





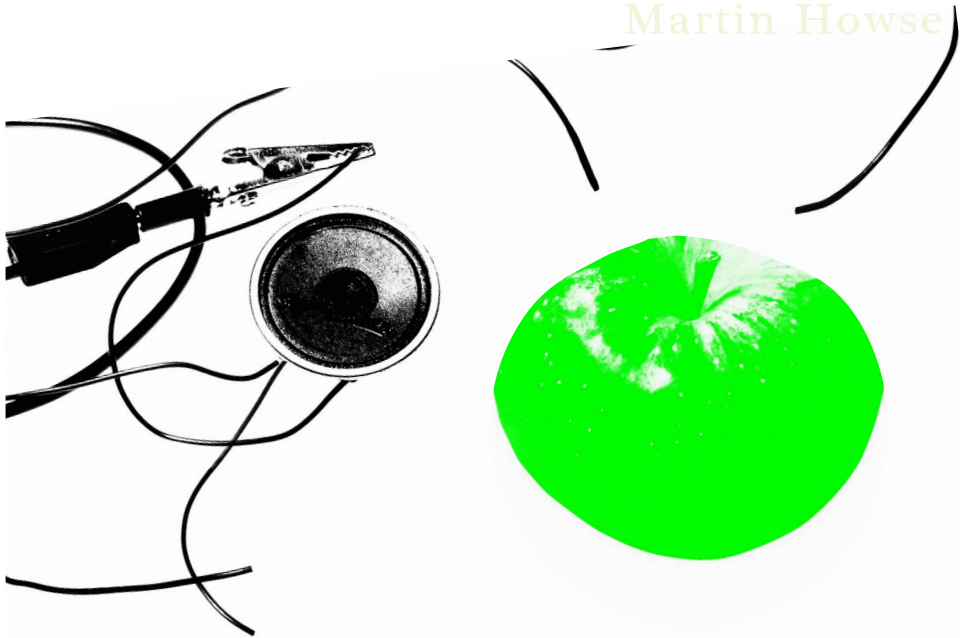
DOMINIK LANDWEHR / VERENA KUNI (HG.-ED.)

# HOME MADE BIO ELECTRONIC ARTS

DO-IT-YOURSELF:  
MIKROSKOPE, SENSOREN, KLANGEXPERIMENTE  
DO-IT-YOURSELF:  
MICROSCOPES, SENSORS, SONIFICATIONS

Migros-Kulturprozent  
Christoph Merian Verlag

Marc Dusseiller  
Karl Heinz Jeron  
Nora Dibowski  
Laura Popplow  
Stefanie Wuschitz  
Martin Howse



# FROM THE AGE OF COMPUTERS TO THE AGE OF BIOLOGY

## What this Has to Do with Do-it-yourself

Bugs and beetles already populated machines in the early age of electrotechnology: in the 19<sup>th</sup> century the inventor Thomas A. Edison started to use the term bugs for small disruptions. Legend has it that a small moth caused a switching error in a mechanical relay of the “Mark II” computer in 1947. The moth was removed, glued into a logbook – and can now be admired in a museum. Then the integrated circuits with their many legs that began to establish themselves in the 1960s remind us of bugs, and at least in the German language this is also what they are called.

Perhaps at first this terminology was all that computer technology and biology had in common. And not so long ago many people even saw them as opposites: on the one hand, living nature with its organisms, plants, and animals. And on the other hand, cold, calculating, and abstract computing machinery. But ever since the race to decode the human genome took place in the 1990s even non-scientists began to realize that the two disciplines have moved closer together: this important discovery could not have been made without the enormous calculating power of large computers.

To use a more recent example: sensors control and supervise the human body functions not only in intensive care units. Today the smartphone, really a pocket computer, can be connected to many of these sensors and can collect and analyze data on geographic location, temperature, pulse, and blood sugar level. It is easy to imagine that these sensors will soon be able to penetrate the human body. It seems that today we have come closer to the vision of the cyborg – this hybrid creature, this cross between a living organism and a machine – than we may wish to believe. Artists, especially those involved in electronic art, have developed ideas and visions of the future of life since the 1980s. Living proof of this can be seen for instance in the work of Australian performance artist Stelarc, who once used his stomach as the venue of an exhibition: he inserted a blinking sculpture and then transmitted pictures of it with an endoscopic camera onto a screen.

Another group of people now is drawn to the field of biology. This is the do-it-yourself movement, which has also inspired art during more than the past ten years. From the start, these tinkerers, hobbyists and do-it-yourself activists have shown a somewhat rebellious spirit. They are driven by the urge to understand this strange technology, to permeate it and put it to use. Their actions are also expressions of social criticism: they contrast mankind’s striving for perfection with the imperfection and faultiness of their own inventions.

Meanwhile the do-it-yourself movement has entered the sphere of biology and embraces a broad spectrum: traditional activities such as the observation of the

macroworld of mammals and birds or the microworld of bacteria and cells by means of instruments they have produced themselves for this kind of observation and analysis. The approach taken by the do-it-yourself or citizen science movement can be seen as an attempt to break with the highly developed science of biology. In art, the do-it-yourself movement experiences a second break. Because here art is no longer performed for its own sake, but rather to serve a useful purpose. This is what we want to investigate in this book. Gerfried Stocker calls this process “acquisition.”

But are there no inherent dangers in this kind of activity when performed by non-professionals? Is it not possible that the do-it-yourself movement in the field of biology could be abused to distribute instructions for building your own biological weapons? – These are questions that the publishers were confronted with repeatedly while researching on this book.

There is no longer a simple answer to these questions. The physical and chemical know-how that is required to build a bomb or produce gunpowder is readily available. If you disagree you should read the article on gunpowder in Wikipedia. Few people think it would be justified to remove such information from the Internet or from public libraries. Similar remarks could be made on the subject of cybercrime: programs to produce simple computer viruses can be downloaded from the Internet without previous knowledge, they can then be modified and sent to friends – and maybe also enemies.

Prometheus gave fire to man. It is both a curse and a blessing. The Enlightenment revolutionized science and made its findings available to all. We are now on a train moving at top speed, but we do not know where it is headed. Development proceeds at a rapid pace, inventions are constantly turned into marketable products. What was sold as an expensive high-tech gadget yesterday is a commonplace article today and can be bought for little money. 3D printers are a recent example that illustrates this process. Until a few years ago they were only used in the studios and laboratories of design and technology specialists. Today you can buy a construction set for a 3D printer for a few hundred euros. Equipment to perform DNA analysis is also on the verge of entering do-it-yourself workshops. And it is a small step from the analysis of DNA to the modification and genetic engineering...

Today artistic experiments such as the genetically modified rabbit of Eduardo Kac are conceptual studies: they are not realized for ethical reasons. But it is also already clear that such ethical concerns are not shared everywhere in the world. Stelarc's visions of bettering a decrepit human body are at least partially already a reality. The future has arrived, we just have not noticed this yet. Art could open our eyes for this development. It could direct our attention to options that still remain open to us. And do-it-yourself can contribute to this!

Finally, a few words on the story behind this book: The Migros Culture Percentage has been involved in digital culture and media art since the late 1990s. Workshops,

where participants could experiment on their own, have proven particularly successful means of imparting the ideas of media art. Based on these experiences, the book "Home Made Sound Electronics" was published in 2006. This was followed in 2010 by the sequel "Home Made Electronic Arts" which presents a panorama view of electronic do-it-yourself art. Both books were published by the Christoph Merian Verlag in Basel.

However, an additional motivating impulse was required to address the field of biology. It came from the Zurich activist Marc Dusseiller, who was supported for the first time in 2010 by the Migros Culture Percentage. Marc Dusseiller, who holds a doctoral degree in nanoscience, was at first involved in do-it-yourself projects in the field of electronics at the Swiss Mechatronic Art Society. He was fascinated by the possibilities of do-it-yourself in biology. Together with Yashas Shetty and Andy Gracie he developed his own platform for this, the HACKTERIA project. It is no coincidence that we selected the DIY MICROSCOPE as do-it-yourself project for this publication. For years Marc Dusseiller and his HACKTERIA colleagues have taught in workshops all around the world and showed participants how to turn a cheap webcam into a real microscope, thereby gaining access to the microworld for very little money. Especially artists who are interested in this world are drawn to this project.

Altogether six different projects are described in this book. Some of them, like this microscope project, are very easy to implement. Others require more skill. The projects are practical illustrations of how closely biology, computer technology, and art and design are linked. The accompanying texts contribute to a more profound understanding of this new development. A glance at the past can also provide further insight as the articles by Verena Kuni and Gerfried Stocker show in an exemplary way.

The book can serve both as an introduction as well as a roadmap for more in-depth study of the subject. For this reason further references in the form of an extensive project list and a bibliography are an important part of this book. The book addresses a growing group of people interested in do-it-yourself projects. This includes both youngsters with an interest in scientific and artistic processes as well as students and their professors. You can use the book as a manual to copy the projects described or to build your own, or you can simply leaf through it and enjoy the ideas presented there. In both cases the publishers will have achieved their goal: to encourage critical thinking and to motivate people to develop their own ideas.

Zurich, January 2013

«Wissenschaft für alle» ist das Motto einer neuen Bewegung, die sich mit Biologie und Elektronik befasst. Sie überträgt das Do-it-yourself-Verfahren auf das Feld der Naturwissenschaften. Die Grenzen zwischen Kunst und Wissenschaft verlaufen fließend, die interdisziplinär arbeitenden Künstler und Wissenschaftler nennen sich «Biohacker» oder «Biopunks» und knüpfen bewusst an die kreative Tradition dieser Bewegungen an.

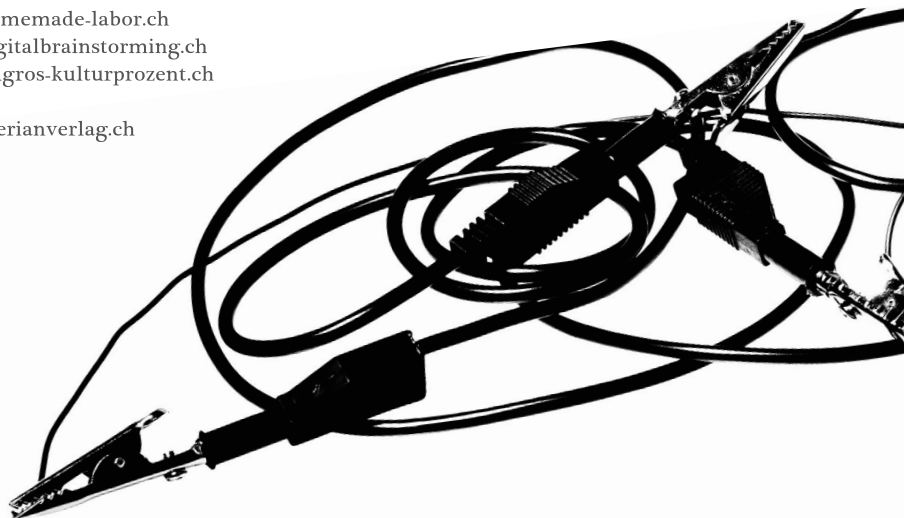
Das Buch enthält sechs einfache Projekte zum Selberbauen und Experimentieren und richtet sich an Bio- und Elektronikbastler sowie an alle Neugierigen. Mit Gastbeiträgen von Nora Dibowski, Marc Dusseiller, Martin Howse, Karl Heinz Jeron, Laura Poplow, Gerfried Stocker und Stefanie Wuschitz.

“Science for all” is the motto of a new movement which deals with biology and electronics. It applies the do-it-yourself technique to the natural sciences. The boundaries between arts and science are fluid. The artists and scientists who work together on an interdisciplinary basis are known as “biohackers” or “biopunks” and deliberately link up with the creative tradition of those two movements.

The book shows six easy do-it-yourself and experimental projects and addresses bio and electronic hobbyists as well as anyone with an interest in the subject. With guest contributions by Nora Dibowski, Marc Dusseiller, Martin Howse, Karl Heinz Jeron, Laura Poplow, Gerfried Stocker, and Stefanie Wuschitz.

[www.homemade-labor.ch](http://www.homemade-labor.ch)  
[www.digitalbrainstorming.ch](http://www.digitalbrainstorming.ch)  
[www.migros-kulturprozent.ch](http://www.migros-kulturprozent.ch)

[www.merianverlag.ch](http://www.merianverlag.ch)



# DIY MICROSCOPE





In der Arbeit DIY MICROSCOPE wird eine einfache Webcam in ein Mikroskop umgebaut. Die Webcam lässt sich mit wenigen Handgriffen umbauen. Die Elektronik bleibt dabei unverändert, modifiziert wird lediglich die Position der Linse. Eine solide Plattform erlaubt es, die kleinen Untersuchungsobjekte zu fixieren und fein zu fokussieren. Die Objekte werden mit einer Leuchtdiode (LED) angestrahlt.

Work with the DIY MICROSCOPE includes converting an ordinary webcam into a microscope. The webcam's conversion can be quickly effected manually. The electronics remains unaltered, only the position of the lens is changed. A solid platform enables fixing and accurately focusing the tiny study objects. The objects are illuminated with a light-emitting diode (LED).



# Einkaufsliste

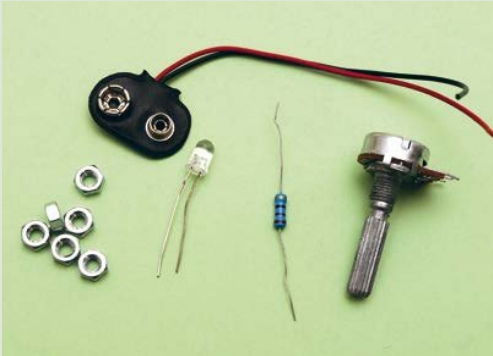
- A 1 Webcam
- B Pappe, 20 x 30 cm
- C Modellbaupappe, 20 x 30 cm
- D Isolier- und Klebeband
- E Klebmasse Blu-Tack
- F Heissleim
- G Stellschraube M4, ca. 15 cm lang,  
dazu passende Muttern
- H 1 Schalter (nicht im Bild)
- I 1 Leuchtdiode (LED), weiss
- J 1 Batterie (9V)
- K 1 Batterieanschluss mit Draht
- L 1 Widerstand (1 k $\Omega$ )
- M 1 Potenziometer (20 k $\Omega$ )
- N 30 cm isolierter Draht
- O Gartendraht
- P Gummibänder

Nicht im Bild:  
Werkzeuge

# Shopping List

- A 1 webcam
- B Pasteboard, 20 x 30 cm
- C Scale model cardboard, 20 x 30 cm
- D Duct tape
- E Blu-Tack adhesive
- F Hot glue
- G M4 adjustable screw, approx. 15 cm long,  
with fitting screw nuts
- H 1 switch (not shown)
- I 1 white light-emitting diode (LED)
- J 1 battery (9V)
- K 1 wired battery connection
- L 1 resistor (1 k $\Omega$ )
- M 1 potentiometer (20 k $\Omega$ )
- N 30 cm insulated wire
- O Garden wire
- P Rubber strips

Not shown:  
Tools



### Elektronik und Kleinteile in der Nahaufnahme.

Electronics and small components  
in close-up view.



Für die Arbeit mit dem Mikroskop  
wird ausserdem benötigt:

- Einige durchsichtige Plastikbecher
- Glasträger
- Petrischalen, aus Plastik oder Glas
- Einwegpipetten
- Wasserfester Filzschreiber
- Kleiner Chromstahlöffel
- Pinzetten
- Verschlussbare Plastikgefäße für Proben

Also needed for working  
with the microscope:

- Some transparent plastic cups
- Glass slides
- Petri dishes, made of plastic or glass
- One-way pipettes
- Waterproof felt pen
- Small chrome steel spoon
- Tweezers
- Sealable plastic containers for samples

B Papper  
B Pasteboard

D Isolier- und  
Klebeband  
D Duct tape

F Heissleim  
F Hot glue

P Gummibänder  
P Rubber strips

E Klebemasse Blu-Tack  
E Blu-Tack adhesive



C Modellbaupappe  
C Scale model cardboard

O Gartendraht  
O Garden wire

J Batterie  
J Battery

N Isolierter Draht  
N Insulated wire

K Batterieanschluss mit Draht  
K Wired battery connection

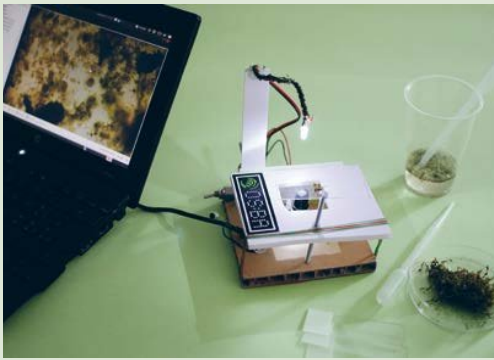
G Stellschraube  
mit Muttern  
G Adjustable screw  
with screw nuts

L Widerstand  
L Resistor

M Potenziometer  
M Potentiometer

A Webcam  
A Webcam

I Leuchtdiode  
I Light-emitting diode



Das DIY MICROSCOPE besteht aus drei Teilen, die in dieser Reihenfolge montiert werden:

1. Umgebaute Webcam
2. Stabile Plattform für die Beobachtung
3. Beleuchtung mit einer Leuchtdiode (LED)

The DIY MICROSCOPE consists of three components, assembled in this sequence:

1. Converted webcam
2. Stable platform for observation
3. Illumination with a light-emitting diode (LED)

## 1. Der Umbau der Webcam

### Teil A: Niedrige Vergrößerung

1. Conversion of the webcam
- Part A: Small enlargement



Eine Auswahl von handelsüblichen Webcams. Am besten eignen sich Modelle, bei denen der Fokus durch Drehen an der Linse manuell eingestellt werden kann. Es hilft nur Ausprobieren.

A selection of standard webcams. Best suited are models allowing for manual adjustment of focus by turning the ring on the lens. The only solution is by trial and error.



Vor der Modifikation machen wir einen Test. Dafür wird die Webcam mit dem Computer verbunden. Meist muss auch eine Treibersoftware installiert werden. Webcams funktionieren mit Windows, Mac oder Linux.

Before the camera is modified, it needs to be tested. For that it has to be connected to a computer, and additionally the necessary drivers have to be installed. Webcams run with Windows, Mac, or Linux.



Bereits so lässt sich die Webcam nutzen, um kleine Objekte von Nahem anzusehen: Die Linse etwas herausschrauben und ganz nah ans Objekt halten. Licht kommt von einer Taschenlampe.

Already with this configuration the webcam can be used to inspect objects up close. You only need to screw out the lens a little and move closer to the object. A pocket lamp improves lighting conditions.



Richtet man die Webcam nun auf kleine Objekte, so erlebt man eine Überraschung: Auch ohne Modifikationen sieht man damit Dinge, die dem blossen Auge verborgen bleiben.

Pointing the webcam on tiny objects produces surprising effects: Even without modifications one begins to see things hidden to the naked eye.

## 1. Der Umbau der Webcam

### Teil B: Maximale Vergrößerung

#### 1. Conversion of the webcam

#### Part B: Maximal enlargement



Nun machen wir uns daran, die Webcam zu demontieren. Die Schrauben werden gelöst. Teilweise sind solche Schrauben unter Etiketten oder Gummikappen versteckt

Now we begin dismantling the webcam.

The screws are removed. Partly such screws are hidden beneath labels or rubber caps.



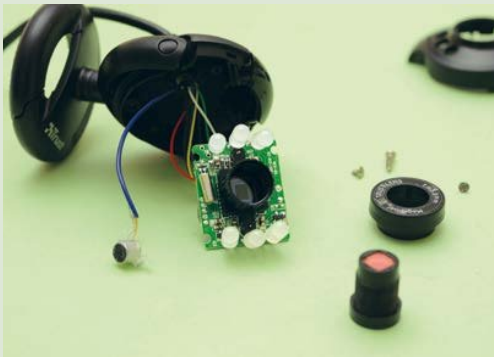
Mit einem soliden Instrument – in diesem Fall dem Schraubenzieher eines Schweizer Taschenmessers – wird die Abdeckung der Webcam entfernt.

With a solid tool – in this case the screwdriver of a Swiss Army knife – the webcam's cover is removed.



Das Innenleben des Geräts wird sichtbar: Es besteht aus einer Optik und einer elektronischen Schaltung. Die Leuchtdioden (LEDs) brauchen wir nicht. Wir konstruieren später eine eigene Beleuchtung.

The appliance's interior can now be seen: it consists of optics and an electronic switch. We can do without the light-emitting diodes (LEDs). We shall later construct our own light.



Die Optik ist teilweise festgeklebt. Durch vorsichtiges Drehen lösen wir sie von der Elektronik. Der äussere Ring der Optik (rechts im Bild) benutzen wir später nicht mehr. Er dient nur der Verzierung.

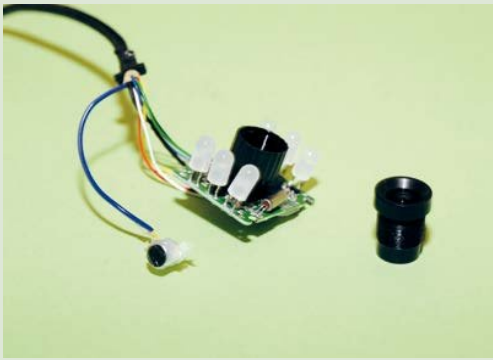
The optics is partially glued on. By careful twisting we can detach it from the electronics. The optics' outer ring (at the right of the picture) will no longer be used later. It only serves as decoration.



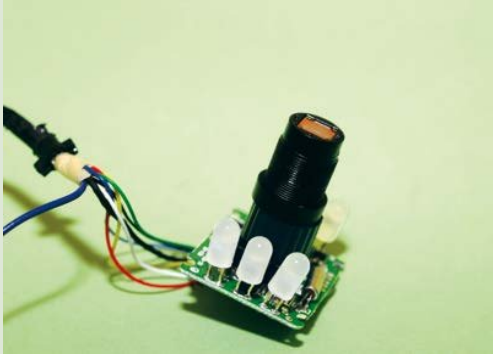
Mit einem kräftigen Seitenschneider durchtrennen wir das Plastikgehäuse. Nun lässt sich die Elektronik samt allen Drähten und dem USB-Kabel vom Gehäuse lösen.

With the use of a strong side cutter we cut through the plastic casing. Now the electronics including all wires and the USB cable can be removed from the casing.

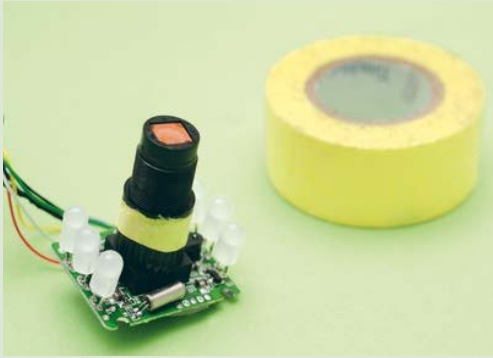




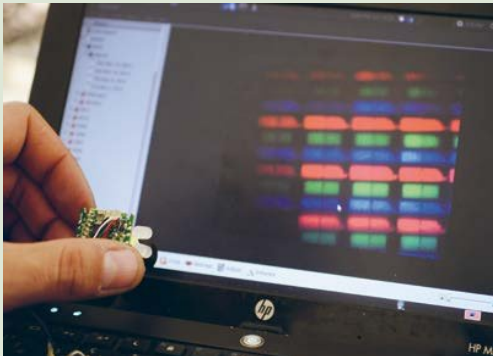
Das Innenleben der Webcam: Links im Bild ist das integrierte Mikrofon zu sehen, das für unser Projekt aber nicht benötigt wird. The webcam's interior: on the left side of the picture we can see the internal microphone, which, however, is not needed for our project.



Nun setzen wir die Optik umgekehrt auf die Fassung. Sie lässt sich nicht mehr einschrauben und muss deshalb fixiert werden. Now we place the optics upside down on the fitting. It can no longer be screwed on and must therefore be firmly secured.



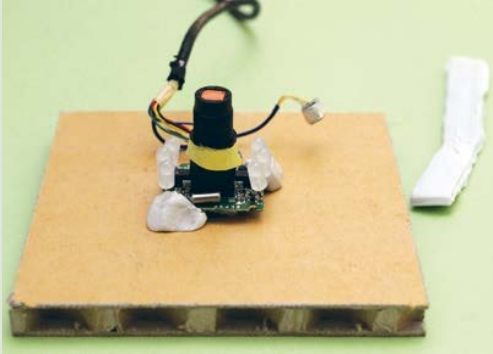
Mit einem Stück Isolierband wird die Optik fixiert. The optics is attached with a piece of duct tape.



Für einen Test verbinden wir die modifizierte Webcam mit dem Computer und richten die Linse auf den Bildschirm. So werden die einzelnen RGB-Pixel des Bildschirms sichtbar. To test the equipment we connect the modified webcam with the computer and point the lens towards the screen. Now the individual RGB pixels on screen become visible.

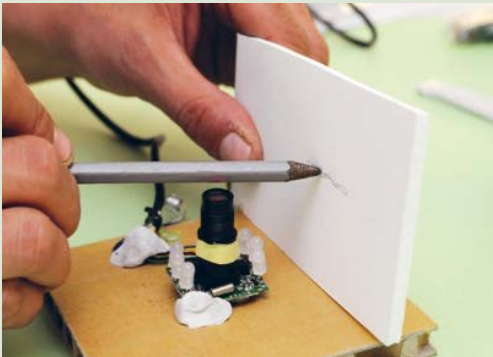
## 2. Der Bau der Plattform

### 2. Construction of the platform



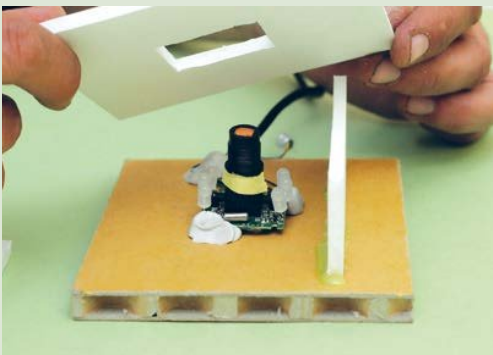
Mit kleinen Klumpen der Klebemasse Blu-Tack fixieren wir die Webcam auf einem etwa 15 x 15 cm grossen Stock solider Pappe.

Using small lumps of Blu-Tack adhesive, the webcam is attached to a solid pasteboard of about 15 x 15 cm.



Die Seitenwand der Plattform aus Modellbaupappe. Mit dem Bleistift zeichnen wir die Höhe der Linse ein und schneiden die Pappe dort ab. Geklebt wird mit Heissleim.

The platform's side wall consisting of scale model cardboard. With a pencil we draw the height of the lens on it and cut off the cardboard along that line. We use hot glue for pasting.



Mit einem Teppichmesser schneiden wir eine rechteckige Öffnung in ein weiteres Stück Modellbaupappe. Auch dieses Stück wird mit Heissleim angeklebt.

Using a carpet cutter, we cut a rectangular opening into another piece of scale model cardboard. This piece too is attached with hot glue.



Für die Stellschraube braucht es ein Loch. Ganz oben fixieren wir die Mutter mit einem kleinen Tropfen Heissleim. Danach setzen wir die Stellschraube ein. Sie muss den unteren Aufbau erreichen.

The adjustable screw requires a hole. We attach the screw nut right at the top with a small drop of hot glue. Then we insert the adjustable screw. It must reach down to the lower platform.

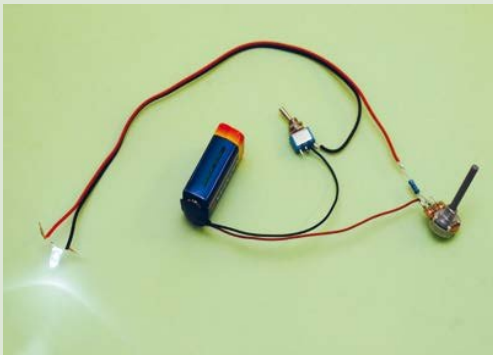


Mit Gummibändern erhält die Plattform etwas mehr Festigkeit. Mit der Schraube lässt sich das Modellbaubrett nun um wenige Millimeter auf und ab bewegen.

Rubber bands provide more stability to the platform. With the screw the scale model board can now be moved up and down by a few millimeters.

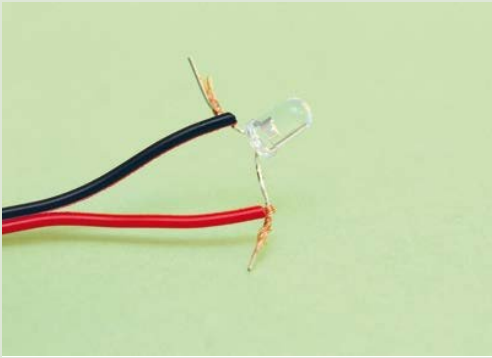
### 3. Die Lichtquelle

#### 3. The light source



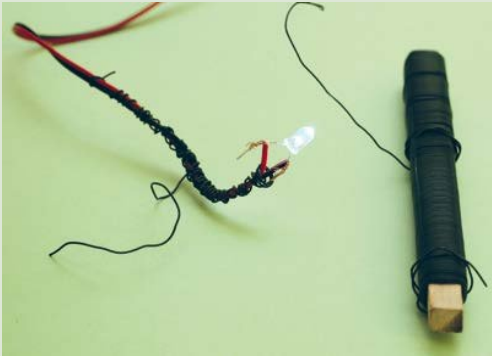
Zu unserem Mikroskop gehört auch eine Lichtquelle in Form einer Leuchtdiode (LED). Die Beleuchtung lässt sich leicht selber herstellen.

Our microscope also has a light source in the form of a light-emitting diode (LED). The lighting can be easily produced by oneself.



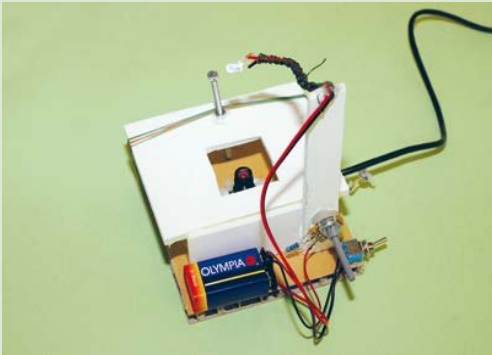
Die Drähte können auf diese einfache Weise miteinander verzwirbelt werden. Sicherer ist es aber, wenn man sie anlötet.

In this easy way, the wires can be twisted together. But it is safer if they are soldered on.



Die zentimeterlange Zuführung zu unserer Lichtquelle wird mit Gartendraht umwickelt. Damit wird der Draht verformbar und lässt sich später in jeder beliebigen Position fixieren.

The centimeters long feed of our light source is wrapped with garden wire. The wire thus becomes pliable and later can be attached in any position.



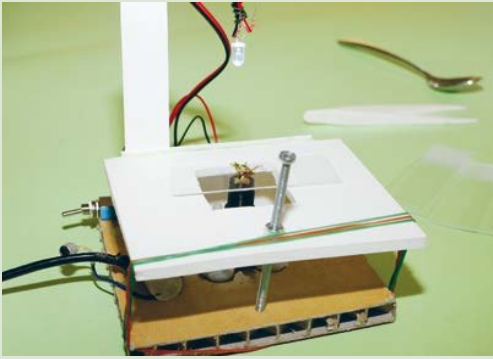
Lichtquelle, Potenziometer und Batterie werden mit Heisskleim an unserem Aufbau befestigt. Unser DIY MICROSCOPE ist bereit für den Einsatz.

The light source, potentiometer and battery are attached to our construction with hot glue. Our DIY MICROSCOPE is ready for use.



Das USB-Kabel der umgebauten Webcam wird mit dem Computer verbunden. Nun können wir mit unseren Untersuchungen beginnen.

The USB cable of the converted webcam is connected to the computer. Now we can begin with our examinations.



Die Untersuchungsobjekte werden auf einem Glasträger platziert und können mit der Hand verschoben werden. Die Schärfe des Mikroskops wird mit der Stellschraube reguliert.

The study objects are placed on a glass slide and can be shifted by hand. The microscope's focus is regulated by the adjustable screw.

## Resultate und Untersuchungen

Wie bei einem Profimikroskop können wir mit unserem DIY-Instrument elektronische Fotos machen und sogar Filme aufnehmen. Fotos und Filme stehen digital zur Verfügung, sie können weiterverarbeitet und natürlich auch mit wenig Aufwand im Internet publiziert werden.

## Results and examinations

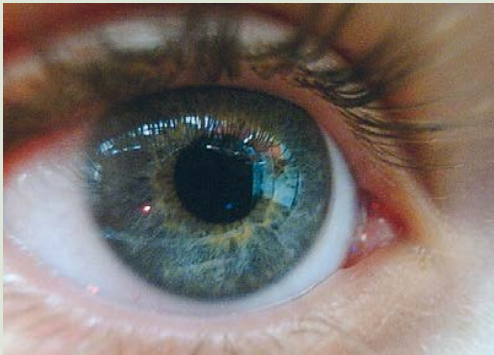
As with a professional microscope, with our DIY tool we are able to take electronic photos and even films. Photos and films are digitally available, can be further processed and of course be easily published on the Internet.



Ausschnitt des Kopfs eines Schmetterlings.\*  
Excerpt of a butterfly's head.\*

\* Niedrige Vergrößerung: Für diese Aufnahme wurde die modifizierte Webcam ohne Umkehrung der Linse benutzt. Die Linse wurde lediglich etwas herausgeschraubt.

\* Small enlargement: for this shot the modified webcam was used without reversing the lens. The lens was solely screwed out a bit.



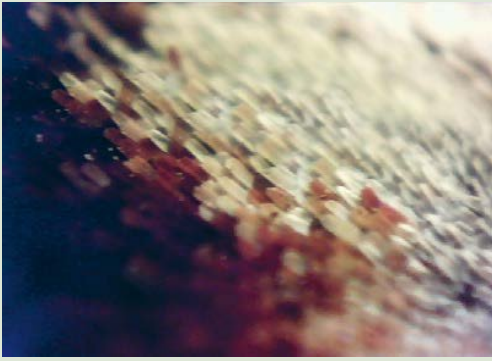
Nahaufnahme des menschlichen Auges. Das Umgebungslicht reicht dabei aus.\*

Close-up of the human eye. For this, ambient lighting is sufficient.\*

Achtung: Keine externe Lichtquelle, sei es eine Leuchtdiode (LED) oder eine Taschenlampe, direkt aufs Auge richten!

\* Niedrige Vergrößerung: Für diese Aufnahme wurde die modifizierte Webcam ohne Umkehrung der Linse benutzt. Caution: never point an external light source, whether light-emitting diode (LED) or flashlight, directly at the eye!

\* Small enlargement: for this shot the modified webcam was used without reversing the lens.



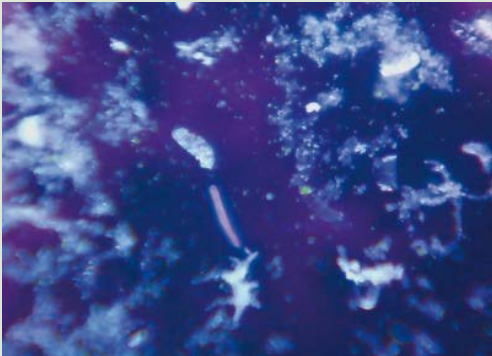
**Nahaufnahme eines Schmetterlingsflügels.\***  
Close-up of a butterfly's wing.\*

- \* Maximale Vergrößerung mit umgekehrter Linse.
- \* Maximum enlargement with reversed lens.



**Eine Ameise ganz nah: Ein erstaunlich feingliedriges und raffiniertes Lebewesen.\***  
A large close-up of an ant: a remarkably delicate and ingenious creature.\*

- \* Niedrige Vergrößerung: Für diese Aufnahme wurde die modifizierte Webcam ohne Umkehrung der Linse benutzt.
- \* Small enlargement: for this shot the modified webcam was used without reversing the lens.



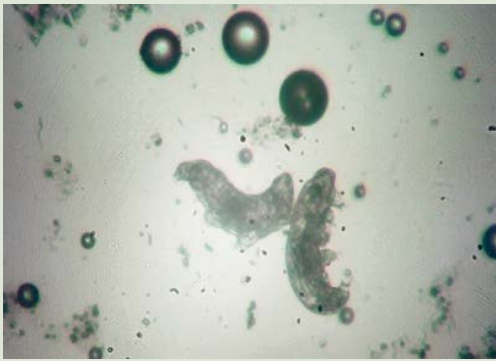
**Diverse Kleinlebewesen in abgestandenem und verschmutztem Teichwasser.\***  
Various microbes in stale and polluted pond water.\*

- \* Maximale Vergrößerung mit umgekehrter Linse.
- \* Maximum enlargement with reversed lens.



**Eine Zecke (links) und ein Käsebrösel.\***  
A tick (image left) and a crumb of cheese.\*

- \* Maximale Vergrößerung mit umgekehrter Linse.
- \* Maximum enlargement with reversed lens.

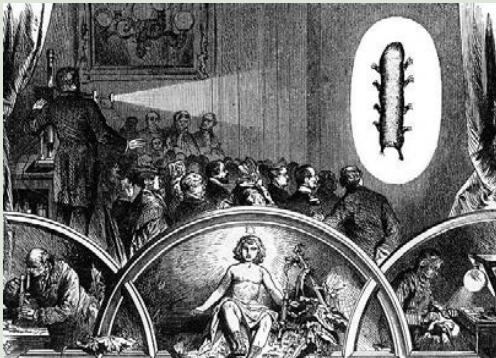


Bärtierchen (Tardigrada) finden sich überall auf der Welt. Sie werden etwas grösser als einen Millimeter und lassen sich deshalb leicht beobachten. Sie sind harmlos und gelten auch als Indikatoren für die Wasserqualität.\*

Water bears (Tardigrada) can be found all over the world. They grow to a little more than one millimeter and can therefore be easily observed. They are harmless and are also considered to be indicators of water quality.\*

\* Maximale Vergrößerung mit umgekehrter Linse.

\* Maximum enlargement with reversed lens.



Bärtierchen wurden schon früh beobachtet und in wissenschaftlichen Kabinetten sogar an die Wand projiziert. Hier eine Darstellung aus dem 18. Jahrhundert.

Water bears were observed early on and projected on the wall in scientific cabinets. This is an illustration from the 18<sup>th</sup> century.



## Weiterforschen und -entwickeln

Wer das DIY MICROSCOPE weiterentwickeln will, hat mehrere Möglichkeiten: Er kann weitere Webcams ausprobieren und herausfinden, mit welchem Modell sich die besten Resultate erzielen lassen. Auch das Austauschen der Linsen verschiedener Webcammodelle kann zu neuen Ergebnissen führen. Weiter gibt es die Möglichkeit, die Beobachtungsplattform zu verbessern; hier liegt das grösste Potenzial für DIY-Enthusiasten.

## Further research and development

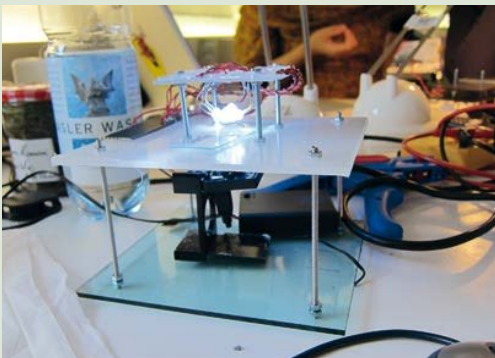
Whoever wants to further develop the DIY MICROSCOPE has several options: To try out further webcams and find out which model produces the best results. Exchanging the lenses of different webcam models can also lead to new results. Then there's the possibility of improving the observation platform. This offers the biggest potential for DIY enthusiasts.



Ganz einfach: Die Kamera wird auf einem Träger aus Kunststoff befestigt. Der Objektträger wird mit einer ‚Helfenden Hand‘ fixiert. Das ist ein einfaches Hilfsmittel zum Lötén.

A very simple option: the camera is attached to a plastic carrier. The object carrier is fixated with a “helping hand.” This is a simple device used in electronics for soldering.

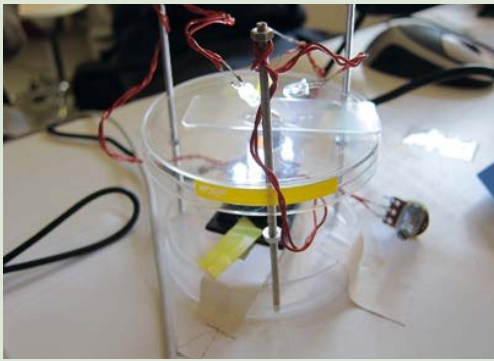
Constructed at the SMAS-Homemade Research Camp in Vico Morcote, August 2009 by Marc Dusseiller (CH).



Hier wird mit Plexiglas gearbeitet. Mehrere Lichtquellen (LEDs) werden mithilfe einer kleinen Plexiglasplatte fixiert, um eine gleichmässige Ausleuchtung zu erreichen. Das sieht gut aus und erleichtert die Beobachtungen.

Here acrylic glass is used. Several light sources (LEDs) are attached with the help of a smaller acrylic glass plate to achieve even illumination. This both looks good and facilitates observation.

Constructed at the HACKTERIA Workshop Zurich, February 2011 by Andres Denss (CH).



Die Idee zu dieser Version ist ähnlich wie oben, nur wird statt Plexiglas durchsichtiger Plastik verwendet. Dieses Material lässt sich einfacher verarbeiten.

The idea of this version is similar to the one above, but instead of acrylic glass transparent plastic is used. This material is easier to work with.

Constructed at the HACKTERIA Workshop Zurich, February 2011 by Anna-Katharina Wittmann (CH).

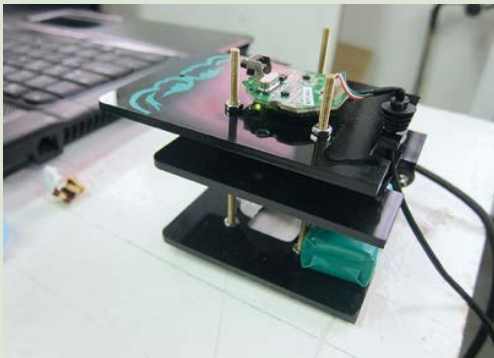


Eine weitere Variante: Eine durchsichtige Plattform. Die Kamera ruht auf Holzklötzchen.

Another variant: a transparent platform.

The camera rests on small wooden blocks.

Constructed at the HACKTERIA Workshop Dortmund, ISEA 2010 Ruhr, August 2010 by Hillevi Munthe (N).



Anstelle von durchsichtigem Material kann auch schwarzer Plastik verwendet werden. Damit wird das Licht absorbiert, und es entstehen keine störenden Reflexionen. Wichtig, hier wie auch oben: Mit den drei Stellschrauben lässt sich der Abstand zwischen Objekt und Linse verstellen. So wird die Schärfe reguliert.

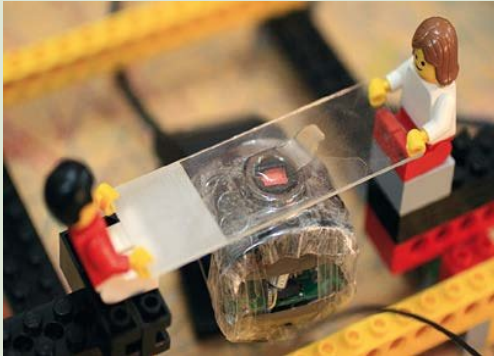
Instead of transparent material black plastic may be used. This absorbs the light and there are no annoying reflections. Important, as above: with the three adjustable screws the distance between object and lens can be modified. This is how focus is adjusted.

Constructed at the HACKTERIA Workshop Zagreb, October 2011 by Bojan Markicevic (HR).



Motorisierter Mikroskopaufbau, um über zwei Servomotoren die Bewegung der Proben per Computer zu steuern. Gebaut aus laser-geschnittenen Plexiglasteilen, produziert im Fablab Luzern.

A motorized microscope setup using two servomotors to control the movements of probes via computer. Constructed out of laser-cut acrylic glass parts, produced by Fablab Luzern.



Selbstverständlich darf auch mit Legobau-steinen gearbeitet werden. Sie eignen sich hervorragend für experimentelle Aufbauten und ermöglichen gelegentlich auch witzige Konstruktionen.

Of course one may also use Lego bricks. They are brilliantly suited for experimental super-structures and occasionally also lead to amusing constructs.

# Background



## Warum funktioniert das alles?

Ein Mikroskop ist nicht einfach nur eine Art starkes Vergrößerungsglas, sondern eine eigentliche Versuchsanordnung. Mikroskope werden seit Ende des 16. Jahrhunderts gebaut. Die Versuchsanordnung besteht prinzipiell aus drei Teilen:

1. Einer Plattform, um die untersuchten Objekte zu fixieren.
2. Einer Optik, um die Objekte zu vergrößern.
3. Einer Lichtquelle. Diese Lichtquelle kann von oben oder von unten kommen. Entsprechend spricht man dann von einem Auflicht- oder Durchlichtmikroskop.

Auch unser Mikroskopprojekt besteht aus diesen drei Teilen. Für die Optik wird eine Webcam benutzt, die durch einen kleinen Eingriff verändert wird, indem die Linse verkehrt herum eingesetzt wird. Es handelt sich um den gleichen Effekt, den wir vom Fernglas kennen: Dreht man dieses und schaut durch das falsche Ende, so erscheinen die Dinge nicht näher, sondern weiter weg – das Fernglas wird zum Weitwinkelobjektiv. Unser Webcammikroskop ist allerdings immer noch ein optisches Mikroskop, kein Elektronenmikroskop. Genau genommen müsste man von einem optisch-elektronischen Mikroskop sprechen. Es entspricht einem professionellen Mikroskop, das statt eines Okulars einen Bildschirm verwendet. Wie bei einem professionellen Mikroskop können wir mit unserem DIY-Instrument elektronische Fotos machen und sogar Filme aufnehmen.

## Why does all of this function?

A microscope is not simply a kind of powerful enlarging glass, but an actual experimental set-up. Microscopes have been built since the end of the 16<sup>th</sup> century. The test arrangement basically consists of three parts:

1. A platform for fixating the objects to be examined.
2. Optics to enlarge the objects.
3. A light source. The light source latter can come from above or below. Correspondingly, the terms reflected-light or transmitted-light microscope are used.

Our microscope project also consists of these three components. For optics a webcam is used, slightly modified by inserting an inverted lens. This produces the same effect as that of a telescope. If you turn it around and look through it from the “wrong side,” things appear not to be closer, but further away – the telescope becomes a wide-angle lens. But our webcam microscope is still an optical microscope, not an electronic one. To be precise, it is an optical-electronic microscope. It amounts to a professional microscope which instead of an eyepiece utilizes a screen. And as with professional microscopes, with our DIY instrument we can take electronic photos and record even films.

Aufgezeichnet von Dominik Landwehr.  
Zürich, 21. März 2012  
Übersetzung: Henry Taylor  
Recorded by Dominik Landwehr.  
Zurich, 21 March 2012  
Translation: Henry Taylor

# PROJEKTE PROJECTS

---

Marc Dusseiller wurde 1975 in Schaffhausen geboren und lebt in Zürich und Slowenien. Er promovierte an der ETH Zürich in Material- und Nanowissenschaften, lehrt heute an verschiedenen Hochschulen in der Schweiz und ist Mitbegründer der Schweizerischen Gesellschaft für Mechatronische Kunst (SGMK) in Zürich. Zusammen mit Yashas Shetty (IN) und Andy Gracie (UK/ES) gründete er 2009 das Projekt HACKTERIA – OPEN SOURCE BIOLOGICAL ART. Der Name setzt sich zusammen aus den englischen Begriffen «hacking» und «bacteria». Das Projekt will mit einfachen Technologien die belebte Welt der Bakterien und Mikroorganismen zugänglich machen und im Allgemeinen eine Demokratisierung der biologischen Forschung ermöglichen. Das DIY MICROSCOPE ist ein wichtiger Beitrag zur wachsenden Bewegung der Biohacker.

Marc Dusseiller was born in Schaffhausen (Switzerland) and lives in Zurich and Slovenia. He acquired his PhD in Materials and Nanosciences at the Federal Institute of Technology (ETH) in Zurich, lectures at various universities in Switzerland, and is co-founder of the Swiss Mechatronic Art Society (SMAS) in Zurich. Together with Yashas Shetty (IN) and Andy Gracie (UK/ES) in 2009 he initiated the project HACKTERIA – OPEN SOURCE BIOLOGICAL ART. The name is composed of the English terms “hacking” and “bacteria.” Using simple technologies, the project aims to make accessible the living world of bacteria and microorganisms and more generally to democratize biological research. The DIY MICROSCOPE is an important contribution to the growing movement of biohackers.

<http://dusseiller.ch/labs>

<http://hackteria.org>

<http://diybio.org>

# Marc Dusseiller



Wissenschaftler

Künstler

Zürich

Ljubljana

Scientist

Artist

Zurich

Ljubljana

# INTERVIEW

---

Marc Dusseiller, HACKTERIA

Bioprojekte ausdenken und mit anderen teilen

Thinking up Bioprojects and Sharing them with Others





Marc Dusseiller gehört zu den Gründungsmitgliedern des Projekts HACKTERIA. Er engagiert sich seit etlichen Jahren für die Do-it-yourself-Bewegung und arbeitet vielfach im Bereich der Kunst.

Sie sind der Initiant des Projekts HACKTERIA. Hinter dem Namen steckt ja der Begriff ‚hacking‘.

Der Name HACKTERIA ist eigentlich ein Wortspiel. Er setzt sich aus den beiden Wörtern ‚hacking‘ und ‚bacteria‘ zusammen. Ich habe das Projekt 2009 mit Andy Gracie und Yashas Shetty gegründet. Es entstand in einem Umfeld von Künstlern, Musikern und Wissenschaftlern, und die Community ist seither stark gewachsen, vor allem in Europa, Indien und Südostasien.

Sie haben selber einen fundierten naturwissenschaftlichen Hintergrund...

Ich beschäftige mich seit einigen Jahren mit Fragen im Schnittbereich von Technik und Biologie. In meiner Doktorarbeit im Bereich der Nano-Bio-Schnittstelle habe ich mich mit einem künstlichen Sensorsystem und lebendigen Zellen befasst. Dieses Wissen konnte ich in das neue Projekt einbringen. Daneben bin ich schon lange in Do-it-yourself-Projekte im Bereich der Elektronik involviert.

‚Hacking‘ hat heute einen problematischen Unterton, tönt nach Underground: Hacker dringen in fremde Netze ein, stehlen Daten...

Das Wort wird in den Medien meist im Kontext von illegalen Aktivitäten benutzt. Wir haben ein etwas anderes Verständnis vom ‚Hacken‘: Der Begriff ist schon viel älter und bezeichnete ursprünglich einfach das Holzhacken. Später wurde er für einfache, schnelle Lösungen verwendet, im Englischen ist das dann ‚a hack‘. Seit einigen Jahrzehnten wird das Wort auch in der Technologie benutzt, vor

Marc Dusseiller belongs to the founding members of the HACKTERIA project. He has been active in the do-it-yourself movement for many years and is involved in different art projects.

You are the initiator of the HACKTERIA project. The name is derived from the term “hacking.”

The name HACKTERIA is really a play on words. It is composed of the two terms “hacking” and “bacteria.” I founded the project in 2009 together with Andy Gracie and Yashas Shetty. It began in a circle of artists, musicians and scientists and since then the community has grown considerably, especially in Europe, India and South East Asia.

You yourself have a solid scientific background...

For several years I have been looking into questions at the interface of technology and biology. In my PhD thesis in the area of the nano-bio-interface I examined questions to do with an artificial sensor system and live cells. I could contribute this knowledge to the new project. But aside from this I have been involved in do-it-yourself projects in the area of electronics for a long time.

Today “hacking” has a negative undertone, it implies something underground: hackers penetrating networks, stealing data...

In the media this word is mostly used in the context of illegal activities. We have a somewhat different understanding of the term “to hack:” it is really an old term and originally simply meant hacking wood. Later it described simple, fast solutions – in English these were called “hacks.” In the last decades the word was also used in technology, especially in the Internet environment. But here too it was really used for creative solutions to technical problems. Maybe the term also stands for circumventing certain technical limitations. An activist

allem im Internetumfeld. Aber auch hier geht es eigentlich um kreative Lösungen für technische Probleme. Der Begriff steht vielleicht auch für das Umgehen von gewissen technischen Limitationen. Ein Aktivist des Chaos Computer Clubs sagte mal: «Ein Hacker ist ein Mensch, der Freude daran hat, mit einer Kaffeemaschine Toast zu machen.»

### Es geht also nicht primär um illegale Aktivitäten?

Das kann dazugehören, wenn es darum geht, technische Limitationen zu umgehen. Es hängt von der Motivation ab: Will man etwas Illegales tun oder eine neue Erfindung machen? Das Wort wird manchmal auch ganz offen benutzt für alles, was irgendwie mit Basteln im Bereich der Elektronik zu tun hat. Es stört uns aber nicht, dass der Begriff «hacking» verschiedene Bedeutungen hat, das führt gerade im Kontext unserer Biohackingprojekte immer wieder zu interessanten Diskussionen.

### In einem eurer Projekte macht ihr ein richtiges Mikroskop. Ist das auch so ein «Hack»?

Ja genau. Ich nenne es deshalb auch einen «Webcamhack». Wir zeigen, wie man eine billige Webcam mit einigen Eingriffen verändern kann. Aus der Kamera für weite Distanzen ab etwa einem Meter wird dann plötzlich ein richtiges Mikroskop. Damit können wir biologische oder synthetische Proben von ganz nah in einer hundertfachen Vergrößerung ansehen.

### Das tönt relativ unspektakulär. Worin liegt das Überraschende, Revolutionäre?

Das Projekt ist eine gute Einführung und ermöglicht es Laien, den Mikrokosmos näher kennenzulernen. Dann ist das Mikroskop auch ein typisches wissenschaftliches Instrument. Es erlaubt eine Erweiterung unserer Wahrnehmung,

in the Chaos Computer Club once said: “A hacker is a person who finds pleasure in making toast with a coffee machine.”

### So the term does not primarily refer to illegal activities?

It could, if it is a matter of bypassing technical limitations. It depends on the motivation: is someone trying to do something illegal or to invent something new? Sometimes the word is also openly used as a general term for just about everything to do with electronic tinkering. It doesn't bother us though that the term “hacking” has several different meanings, on the contrary, especially in the context of our biohacking projects this leads time and again to interesting discussions.

### In one of your projects you build a real microscope. Is this also such a “hack”?

Yes, precisely. That is why I also call it a “webcam hack.” We show how you can convert a cheap webcam by making a few changes. A camera built for large distances beginning at about one meter suddenly works like a real microscope. We can use it to look at biological or synthetic samples at close range in hundredfold magnification.

### That does not sound very spectacular. What is the surprising, revolutionary element?

The project is a good introduction and enables a layperson to become more familiar with the microcosm. And then the microscope is a typical scientific instrument. It allows us to extend our perception. A revolutionary aspect of the DIY MICROSCOPE is also its price: This DIY MICROSCOPE costs a fraction of the price of a professional device, but already enables us to gain very deep insights. For me this also has to do with democratizing science and therefore it is not surprising that especially people in Asia are very interested in this.

Das Revolutionäre am DIY-Mikroskop ist auch sein Preis: Dieses Eigenbaumikroskop kostet den Bruchteil eines professionellen Geräts und ermöglicht schon sehr tiefe Einblicke. Das hat für mich etwas mit Demokratisierung der Wissenschaft zu tun, und es ist von daher auch nicht erstaunlich, dass man sich gerade in Asien sehr stark dafür interessiert.

**Sie bewegen sich mit diesem Mikroskopprojekt auch im Umfeld der Kunst und haben beispielsweise an der Ars Electronica 2011 einen Workshop gemacht. Wo liegt denn genau die Verbindung?**

Wir haben festgestellt, dass man sich im Bereich der elektronischen Kunst zunehmend für biologische Fragen interessiert. Es gibt im Bereich der sogenannten Bio-Kunst viel beachtete Arbeiten auf hohem Niveau. Es fehlt aber an einfachen Instrumenten für junge Künstler, die keinen Zugang zu professionellen Labors haben. Diese Leute brauchen einerseits einfache Instrumente, aber auch eine Plattform für den Austausch ihrer Erfahrungen. Beides können wir mit unserem Projekt anbieten. In den USA existiert seit einigen Jahren eine kleine DIY-Biologie-szene. Wir möchten aber weiter gehen als diese Aktivisten und mit unserem Projekt Künstler ansprechen sowie kritischen Positionen Raum bieten.

**Welche zusätzlichen Projekte entstanden da?**

Wir haben an der Ars Electronica speziell mit Kindern gearbeitet. So konnte man bei uns zum Beispiel einen Wasserfloh-zirkus machen. In einem anderen Projekt konnten wir auf einem keimfreien Nährboden einen biologischen Fingerabdruck in Form von farbigen Bildern wachsen lassen, die sich über mehrere Tage verändert haben. Wir haben daraus dann «Bakterienschmuck» gemacht. Damit konnten wir aber auch zeigen, dass man

**With this microscope project you also move in artistic circles and, for example, you conducted a workshop at the Ars Electronica 2011. Where exactly is the connection?**

We observed that people in electronic arts were increasingly becoming interested in biological questions. In the area of so-called bioart there are many high-level works that have been much noted. But there is a lack of simple instruments for young artists who do not have access to professional laboratories. On the one hand, these people need simple instruments, and on the other hand, they must have a platform to exchange their experiences. We can offer both with our project. In the USA a small DIY biology community has existed for several years. However, we would like to go further than these activists and wish to address artists with our project and also offer space for critical views.

**What other projects were created there?**

At the Ars Electronica we mostly worked with children. We did not want to stop at classical science communication as practised for instance in museums and science centers. So for example the children could make a water flea circus in our workshop. In another project we could make a biological fingerprint grow on a sterile solid nutrient medium in the shape of colored pictures that changed in the course of several days. We then used these to make “bacteria jewelry.” With this project we could also show that biology requires patience, because this jewelry takes several days to grow. The artist Stelarc extends the possibilities of his body with spectacular interventions. We showed that just by holding a funnel to the ear, our acoustical perception can change dramatically.

in der Biologie Geduld braucht, denn dieser Schmuck benötigt mehrere Tage des Wachstums. Der Künstler Stelarc erweitert mit spektakulären Eingriffen die Möglichkeiten seines Körpers. Wir haben gezeigt, dass man schon mit einem Trichter am Ohr die akustische Wahrnehmung dramatisch verändern kann.

### Das tönt sehr harmlos. In der Öffentlichkeit spielt die Diskussion um die Gentechnik eine wichtige Rolle. Gibt es auch DIY-Gentechnik?

Es gibt durchaus solche Ansätze im Bereich der DIY-Community. Yashas Shetty hat in Indien in diese Richtung gearbeitet und damit das Bewusstsein der Öffentlichkeit sensibilisiert. In einer Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Kunststudenten hat er mehrfach an einem wichtigen internationalen Wettbewerb teilgenommen, der von der International Genetically Engineered Machine (iGEM) ausgeschrieben wird – und dort sogar verschiedene Preise gewonnen. In einer der Arbeiten wurde dabei ein neuer synthetischer Organismus hergestellt – ein verändertes E. Coli-Bakterium, das den typischen Geruch nach einem Monsunregen abgibt –, um auf Themen der Klimaveränderung hinzuweisen. Des Weiteren hat die Gruppe eine Serie von Comicbüchern gezeichnet, um die synthetische Biologie in einer grösseren Öffentlichkeit zu thematisieren. Diese Bücher sind auf der HACKTERIA-Website zum Download verfügbar.

### Es gibt ja auch Ängste, dass Biohacker böartige Mikroorganismen züchten könnten...

Diese Ängste sind sehr gross, werden in den Medien aber auch etwas übertrieben. Gleichzeitig sind ja auch grosse Ängste da vor sogenannten Killerviren, die auf natürlichem Weg entstehen können. Die Vogelgrippe etwa hat das

That sounds quite innocent. The discussion about genetic engineering plays an important role in public. Is there also such a thing as DIY genetic engineering?

Such attempts are certainly being made in the DIY community. Yashas Shetty worked in this direction in India and thereby raised public awareness. In cooperation with scientists and art students he participated several times in the International Genetically Engineered Machine (iGEM) competition and even won various prizes. In one of the projects a new synthetic organism was produced – a modified E. coli bacterium, which emits the typical odour after a monsoon rain –, in order to draw attention to various aspects of climate change. Furthermore, the group produced a series of comic books, which aim to make synthetic biology a subject of broader public discussion. These books can be downloaded from the HACKTERIA website.

### Some people also fear that biohackers could breed malignant microorganisms...

This fear is very great, also somewhat exaggerated in the media. At the same time people are very afraid of so-called killer viruses that can develop naturally. The bird flu showed this very clearly. But the DIY biology community does not turn out such projects. It is also not that easy to breed or much less generate such viruses. Nobody really wants to do this. Plus there is a danger of harming oneself. Other aspects are more difficult, I am thinking for instance of a tendency to underestimate the possibilities of genetic manipulation.

deutlich gezeigt. Aus der DIY-Biologie-szene kommen aber keine solchen Projekte. Es ist auch nicht ganz so einfach, solche Viren zu züchten oder gar zu generieren. Niemand will das wirklich machen. Da besteht ja auch die Gefahr, dass man sich selber Schaden zufügt. Schwieriger sind andere Themen, ich denke etwa an eine Verharmlosung der Möglichkeiten der Genmanipulation.

### Sprechen Sie damit die Erwartungen in der DIY-Bioszene selber an?

Genau. Es gibt grosse Unterschiede in der Wahrnehmung der Gefahrenpotenziale zwischen den USA und Europa. Gentechnik ist aber keine Zauberei, sondern einfach ein Werkzeug. Einfache Experimente in diesem Bereich macht man in Europa schon im Gymnasium. Man muss einfach wissen, was man tut. Ich stehe der Gentechnik auch kritisch gegenüber, vor allem weil sie fast ausschliesslich in den Händen grosser Konzerne liegt, wo es oft nicht primär um den Nutzen, sondern um Profit geht. Hier gibt es in der DIY-Szene schon die Hoffnung, dass man Zugang zu dieser Technologie erhält und mit der Zeit spannende und wirklich alternative Projekte schaffen kann, welche der Gesellschaft Nutzen bringen – und nicht primär Geld für einen grossen Konzern generieren.

### Wie muss man sich überhaupt diese DIY-Szene im Bereich der Biologie vorstellen?

Anders als früher sind das heute international stark vernetzte Personen. Statt «do-it-yourself» (DIY) könnte man deshalb auch sagen «do-it-with-others» (DIWO). Es gibt auf der ganzen Welt Leute, die kleine Experimente machen, deren Resultate ins Internet stellen und sich darüber austauschen. Man teilt Wissen und arbeitet gemeinsam an alternativen Ideen.

### Are you addressing the expectations in the DIY biocommunity?

Exactly. There are great differences in the way potential dangers are perceived in the USA and in Europe. But genetic engineering is not magic, it is simply a tool. In Europe students perform simple experiments in this area already in high school. You simply have to know what you are doing. I also have a critical attitude towards genetic engineering, especially because this technology is almost exclusively in the hands of large corporations, where profits are often more important than general benefits. The DIY community hopes to gain access to this technology and to really develop exciting and truly alternative projects, which will benefit society and not primarily generate gains for a large corporation.

### Who actually are the members of the DIY community in the field of biology?

Unlike in earlier years, these people today are part of an extensive international network. Instead of “do-it-yourself” (DIY) you could now also call it: “do-it-with-others” (DIWO). People all over the world perform small experiments, publish their results in the Internet and discuss them with others. People share knowledge and cooperate on alternative ideas.

Kann man das mit anderen Kreativszenen vergleichen, wo der Computer im Bereich von Grafik, Musik und Video sehr leistungsfähige Produktionsmittel zur Verfügung gestellt hat?

Viel wichtiger als das Bereitstellen von neuen Produktionsmitteln scheint mir der Aspekt der Kommunikation: Jeder kann heute sein Resultate mit anderen Aktivisten teilen. In der Wissenschaft wird das schon lange gemacht, im Bereich der Amateure ist das etwas Neues. Ich denke aber auch, dass es den DIY-Aktivisten nicht um die Schaffung von gänzlich neuem Grundlagenwissen geht, sondern um die Entwicklung von neuen Anwendungen. Um Grundlagenwissen zu produzieren, braucht es nach wie vor sehr grosse Ressourcen, professionelle Labors und einen international vernetzten Apparat. Aber bei Themen mit wenig kommerziellem Potenzial – etwa im Bereich der Ausbildung, der Alternativenenergien oder der billigen Diagnostik in Entwicklungsländern – sehe ich viele Möglichkeiten.

Can this be compared to other creative communities, such as graphic arts, music, and video, where the computer is used as a very powerful means of production?

To me the aspect of communication seems much more important than providing new means of production: today everybody can share his or her results with other activists. In science this has been done for a long time, for amateurs this is a new experience. But I also believe that DIY activists don't want to create fundamentally new knowledge, but rather strive to develop new applications. In order to produce basic knowledge, you still need extensive resources, professional laboratories, and an international networked apparatus. But in areas of small commercial potential – as in education, in the area of alternative sources of energy or cheap diagnostics in developing countries – I see great potential.

Das Gespräch wurde am 12. April 2012 in Winterthur aufgezeichnet. Die Fragen stellte Dominik Landwehr.

Übersetzung: Susanna Landwehr-Sigg  
This interview took place on 12 April 2012 in Winterthur. Dominik Landwehr asked the questions.  
Translation: Susanna Landwehr-Sigg



