*Adam Brown is a concept-driven artist whose creative research incorporates art and science hybrids that include robotics, molecular chemistry and emerging technologies. His works take the form of installations, interactive objects, videos, performances and photography.*

Paul Vanouse

## Latent Figure Protocol

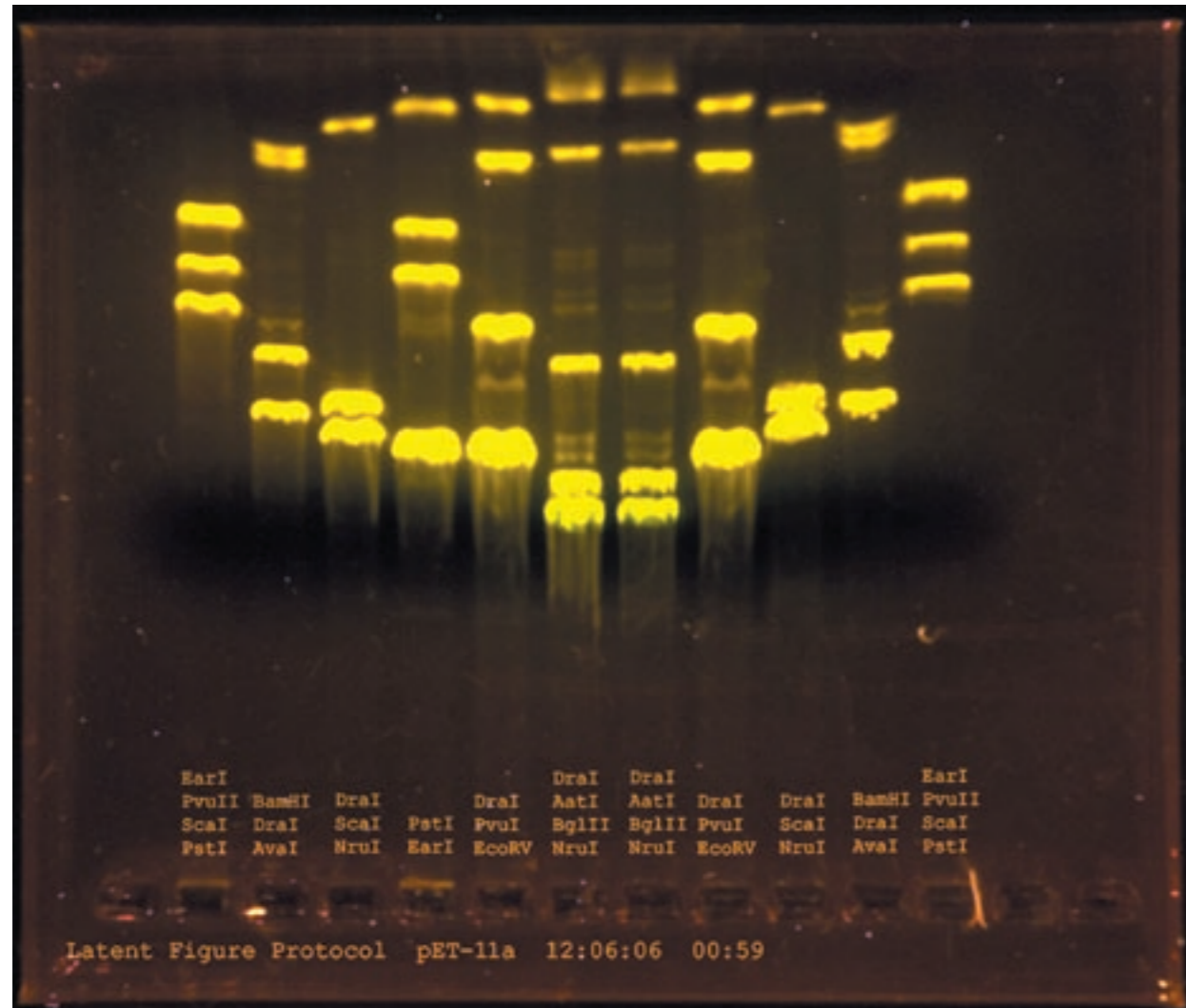
Die Motive des *Latent Figure Protocol (LFP)* sind Manipulationen sogenannter „genetischer Fingerabdrücke“. Sie basieren auf der Sichtbarmachung der Bandenmuster im Prozess der Gelelektrophorese, die gewöhnlich bei DNA-Analysen angewandt wird. Vanouse nutzt die *analytische* Labor-Methode jedoch subversiv *synthetisch*. Das Verfahren wird zweckentfremdet, indem statt der üblichen abstrakten Muster einer *unbekannten* DNA-Probe hier aus *bekannter* DNA die resultierenden Bandenmuster gezielt gesteuert werden und dabei signifikante Motive entstehen wie ID, 01, das ©-Symbol, Henne und Ei, oder das Piratenzeichen „Skull & Crossbones“. So demonstriert Vanouse die technische Konstruiertheit dieser vermeintlich von Mutter Natur höchstpersönlich in unsere Körper eingeschriebenen biologischen Personalausweise. Die Bandenmuster werden als Motiv durch die molekularbiologische Vermessung im Sequenzgel der Gelelektrophorese hervorgebracht und sind vor allem das Resultat des experimentellen Protokolls mit seinen Enzymen, Primern und Molekularsonden. Vanouse will damit die Autorität des vorgeblich objektiven DNA-„Finger-Abdrucks“ untergraben und durch den Status eines subjektiven Portraits ersetzen. Denn genau genommen ist der „genetische Fingerabdruck“ kein vorgefundener und analysierter *Abdruck* wie der Fingerabdruck in der klassischen Daktyloskopie, muss auch nicht vom Finger stammen, sondern ist eine manipulierte Körper-*Spur* aus Blut, Speichel, Sperma oder Hautzellen, die per Labor-Protokoll synthetisiert wird. Vanouse weist darauf hin, wie unkritisch hingenommene Floskeln wie jene vom „genetischen Fingerabdruck“ sich ins kollektive Bewusstsein einbrennen. Legt nicht der zeitgenössische Gen-Fetischismus die Idee einer von Natur aus gegebenen Vorbestimmtheit nahe, und zementiert er damit nicht auch gesellschaftlich fragwürdige Klischees und Vorurteile?

Paul Vanouse arbeitet interdisziplinär zu komplexen Hintergründen neuer Technowissenschaften, welche er selbst als sachkundiger Amateur zweckentfremdet, sei es in interaktiven Installationen, biologischen Experimenten oder *Electronic Cinema*-Projekten. Vanouse lehrt Bildende Kunst an der University at Buffalo, New York.



Paul Vanouse

## Latent Figure Protocol



*The motifs of the Latent Figure Protocol (LFP) are manipulations of so-called “genetic fingerprints.” They are based on making visible the banding patterns created by gel electrophoresis, the process that is employed in DNA analysis. Vanouse subversively uses analytic laboratory methods for synthesis. Here, the process is used to create figurative images from a known DNA sample instead of the customary abstract patterns from an unknown DNA sample, so that significant motifs, such as ID, OI, the copyright symbol, the chicken and the egg, or the “skull & crossbones” pirate design, emerge. The artist demonstrates the technological constructedness of the biological identity cards supposedly inscribed into our bodies by mother nature herself. The abstract banding patterns brought forth by the DNA separation and imaging technology called gel electrophoresis are, however, equally as much the result of the particular enzymes, primers, and molecular probes employed in the experimental protocol. Vanouse thus wants to downgrade the scientific authority of the allegedly objective DNA fingerprint to the status of a subjective portrait. To be precise, a “genetic fingerprint,” as opposed to a found and analyzed dactyloscopic fingerprint, is not an imprint, needn’t come from the finger, but rather is a manipulated trace of the body in the form of blood, spit, sperm or skin cells, which has been synthesized through standard laboratory procedures. Vanouse reveals how such uncritically accepted turns of phrase as “genetic fingerprinting” become engraved in the public mind as infallible markers of identity. Yet, does not contemporary gene fetishism, as an argument for natural predetermination, rather serve to cement questionable social clichés and prejudices?*

*Paul Vanouse is an interdisciplinary artist whose work addresses the complex issues raised by new techno-sciences by deploying them within a practice of informed amateurism, unfolding as interactive installations, biological experiments or electronic cinema. Vanouse is an Associate Professor of Visual Studies at the University at Buffalo, New York.*

## Roots

*Roots* ist eine zyklische Skulptur, ein sich selbst formendes und komponierendes Kristallobjekt in einem Aquarium. Dieses fungiert als ein traumartiger Bildschirm, der einem alten persischen Bild nachempfunden ist: einem Busch auf dem Köpfe wachsen. In einer grünbraunen Flüssigkeit verzweigen sich langsam und stetig schwarze Eisenkristalle, deren Strukturen schwarzen Korallen oder Nervenzellen gleichen. Dabei bilden sich dicke Wolken, die über der Szene schweben. Bläschen steigen wie Quallen nach oben. Äste brechen ab, sinken auf den dunklen Boden und beginnen sich aufzulösen. Auf den Ruinen des Zerfalls beginnt erneutes Wachstum, welches auch akustisch erfahrbar ist. Doch beruhen die selbstorganisierenden Prozesse in *Roots* auf einem ausgeklügelten technischen Design und auf programmiertem Stromfluss, der durch Software und Hardware in Gang gesetzt, aber nicht völlig kontrolliert wird. Durch das ganze Gefüge wird Elektrizität gepulst. Sie ist der Schlüssel zur stetigen Transformation. Wachstum verändert den Stromfluss. Und geänderter Stromfluss verändert das Wachstum.

Roman Kirschners Installation materialisiert mehrere Prinzipien, die in den Vorläufern der Synthetischen Biologie mit ihrem Konzept von programmierbaren Schaltkreisen und biologischen Informationsmodulen eine zentrale Rolle spielten. Zum einen verwendet *Roots* ein Modell des britischen Kybernetikforschers Gordon Pask, der in den 1950er Jahren versuchte, einen chemischen Computer zu bauen auf Basis von Eisenkristallen, die sich in einer Eisenoxidlösung unter Einfluss von Strom bilden und dadurch eigenständig immer neue Schaltungen entwickeln sollten. Zum anderen spielt Kirschners dynamische Kristall-Genese auf eine Zeit Anfang des frühen 20. Jahrhunderts an, als das Wachstum von Kristallformen oft mit dem Entstehen organischer Lebensformen verglichen wurde. So sah beispielsweise der französische Naturwissenschaftler Stéphane Leduc, der vor hundert Jahren erstmals den Begriff einer „Biologie Synthétique“ prägte, starke Ähnlichkeiten zwischen Kristallformen, Pflanzenwachstum und Zellgewebe. Leducs Anliegen war, zur Synthese von Lebensphänomenen genau den Grenzbereich zwischen dem Anorganischen und dem Organischen zu untersuchen, um durch das Kombinieren der elementarsten Einheiten und deren Evolution so irgendwann „Leben“ synthetisieren zu können. *Roots* übersetzt jene Visionen in eine be-törend poetische Materialität.



Der österreichische Künstler Roman Kirschner beschäftigt sich nach seinem Studium der Philosophie, der Kunstgeschichte und Audiovisuellen Kunst mit materiellen Transformationsprozessen, die er in Mikrouniversen aus Ton, Bild und physikalischer Stofflichkeit inszeniert.

Roman Kirschner

## Roots

*Roots is a cyclical sculpture, a self-forming and composing crystal object in an aquarium, which takes on the qualities of a dream-like screen based on an old Persian myth about a bush that sprouts heads. Slowly and steadily, black crystals, whose structures resemble coral or nerve cells, branch out. Bubbles ascend like jellyfish. Branches break off and sink to the dark bottom, where they begin to dissolve and become thick clouds hovering over the scene. Audibly perceptible new growth begins on the ruins of the decomposition. Yet, the self-guided processes in Roots are based on an intelligent technical design and a regulated electrical current, set in motion by soft and hardware but not entirely controlled by it. Electricity is pulsed through the whole sculpture. It is the key to the constant transformation. Growth changes the flow of the current. The modified flow changes the growth.*

*Roman Kirschner's installation materializes numerous principles central to the precursors of synthetic biology and their concept of programmable circuits and biological information modules. In fact, Roots employs a model of British cyberneticist Gordon Pask, who in the 1950s attempted to build a chemical computer on the basis of iron crystals formed in an iron-oxide solution under exposure to electrical current and which were, thus, to independently develop ever new circuitry. Too, Kirschner's dynamic crystal genesis alludes to a time in the early 20<sup>th</sup> century when the growth of crystal formations was often compared to the origins of organic life forms. Thus, for example, the French natural scientist, Stéphane Leduc, who formed the notion of "synthetic biology" for the first time some 100 years ago, saw strong resemblances among crystal formations, plant growth and cell tissues. For the synthesis of living phenomena, Leduc was concerned with studying precisely that grey area between the inorganic and the organic, in order, at some point, to synthesize "life" through the combination of the most basic units and their evolution. Roots translates those visions into a beguilingly poetic materiality.*

*Austrian artist Roman Kirschner studied philosophy, art history, and audiovisual arts. He is most interested in material processes of transformation and creates micro-universes from images, sounds and physical materialities.*

Rachel Armstrong

## Living Chemistry & A "Natural History" of Protocells

Die Installation *Living Chemistry* zeigt die Entstehung von Vorläufern, oder auch Modellen von lebenden biologischen Zellen, die durch das komplexe Zusammenspiel nicht-lebendiger chemischer Substanzen durch die Interaktion zwischen Öl und Wasser geformt werden. Solche sogenannten Protozellen können sich aufgrund chemischer Interaktion selbst bewegen, mit der Umwelt interagieren und komplexe Verhaltensweisen entwickeln, die für den Besucher sichtbar sind. Die Installation zeigt einen designten Protozellen-Stoffwechsel, der durch die gezielte Auswahl bestimmter chemischer Substanzen ermöglicht wird. In diesem aus drei Ebenen bestehenden System werden Wassertröpfchen in eine Ölphase eingebracht, wodurch lebensähnliche Eigenschaften zu beobachten sind, die durch den chemischen Prozess der „Verseifung“ an der Schnittstelle von Wasser und Öl zustande kommen. Zusätzlich enthält die Lösung Salze zur besonderen Farbgebung und erinnert so an eine Art animierten Kristallgarten.

Protozellen weisen einige physikalisch-chemischen Eigenschaften lebender Organismen auf, sind allerdings „noch nicht lebendig“ und werden oft als das fehlende Glied zwischen der unbelebten frühen Erde und den ersten Lebewesen im Evolutionsprozess angesehen. Solche protoplasmatischen, aus leblosen chemischen Substanzen hergestellten Strukturen, wurden bereits im 19. Jahrhundert von Otto Bütschli in seinen *Untersuchungen über Strukturen* (1898) beobachtet. Im Kontext der synthetischen Biologie rücken Protozellen heute allerdings wieder aus anderen Gründen ins Zentrum des Interesses. Während es mittlerweile möglich ist, Zellen mit einem gänzlich synthetischen Genom funktionstüchtig zu machen, bleibt die große Herausforderung dennoch, eine ganze Zelle zu synthetisieren und damit die kleinste Einheit des Lebens künstlich herzustellen, welche dann auch genetischen Schaltungen als „Chassis“ dienen könnte.

Ein chemisches Protozellensystem wird auch im Kurzfilm *A "Natural History" of Protocells* von Rachel Armstrong und Michael Simon Toon ästhetisch inszeniert. Anders als in lebenden Organismen, wo lebenswichtige Funktionen vor allem innerhalb der Zelle stattfinden, sieht man lebensähnliche Funktionen der Protozellen hier an deren Außenseite und Oberfläche stattfinden. Öl-Moleküle reagieren in einer stark alkalischen Umwelt (hoher pH Wert), was zur Bildung sich bewegnender kristalliner Mikrostrukturen führt. Darüber hinaus suggerieren Untertiteln einen ständigen Dialog zwischen diesen Einheiten. Diese hypothetischen emotionalen Geschichten spiegeln das menschliche Verlangen wider, selbst die kleinsten Einheiten des „Lebens“ durch eine anthropomorphe Brille zu sehen.

Rachel Armstrong betreibt Kollaborationen zwischen Wissenschaft, Kunst und Architektur. Sie ist Ko-Direktorin von AVATAR (Advanced Virtual and Technological Architectural Research) und arbeitet zu Architektur und Synthetischer Biologie an der University of Greenwich in London. Ihre Forschungstätigkeiten beschäftigen sich mit einem neuen Zugang zu Baumaterialien und zur Herstellung einer „lebendigen Architektur“, die Eigenschaften lebender Systeme auf großmaßstäbliche Konstruktionen zu übertragen sucht.

Rachel Armstrong

## Living Chemistry & A “Natural History” of Protocells

*The installation Living Chemistry shows the formation of precursors, or models of living cells formed by the innate, complex chemistry of molecules existing at the interface between oil and water. Due to chemical interactions these so-called protocells are able to move around, sense their environment, and exhibit complex behaviours observable to viewers. Here, a protocell metabolism has been designed and engineered through the considered selection of the chemicals involved. The three panels on display contain a system where a water-based droplet in an oil phase exhibits life-like properties by virtue of so-called saponification occurring precisely at the oil/water interface. Furthermore, the chemistry is given a rich jewel-like appearance by the addition of the coloured salts, revealing a new kind of animated crystal garden.*

*Protocells share some of the physical-chemical properties of living organisms; they are “not yet alive” but are considered the missing link between the barren early earth and the first living organisms in evolution. Such protoplasmatic structures, created directly from their constituent lifeless chemicals, were studied already in the 19th century, prominently by Otto Bütschli in his *Untersuchungen über Strukturen* (1898). But in the context of today’s synthetic biology, protocells are becoming a central interest for other reasons. While attempts to make cells function with a totally synthetic genome have been successful, it still remains a great challenge to actually synthesize the cell itself as the basic unit of life and have it serve, then, as a “chassis” for genetic circuits.*

*A chemical protocell system is also aestheticized in the short film A “Natural History” of Protocells by Rachel Armstrong and Michael Simon Toon. Unlike in biology, where the life enabling functions are taking place primarily inside the cell, here, the life-like properties of the simple chemical protocell system are observable at the surface of the droplet. Oil molecules react with a strongly alkaline environment, giving rise to the emergence of moving crystalline microstructures. Subtitles suggest an ongoing dialogue between those entities, developing hypothetic emotional narratives that stress the human desire to see even the smallest units of “life” through an anthropomorphic lens.*

*Rachel Armstrong conducts collaborations between the arts, sciences and architecture. She is Co-Director of AVATAR (Advanced Virtual and Technological Architectural Research) in Architecture & Synthetic Biology at the University of Greenwich in London. Her research investigates a new approach to building materials called “living architecture” which seeks to apply the properties of living systems to large-scale constructions.*



## Art Orienté objet (Marion Laval-Jeantet & Benoît Mangin)

### *Que le cheval vive en moi*

Die Performance *Que le cheval vive en moi* (Auf dass das Pferd in mir lebe) ist ein extremes medizinisches Selbstexperiment einer Blutsbrüderschaft über die biologischen Artengrenzen hinweg, mit dem das französische Duo Art Orienté objet mehr ökologische Verantwortung des Menschen einfordert, der durch seine Technologien zunehmend andere Tiere und Pflanzen instrumentalisiert. Dazu hat sich die Künstlerin Marion Laval-Jeantet selbst zum klinischen „Versuchskaninchen“ gemacht und sich über viele Monate hinweg Pferde-Immunoglobuline (im Blutserum zirkulierende Eiweiße) injiziert, und eine progressive Toleranz gegen diese tierischen Fremdkörper entwickelt. So konnte ihr dann im Februar 2011 Pferdeblutplasma mit dem gesamten Spektrum von Fremd-Immunoglobulinen gespritzt werden ohne einen anaphylaktischen Schock zu provozieren. Dabei sollten die Pferde-Immunoglobuline die Schutzmechanismen ihres eigenen menschlichen Immunsystems passieren, sich über den Blutkreislauf mit ihren körpereigenen Proteinen verbinden und in dieser Synthese auf alle wesentlichen Körperfunktionen einwirken. Die Immunoglobuline steuern als biochemische Botensubstanzen zum Beispiel Drüsen und Organe im endokrinen System. Dieses ist aber auch eng an das Nervensystem gekoppelt, sodass die Künstlerin während und in den Wochen nach der Performance nicht nur einen veränderten physiologischen Rhythmus sondern auch einen veränderten Bewusstseinszustand von gesteigerter Sensibilität und Nervosität erlebte. Nach der Transfusion vollführte Marion Laval-Jeantet auf Stelz-Prothesen ein Kommunikations-Ritual mit dem Pferd, bevor ihr Hybridblut abgenommen und gefriergetrocknet wurde. Die riskante Aktion spielt auf die Möglichkeit an, über Fremdimmunoglobuline als therapeutischen „Booster“ möglicherweise Autoimmunkrankheiten zu heilen, wobei, wie die Künstler sagen, „das Tier zur Zukunft des Menschen wird.“ Als radikales Experiment, dessen Langzeitwirkungen nicht absehbar sind, hinterfragt Art Orienté objet mit *Que le cheval vive en moi* die anthropozentrische Grundhaltung, die unserem Technikverständnis innewohnt. Statt nach „Homöostase“, dem physiologischen Gleichgewicht, zu streben, hat das Duo mit dieser Performance gewollt einen Prozess einer „synthetischen *Transi-stase*“ angestoßen, in dem einzig die Veränderung und die Anpassung konstant sind. Die Performance schreibt auch die Mythologie des Zentauren fort, jenes Mischwesens aus Mensch und Pferd, und das als „Tier im Menschen“ die Antithese des Reiters symbolisiert der als Mensch das Tier beherrscht.



Das französische Künstlerduo Art Orienté objet (Marion Laval-Jeantet & Benoît Mangin) richtet seine Projekte seit 1991 auf die Umweltproblematik und auf speziesübergreifende Beziehungen aus, wobei wissenschaftliche Methoden und Instrumentarien gleichzeitig angewandt und kritisch hinterfragt werden.

Art Orienté objet (Marion Laval-Jeantet & Benoît Mangin)

## Que le cheval vive en moi

*The performance Que le cheval vive en moi (May the horse live in me) is an extreme, medical self-experiment with a blood-brotherhood beyond species boundaries. With this performance the French duo Art Orienté objet calls for greater ecological responsibility from humans, whose technologies increasingly instrumentalize other animals and plants. The artist Marion Laval-Jeantet has turned herself into a proverbial "guinea pig," allowing herself to be injected over the course of several months with horse immunoglobulins (glycoproteins that circulate in the blood serum, and which, for example, can function as antibodies in immune response) and thus developing a progressive tolerance to these foreign animal bodies. In February 2011, having built up her tolerance, she was able to be injected with horse blood plasma containing the entire spectrum of foreign immunoglobulins, without falling into anaphylactic shock—the intention being that the horse immunoglobulins would by-pass the defensive mechanisms of her own human immune system, enter her blood stream to bond with the proteins of her own body and, as a result of this synthesis, have an effect on all major body functions. Immunoglobulins are biochemical messengers that control, for example, the glands and organs of the endocrine system, which is also closely tied to the nervous system, so that the artist, during and in the weeks after the performance, experienced not only alterations in her physiological rhythm but also of her consciousness, which were characterized by heightened sensibility and nervousness. After the transfusion, Marion Laval-Jeantet, on stilts, performed a communication ritual with a horse before her hybrid blood was extracted and freeze-dried. This risky undertaking alludes to the possibility of healing autoimmune diseases using foreign immunoglobulins as therapeutic "boosters." Here, as the artists maintain, "the animal becomes the future of the human." As a radical experiment whose long-term effects cannot be calculated, Que le cheval vive en moi questions the anthropocentric attitude inherent to our technological understanding. Instead of trying to attain "homeostasis," a state of physiological balance, with this performance, the artists sought to initiate a process of "synthetic transi-stasis," in which the only constant is continual transformation and adaptation. The performance represents a continuation of the centaur myth, that human-horse hybrid which, as "animal in human," symbolizes the antithesis of the rider, who as human dominates the animal.*

*The French duo Art Orienté objet (Marion Laval-Jeantet & Benoît Mangin) has been creating works concerned with the environment, trans-species relationships and the questioning of scientific methods and tools since 1991.*

Tuur van Balen

## Pigeon d'Or

In *Pigeon d'Or* werden Tauben zum Schauplatz und Interface der Anwendung von synthetischer Biologie im urbanen Raum. Tuur van Balen's Projekt will Tauben zum Defäkieren von Seife bringen! Dazu wird der Stoffwechsel von Darmbakterien, die natürlich im Verdauungstrakt der Tauben vorkommen, verändert. Mit synthetischer Biologie werden neue Funktionen zur städtischen Desinfektion entworfen, und zwar gerade für jene Tiere, die für gewöhnlich abschätzig als „fliegende Ratten“ bezeichnet werden. In Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftler James Chappell hat der Künstler Darmbakterien genetisch verändert, sodass sie, wenn sie über die Nahrung ins Verdauungssystem der Tauben gelangen, deren Kot in biologische Seife verwandeln. Die Bakterien wurden mithilfe sogenannter „Biobricks“, also genetischer Bauteile aus dem Katalog der standardisierten biologischen Komponenten des MIT, erzeugt. Eines dieser „Biobricks“ verringert den pH-Wert des *Bacillus subtilis*, ein weiteres lässt es das Fett abbauende Enzym Lipase herstellen.

Dieses Kunstprojekt beleuchtet sowohl auf der Mikro- als auch auf der Makroebene ethische, politische, Umwelt- und Sicherheits-Fragen der synthetischen Biologie. Werden wir uns plötzlich sogar um die Gesundheit der Saubermach-Tauben sorgen, obwohl wir sie eben noch als Schädlinge reuelos im Park vergiften wollten? Werden wir Tauben anders behandeln wenn sie als Nützlinge unsere Autos reinigen? Und wie gefährlich ist es Produkte der synthetischen Biologie in die Umwelt freizusetzen?

Van Balen hat zwei funktionale Objekte entwickelt: Das eine ist eine architektonische Vorrichtung, durch welche die Tauben Teil des Museumsraums werden. Der am Fenster angebrachte Taubenschlag soll die Fütterung der Tauben ermöglichen und diese damit indirekt aufwerten, sodass sie zur Säuberung der Stadt Wien beitragen können. Das zweite Objekt ist eine Vorrichtung für parkende Autos, auf der Tauben landen können um ihre reinigende Notdurft über der Windschutzscheibe zu verrichten.

Tuur Van Balen verbindet seine Designobjekte und Interventionen zu erzählerischen Fiktionen um die politischen Auswirkungen neuer Technologien auf unser alltägliches Leben zu hinterfragen. Seit 2008 verknüpft er nun auch die Welten des Designs mit der Welt der synthetischen Biologie. Er ist auch Lehrbeauftragter am Royal College of Art in London.

Tuur van Balen

## Pigeon d'Or



*Pigeon d'Or proposes the use of pigeons as a platform and interface for synthetic biology in an urban environment. Tuur van Balen's project attempts to make them defecate soap! By modifying the metabolism of bacteria naturally occurring in the gut of pigeons, synthetic biology allows to add new functionality to animals commonly seen as vermin and "flying rats," turning them into tools for urban disinfection. In collaboration with James Chappell, the artist has designed a special bacteria that, when fed to pigeons, turns their faeces into a biological window soap. It has been created using "biobricks", standardized genetic building blocks collected in the Registry of Standard Biological Parts set up by the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in 2003. One "biobrick" lowers the pH level in Bacillus subtilis, the other makes it express lipase, a grease-digesting enzyme.*

*This both micro and macro scale art project addresses the ethical, political, environmental and safety-related consequences of synthetic biology. Will we suddenly care for the manipulated pigeon's health – while usually trying to poison them without remorse? Will we treat pigeons differently once they become useful for cleaning our cars? Is it dangerous to release products of synthetic biology into the environment?*

*Van Balen has designed two functional objects: The first one is an architectural contraption by which pigeons potentially become part of the museum space. The pigeonry, attached to the museum windowsill, allows the pigeons to be fed and thus indirectly enhanced to clean the city of Vienna. The second artefact is an interface for parked automobiles, allowing pigeons to land and defecate soap on the windscreen.*

*Tuur Van Balen uses design objects, interventions and narratives to explore the political implications of emerging technologies in our everyday lives. Since 2008, he has been working on bringing design into the world of synthetic biology and vice versa. He is also a visiting tutor at the Royal College of Art in London.*

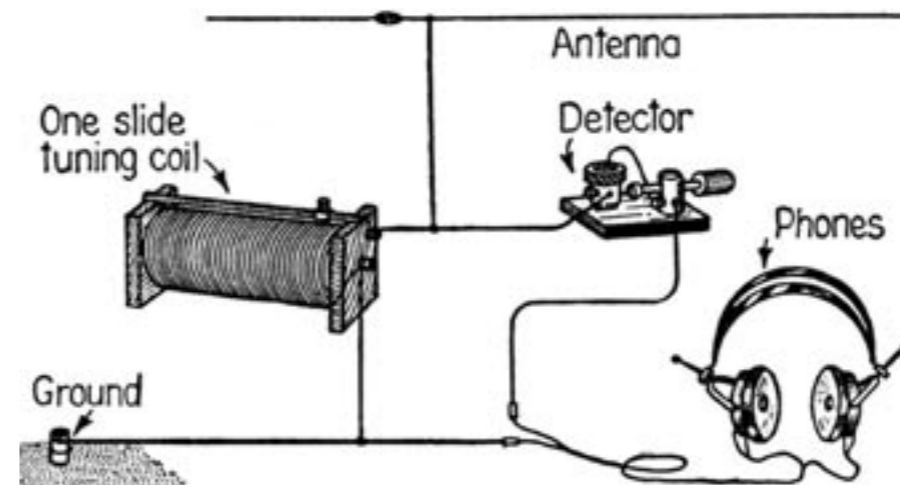
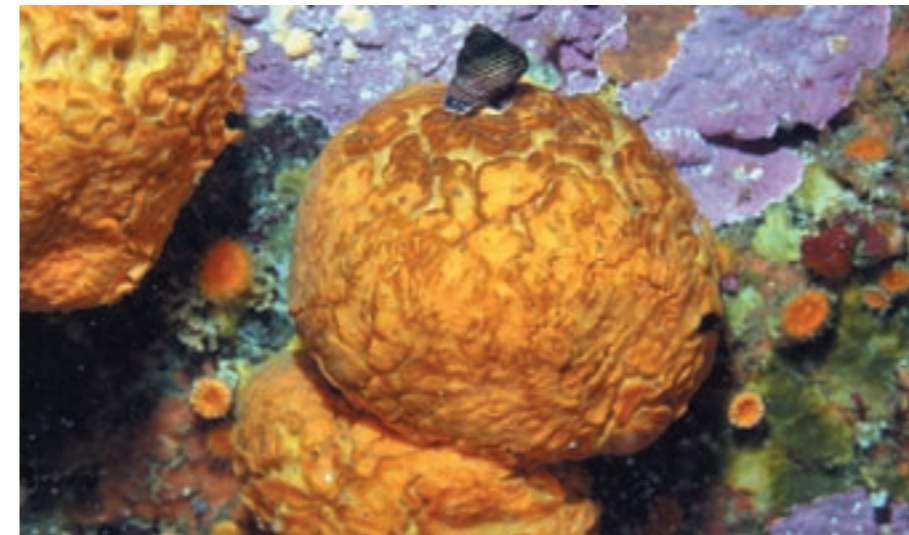
Joe Davis

## Bacterial Radio

*Bacterial Radio* besteht aus auf Glas gewachsenen elektrischen Schaltkreisen die von genetisch modifizierten Bakterien hergestellt wurden. Diese Bakterien produzieren spezielle leitfähige Platin- und Germanium-Verbindungen. In Zusammenarbeit mit Ido Bachelet und Tara Gianoulis von der Harvard Medical School in Boston verwendet Joe Davis hier Bakterien, bei denen eine Genvariante des auch Meerorange genannten Bovisten-Schwamms *Tethya aurantia* eingeschleust wurde, und die genutzt werden um elektrische Leiterplatten in Petrischalen und auf Mikroskop-Glasplättchen wachsen zu lassen. Das eingebrachte Gen kodiert für ein spezielles Protein (Silikatein) das normalerweise für den Aufbau des Bio-Glas-Skeletts des Schwamms – das sind die unzähligen kleinen Siliziumoxid-Nadeln die dem Schwamm sein Stabilität verleihen – zuständig ist. Varianten dieses Gens wurden dahingehend optimiert, dass die Proteine nun in der Lage sind auch andere Substanzen, insbesondere metallische Leiter und Halbleiter wie Germanium, Titandioxid, oder Platin, anzureichern. Für dieses *Bacterial Radio* wurden gentechnisch veränderte Bakterien mit nicht-leitenden Metallsalzen in Verbindung gebracht, und dann mittels licht-induzierter Steuerung aktiviert um elektrisch leitende Schaltkreise herzustellen. Die hier ausgestellten bakteriellen Radios sind mit einer Antenne und einem Kopfhörer verbunden, so dass die Besucher damit Mittelwellen-Radio hören können.

Mit der Verwendung des Proteins Silikatein in *Bacterial Radio* verweist Joe Davis auf die weitverbreitete Verwendung von Silizium-basierten Produkten in der Telekommunikation. Dabei verballhornt er ironisch aber auch die in der synthetischen Biologie verwendete Schaltkreis-Metapher. Denn wenn in dieser Disziplin versucht wird Ingenieursprinzipien auf die Biologie anzuwenden, so wendet Davis hier biologische Prinzipien auf das elektronische Ingenieurswesen an. Verweisen Wissenschaftler und Ingenieure beim Bau „genetischer Schaltkreise“ aus standardisierten biologischen Bauteilen und Systemen gern auf die Erfolge in der Halbleiterelektronik, so argumentieren Kritiker hingegen, dass Lebewesen zu komplex sind, um wie elektrische Schaltkreise konstruiert zu werden.

Joe Davis ist Künstler und Forscher am Department of Biology des Massachusetts Institute of Technology (MIT) und am Department of Genetics der Harvard Medical School. Seine künstlerischen und wissenschaftlichen Arbeiten umfassen so unterschiedliche Felder wie Molekularbiologie, Bioinformatik, Laser, Raumfahrt und Skulptur; und Medien wie Zentrifugen, Radios, Glas, Prothesen, Magnetfelder, sowie genetisches Material.





Joe Davis

## Bacterial Radio

Bacterial Radio exhibits several bacterially-grown platinum/germanium electrical circuits (crystal radios) on glass substrates. Joe Davis, in collaboration with Ido Bachelet and Tara Gianoulis from Harvard Medical School in Boston, used bacteria altered with variants of a gene from orange marine puffball sponges (*Tethya aurantia*) to plate electronic circuits on Petri dishes and microscope slides. This gene codes for a protein – silicatein – that normally forms *Tethya aurantia*'s glass skeleton, its tiny, glass, needle-like spicules composed of silicon and oxygen. Variants of this gene have now been optimized to plate metallic conductors and semiconductors including germanium, titanium dioxide, platinum and other materials. Here, genetically-modified bacteria are embedded in non-conductive materials containing metal salts, and then optically induced to plate specific, electrically conductive circuits. These Bacterial Radios on display are connected to high impedance telephone headsets, antennae and ground, so that visitors may use them to actually listen to AM radio broadcasts.

Using the gene silicatein for his Bacterial Radio, referring to the pervasive use of silicon-based products for telecommunication devices, Joe Davis takes the underlying metaphors literally, and ironically reverses the main goal of synthetic biology by applying biological principals to electronic engineering, instead of vice versa. While synthetic biologists attempt to create "genetic circuits" made out of standard biological parts, devices and systems, frequently citing electronic engineering as their most favorite metaphor, critics argue that living organisms are too complex to be designed and constructed like electronic circuits.

*Joe Davis is an artist and researcher in the Department of Biology at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge and the Department of Genetics at Harvard Medical School in Boston. His research and art include work in the fields of molecular biology, bioinformatics, lasers, space science and sculpture, using media reaching from centrifuges, radios, glass, prosthetics and magnetic fields to genetic material.*

Andy Gracie

## Autoinducer\_Ph-1

*Autoinducer\_Ph-1* ist ein halb-synthetisches Ökosystem, das Szenarien durchspielt, wie die Anpassung natürlicher Organismen an künstlich geschaffene Lebensbedingungen – und andersherum – durch Evolution vonstatten gehen könnte. Biologische, elektro-robotische und Computing-Prozesse ermöglichen die Interaktion zwischen einem künstlichen Bakterium – einem auf Software und Robotik aufbauendem Techno-Organismus – und drei biologischen Hauptakteuren: Reispflanzen, dem Schwimmpflanz Azolla und dem Cyanobakterium *Anabaena*. Die Installation nimmt traditionelle asiatische Reisanbaumethoden als Ausgangspunkt, bei denen das Schwimmpflanzgewächs *Azolla* als organischer und stickstoffreicher Dünger für Reisfelder dient. Andy Gracie macht daraus nun ein komplexes und vernetztes Laboratorium, das den heutigen Landwirtschaftstechniken und der zunehmend maschinellen Natur von Ökosystemen entspricht.

*Autoinducer\_Ph-1* untersucht und beeinflusst die Symbiose zwischen dem Schwimmpflanz *Azolla* und dem Cyanobakterium *Anabaena*, welche ihrerseits das Wachstum des ovalen *Oryza sativa*-Reisfelds in der Galerie positiv beeinflusst. Von den organischen Hauptakteuren werden mithilfe von Gas-Sensoren Daten gewonnen und an das künstliche, Software-basierte Bakterium weitergeleitet, welches auch wieder mit dem organischen System interagiert, sei es symbiotisch oder parasitisch. Durch dieses Interface ist das synthetische Bakterium nun völlig in das Ökosystem integriert und hat auf dieses einen ebenso großen Einfluss wie die echten Organismen. Wenn nun das synthetische Bakterium dieses Verhältnis als ein symbiotisches „auffasst“, dann sendet es an seine Roboterarme Befehle aus, *Azolla* abzuschöpfen und als Nährstoff dem Reis zuzuführen. Wird das Verhältnis nun aber als parasitisch interpretiert, so stoppt der Roboterarm die Zulieferung. Darüber hinaus sind die Roboterarme selbst evolutionär lernfähig, neue Bewegungen zu vollführen. In Abhängigkeit von den gewonnenen Umwelt-Daten drücken sie den Gesamtzustand des Systems in Ballet-artigen Bewegungen aus, je nachdem was sie an ökologischen Daten erhalten. Der Künstler Andy Gracie rechnet damit, dass die natürlichen Vertreter in diesem halb-synthetischen Ökosystem sich evolutionär an das künstliche Bakterium anpassen werden, wenn es über mehrere Generationen ausgetestet wird.

Andy Gracie arbeitet disziplinenübergreifend und mischt Installationen, Robotik, audiovisuelle Medien und biologische Methoden. Seine Werke schaffen Austauschsituationen zwischen natürlichen und künstlichen Systemen, und in denen sich neue emergente Handlungen entwickeln.



Andy Gracie

## Autoinducer\_Ph-1

*Autoinducer\_Ph-1 is a semi-synthetic ecosystem that explores the question of how the evolutionary adaptation of natural organisms to artificially-created living entities might happen, and vice versa. It consists of biological, electro-robotic and computing processes, thus staging a permanent interaction between an artificial bacteria, a techno-organism based on software and a robotic system, and three organic protagonists: rice, Azolla fern, and the cyanobacteria Anabaena. The installation takes traditional rice cultivation techniques from Asia, where the water fern Azolla is used as an organic, nitrogen rich fertilizer in rice paddies, as its starting point. Andy Gracie turns them into a complex networked laboratory mirroring contemporary agricultural techniques and the increasingly machinic nature of ecosystems.*

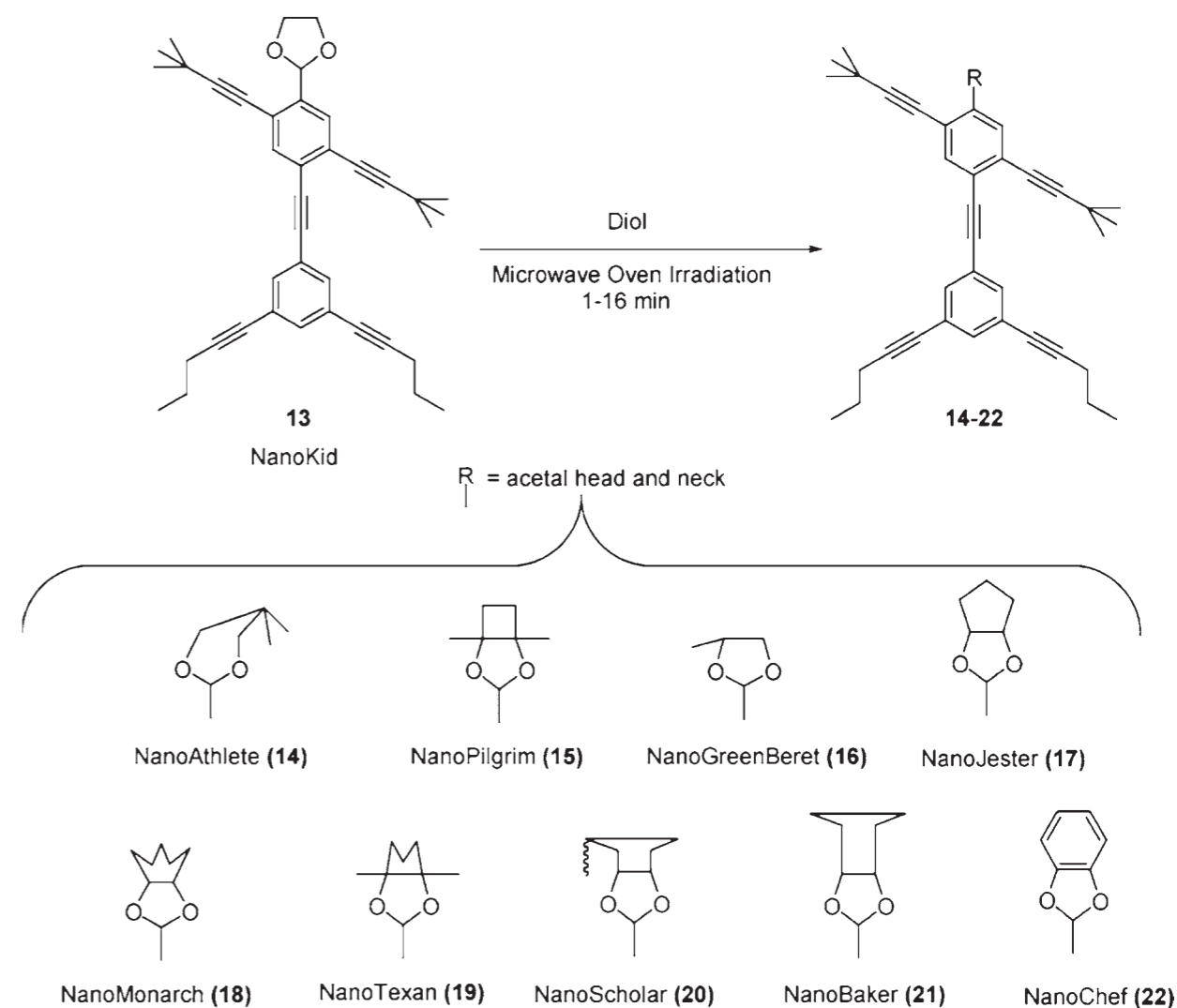
*Autoinducer\_Ph-1 probes into and interferes with the symbiosis between the water fern Azolla and the cyanobacteria Anabaena, which helps grow the oval Oryza sativa rice field in the gallery. An information system with gas sensors captures data about the relationships between the organic protagonists of the installation, and sends them to an artificial, software-based bacteria that then interacts with them either symbiotically or parasitically. Through this interface, the synthetic bacteria is fully integrated into the ecosystem and exerts an equal influence on the system's equilibrium as the real organisms. If the core of the system "understands" the relationship as symbiotic, it will instruct its robotic arms to begin to scoop out Azolla and deliver it to the rice. If the relationship is interpreted as being more parasitic, the arms will withhold the delivery. The robotic arms are also capable of evolving new expressive movements, based on the ecological data they receive – ballet-like movements which express the state of the system as a whole. Artist Andy Gracie expects that, if maintained for several generations, the natural proponents of this semi-synthetic ecosystem will evolutionarily adapt to the artificial bacteria.*

*Andy Gracie works across various disciplines including installation art, robotics, sound, video and biological practice. His works create situations of exchange between natural and artificial systems which allow new emergent behaviours to develop.*

## NanoPutians

Die Methoden der chemischen Synthese erlauben das Nonplusultra an Miniaturdesign, können aber gleichzeitig diejenigen Strukturen und organische Formen hervorbringen, die uns am vertrautesten sind: jene die dem Menschen ähnlich sind. James Tour und Stephanie Chanteau nennen ihre anthropomorphen Moleküle *NanoPutians*, die den Liliputanern in Jonathan Swifts Klassiker *Gullivers Reisen* nachempfunden sind. Jede einzelne der zehn Fläschchen ist von unvorstellbar großen Populationen von *NanoPutians* mit jeweils unterschiedlichen Köpfen bevölkert. Ein paar Milligramm dieser Substanz enthalten bereits mehrere hundert Trillionen dieser zwei Nanometer großen anthropomorphen Moleküle auf Kohlenstoffbasis. Man erhält sie durch die zunächst getrennte Synthese des Ober- und Unterkörpers, die dann an der „Taille“ zusammengefügt werden und einem konvergenten synthetischen Prinzip folgen: Die Chemiker sprechen in der Tat von Kopf, Nacken und Beinen, wenn sie diese chemische Genese von Molekülen durchführen, deren Formeln dann Tätigkeiten wie Tanzen, Arbeiten oder Kochen zum Ausdruck bringen.

Tour und Chanteau starteten ihre *NanoPutians* als ein pädagogisches Projekt an der Schnittstelle zwischen Kunst und Wissenschaft. Unterhalb des Molekular-Bereiches gibt es keine vorstellbare Einheit zur Schaffung von Architekturen, welche Bindungsaktivitäten zwischen einzelnen Bausteinen hervorbringen. Von genau diesem Größenbereich sind synthetische Chemiker grundsätzlich gefesselt, aber sie können ihre Faszination nur selten mit dem Laien teilen. Für das breite Publikum sind chemische Formeln meist schwer zugängliche Abstraktionen, die in komplexen Algorithmen ausgedrückt werden – außer wenn Moleküle makroskopischen Objekten ähneln, beispielsweise sphärischen Fullerenen wie dem  $C_{60}$ -Molekül. Die *NanoPutians* zeigen aber auch das menschliche Bedürfnis, unseren technischen Kreationen Lebensattribute zuzuschreiben, und metaphorisch unseren Anthropozentrismus selbst im mikroskopischen Bereich der chemischen Synthese oder der synthetischen Biologie zu verankern.



James M. Tour und Stephanie Chanteau Maya sind synthetisch-organische Chemiker, die gleichzeitig Projekte pädagogischer Breitenwirkung betreiben. James Tour ist Professor für Chemie, Computerwissenschaften, Maschinenbau und Werkstoffkunde an der Rice University in Houston/Texas; er ist spezialisiert auf Nanotechnologie. Stephanie Chanteau Maya promovierte 2003 in Organischer Chemie an der Rice University und ist seitdem als Ingenieurin für die Intel Corporation tätig.

James Tour & Stephanie Chanteau

## NanoPutians

*Using the tools of chemical synthesis, the ultimate in designed miniaturization can be attained while, at the same time, producing those structures and organic forms we best recognize: those that resemble humans. James Tour and Stephanie Chanteau have christened their anthropomorphic molecules NanoPutians, after the Lilliputians in Jonathan Swift's classic, Gulliver's Travels. Each of the ten bottles in the exhibit contains innumerable populations of NanoPutians, each with its own individual head dressing; only a few milligrams of material correspond to some 100 billion billion of these 2 nano-meter-tall anthropomorphic, carbon-based molecules. They are obtained via a separate synthesis of the top and bottom body-portions, followed by adjoining at the "waist", with multiple syntheses converging to a whole: body-part-like descriptions such as "head", "neck" and "legs" are used in order to perform the chemical genesis of molecules whose formulas evoke activities such as dancing, working or cooking.*

*Tour and Chanteau initiated their NanoPutians as an educational art and science project. Beyond the molecular-sized domain, there is no conceivable alternative upon which to tailor architectures capable of programming cohesive interactions between the individual building blocks. While synthetic chemists have long been captivated by this molecular dimension, their fascination is rarely shared by the general public, who most often view chemical structures as difficult-to-grasp abstractions formulated by complex algorithms, except when molecules resemble macroscopic objects, such as the spherical fullerenes like the C<sub>60</sub> molecule. The NanoPutians illustrate the human desire to ascribe life-like features even to our technical creations and to metaphorically inscribe anthropocentrism into the microscopic scale of chemical synthesis or synthetic biology.*

*James M. Tour and Stephanie Chanteau Maya are synthetic organic chemists involved in educational outreach programs. James Tour is currently Professor of Chemistry, Computer Science, Mechanical Engineering and Materials Science, at Rice University in Houston, Texas, specializing in nanotechnology. Stephanie Chanteau Maya received her doctorate in organic chemistry at Rice University in 2003 and currently works as an engineer for Intel Corporation.*

The Tissue Culture and Art Project (Oron Catts & Ionat Zurr)

## The Semi-Living Worry Dolls

Bei den *Semi-Living Worry Dolls* handelt es sich um Skulpturen aus Gewebekulturen, die hier live unter Mikrogravitation in einer Art „künstlicher Gebärmutter“, einem Bioreaktor entstehen. Sie werden gezüchtet aus McCoy-Zellen. Diese werden auf ein handgefertigtes Gerüst aus abbaubaren Polymeren aufgebracht, die durch chirurgische Nähte zusammengehalten werden. In dem Maße wie das Gewebe wächst, werden die Polymere abgebaut und die *Worry Dolls* „halb-lebendig“. Sie sind moderne Variationen der legendären Sorgenpüppchen aus Guatemala: Der Überlieferung zufolge sollen Kinder abends für jede Sorge ein Püppchen mit ins Bett nehmen um ihre Sorgen mit ihnen zu teilen – am nächsten Morgen haben die Püppchen sie von allen Sorgen befreit. Die *Semi-Living Worry Dolls* mögen Ängste wie jene vor der industriellen Biotech-Lobby oder vor Eugenik ansprechen. Diese Arbeit lädt das Publikum ein, den heranwachsenden Puppen seinen Kummer zuzuflüstern – werden sie vielleicht auch Ihnen die Ängste abnehmen?

Die geschlechtslosen Figuren repräsentieren einen aktuellen kulturellen Schwebezustand, der sich wie kindliche Unschuld durch eine Mischung aus Verwunderung und Angst vor Technologie auszeichnet. Aber im Licht heutiger Tendenzen wie der Synthetischen Biologie thematisieren sie auch die Faszination, die jene feine Grenze zwischen Nicht-Leben und Leben, sowie seine künstliche Synthese ausübt. Die Künstler hinterfragen unser Verhältnis zu den verschiedenen Lebensstufen durch die Konstruktion/Zucht einer neuen Klasse von Objekten/Wesen, die sie *halb-lebendig* nennen. Historisch betrachtet kann man sie aber auch als eine zeitgemäße Verkörperung des in der alchemistischen Tradition stehenden Homunculus sehen. Dem liegt der Gedanke zugrunde, dass Lebewesen aus organischem Rohmaterial geschaffen werden könnten und dass die mikroskopischen „Bausteine“ bereits die Strukturen des ausgewachsenen Wesens enthalten. Auch die Kulturgeschichte von Mythen und Erzählungen wie denen von Golem, Pygmalion, Faust oder Frankenstein, welche auch als Warnungen vor den vom Menschen an den Tag gelegten technischen Allmachtsfantasien zu verstehen sind, klingt in den *Semi-Living Worry Dolls* an.

The Tissue Culture & Art Project (Oron Catts & Ionat Zurr) ist eine Künstlergruppe, die zentral im Kompetenzzentrum für Biologische Kunst an der University of Western Australia – SymbioticA – involviert ist. Für ihre „halb-lebendigen“ Miniaturskulpturen hat sich die Gruppe als Kunstmedium seit 1996 auf Zell- und Gewebekulturen spezialisiert, die sie „halb-lebendig“ nennt.



## The Tissue Culture and Art Project (Oron Catts & Ionat Zurr)

### The Semi-Living Worry Dolls

The Semi-Living Worry Dolls are tissue-engineered sculptures cultured live under micro-gravitational conditions in an “artificial womb” – a bioreactor that acts as a surrogate body. They are grown from McCoy cells over hand-crafted degradable polymers and stitched together with surgical sutures. The polymers degrade as the tissue grows and the Worry Dolls become “partially alive.” They represent modern versions of the legendary Guatemalan worry dolls: at bedtime children are told to take one doll for each worry and to share their worry with that doll – overnight, the dolls will solve their problems. The Semi-Living Worry Dolls thematize the anxieties brought about by corporate biotechnology and eugenics. This work invites viewers to whisper their worries to the dolls-in-growth – will they take your troubles away?

The genderless figures represent the current stage of cultural limbo: a stage characterized by child-like innocence and a mixture of wonder and fear of technology. But in light of the current trend toward synthetic biology, the dolls also address the fascination with the precarious border between life and non-life, as well as with its artificial synthesis. The artists investigate our relationships with the different gradients of life through the construction/growth of a new class of object/being – that of the semi-living. From an historical perspective, the Semi-Living Worry Dolls can be seen as a contemporary, symbolic incarnation of the Homunculus in alchemist tradition, based on the idea that “living beings” could be constructed out of organic raw material and that the microscopic “building blocks” already contain the structures of a fully-formed being. Culturally related myths and narratives such as the Golem, Pygmalion, Faust or Frankenstein, which act as a warning against human fantasies of technological omnipotence, also resonate in Semi-Living Worry Dolls.

*The Tissue Culture & Art Project (Oron Catts & Ionat Zurr) is an artists' group hosted by and closely involved in SymbioticA, the Centre of Excellence in Biological Arts at the University of Western Australia. Since 1996, the group has explored the use of tissue technologies as a medium for artistic expression and has specialized in cell-and-tissue-cultured miniature sculptures described as “semi-living”.*

**JENS HAUSER** lebt und arbeitet als Kurator, Autor und Kulturpublizist in Paris. Seit seinem Studium der Medienwissenschaften und der Wissenschaftspublizistik beschäftigt er sich mit Interaktionen zwischen Kunst und Technologie und genreübergreifender kontextueller Ästhetik. Er hat u. a. folgende Ausstellungen kuratiert: *L'Art Biotech* (Nantes, 2003), *Still, Living* (Perth, 2007), *sk-interfaces* (Liverpool, 2008/ Luxemburg, 2009) sowie die *Article Biennale* (Stavanger, 2008), *Transbiotics* (Riga, 2010) und *Fingerprints...* (Berlin, 2011). Hauser organisiert interdisziplinäre Konferenzen und ist als Gastdozent an Universitäten und internationalen Kunstakademien tätig. Seine aktuelle Forschung an der Ruhr-Universität Bochum untersucht das Paradigma *Biomedialität*. Hauser ist Gründungsmitarbeiter des Kultursenders ARTE, und hat darüber hinaus zahlreiche Radio-Features produziert.

**Dr. MARKUS SCHMIDT** studierte, nach einer HTL Ausbildung in Biomedizinischer Technik, Biologie und später Umweltrisikoforschung an der Universität Wien. Seit fast 10 Jahren arbeitet er nun im Bereich Technikfolgenabschätzung neuer (Bio)technologien (gentechnisch veränderte Pflanzen, Gentherapie, Nanotechnologie, Converging Technologies, und synthetische Biologie) und erforscht deren öffentliche Wahrnehmung sowie offene Sicherheitsfragen. Er war beratend für die European Group on Ethics (EGE) der Europäischen Kommission, der US Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues, und dem Deutschen Ethikrat des Bundestages tätig. Seine Forschungsarbeiten werden von der Europäischen Kommission und der österreichischen Grundlagenforschung (FWF, FFG) unterstützt. Zusätzlich zu der wissenschaftliche Arbeit bemüht sich Schmidt im Rahmen der Biofaction KG für einen besseren Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, etwa durch eine Vielzahl öffentlicher Vorträge, die Produktion von wissenschaftlichen Dokumentarfilmen und der Organisation des Science, Art and Film Festival Bio:Fiction.

*JENS HAUSER is a Paris-based curator, author and arts and culture critic. With a background in Media Studies and Science Journalism, he focuses on the interactions between art and technology, as well as on trans-genre and contextual aesthetics. He has curated exhibitions such as L'Art Biotech (Nantes, 2003), Still, Living (Perth, 2007), sk-interfaces (Liverpool, 2008/Luxembourg, 2009), the Article Biennale (Stavanger, 2008), Transbiotics (Riga 2010) and Fingerprints... (Berlin, 2011). Hauser organizes interdisciplinary conferences and guest lectures at universities and international art academies. In his current research at Ruhr-Universität Bochum, he investigates the biomediality paradigm. Hauser is also a founding collaborator of the European culture channel ARTE and has produced numerous radio features.*

*Dr. MARKUS SCHMIDT has an educational background in electronic engineering, biology and environmental risk assessment. For almost 10 years now he has carried out environmental risk assessment, safety and public perception studies in a number of science and technology fields (GM-crops, gene therapy, nanotechnology, converging technologies, and synthetic biology). He served as an advisor to the European Group on Ethics (EGE) of the European Commission, the US Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues (as only one of two Europeans), the Bioethics Council of the German Parliament and to several thematically related national and international projects. In addition to his research work, Schmidt contributes to a better interaction between science and society as part of Biofaction KG, through public talks, production of scientific documentary films and the organisation of the Synthetic Biology - Science, Art and Film Festival Bio:Fiction.*

## impressum

Kurator | *Curator*: Jens Hauser

Produzent und wissenschaftliches Konzept | *Producer and scientific concept*: Dr. Markus Schmidt

Produktionsassistentin | *Production assistance*: Sonja Schachinger

Zweiter Produktionsassistent | *Second production assistance*: Camillo Meinhart

Produktionsfirma | *Production company*: Biofaction KG ([www.biofaction.com](http://www.biofaction.com))

Ausstellungs-Homepage | *Exhibition Website*: [www.biofaction.com/synth-ethic](http://www.biofaction.com/synth-ethic)

Ausstellungsteam NHM, Abt. Ausstellung & Bildung:

Reinhard Golebiowski (Leitung)

Walter Hamp (Ausstellungs- & Medientechnik)

Michael Reynier (Ausstellungstechnik)

Kriemhild Repp (Grafik)

Layout & Grafik: Josef Muhsil-Schamall (NHM, Ausstellung & Bildung)

Druck: gugler cross media, 3390 Melk

