

## UNTER STROM Do-it-yourself – Bioelektronik – Kunst

Viktor Frankenstein ist elektrisiert. Eben noch mochte er kaum dem Unterricht folgen, so tief war er in Trauer um seinen kleinen Hund Sparky versunken, den tags zuvor ein Auto überfahren hat. Doch nun führt der Physiklehrer vor, wie man mit Strom einen toten Frosch zu neuem Leben erweckt: Kraftvoll zucken die Beine des Tiers, ganz so, als wolle es im nächsten Moment zum Sprung ansetzen. Erwartungsvoll eilt Viktor nach der Schule heim. Mit einem Regenschirm als Blitzableiter, einem Toaster und allerlei anderem Haushaltsgerät konstruiert der Junge auf dem Dachboden eine komplexe Apparatur. Mit ihr soll ihm das gelingen, wonach auch der gleichnamige Wissenschaftler in Mary Shelleys 1818 erstmals veröffentlichtem «Frankenstein»-Roman strebt. Dessen Vorbild folgend, holt Viktor nun seinen toten Hund aus dem Grab und flickt ihn notdürftig wieder zusammen, bevor er ihn an den selbst gebauten Apparat anschliesst und bang auf das nächste Gewitter wartet. Tatsächlich führt sein Experiment zum Erfolg: Ein Blitz schlägt ein, der Funke springt über – und Sparky lebt!

Ist es ein Zufall, dass Tim Burton seinen charmanten Kurzfilm «Frankenweenie» (1984) 2012 als 3D-Animation in Spielfilmlänge in die Kinos bringt? Wohl kaum. Bekanntlich hält sich die Experimentierfreude Hollywoods in Grenzen – besonders, wenn es um aufwendige und damit kostenintensive Produktionen geht.<sup>1</sup> Der Film trifft in mehrfacher Hinsicht den Nerv der Zeit. Das liegt wohl nicht nur an der Referenz auf den berühmten Schauerroman und dessen Verfilmungen, sondern auch am Motiv: Noch im 21. Jahrhundert beschäftigt uns die Frage danach, was die Welt im Innersten zusammenhält, was «Leben» bedeutet und wie Leben entsteht. Und ob es Menschen mithilfe von Wissenschaft und Technik wagen dürfen, selbst an diesen Angeln tätig zu werden.

### «Genpflanzen» und «Leuchtkaninchen»

Ins Zentrum der biotechnologischen Entwicklungen wie auch der ethischen Debatten, die um sie geführt werden, ist derweil die Genetik aufgerückt und mithin ein Feld, von dem sich vor ein paar Jahren noch die wenigsten Menschen vorstellen konnten, hier gezielt Hand anzulegen. Lange fehlte dafür das Wissen um die Details des genetischen Codes. Nicht zuletzt dank der verbesserten Rechenleistung unserer Computer hat sich dies jedoch geändert: 1990 wurde das HUMAN GENOME PROJECT mit dem Ziel ins Leben gerufen, per DNA-Sequenzierung das Erbgut des Menschen vollständig zu entschlüsseln, 2000 gelang dies Craig Venter mit seinem konkurrierenden Privatunternehmen.

Künstlerinnen und Künstler haben diese Entwicklungen von Anfang an mit einschlägigen Projekten begleitet. 1993 etwa luden der Künstler Alexander Popper und die Biologin Katrin Stockhammer die Besucher des Ars Electronica Festivals für Technologie, Kunst und Gesellschaft<sup>2</sup> in ein kleines Schaulabor, in dem sie anboten,

das genetische Material mitgebrachter Pflanzen zu manipulieren – und mussten erstaunt zur Kenntnis nehmen, wie viele Menschen ihrer Einladung folgten und ohne Weiteres bereit waren, entsprechende Experimente durchführen zu lassen; 2000 machte der brasilianische Künstler Eduardo Kac mit seinem GFP-BUNNY ALBA Furore.<sup>3</sup> Seine Idee, ein weisses Kaninchen mit jenem Gen zu versehen, das für die Biolumineszenz bei bestimmten Algen verantwortlich ist – GFP steht für «green fluorescent protein» – blieb seinerzeit Konzept. Ähnlich wie Popper und Stockhammer ging es Kac zunächst einmal darum, das Nachdenken über die Potenziale der Biotechnologie zu stimulieren.

Heute hingegen kann nicht nur jedermann für vergleichsweise wenig Geld eine Analyse der eigenen DNA in Auftrag geben. Das dafür verwendete Gerät – eine PCR-Maschine – gibt es neuerdings sogar für den Eigenbau. PCR steht für «polymerase chain reaction». Diese Polymerase-Kettenreaktion ermöglicht es, DNA in vitro zu vervielfältigen – eine wichtige Grundlage für verschiedene mikrobiologische und biotechnologische Anwendungen, so auch die DNA-Sequenzanalyse. Das Verfahren wird inzwischen in DIY BIO-Communities ebenso selbstverständlich praktiziert, wie man dort erlernen kann, die DNA von Pflanzen und Kleinlebewesen im Reagenzglas zu isolieren.

### **Frösche und Mimosen am Draht**

Indessen leben wir nach wie vor in jenem «elektrischen Zeitalter», von dessen Beginn Mary Shelleys Roman kündigt – und so haben auch vor dem Horizont neuer Biotechnologien Elektrizität und Elektronik weder an Relevanz noch an Anziehungskraft verloren.

Allerdings bauen diese bestenfalls mittelbar auf die Erkenntnisse Luigi Galvanis und Alessandro Voltas, deren Experimente natürlich schon damals keineswegs allein literarische Fantasien wie Shelleys «Frankenstein» beflügelten, sondern auch die Wissenschaft zu weiterführenden Forschungen ermutigten. So etwa den deutschen Physiker Johann Wilhelm Ritter. Um den Beweis für die Existenz eines «thierischen Galvanismus» zu führen, setzte Ritter nicht nur Froschschenkel unter Strom. Er war überzeugt, dass sich auch das Nervensystem elektrisch reizen lässt und diese Impulse kommuniziert.

In seinem heimischen Laboratorium führte er Experimente am eigenen Leib sowie an lebenden Tieren und sogar an Pflanzen durch. Seine Wahl fiel auf die Mimose, von der man aufgrund ihrer Reaktivität seinerzeit noch annahm, dass sie Muskeln und Nerven besitze.<sup>4</sup>

Das, wonach Ritter letztlich suchte, würde man heute mit dem Begriff «Biofeedback» bezeichnen – wirkliche Vorstösse gelangen ihm auf diesem Feld aber nicht. Die Verdienste seiner Entdeckungen betreffen eher die Grundlagen der Elektrochemie, wobei er im Zuge seiner Eigenbauvariationen von Voltas einfacher Säulenbatterie das Prinzip des Akkumulators entdeckte.

### **Strom aus Gemüse und Obst**

Volta und Ritter bauten ihre Batterien noch selbst. Wir sind es derweil gewohnt, sie sowohl für den Alltagsbedarf wie für Basteleien einfach im Laden zu erwerben. Um sich mit den Grundlagen ihrer Funktionsweise vertraut zu machen, ist ein Eigenbau jedoch ideal. Dafür wiederum bietet sich in der Tat biologisches Material und ein

Rückgriff auf die von Galvani, Volta und Ritter mitbegründete Bioelektrochemie an. Zitronen- oder auch Kartoffelbatterien zu basteln, lernt man meist im Physikunterricht. In die Frucht beziehungsweise die Knolle werden ein Kupfer- und ein Zinknagel oder entsprechende Metallplättchen gesteckt; mit Drähten kann man dann zum Beispiel ein Lämpchen anschliessen. Die Fruchtsäure sorgt dafür, dass das unedlere Metall Elektronen abgibt, die das edlere Metall an sich bindet, wodurch sich eine Spannung aufbaut – und schon fliesst der Strom durch den Elektrolyten. Dass sich selbst aus einer solch denkbar einfachen Experimentalanordnung mehr machen lässt, zeigt wiederum die Kunst: Der Däne Mogens Jacobsen betreibt mit einer zur Batterie in Serie geschalteten Kartoffel ganze Installationen wie POWER OF MEMORY/POWER OF MIND (2004), die ein aus dem Internet abgerufenes und in Töne transformiertes Politikerinterview in den Raum überträgt.<sup>5</sup> Wenn die Kartoffelbatterie allmählich austrocknet, kommt es zu Ausfällen im Redefluss – bis dieser schliesslich zusammen mit der Batterie gänzlich versiegt. Ganz ähnlich funktioniert auch das in diesem Buch vorgestellte Projekt von Karl Heinz Jeron, FRESH MUSIC FOR ROTTEN VEGETABLES – nur, dass hier die Ströme direkt in Klang verwandelt werden.

### **Biofeedback-Karten und Blumenbilder**

Um ein Biofeedback des Gemüses handelt es sich bei diesen Klängen natürlich nicht. Die Töne stammen nicht von den Pflanzen, sondern von einem Stromkreis, der von aussen angelegt und durch die Veränderung der Biomasse, Austrocknung und Verfaulung, moduliert wird. Beim Biofeedback interessieren dagegen die Veränderungen von Zustandsgrössen biologischer Prozesse im lebenden Organismus. Um diesen auf die Spur zu kommen, braucht es ein sehr viel feineres Instrumentarium.<sup>6</sup> Wenngleich die Idee des elektrisch kommunizierenden Körpers, die Ritter faszinierte, auch im Anschluss immer wieder aufgegriffen wurde, sollte es bis ins 20. Jahrhundert dauern, ein solches Instrumentarium zu entwickeln. Zu den markantesten Meilensteinen gehört sicherlich das Gerät zur Messung und Aufzeichnung summierter elektrischer Aktivität des Gehirns (Elektroenzephalografie), das 1924 von Hans Berger vorgestellt wurde.<sup>7</sup>

Sehr viel leichter als die elektrische Aktivität des Gehirns lässt sich indessen der Hautwiderstand messen. Von diesem Prinzip profitiert beispielsweise der ebenfalls in den 1920er-Jahren entwickelte Polygraf beziehungsweise Lügendetektor, der davon ausgeht, dass man beim Flunkern schwitzt – wodurch wiederum der Hautleitwert steigt. Mit Polygraphen lassen sich je nach Bauart verschiedene Biofeedbackdaten messen, neben dem Hautwiderstand meist Blutdruck und Puls. Die Interpretation der Messdaten zum Zweck der Wahrheitsfindung bleibt freilich umstritten. Gleichwohl werden im Heimatland des Polygraphen, den USA, bis heute solche Geräte in der Kriminologie eingesetzt.

Eine einfache Variante eines solchen Hautwiderstandsmessgeräts kann man leicht selbst basteln; billige Bausätze für die Basiskonstruktion gibt es längst in jedem Elektronikshop. Und natürlich kann man das Ganze auch kreativ weiterdenken. Mit seinem 2004 entwickelten BIO MAPPING TOOL, das die Daten des an den Fingern gemessenen Hautwiderstands mit GPS-Daten kombiniert, hat Christian Nold ganze Landkarten erstellt, die er EMOTION MAPS nennt.<sup>8</sup> Nora Dibowskis in diesem Buch vorgestellte TOUCH PAINTINGS kommen indessen ganz ohne ein Gerät als

Interface aus. Da mit leitfähigem Lack gemalt wird, reicht die Berührung des verkabelten Bildes, um den Stromkreis zu schliessen und die eingebauten Birnchen zum Leuchten zu bringen.

### **Smarte Pflanzen- und Pilzzucht**

Mit der Tatsache, dass lebende Organismen Ströme leiten, ergo einen Widerstand besitzen und Impulse abgeben können, lässt sich natürlich noch mehr anfangen. Erst recht, wenn man Messdaten erhebt und ihre Veränderungen in weiterführende Experimente einbezieht. Während Biofeedbackmessungen in der Wissenschaft wie auch in der Kunst primär an Wirbeltieren und am Menschen vorgenommen werden, können dabei auch andere Spezies wie Pflanzen ins Spiel kommen. Ein naheliegendes Experimentierfeld bietet sich im Alltag etwa, wenn es um die Pflege von Nutz- und Zierpflanzen geht. Die Grundlagen für Ernährung und Wachstum beziehen diese aus dem Licht und der Erde – der Mensch muss einen geeigneten Standort bereitstellen und für regelmässige Wasserzufuhr sorgen. Die entsprechenden Daten lassen sich mit wenig Aufwand messen und protokollieren.

Wenn es um Standortfaktoren wie Feuchtigkeit und Temperatur geht, werden die Daten nicht an den Organismen selbst abgenommen – in diesem Fall werden die Sensoren in der Erde und in der Luft platziert. Will man damit mehr anfangen, braucht es aber trotzdem zusätzliches Know-how. Ein prominentes Beispiel ist das von Luke Iseman 2009 für das Magazin «Make:» entwickelte Projekt GARDUINO GEEK GARDENING, mit dem man die Wasser- und Lichtversorgung seiner Pflanzen kontrollieren und steuern kann.<sup>9</sup> Ganz ähnlich funktioniert auch Laura Popplows in diesem Buch vorgestelltes MUSHROOM GROW KIT – wobei Popplows Bauanleitung darüber hinaus ein originelles Design für das Pilzgewächshaus umfasst. Bei ihrem Projekt FUNGUTOPIA geht es denn auch nicht nur um Pilzzucht, sondern darum, aus interdisziplinärer Perspektive und mit kreativen Mitteln das Verhältnis von Menschen und Pilzen zu erforschen.

### **Musik mit Philodendron und Moos**

Aber wie wäre es, wenn es uns die Technik tatsächlich ermöglichte, in direkten Kontakt mit Pflanzen und anderen Organismen zu treten? Projekte wie BOTANICALS oder dessen deutsche Variante, das BOTANIFON, bei denen wir von unseren Topfpflanzen SMS- oder Twitternachrichten erhalten, wenn sie gegossen werden wollen, spielen mit diesem Gedanken – auch hier kommen die Signale jedoch von Sensoren, die lediglich die Feuchtigkeit der Erde im Blumentopf messen.<sup>10</sup>

Wenn wir mit Stefanie Wuschitz' in diesem Buch präsentierten Projekt MOSSCILLATOR Klänge erzeugen, geht es demgegenüber schon etwas direkter zur Sache, insofern die Leiter direkt am Moos beziehungsweise in den Moospolstern angebracht werden. Gleichwohl wäre es zu weit gegriffen, zu behaupten, dass hier das Moos selbst musiziert. Moose können ihren Wasserhaushalt nur sehr beschränkt regulieren – sie nehmen über ihre gesamte Oberfläche Wasser auf; ihre unregelmässige Wuchsstruktur hilft bei der Speicherung. Deshalb eignen sie sich gut als variabler Widerstand. Dessen Messwerte verraten freilich nur eins: den jeweiligen Feuchtigkeitsgrad, den eine bestimmte Stelle im Moospolster besitzt.

Anders sieht das aus, wenn Miya Masaoka bei ihrem Projekt PIECES FOR PLANTS (2002) mit Philodendron und Synthesizer auf der Bühne agiert. Masaoka bringt dabei Elektroden direkt auf den Blättern der Pflanze an, um ein Feedback auf ihre Musikperformance zu erhalten und es direkt in diese miteinzubeziehen.<sup>11</sup>

### **Kommunikationsversuche mit anderen Arten**

Zwar geht es auch Miya Masaoka darum, das Verhältnis von Mensch und Pflanze zu erkunden – die Signale der Pflanzen nutzt sie jedoch nur als Teil ihrer Livekomposition. Demgegenüber war Cleve Backster davon überzeugt, dass seine Pflanzen mit ihm kommunizieren wollten, als er Ende der 1960er-Jahre die Drachenbäumchen in seinem Büro versuchsweise an einen Polygrafen anschloss und registrierte, dass dieser Signale ausgab.<sup>12</sup> Seine Deutung der Messdaten schien schon den Zeitgenossen wohl zu Recht zweifelhaft. Gleichwohl haben seine Experimente in der Folge unzählige Elektrobastler wie auch einige Künstlerinnen und Künstler dazu inspiriert, eigene Versuche anzustellen.<sup>13</sup>

Martin Howses INTER-SPECIES COMMUNICATION PLATFORM baut mit ihrer vergleichsweise einfachen Konstruktion auf diese historischen Experimente auf. Sie lädt dazu ein, selbst zu erkunden, was es mit den elektrischen Strömen auf sich hat, die sich an Pilzen und – wie seinerzeit schon Johann Wilhelm Ritter festgestellt hatte – an Pflanzen messen lassen. Ob es sich dabei, obgleich diese Arten nicht über ein Nervensystem verfügen, um Impulse handelt, muss allerdings offenbleiben.

### **DIY-Mikroskop und PCR-Maschine**

In der Tat bevorzugen Pflanzen und Pilze andere Prozesse, um Signale zu transportieren und zu kommunizieren. Deshalb stehen die Chancen eher schlecht, auf der Basis der Analyse von elektrischen Signalen eine echte Kommunikation zu etablieren. Für eine Schnittstelle, die zugleich an unsere elektronischen Informations- und Kommunikationstechnologien anschlussfähig wäre, müssen wir nicht nur sehr viel mehr über die jeweilige Spezies wissen. Es bedarf auch eines sehr viel komplexeren Instrumentariums.

Einen Schritt in diese Richtung unternimmt der amerikanische Künstler Joe Davis mit seinem Projekt BACTERIAL RADIO (2011). Er benutzt dazu avancierte Techniken der Molekularbiologie und der Gentechnologie: erst durch genetische Manipulation und mithilfe eines modifizierten Nährmediums erhalten die E. Coli-Bakterien in seinem Projekt die Fähigkeit, zu organischen Leitern zu werden.<sup>14</sup> Auch BACTERIAL RADIO ermöglicht es freilich nicht, mit den Bakterien selbst zu kommunizieren. Aber es führt direkt in jenes Feld, in dem einschlägige Forschungen aktuell angesiedelt sind: die Bioelektronik. Sie setzt darauf, biologische und elektronische Bauelemente direkt zu kombinieren und auf diese Weise technisch nutzbar zu machen – operiert wird dabei im Mikro- beziehungsweise im Nanobereich. Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass elektrische Impulse oder Spannungen und dadurch ausgelöste Ströme sowohl in biologischen Systemen wie auch in der Computertechnologie eine Rolle spielen.

Dass diese Welten auch interessierten Amateuren und engagierten Bastlern offenstehen, beweist die wachsende Szene, die rund um Do-it-yourself-Initiativen in Sachen Biowissenschaften entstanden ist. Zugute kommt den Beteiligten dabei,

dass es – anders als in den industrienah arbeitenden Institutionen – nicht um vermarktbar Patent geht, sondern darum, das Wissen zu teilen. Es wird mit Open-Source-Software und -Hardware gearbeitet, Neugierde, Kreativität und Experimentierfreude werden grossgeschrieben. Wie erfolgreich es sich auf dieser Basis forschen und entwickeln lässt, zeigt ein prominentes Projekt der in San Francisco beheimateten DIY BIO-Initiative BIOCURIOUS:<sup>15</sup> Mit dem OPEN-PCR-KIT<sup>16</sup> von Tito Jankowski und Josh Perfetto lässt sich eine DNA-Sequenzanalyse – wie sie noch vor wenigen Jahren nur in High-End-Laboratorien möglich war – von jedem in Angriff nehmen.

Auf diesem Nährboden ist auch das in diesem Buch vorgestellte DIY MICROSCOPE von Marc Dusseiller und seinen Mitstreitern von HACKTERIA entstanden, das einen idealen Einstieg in die «Welt im Kleinen» vermitteln kann – eben jener Welt also, mit der sich vertraut machen muss, wer im Anschluss weiterführende Experimente auf Feldern wie der Bioelektronik oder der synthetischen Biologie wagen will. In diesem Sinne können alle im Buch vorgestellten Projekte jeweils einen individuellen Zugang vermitteln. Durchführen lassen sich solche Experimente auch allein – mehr Freude machen sie jedoch, wenn man sie gemeinsam mit anderen realisiert und weiterentwickelt. Nicht von ungefähr wird in vielen DIY BIO-Communities interdisziplinär gearbeitet: Wo Menschen mit unterschiedlichen Wissenshorizonten, Interessen und Fähigkeiten zusammenkommen, öffnet sich der Raum für kreative Ideen, für künstlerische Experimente, aber auch für Diskussionen darüber, zu welchen Enden Wissenschaft betrieben wird. Entscheidend ist denn auch weniger, dass das DIY-Prinzip die Biopunks und Biohacker dazu ermutigt, Grenzen zu überschreiten. Sondern vielmehr, dass man gemeinsame Sache macht.

- <sup>1</sup> Der Kurzfilm war 1984 für die Disney Company Anlass für eine zeitweilige Trennung von Burton, da ihr die Produktion zu teuer war und man das Ergebnis nicht für familientauglich hielt.
- <sup>2</sup> Das Ars Electronica Festival widmete sich schon 1993 ganz diesem Thema. Es stand unter dem Motto: «Der Achte Tag der Schöpfung – Genetische Kunst, Künstliches Leben/ Genetic Art, Artificial Life.» Ausführlich dokumentiert ist dies im Festivalkatalog (Hrsg. v. Karl Gerbel u. Peter Weibel, Wien: PVS-Verleger 1993) sowie im Onlinearchiv: [www.aec.at/festival/archiv](http://www.aec.at/festival/archiv) (30.12.2012).
- <sup>3</sup> Vgl. dazu <http://ekac.org> (30.12.2012).
- <sup>4</sup> Vgl. Klaus Richter: Das Leben des Physikers Johann Wilhelm Ritter. Ein Schicksal in der Zeit der Romantik. Weimar: Böhlau 2003, sowie Johann Wilhelm Ritter: Entdeckungen zur Elektrochemie, Bioelektrochemie und Photochemie. Hrsg. v. Hermann Berg u. Klaus Richter. Thun/ Frankfurt am Main: Harri Deutsch 1997.
- <sup>5</sup> Schaltpläne und weitere Arbeiten: [www.mogensjacobsen.dk](http://www.mogensjacobsen.dk) (30.12.2012).
- <sup>6</sup> Mehr zum Thema Biofeedback bei der Deutschen Gesellschaft für Biofeedback: [www.dgbbf.de](http://www.dgbbf.de); eine Sammlung von künstlerischen Projekten mit Biofeedback findet sich bei Hans Diebner: <http://diebner.de/htmldocs/biofeedback.html> (30.12.2012).
- <sup>7</sup> Zur Wissenschafts- und Kulturgeschichte der Enzephalografie vgl. Cornelius Borck: Hirnströme. Eine Kulturgeschichte der Elektroenzephalographie. Göttingen: Wallstein 2005.
- <sup>8</sup> Zum Projekt vgl. <http://biomapping.net> sowie Christian Nolds Website: [www.christiannold.com](http://www.christiannold.com) (30.12.2012).
- <sup>9</sup> Luke Iseman: The Garduino Garden Controller. In: Make: 18 (2009); online unter: [http://cm.cdn.fm/fakeup/dow-make/cmweb/entry\\_assets/MAKE18\\_Garduino\\_brnd.pdf](http://cm.cdn.fm/fakeup/dow-make/cmweb/entry_assets/MAKE18_Garduino_brnd.pdf) (30.12.2012).
- <sup>10</sup> Vgl. [www.botanicalls.com](http://www.botanicalls.com) und <http://bausteln.de/anleitungen/botanifon> (30.12.2012).
- <sup>11</sup> Miya Masaokas Website: [www.miyamasaoka.com](http://www.miyamasaoka.com) (30.12.2012).
- <sup>12</sup> Peter Tompkins u. Christopher Bird: The Secret Life of Plants. A Fascinating Account of the Physical, Emotional, and Spiritual Relations Between Plants and Man. New York: Harper & Row 1973. [Deutsch: Das geheime Leben der Pflanzen. Pflanzen als Lebewesen mit Charakter und Seele und ihre Reaktionen in den physischen und emotionalen Beziehungen zum Menschen. Frankfurt am Main: Fischer 1977.]
- <sup>13</sup> Hierzu haben auch das Buch von Tompkins und Bird sowie der gleichnamige, 1979 entstandene Film entscheidende Anstösse gegeben. Historische und zeitgenössische künstlerische Projekte versammelte 2007 in Los Angeles das Ausstellungsprojekt PSYCHOBOTANY: [www.psychobotany.com](http://www.psychobotany.com) (30.12.2012).
- <sup>14</sup> Joe Davis wurde 2012 für BACTERIAL RADIO an der Ars Electronica ausgezeichnet: <http://prix2012.aec.at/prixwinner/7023/>; zu seinen Projekten: [www.viewingspace.com/genetics\\_culture/pages\\_genetics\\_culture/gc\\_w03/davis\\_joe.htm](http://www.viewingspace.com/genetics_culture/pages_genetics_culture/gc_w03/davis_joe.htm) (30.12.2012).
- <sup>15</sup> Vgl. <http://biocurious.org> (30.12.2012).
- <sup>16</sup> Vgl. <http://openpcr.org> (30.12.2012).

# LIVE WIRE

## Do-it-yourself – Bioelectronics – Art

Victor Frankenstein is electrified. Just a few moments ago he was barely able to follow the lesson, he was so devastated by the loss of his dog Sparky who had been run over by a car the day before. But now his physics professor demonstrated how you can use electricity to revive a dead frog: the legs of the animal were twitching forcefully, just as if it was about to jump.

Filled with anticipation, Victor hurries home after school. Using an umbrella as a lightning rod, a toaster and all kinds of household appliances, the boy constructs a complex device in the attic. He wants to use it to achieve what his namesake sought in Mary Shelley's novel "Frankenstein," first published in 1818. Following the example of the scientist in the novel, he now digs up his dead dog and patches him up in a makeshift manner before attaching him to the device. And then he anxiously waits for the next thunderstorm. Sure enough his experiment is a success: Lightning strikes, a spark leaps over – and Sparky lives!

Is it simply by coincidence that Tim Burton adapted his charming short film "Frankenweenie" (1984) in 2012 into a full-length 3D-animated movie? Hardly. As is generally known Hollywood's enthusiasm for experiments is limited – especially in the case of complex and therefore expensive productions.<sup>1</sup> The film captures the spirit of the times in several ways. This is probably not only due to its reference to the horror story and its various film adaptations, but also to its motive: Even in the 21<sup>st</sup> century we are still preoccupied by the question of what holds the world together at its core, what "life" means and how it is created. And whether human beings should use science and technology to venture into this innermost being and intervene with life.

### Genetically modified plants and glowing rabbits

Today genetics has moved to the centre of biotechnological developments and with it the ethical debates that accompany this process. Just a few years ago only very few people could imagine becoming personally involved in a specific aspect of this field. For a long time this was due to a lack of the necessary knowledge of the details of the genetic code. This changed not least due to the enhanced performance of our computers: in 1990 the HUMAN GENOME PROJECT was started with the objective of completely sequencing the genome of the human being. In 2000 Craig Venter achieved this with his private company.

From the beginning artists reflected these developments in relevant projects. In 1993 artist Alexander Popper and biologist Katrin Stockhammer invited visitors of the Ars Electronica Festival for technology, art, and society<sup>2</sup> to a laboratory demonstration, where they offered to manipulate the genetic material of plants brought along by the visitors – and were surprised to see how many people accepted their invitation and were willing to let them perform the experiments.

In 2000 Brazilian artist Eduardo Kac caused a great stir with his GFP-BUNNY ALBA.<sup>3</sup> His idea to introduce into a white rabbit the gene responsible for bioluminescence in certain algae – GFP stands for "green fluorescent protein" – was not realized at the time. As with Popper and Stockhammer, Kac's intention first of all was to motivate people to start thinking about the possibilities of biotechnology. Today, however, anyone can not only commission a DNA analysis for comparatively little money, but a PCR machine – a device that serves the same purpose – can even be purchased as a DIY kit. PCR stands for "polymerase chain reaction." Through polymerase chain reaction DNA can be multiplied in vitro – an important basis for various microbiological and biotechnological applications, including DNA sequence analysis. In DIY BIO communities this procedure is meanwhile just as commonly practiced as the in vitro isolation of DNA of plants and microbes.

### Wired frogs and mimosas

Meanwhile we are still living in the "electrical age" whose beginning Mary Shelley describes in her novel – and neither the relevance nor attraction of electricity and electronics have diminished, even in view of new biotechnologies. Though at best they are based indirectly on the findings of Luigi Galvani and Alessandro Volta, whose experiments at the time of course not only inspired literary phantasies like Shelley's "Frankenstein" but also encouraged scientists to continue research in these fields. For example the German physicist Johann Wilhelm Ritter: In order to prove the existence of certain galvanic phenomena, Ritter not only attached frog legs to live wires. He was convinced that the nervous system could also be electrically stimulated and the impulses communicated. In his laboratory he conducted experiments on his own body and also on living animals and even plants. He chose the mimosa, because at the time – due to its reactivity – it was believed that this plant had muscles and nerves.<sup>4</sup>

Today we would use the term "biofeedback" to describe what Ritter was really looking for – but he never achieved real breakthroughs in this field. His main contribution was rather in fundamentals of electrochemistry, where in the course of developing his own variations of the voltaic pile he discovered the principle of the accumulator.

### Electricity generated from fruits and vegetables

While Volta and Ritter built their batteries themselves, we are used to simply buy them in a store. Yet a do-it-yourself construction is ideal to familiarize yourself with the basics of their functioning. And here the use of biological material as well as taking recourse to the bioelectrochemistry of Galvani, Volta, and Ritter may perfectly serve the purpose.

Many of us have learned to build a lemon or potato battery in physics class. You stick a copper and a zinc nail or corresponding metal plates into the fruit or tuber; and for example a small lamp can then be attached with wires.

The fruit acid causes the base metal to emit electrons, which are then bound by the noble metal, thus creating electrical voltage – and currents passing through the electrolyte. This is an extremely simple experimental setting, but art shows that it can be expanded upon: Danish artist Mogens Jacobsen uses a battery of potatoes connected in series to operate entire installations such as POWER OF MEMORY/

POWER OF MIND (2004), which projects into a room an interview with a politician that was downloaded from the Internet and transformed into an audio file.<sup>5</sup> When the potato battery begins to dry up, there are outages in the flow of speech – until this flow eventually runs dry completely together with the battery. Karl Heinz Jeron's project FRESH MUSIC FOR ROTTEN VEGETABLES, which is presented in this book, works in a similar way – only here the electrical currents are directly converted into sound.

### **Biofeedback maps and flower pictures**

Of course the vegetables are not generating these sounds as biofeedback. The sounds are not coming from the plants but rather from an electric circuit that is installed from the outside and is modulated by changes in the biomass, in other words by the degree to which the plant is drying out or decomposing. In the case of biofeedback, however, it is crucial to observe the changes of state variables of biological processes in a living organism. In order to detect these changes, a much finer set of instruments is needed.<sup>6</sup>

Although the idea of a body communicating by means of electricity that fascinated Ritter was taken up time and again, it was not until the 20<sup>th</sup> century that instruments were developed to measure such impulses. One of the most important milestones was certainly an instrument to measure and record summarized electrical activity of the brain (electroencephalography), presented by Hans Berger in 1924.<sup>7</sup>

Meanwhile, it is much easier to measure the resistance of the skin than the electrical activity of the brain. Based on this principle, the polygraph or lie detector was also developed in the 1920s. It builds upon the assumption that people perspire when they are fibbing and this in turn increases the conductivity of their skin. Depending on the model, the polygraph can be used to measure various different biofeedback data: usually skin conductivity as well as blood pressure and pulse. But using such data to determine whether or not someone is telling the truth remains controversial. Nevertheless, in the United States, the polygraph's country of origin, this instrument is still being used today for crime detection.

It is very easy to build a simple model of such a skin resistance measuring device yourself; every electronics shop offers cheap basic construction kits. And of course this idea can be creatively expanded upon. With his BIO MAPPING TOOL developed in 2004, which combines the data obtained by measuring the skin resistance of somebody's fingers with GPS data, Christian Nold created entire maps he calls EMOTION MAPS.<sup>8</sup> Nora Dibowski's TOUCH PAINTINGS presented in this book do not require an interface. She paints with conductive lacquer and therefore simply by touching the wired painting the electrical circuit is closed and the attached lamps light up.

### **Smart breeding of plants and fungi**

Living organisms can conduct electricity, this means they possess their own electrical resistance and can emit electrical impulses. These characteristics can be used to serve many purposes, especially if data are collected and their changes are included in further experiments. Whereas biofeedback in science and also art is primarily measured in vertebrates and humans, other species like plants could also play a role.

The daily care of useful and ornamental plants offers ample room for experimentation. Light and soil provide the basics for their nourishment and growth – a human being must find a suitable location and ensure a regular water supply. It is easy to collect and record the corresponding data.

Data for location factors such as humidity and temperature are not collected directly from the organisms themselves, but rather the sensors are placed in the ground and in the air. Additional know-how is required for more sophisticated uses of the data. A prominent example is Luke Iseman's project GARDUINO GEEK GARDENING, developed in 2009 for "Make:" magazine, that can be used to control and regulate the water and light supply of plants.<sup>9</sup> Laura Popplow's project MUSHROOM GROW KIT presented in this book works in a similar way – and her construction manual also contains an original design for a fungi greenhouse. Her project FUNGUTOPIA is not only about breeding fungi, but also explores the relationship of humans and fungi from an interdisciplinary perspective and with creative means.

### **Music with philodendrons and moss**

But what if technology actually enabled us to communicate directly with plants and other organisms? Projects like BOTANICALS or its German variation BOTANIFON – potted plants that send us SMS or Twitter messages when they want to be watered – play with this idea. But here too, the signals are sent by sensors that merely measure the humidity of the soil in the flowerpot.<sup>10</sup>

Stefanie Wuschitz' project MOSSCILLATOR presented in this book seems to come a little closer, because the conductors are attached directly to the moss or the moss cushions. Nonetheless, it would be saying too much that here the moss itself is making music. Moss has a very limited capability to regulate its water needs – the entire surface absorbs water; moss grows irregularly and this helps to store water. That is why moss is well suited as variable resistor. However, only one factor can be measured: the degree of humidity of a specific point in the moss cushion. It's a different story when Miya Masaoka plays music on stage with a philodendron and synthesizer in her project PIECES FOR PLANTS (2002). Masaoka attaches electrodes directly to the leaves of the plant to obtain feedback on her music performance and to include it in the performance.<sup>11</sup>

### **Attempts to communicate with other species**

You could say that Miya Masaoka also explores the relationship between humans and plants – but she only uses the plants' signals as part of her live composition. Cleve Backster, on the other hand, was convinced that his plants wanted to communicate with him when, in the late 1960s, he connected the dragon trees in his office to a polygraph and registered signals generated by them.<sup>12</sup> Probably his contemporaries were justified in doubting his interpretation of the data. Nevertheless, his experiments inspired countless numbers of electronics hobbyists as well as artists to begin experimenting themselves.<sup>13</sup>

Martin Howse builds on these historic experiments with his INTER-SPECIES COMMUNICATION PLATFORM, a comparatively simple construction described in detail in this book. It inspires further exploration of electric currents that can be measured in fungi and in plants – as already observed by Johann Wilhelm Ritter

at the time. Yet the question whether or not these are impulses even though these species do not have a nervous system, must remain open here.

### DIY MICROSCOPE and PCR machine

In fact plants and fungi prefer other processes to transport signals and to communicate. Therefore chances are slim that true communication can be established on the basis of the analysis of electrical signals. In order to develop an interface that could be connected to electronic information and communication technologies, we would need to know a great deal more about the respective species. And we would also require a much more complex set of instruments.

American artist Joe Davis takes a step in this direction with his BACTERIAL RADIO (2011). He employs advanced techniques of molecular biology and genetic engineering: only through genetic manipulation and the use of a modified culture medium the E.coli bacteria in his project obtain the ability to function as organic conductors.<sup>14</sup> Yet also with the BACTERIAL RADIO it is not possible to communicate with the bacteria themselves. But it leads directly to the field where relevant research is presently being carried out: bioelectronics. Scientists in this field attempt to directly combine biological and electronic components to create a useful technical application – whereby they work in a micro or nano range. The starting point for this research is the observation that electrical currents generated by electrical impulses or voltages play a role in biological systems as well as in computer technology. These worlds are open to interested amateurs and committed hobbyists as well, as the growing do-it-yourself community involved in bioscience initiatives shows. It is to the benefit of all involved that here – unlike institutions working in close collaboration with industry – it is not a matter of marketable patents, but rather of knowledge sharing. In this community people work with open source software and hardware; curiosity, creativity, and the desire to experiment are highly valued. A good example of how important these characteristics can be for successful research and development is a prominent project of BIOCURIOUS,<sup>15</sup> a DIY BIO initiative in San Francisco: Anybody can use the OPEN-PCR-KIT<sup>16</sup> of Tito Jankowski and Josh Perfetto to perform a DNA sequence analysis – a process that until recently could only be carried out in high-end laboratories.

These projects also provided a breeding ground for the DIY MICROSCOPE by Marc Dusseiller and his team at HACKTERIA which is also presented in this book. It enables an ideal access to the “world in miniature” – the world you need to familiarize yourself with if you want to venture into further experiments in such fields as bioelectronics or synthetic biology.

In this sense all projects presented in this book can provide an individual access. You can also carry out such experiments by yourself – but it is more fun to perform these together with others and to jointly develop them further. It is no coincidence that many DIY BIO communities are interdisciplinary: where people with a different scope of knowledge, various interests and abilities come together the space opens up for creative ideas, for artistic experiments – as well as for discussions on science and to what end it is pursued. The decisive point is not really whether or not the DIY principle encourages biopunks and biohackers to exceed limits. Rather it is crucial to join forces, work together, and to share.

- <sup>1</sup> In 1984 the short film led to a break between the Disney Company and Burton due to the high production costs, plus the film was considered as “not being family-friendly.”
- <sup>2</sup> In 1993 the Ars Electronica Festival was already entirely devoted to this topic. The motto was: “The Eighth Day of Creation – Genetic Art, Artificial Life.” A detailed documentation is provided in the festival catalogue (eds. Karl Gerbel and Peter Weibel, Vienna: PVS-Verleger 1993) as well as in the online archive: [www.aec.at/festival/en/archiv/](http://www.aec.at/festival/en/archiv/) (30.12.2012).
- <sup>3</sup> Cf. <http://ekac.org> (30.12.2012).
- <sup>4</sup> Cf. Klaus Richter: *Das Leben des Physikers Johann Wilhelm Ritter. Ein Schicksal in der Zeit der Romantik*. Weimar: Böhlau 2003, and Johann Wilhelm Ritter: *Entdeckungen zur Elektrochemie, Bioelektrochemie und Photochemie*. Eds. Hermann Berg and Klaus Richter. Thun/Frankfurt am Main: Harri Deutsch 1997.
- <sup>5</sup> Circuit diagrams and further works: [www.mogensjacobsen.dk](http://www.mogensjacobsen.dk) (30.12.2012).
- <sup>6</sup> More on the subject of biofeedback from the Deutsche Gesellschaft für Biofeedback: [www.dgbfb.de](http://www.dgbfb.de); a collection of artistic projects with biofeedback can be found at Hans Diebner: <http://diebner.de/htmldocs/biofeedback.html> (30.12.2012).
- <sup>7</sup> About the scientific and cultural history of encephalography cf. Cornelius Borck: *Hirnströme. Eine Kulturgeschichte der Elektroenzephalographie*. Göttingen: Wallstein 2005.
- <sup>8</sup> About the project cf. <http://biomapping.net> and Christian Nold’s website: [www.christiannold.com](http://www.christiannold.com) (30.12.2012).
- <sup>9</sup> Luke Iseman: *The Arduino Garden Controller*. In: *Make* 18 (2009); online: [http://cm.cdn.fm/fakeup/dow-make/cmweb/entry\\_assets/MAKE18\\_Garduino\\_brnd.pdf](http://cm.cdn.fm/fakeup/dow-make/cmweb/entry_assets/MAKE18_Garduino_brnd.pdf) (30.12.2012).
- <sup>10</sup> Cf. [www.botanicalls.com](http://www.botanicalls.com) and <http://bausteln.de/anleitungen/botanifon> (30.12.2012).
- <sup>11</sup> Miya Masaoka’s website: [www.miyamasaoka.com](http://www.miyamasaoka.com) (30.12.2012).
- <sup>12</sup> Peter Tompkins and Christopher Bird: *The Secret Life of Plants. A Fascinating Account of the Physical, Emotional, and Spiritual Relations Between Plants and Man*. New York: Harper & Row 1973. [German: *Das geheime Leben der Pflanzen. Pflanzen als Lebewesen mit Charakter und Seele und ihre Reaktionen in den physischen und emotionalen Beziehungen zum Menschen*. Frankfurt am Main: Fischer 1977.]
- <sup>13</sup> Decisive impulses were given by Tompkins and Bird’s book as well as by the film by the same name made in 1979. The exhibition project PSYCHOBOTANY assembled historic and contemporary art projects in Los Angeles in 2007: [www.psychobotany.com](http://www.psychobotany.com) (30.12.2012).
- <sup>14</sup> Joe Davis received an award for BACTERIAL RADIO at the Ars Electronica 2012: <http://prix2012.aec.at/prixwinner/7023/>; about his projects: [www.viewingspace.com/genetics\\_culture/pages\\_genetics\\_culture/gc\\_w03/davis\\_joe.htm](http://www.viewingspace.com/genetics_culture/pages_genetics_culture/gc_w03/davis_joe.htm) (30.12.2012).
- <sup>15</sup> Cf. <http://biocurious.org> (30.12.2012).
- <sup>16</sup> Cf. <http://openpcr.org> (30.12.2012).